



REJLERS

HOME OF THE
LEARNING MINDS

Riskanalys Biogas Västra Skaraborg

Revisionshistorik

Revision	Datum	Beskrivning	Författare	Granskad av
1	2023-01-25	Brandingenjör	Pål Aasberg	Louise Ericssäter
2	2023-01-26	Business Unit Manager	Pål Aasberg	Damon Alm
3	2023-01-27	Senior Strategy Consultant	Pål Aasberg	Peter Maksinen
4	2023-07-14	Project manager	Pål Aasberg	Jonas Stensson
5	2024-02-08	Senior Strategy Consultant	Pål Aasberg	Peter Maksinen

INNEHÅLL

1. Bakgrund.....	4
1.1. Syfte och mål.....	4
1.2. Omfattning.....	4
1.3. Avgränsning	5
2. Metod.....	5
2.1. Acceptanskriterier.....	6
2.2. Förutsättningar och osäkerheter i antaganden	6
3. Områdes- och verksamhetsbeskrivning	7
3.1. Skyddsobjekt utanför anläggning	8
3.1.1. Persontäthet i området	11
3.1.2. Transportrörelser i området	11
3.2. Verksamhetsbeskrivning	11
3.2.1. Processbeskrivning	11
3.2.2. Kemikalieförbrukning	13
3.3. Biogasens egenskaper	15
3.3.1. Densitet.....	15
3.3.2. Kondensbildning	16
3.3.3. Korrosivitet.....	16
3.3.4. Brännbarhetsområde.....	16
3.3.5. Explosionsgrupp och temperaturklass	16
3.4. Seveso	17
3.5. Transporter vid drift	18
4. Risker vid hantering av biogas och säkerhetsavstånd	23

4.1.	Brand och explosionsrisker	23
4.1.1.	CBG och rågas	23
4.1.2.	LBG.....	23
4.2.	Giftighet.....	23
4.3.	Kvävningsrisk	23
4.4.	Risker för brännskador	24
4.5.	Avstånd inom anläggning	24
4.6.	Risker vid transporter	26
4.7.	Risker vid hantering av förvätskad koldioxid.....	26
4.8.	Avstånd mellan anläggning och närliggande objekt	26
4.8.1.	Avstånd mellan EX-zon och kraftledning.....	27
4.8.2.	Avstånd mellan gaslager och transformatorstation samt spänningsförande ledare	27
4.8.3.	Avstånd mellan anläggning och järnväg.....	27
4.8.4.	Avstånd mellan anläggningsdelar och allmän väg	27
4.9.	Avstånd till vegetation.....	28
4.10.	Släckvatten.....	28
5.	Riskidentifiering.....	28
5.1.	Identifierade riskkällor.....	28
5.1.1.	Inom Anläggningen.....	28
5.1.2.	Transport av farligt gods och annan trafik	30
5.1.3.	Närliggande objekt.....	30
5.1.4.	Vegetationsbrand.....	30
5.2.	Sammanställning av identifierade olycksscenarier	31
6.	Riskuppskattning.....	32
6.1.	Processer	34
6.2.	Risk för person inom anläggningen	37
6.3.	Risk för person utanför anläggningen.....	37
6.4.	Vegetationsbrand	39
6.5.	Sammanställning av riskuppskattning	39
7.	Rekommendationer för riskreducerande åtgärder.....	39
8.	Slutsatser	40
9.	Förkortningar och begrepp.....	41
10.	Beräkningar	42
11.	Källor	43

1. Bakgrund

Rejlers har blivit anlitade av Biogas Västra Skaraborg AB för att utföra en riskanalys av en biogasanläggning med uppgradering till flytande biogas (LBG). Anläggningen skall byggas på tre sammanslagna tomter, Ryda 1:15 (≈8,4 ha), Hötomt 2:1 (≈6 ha) och Sparlösa (≈0,7 ha). Rötresten som bildas i anläggningen levereras till gödselleverantörerna alternativt andra lantbrukare i närområdet. Biogas Västra Skaraborg söker tillstånd på 450 000 ton stallgödsel per år, vilket genererar cirka 89 GWh. Substratet består av stallgödsel från djurproducenter i Skaraborg. Biogas Västra Skaraborg AB ämnar att genom denna anläggning bidra till en hållbar och cirkulär energiförsörjning samt minska användningen av fosfor, som är en finit resurs.

1.1. Syfte och mål

Syftet med denna riskanalys är att utreda de främsta riskerna anläggningen medför samt utreda vilka farliga ämnen och substanser anläggningen kommer behandla. Inför samråd med kommunen krävs att en riskanalys genomförs vilken skall uppfylla krav uppställda av berörda myndigheter.

1.2. Omfattning

Riskanalysen utförs enligt BGA 2022 (anvisningar för biogasanläggningar) punkt 6.2.5.1 *Utredning om risker enligt LBE (lagen om brandfarliga och explosiva varor)* och punkt 6.2.5.2 *Utredning om risker enligt MB (miljöbalken)*.

Utredning om risker enligt LBE redovisas i punkt 6.2.5.1 i BGA 2022. Verksamhetsutövaren ska dokumentera hur BGA 2022 uppfylls och vilka delar som tillämpas. I fall där det finns olika alternativ uppnå en betryggande säkerhet ur brand och explosionssynpunkt. Verksamheten skall redogöra för vilket alternativ som valts. Risker kopplade till placeringen av anläggningen ska alltid dokumenteras och redovisas. Riskanalysen enligt LBE skall innehålla [1]:

- Risk för gasläckage och tändkällor i närheten.
- Risk för högt eller lågt tryck.
- Risk relaterat till mänskligt handhavande.
- Material hos anordningar med brandfarlig gas.
- Verksamheter, byggnader och andra objekt i hanteringens närhet.
- Olycksförebådande och skadebegränsande åtgärder.
- Hur en säker hantering upprätthålls över tid.

Utredning om risker enligt MB redovisas i punkt 6.2.5.2 i BGA 2022 [1].

Punkt 6.2.5.2 i BGA 2022 hänvisar till MB och fastställer att en riskanalys för en anläggning som berörs av Sevesolagstiftningens lägre kravnivå med en lagrad mängd mellan 10–50 ton icke uppgraderad biogas ska innehålla:

- Identifiering och bedömning av riskerna för allvarliga kemikalieolyckor.
- Beslut om införande av förfaranden för systematisk identifiering av dessa risker vid normal och onormal drift, inbegripet i förekommande fall verksamhet som lagts ut på underleverantörer.
- Bedömning av sannolikheten för att en olyckshändelse inträffar och hur allvarlig den kan bli.

1.3. Avgränsning

Riskanalysen ämnar innehålla riskerna associerade med processen inom anläggningen från inkommande substrat till utgående biogas och biogödsel samt risker kopplade till transport inom anläggningens närområde.

2. Metod

Riskanalysen genomförs i enighet med BGA 2022 punkt 6.2.5.1 *Utredning om risker enligt LBE* och punkt 6.2.5.2 *Utredning om risker enligt MB*. [1]

- Rimlighetsprincipen: En verksamhet bör inte innebära risker som kan undvikas med rimliga medel. Oavsett risknivå skall risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan begränsas eller elimineras åtgärdas
- Proportionalitetsprincipen: De sammanlagda risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerliga jämfört med verksamhetens fördelar.
- Fördelningsprincipen: Enskilda individer eller grupper bör inte exponeras för oproportionellt stor risk, detta i förhållande till de fördelar verksamheten utgör för dem.
- Principen om skydd mot olyckor (LSO), syftar till att skapa förmåga i samhället att både förebygga och hantera situationer, genomföra effektiva räddningsinsatser och begränsa skador på människor, egendom och miljö.

Riskanalysen struktureras enligt figur 1.



Fig 1. Struktur av riskanalys.

Regelverk, säkerhetsavstånd och risker associerade med hantering av biogas kartläggs för att sedan uppskattas och värderas med avseende till hälsa, miljö och ekonomi enligt analysmetod What-If där olika händelseförlopp utvärderas. Riskerna graderas grön, gul eller röd se figur 8. De som faller inom grön anses vara av acceptabel risk medan vid gul och röd bör riskreducerande åtgärder vidtas enligt ALARP (as low as reasonably possible). [2]

2.1. **Acceptanskriterier**

Risker och dess acceptanskriterier har bedömts enligt [2] och redovisas i figur 6. Vad som anses som en acceptabel risk är en kombination av sannolikhet och allvarlighetsgrad.

Både sannolikhet och allvarlighetsgrad graderas på en 5 gradig skala

- Sannolikhet graderas mellan >1 gång per år till <1 gång per 1000 år
- Allvarlighetsgrad graderas mellan försumbar och allvarlig

Till exempel kan en händelse med försumbar allvarlighetsgrad ses som en acceptabel risk med en sannolikhetsgrad upp till 1 gång per 10–100 år medan en händelse med allvarlig allvarlighetsgrad endast ses som en acceptabel risk med en sannolikhet på <1 gång per 1000 år. Risker som inte ses som acceptabla skall behandlas enligt ALARP. Riskreducerande åtgärder skall utföras i den mån som det är praktiskt rimligt.

2.2. **Förutsättningar och osäkerheter i antaganden**

Då anläggningens exakta utformning ej är fastställd är osäkerheter i denna typ av riskanalys ofrånkomliga. Största osäkerheten återfinns bland annat i underlagsmaterial, indata, beräkningsmodeller samt statistiskt underlag.

På grund av dessa osäkerheter har konservativa antaganden och bedömningar gjorts. Risker har överskattats snarare än underskattats för att säkerställa att riskreducerande åtgärder är tillräckligt dimensionerade. Riskanalysen har utgått från MSBs underlag samt BGA 2022.

Underlag erhållet från samråd mellan anläggningsägaren, Trafikverket, Räddningstjänsten i Skaraborg, Växa, kommunen samt närboende har tagits i beaktning i riskanalysen.

3. Områdes- och verksamhetsbeskrivning

Anläggningens tilltänkta placering är i Vara kommun, Västra Götalands län. Riksväg 47, vilken är godkänd för transport av farligt gods angränsar anläggningen [3]. Riksväg 47 är av riksintresse och en god standard upprätthålls på vägen då den är en viktig förbindelse mellan ost- och västkusten. Närområdet kring anläggningen utgörs av åkermark, skog och enstaka byggnader. Den närmsta byggnaden ligger på ett avstånd om cirka 350 m från tomtgränsen. Håkantorp vilket är närmsta tätbebyggda område befinner sig cirka 3 km öster från anläggningen. [4]

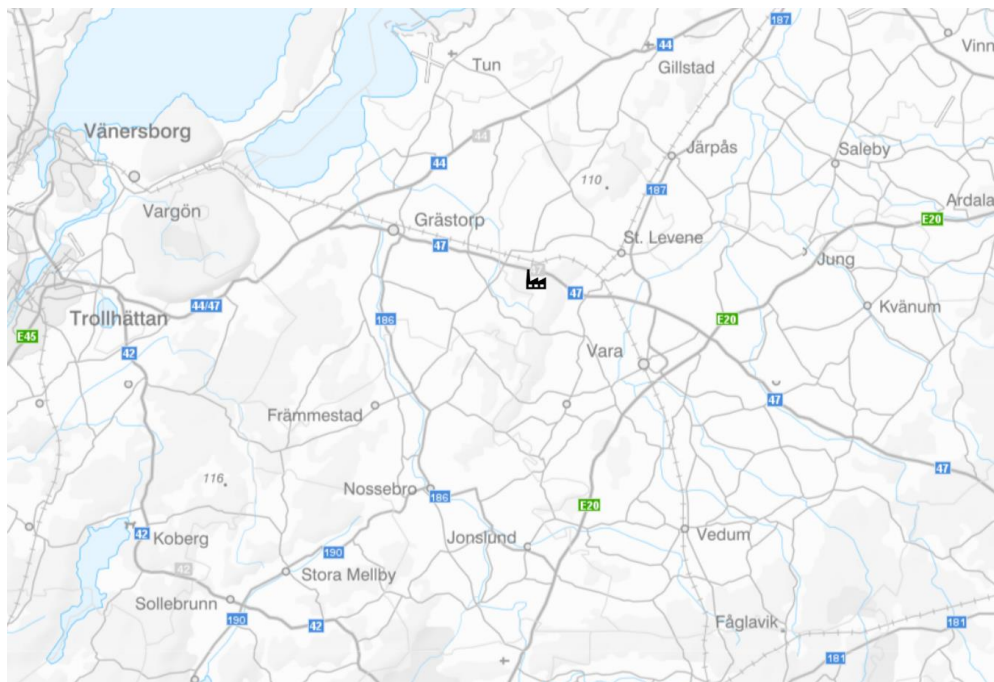


Fig 2. Anläggningens placering i Vara kommun. [4]

3.1. Skyddsobjekt utanför anläggning

Tabell 1. Avstånd till objekt i närområdet, deras placering på karta visas i figur 3.

Objekt	Avstånd (m)
Riksväg 47	0
Byggnad 1	350
Kraftledning	400
Hjorten Pistolklubb	420
Byggnad 4	420
Byggnad 5	420
Svegeråsen JSK	460
Byggnad 3	490
Byggnad 2	500

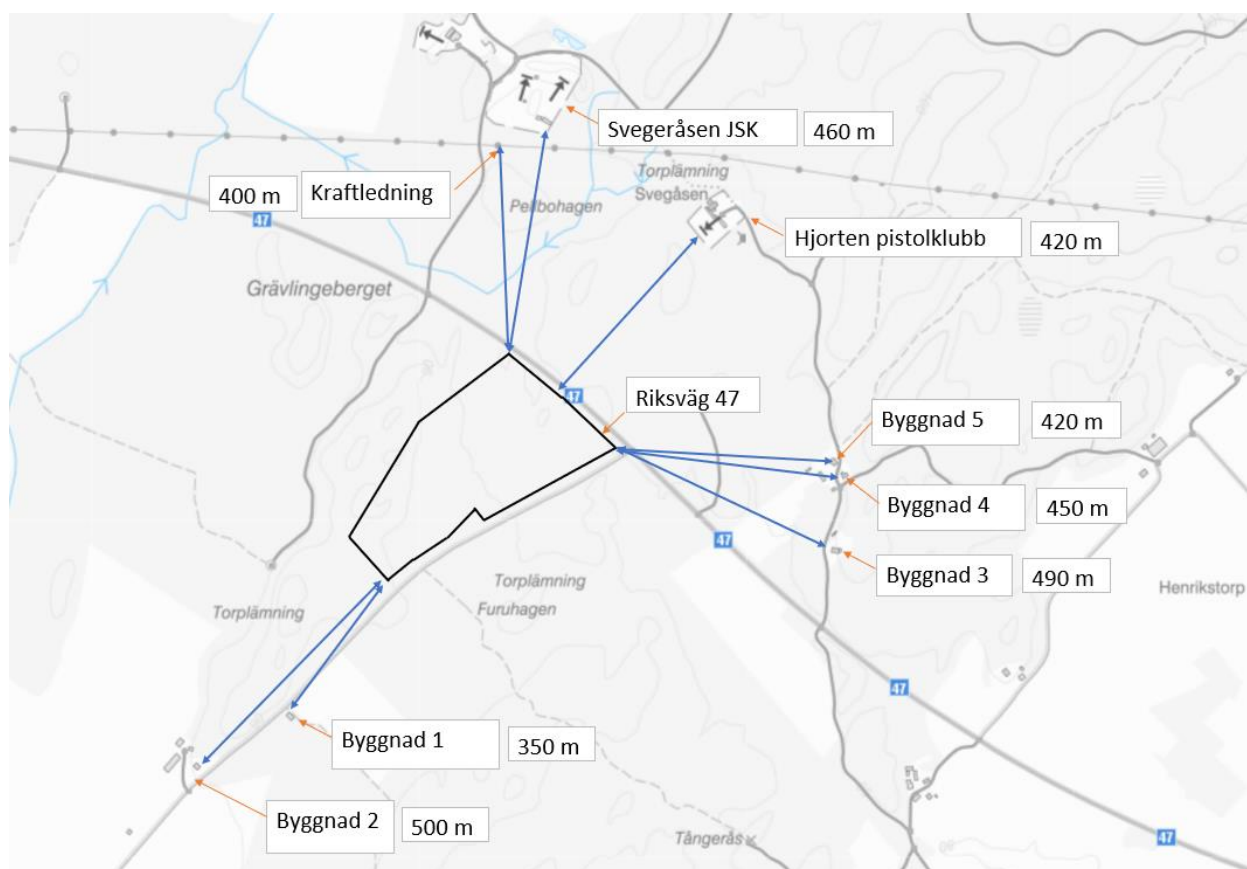


Fig 3. Närliggande objekt till biogasanläggningen, avstånden visas i tabell 1. [4]

Avstånd till objekt utanför anläggningen är mätt från tomtgräns. I aktuell layout är avståndet mellan väg och närmaste källa till brandfarligt ämne över 100 m, anläggningen kommer inte flyttas närmare vägen. Den sidan av tomten som angränsar mot vägen kommer säkras med en vall som bidrar med skydd från påkörning av fordon från vägen.

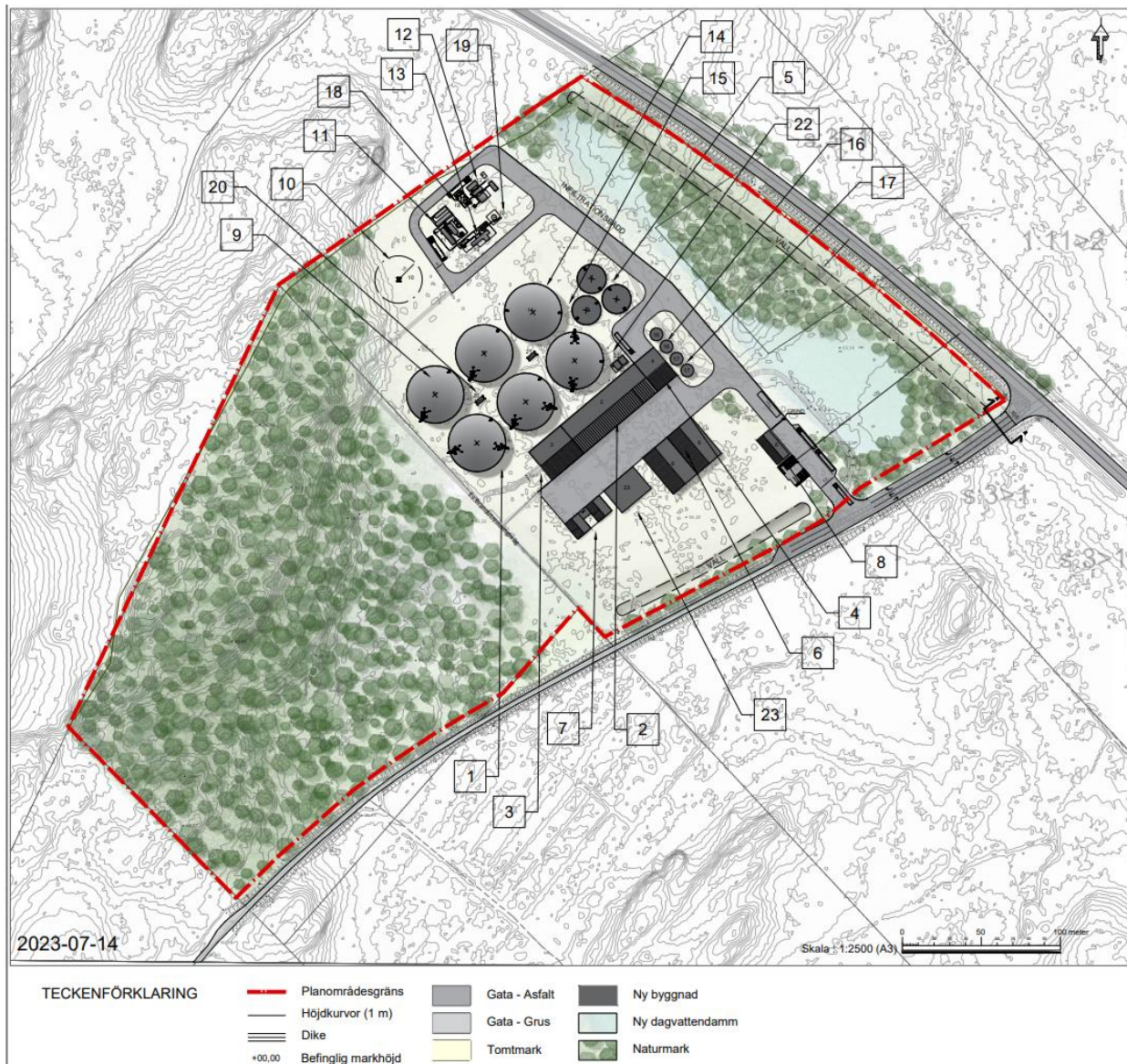


Fig 4. Placering av anläggningens komponenter. Beskrivning av komponenter återfinns i tabell 2.

Anläggningens komponenter återfinns i tabell 2.

Tabell 2. Komponenter i biogasanläggningen Säkerhetsavstånd återfinns i tabell 8.

Nr.	Beskrivning
1	Primära rötammare
2	Byggnad fast substrat, lager och intag
3	Teknikbyggnad
4	Byggnad intag flytande substrat
5	Lagertank flytande substrat
6	Byggnad lager fast substrat
7	Biopanna /Flispanna & Skorsten
8	Administrationsbyggnad
9	Rötammare, Gaslager och Hygienisering
10	Fackla
11	Gasuppgradering
12	Förvätskningsanläggning, LBG
13	Förvätskningsanläggning, CO2
14	Lagertank rötrest, bufferttank
15	Lagertank rötrest, primärtank
16-17	Lagertank flytande substrat
18	Lagertank förvätskad biogas, LBG
19	Lagertank förvätskad biogas, CO2
20	Kontrollcontainer
21	Värmeväxlare
22	Luktsaneringsutrustning / Skorsten
23	Flislager

3.1.1. Persontäthet i området

Vid bedömning av samhällrisken är persontätheten i närområdet av stor betydelse. Omkring Biogas Västra Skaraborg AB:s nya anläggning är den största delen obebyggd skog- och åkermark med några byggnader vilka kan ses i figur 3 och avstånden redogörs i tabell 2. Den närmsta byggnaden är cirka 350 m från tomtgränsen och är en lada som används för förvaring. Riksväg 47 löper utmed den nordöstra sidan av anläggningens tomt. Vara kommun har en befolkningstäthet på 22,15 invånare/km² varav 41,4 % bor på landsbygden. [5]

Individtätheten antas vara som högst inom anläggningen. Vid drift uppskattas det finnas mellan 5 och 10 personer inom anläggningens avgränsning. Som flest uppskattas det till 15 personer.

3.1.2. Transportrörelser i området

Enligt Trafikverkets nationella vägdatabas (NVDP) uppgick uppmätt årsdygnstrafik (ÅDT) till 4776 fordonrörelser år 2019. Av dessa var cirka 20 % tung trafik.

Uppskattad tillförd ÅDT är 93 vilket resulterar i en ÅDT på 4869, en ökning på cirka 1,9 %. [4]

Trafikverket har yttrat sig enligt följande: "Trafikverket har gjort vissa efterforskningar och funnit att väg 47 på det aktuella vägvägnittet har högsta tillåtna hastigheten 80 km/tim.

Väg 46 trafikeras av ca 4776 fordon per dygn (ÅDT) varav ca 20 % av dessa är tunga fordon. Väg 47 är huvudled och den enskilda anslutningen som sökande önskar bredda har stopplikt emot väg 47".

Biogas västra Skaraborg ämnar följa Trafikverkets rekommendationer och beslut.

3.2. Verksamhetsbeskrivning

Nedan redovisas en typisk process för produktion av förvätskad biogas och biogödsel från stallgödsel.

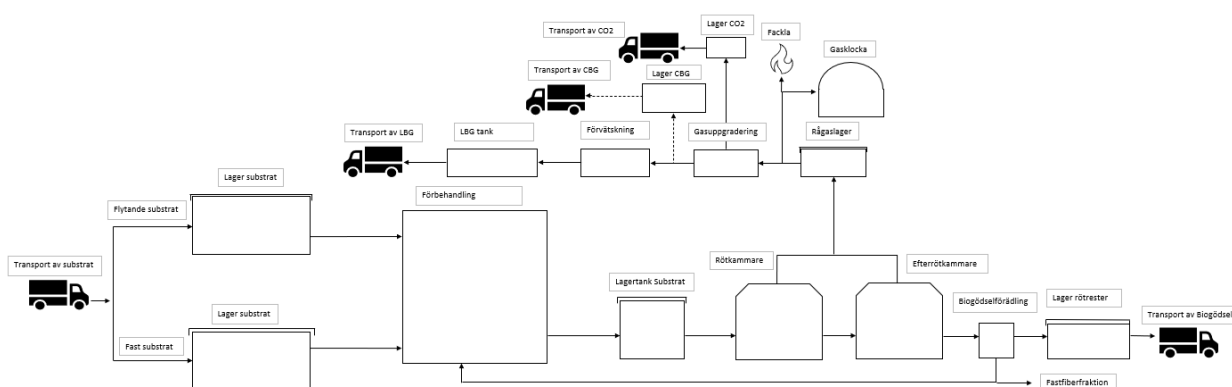


Fig 5. Generell bild över en biogasanläggning med uppgradering till LBG och produktion av biogödsel.

3.2.1. Processbeskrivning

Substrat transporteras med lastbil till anläggningen, substratet kan indelas i två kategorier. Flytande substrat utgör den största andelen och består av stallgödsel från närliggande djurproducenter. Det flytande substratet lossas till ett substratlager. Fastgödsel och fasta biologiskt nedbrytbara material och restprodukter tas emot i en separat mottagningslokal där

lastbilar tippar biomassa. Lossningen av flytande substrat, fastgödsel och fasta biologiskt nedbrytbara material och restprodukter sker i lokaler med stängda dörrar och är försedda med undertryck.

Flytande och fast substrat blandas och sönderdelas i förbehandlingen till önskad blandning. Blandningen förvaras i en lagertank innan den rötas. Sönderdelningen påskyndar rötprocessen och kan även ge ett ökat biogasutbyte. En returledning från biögödsel förädlingen effektiviserar bakteriebildningen genom att säkerställa en optimal bakteriekultur i rötammaren.

Den värme som processen kräver kan inte återvinnas helt från processen. Resterande värme produceras i en biopanna/ gasmotor.

För att förhindra spridning av sjukdomsframkallande organismer så som salmonella genomgår substratet ett hygieniseringssteg. Hygienisering planeras ske termofilt efter rötammaren under 10 timmar i minst 52 °C i enlighet med av naturvårdsverkets godkända processer.

I rötammaren sker en anaerob nedbrytning av det biologiska substratet. Vid rätt temperaturintervall och vid avsaknad av syre bryter anaeroba mikroorganismer ner fetter, kolhydrater, proteiner och biologisk massa till en blandning av metan och koldioxid. De mikroorganismer som bildar metan är känsliga för plötsliga temperaturförändringar och kan delas in i två grupper; mesofila och termofila. Mesofila bakterier trivs bäst mellan 30 och 40 °C och termofila mellan 50 och 60 °C. Processen är även känslig för alltför sura eller alkaliska miljöer och trivs bäst i 7–8 pH. Rågas som bildas i rötammaren har en metanhalt på 50 till 70 % och samlas upp för vidare förädling.

I efterrötammaren sker den sista rötningen och röttningsprocessen avstannar. Den kvarvarande rötresten går genom en biögödsel förädling. Rötresten förvaras i ett lager i väntan på transport från anläggningen. Rötresten kan användas som gödningsmedel då det organiska materialet inte bryts ner fullständigt i rötammaren. Förutom vatten och organiskt material innehåller rötresten växtnärsämnen och kan ersätta mineralgödsel. Biögödsel har oavvattnat en torrsbstanshalt mellan 3 till 7 %. [6]

Biogasen transporteras till ett rågaslager för att sedan uppgraderas till en metanhalt mellan 95 och 99 %. Utöver att avlägsna koldioxid och höja värmevärdet syftar uppgraderingen till att avlägsna svavelväten, partiklar och vatten.

Valet av uppgraderingsteknik har inte fastställts och aminskrubber kan komma att användas i anläggningen där aminer används för att binda koldioxid och andra oönskade ämnen i biogasen. Andra tekniker för uppgradering är membranteknik eller vattenskrubber. Vid användning av aminskrubber används brandfarliga aminer och för att inte riskera att underskatta risker har därför aminskrubber analyserats i denna riskanalys.

Reningssteget efterföljs av förvätskning, vid -163 °C övergår metan från gasfas till vätskefas. Kylmedlet som används är en blandning av kväve, metan, etan, propan och i-butan. Kylmedlet är brandfarligt och bör hanteras med försiktighet. Metan i vätskefas har cirka 600 gånger mindre volym vilket möjliggör en mer platseffektiv lagring. Den flytande biogasen lagras i isolerade cisterner där den flytande biogasen kan hämtas med trailer.

På anläggningen finns en fackla för att kunna förbränna överflödigt biogas.

3.2.2. Kemikalieförbrukning

Järnklorid används för att binda svavelväten, mängden beror på svavelinnehållet i substratet. Järnklorid är skadligt för vattenlevande organismer. Järnklorid ska behandlas med stor försiktighet och förvaras på ett sådant sätt att risk för läckage minimeras.

Skumdämpande medel kan behöva tillsättas vid för stor skumbildning i röt-kammaren. Godkända processhjälpmedel inom livsmedelsindustrin finns att tillgå.

Vid uppgraderingssteget kan aminoskrubber komma att användas där aminer binder koldioxid kemiskt, alternativt annan uppgraderingsteknik. För att inte riskera att underskatta risk redovisas aminer då det är den teknik associerad med högst risk.

Vidare tillkommer kylmedel, etylenglykol, kalibreringsgas, ammoniak samt smörjoljor. Volymer och mängder av dessa presenteras i tabell 3.

Risker associerade med ovanstående kemikalier hanteras av miljökonsekvensbeskrivningen.

Tabell 3. Ämnen i process, dess mängd och syfte. Ämnen, installerad mängd samt årlig konsumtion är hämtade från potentiell framtida leverantör och kan komma att ändras i ett framtida skede. Årlig konsumtion av diesel undantaget då det är en uppskattad siffra. [7]

Ämne	Installerad mängd	Årlig konsumtion	Syfte
Kylmedel*	5–10 m ³ <200 kg	0	Kyla biogas för förvätskning
Etylenglykol	<4 m ³	0	Kyla kylmedel.
Ammoniak	50–120 kg	0	Kyla etylenglykol
Olja	500–1200 l	0	För gaskompressor
Aminer	2,7 m ³	220 kg/år/1000 Nm ³ biogas	Uppgradering
Diesel	2,5 m ³	10 m ³	Bränsle för fordon

*Kylmedel är en blandning av kväve, metan, eten, propan och i-butan.

Tabell 4. Ämnen i process och dess kemiska eller fysikaliska egenskaper. [7]

Kemisk eller fysikalisk egenskap	Etylenglykol	Amin	Ammoniak	Olja	Kvävgas
Fysikaliskt tillstånd	Kyld vätska	Färglös	Vätska/gas	Vätska	Gas
Doft	Luktfri	Ammoniak/ fisk	Stark stickande lukt	Olja	Luktlös
Temperatur för självantändning	450 °C	386 °C	651 °C	500–700 °C	1530 °C
Mängd i process	<4 m ³	1,35 m ³	50–120 kg	500–1200 l	<1–2 nM ³ /h

3.3. Biogasens egenskaper

Rågas innehåller framför allt metan och koldioxid men även små mängder av kvävgas, vätgas och svavelföreningar. Förutom dessa kan det förekomma en rad andra ämnen i små koncentrationer.

Metan utgör mellan 50 och 70 % av rågasen beroende på substrat. Metan är det enklaste kolvätet bestående av en kolatom och fyra väteatomer. Metan är färglöst, luktfritt och lättare än luft. Metan är brännbart men inte giftigt.

Koldioxid utgör cirka 30 till 50 % av rågasen och är färglöst, luktfritt och är inte giftigt. Koldioxid avskiljs i uppdrageringssteget för att öka gasens energiinnehåll.

Kvävgas är färglöst, luktfritt och inte giftigt. Kvävgas utgör mellan 0 och 1 % av rågasen.

Spår av vätgas kan finnas i rågasen. Vätgas är en energigas med något lägre värmevärde än metan och dess påverkan ses som försumbar. Vätgas är lukt-, färgfritt och är inte giftigt.

Svavelföreningar kan finnas i intervallet 50 till 2000 ppm i rågas producerad av stallgödsel. Svavelväte är den vanligast förekommande svavelföreningen och är en mycket giftig och korrosiv gas.

Tabell 5 Visar kemiska och fysikaliska egenskaper för biogas i gas- och vätskefas [8], [9]

Tabell 5. *Kemisk eller fysikalisk egenskap hos biogas i gas- och flytande fas.*

Kemisk eller fysikalisk egenskap	Biogas	Flytande biogas
Fysikaliskt tillstånd	Gas	Kyld vätska
Färg	Färglös	Färglös
Doft	Luktfri	Luktfri
Kokpunkt	-162 °C	-162 °C
Temperatur för självantändning	450 °C	450 °C
Brännbarhetsområde	4,4–17 %	4,4–17 %

3.3.1. Densitet

Biogas är vid rumstemperatur och atmosfärstryck i gasfas och vid låga temperaturer och eller högt tryck i vätskefas. Biogas är i gasfas lättare än luft och stiger därför vid utsläpp. Biogas i flytande fas har en högre densitet än luft och sjunker därför vid utsläpp.

3.3.2. Kondensbildning

Substratet i röt-kammaren har högt innehåll av vatten och rågasen är ofta mättad med vattenånga. Vattenångan faller vanligen ut som kondens i ledningar när gstrycket stiger och eller om temperaturen sjunker.

3.3.3. Korrosivitet

Rågasen är korrosiv till följd av vatten-, svavelväte- och koldioxidinnehåll.

3.3.4. Brännbarhetsområde

Brännbarhetsområde anger den lägsta och högsta koncentration av brännbara ångor i luften som krävs för att den skall kunna antändas. Uppgraderad biogas kan i detta avseende ses som ren metan som har en lägre gräns på 4,4 volym-% och övre gräns 17 volym-% enligt SEK handbok 426. [10]

3.3.5. Explosionsgrupp och temperaturklass

Beroende på ämnens antändnings- och förbränningsegenskaper delas brandfarliga gaser och vätskor in i olika explosionsgrupper och temperaturklasser. Biogas tillhör explosionsgrupp IIA och temperaturklass T1. [1]

3.4. Seveso

Sevesolagstiftningen utgörs av lagar och förordningar utformade för att förebygga och begränsa konsekvenserna av allvarliga kemikalieolyckor. Sevesoanläggning är ett begrepp som används för att referera till anläggningar som berörs av lagstiftningen. Beroende på mängden av farligt ämne en anläggning hanterar kan den delas in i antingen Sevesoanläggning av lägre eller högre graden.

Tabell 6. Undre och övre kraven för en Sevesoanläggning [11].

Ämne	Högre kravnivå (ton)	Lägre kravnivå (ton)	Maximalt lagrad mängd (antagna nivåer) (ton)
LBG	200	50	60
Biogas, aminer och andra brännbara ämnen*	50	10	15
Diesel eller HVO	25 000	2 500	2,5
Summering lägre Sevesokrav:			$\frac{60}{50} + \frac{15}{10} + \frac{2,5}{2500} \approx 2,7 > 1$
Summering högre Sevesokrav:			$\frac{60}{200} + \frac{15}{50} + \frac{2,5}{25\ 000} \approx 0,6 < 1$

*"P2 brandfarliga gaser, kategori 1 eller 2" inkluderande alla brandfarliga substanser inom anläggningen utöver biogas som till exempel köldmedier.

Då detaljplanen för anläggningen inte är fastställd kan endast en uppskattning om lagrade mängder i anläggningen göras. När detaljplanen är färdigställd kommer lagrade mängder av brandfarliga ämnen specificeras närmare i slutgiltig separat Sevesorapport.

Tabell 6 visar att om Biogas Västra Skaraborg AB bygger enligt antagna lagervolymer kommer anläggningen klassas som en Sevesoanläggning av den lägre nivån.

3.5. Transporter vid drift

Interna transporter: Majoriteten av transporter är lastbilstransporter substrat och rötrest in och ut från anläggningen. De bedöms ske mellan kl. 05–24 och stallgödsel planeras hämtas i genomsnitt inom en radie av endast 2–3 mil. Intensiteten för dessa transporter bedöms bli ca 6 fordonsrörelse/ timme om transportererna endast sker på vardagar. En tur och retur transport är räknad som två fordonsrörelser och vid transport av flytgödsel och rötrest är beräknad fyllnadsgrad 95 % av 40 m³. Periodvis kan det också förekomma högre trafikintensitet till exempel till följd av driftstörningar, för att möta upp leverantörers eventuella tidskrav eller i samband med spridning av rötrest under växtodlingssäsong. Interna transporter med bil eller lätt lastbil för personal, underhåll och service är beräknat som ett genomsnitt över året på 14,4 st per dygn. Det tillkommer lastmaskiner som används inom anläggningen för hantering av substrat.

Externa transporter: Transport kommer ske av såld LBG och CO₂ från anläggningen där trolig lastbilsvolymen är 35 ton/leverans. I beräkningen nedan är genomsnittet lägre för att ha marginalen på rätt sida då volym beror på speditör och lastbil. Sökande kommer inte ha möjlighet att styra dessa transporter på samma sätt som de interna. I tabellen nedan beskrivs de endast under en begränsad tid men dessa kan komma att fördelas över större del av dygnet. De blir då färre per dygn och timmer men sker under fler dagar.

Fordonsrörelserna till och från anläggningen bedöms uppgår till ca 32 000 stycken år eller i genomsnitt ca 93 fordonsrörelser per dag fördelat inom beskrivna tidsintervall i tabell 7 nedan. Sökandens avsikt är att transporter till och från anläggningen ska undvikas nattetid så långt som möjligt, både av praktiska skäl och för att minimera risken för påverkan på närboende.

Tabell 7. Uppskattade transporter, fordonsrörelser.

	Volym/ år (ton)	Volym/ leverans (ton)	Antal/ år	Antal/ dygn 365 dagar/ år	Antal/ timme	Tid på dygn majoritet	Antal/ dygn 252 dagar/ år	Antal/ timme	Tid på dygn majoritet		
Flytande gödsel och substrat, in	390 000	38	10 263	28,1	1,5	05:00- 24:00, 19 timmar 365 dagar	40,7	2,1	05:00-24:00, 19 timmar 252 dagar		
Fastgödsel alt A, in	53 000	35	1 514	4,2	0,2		6	0,3			
Fastgödsel alt B, in	5 000	13	385	1,1	0,1		1,5	0,1			
Fast substrat alt C, in	2 000	5	400	1,1	0,1		1,6	0,1			
Fastgödsel, tomkörning, ut	60 000		2 299	6,3	0,3		9,1	0,5			
Rötrest, tom in	37 500	38	987	2,7	0,1		3,9	0,2			
Rötrest, ut 95%	427 500	38	11 250	30,8	1,6		44,6	2,4			
Substrat och rötrest, antal			27 098	74,2	3,9		107,4	5,7	Fördelat på 19 timmar/ dygn		
LGB, in	250 st/ år	20-35 ton	500	1,4	0,1	06:00- 18:00, 12 timmar, 365 dagar	2	0,2	06:00-18:00, 12 timmar, 252 dagar		
Avsalu LGB, ut	+250 st/ år										
CO ₂ , in	500 st/ år	20-35 ton	1 000	2,7	0,2					4	0,3
Avsalu CO ₂ , ut	+500st/ år										
LGB & CO₂, antal			1 500	4,11	0,3		6	0,5	Fördelat på 12 timmar/ dygn		
Summa tung trafik			28 598	78,4	4,2		113,4	6,1			
Övrigt, personal, helg			452	4	0,3	06:00- 18:00, 12 timmar,	4	0,3	2 st helg, 365-252 dagar		

Övrigt, personal, vardag			2 520	10	0,8		10	0,8	5 st vardagar, 252 dagar
Övrigt service & underhåll			108	0,4	0,1		0,4	0,1	1,5 bil i service och underhåll/vecka. 252 dagar
Övrigt vardag			2 628	10,4	0,9		10,4	0,9	Transporter främst morgon & kväll
Summa övrigt			3 080	14,4	1,2		14,4	1,2	
Summa totalt, tung trafik & övrigt			Antal/år	Antal/dygn 365 dagar/år	Antal/timme		Antal/dygn 252 dagar/år	Antal/timme	
			31 678	92,8	5,5		127,8	7,4	

Infarten för transporter till och från anläggningen planeras via en vägsamfällighet som direkt ansluter till rv 47. Vägsamfälligheten nyttjas idag i första hand av närboende längre in längs vägen. Antalet tunga transporter kommer att öka och utnyttja upp till ca 300 meter av vägsamfällighet till och från rv 47. In- och utfarten samt körväg från anläggningen till rv 47 kommer breddas, förstärks och beläggs enligt Trafikverkets beslut om krav 2023-05-15. Se bilaga X, Samrådsredogörelse.

Transporter till och från anläggningen på rv 47 bedöms vara ganska lika fördelade i båda riktningarna (väster och öster ut). Öster ut är det sen ca 1 mil till Vara och E20. Väster ut ansluter väg 47 efter ca 4 mil till E45.

Rv 47 är statlig väg av riksintresse och en god standard upprätthålls på vägen då den för Vara kommun har en viktig roll för transporter mellan ost- och västkusten. Den är också viktig för förbindelsen västerut till Trollhättan-Vänersborgs arbetsmarknadsregion samt för kommunikationen österut till Falköping och Jönköping.

Utifrån Trafikverkets nationella vägdatabas (NVDB) kan ses att uppmätt årsdygnstrafik (ÅDT) för vägen är 4776 fordon rörelser år 2019. Cirka 20% av det totala ÅDT utgörs idag av tunga transporter. Vidare utifrån NVDB kan utläsas att väg 47 är en primär väg för farligt gods. *Källa: NVDB, Trafikverket, data hämtad 2023-06-28.*

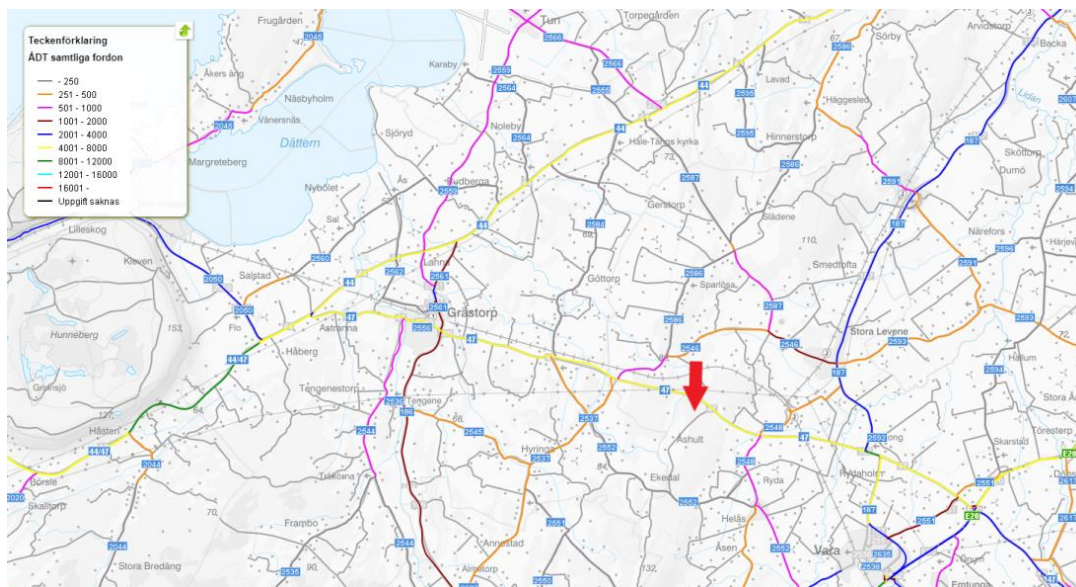


Fig 6. Vägkarta

3.6. Åtgärder för att minimera påverkan av transporter

- Transporterna samordnas för att minimera körsträckor och antal lastbilar. Företaget kommer att administrera all planering av transporter av substrat vilket medför samordningsfördelar som optimerade körsträckor och färre in-ut leveranser jämfört mot att externa, lantbrukarna själva, får leverera och hämta.
- Ca 85 % av inkommande lastbilar med substrat lämnar flytgödsel och lastas samtidigt med rötrest för utkörning tillbaka till gårdar
- Mottagningshallen utformas för att inkommande transporter efter avlämning av flytande substrat direkt kan lastas med rötrest utan extra transporter inom anläggningen.
- I affärsidén ingår en strävan att gynna lokala entreprenörer och leverantörer av substrat, vilket kommer att minimera påverkan av transporter.
- Renhållningsrutiner införs för transporter till och från anläggningen, detta för att minska transporternas påverkan av lukt och smuts längs med vägarna.
- In- och utfarten från anläggningen till väg 47 kommer breddas, förstärks och beläggs enligt Trafikverkets krav och riktlinjer.

Förslag till breddning av angränsande väg till riksväg 47 från anläggningens infart samt infart till riksväg 47 redovisas i figur 6. Biogas Västra Skaraborg AB kommer följa Trafikverkets rekommendationer och krav angående utbyggnad av angränsande väg till riksväg 47 samt modifierationer av riksväg 47 för att minimera risken för olycka vid anläggningen.



SEKTION A

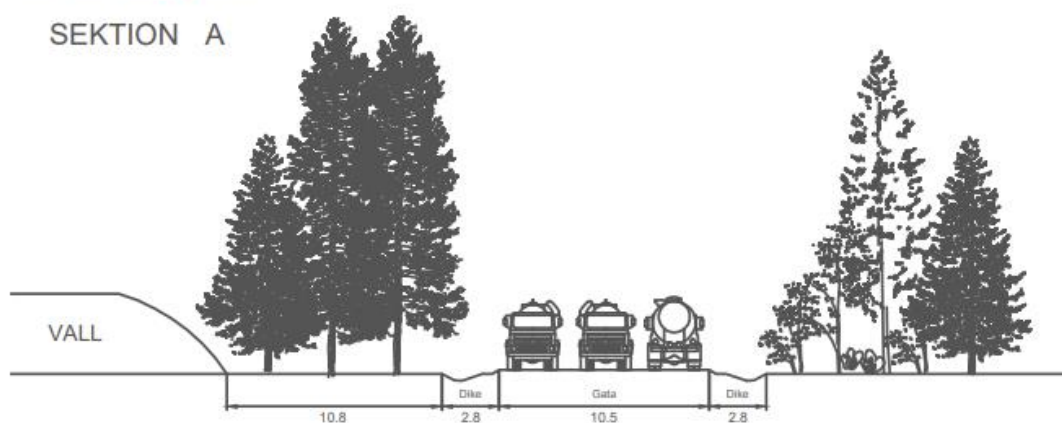


Fig 7. Förslag till breddning av angränsande väg för att hantera ökad tung trafik.

4. Risker vid hantering av biogas och säkerhetsavstånd

Vid produktion av biogas med förvätskning behandlas brandfarlig gas i varierande koncentration och fas. Vid eventuella olyckor kommer konsekvenserna således att variera. Rågas innehåller även en mängd olika ämnen varav en del giftiga.

4.1. Brand och explosionsrisker

Vid hantering av brandfarliga ämnen skall alltid stor hänsyn tas. Risk för antändning eller explosion skall behandlas enligt ALARP. Läckage från behållare, ledningar och kopplingar är exempel på riskmoment vid hantering av brandfarlig gas.

4.1.1. CBG och rågas

CBG är uppgraderad och komprimerad biogas, vid en eventuell olycka eller läckage kan gasen komma att sprida sig och stiga. Rågas har liknande risker som CBG ur ett perspektiv för brand och explosionsrisk. Innehåll av ämnen som till exempel svavelväte gör att rågas kan upptäckas genom sin karaktäristiska lukt.

4.1.2. LBG

LBG är flytande biogas som omvandlas från gasfas genom en minskad temperatur och/ eller ökat tryck. Vid en eventuell olycka kommer flytande biogas bete sig annorlunda än i jämförelse med i gasfas. Den höjda densiteten kommer orsaka att LBG sjunker ner till marken som en pöl och/ eller bilda ett moln. Pölen som bildas kommer så småningom att förångas när LBG tar upp värme från omgivningen. I ett tidigt skede kommer den förångade biogasen vara kall och hålla sig längs marken, desto mer värme gasen tar upp från omgivningen desto lägre blir densiteten och gasen kommer stiga.

När LBG ansamlas i pölar på marken finns risk pölbrand och gasmolnsbrand. Om ett utsläpp sker vid förhöjt tryck kan det resultera i en plym av suspenderade droppar. Vid antändning finns risk för att en jetflamma uppstår.

En BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion) är en explosion i en tank som kan uppstå när en förvätskad gas blir utsatt för ett kraftigt och plötsligt sänkt tryck. Det förvätskade gasen omvandlas till gas och expanderar kraftigt vilket orsakar en explosion.

4.2. Giftighet

Rågas innehåller en mängd ämnen varav en del är giftiga. Metan, koldioxid och kvävgas som utgör majoriteten av gasens sammansättning är inte giftiga. Svavelväte är däremot giftigt, vid låga halter irriteras ögat och högre halter leder till huvudvärk. Vid 800 till 1000 ppm kan gasen vara dödlig efter minuters exponering. Därför är det viktigt att säkerställa en säker nivå av svavelväte. Substrat med höga innehåll av svavelväte är till exempel naturgödsel och slakteriavfall. Svavelväte kan kännas igen vid en karaktäristisk lukt av ruttna ägg, även vid så låga koncentrationer som 0,025 till 0,1 ppm. Luktsinnet bedövas dock vid högre koncentrationer vilket kräver stor försiktighet vid hantering av svavelväte. LC50 är ett mått för vid vilken halt ett ämne där risken för dödlighet är 50 % efter 5 minuters exponering för människan. För svavelväte är LC50 800 ppm. Då eventuellt läckage endast kan ske utomhus utesluts riskerna för giftiga koncentrationer.

4.3. Kvävningrisk

Vid hög andel biogas eller koldioxid kan kvävningrisk uppstå då gasen tränger bort syret. Utrymmen där det kan uppstå läckage av biogas bör därför vara väl ventilerade eller vara

placerade utomhus. Vid behandling av flytande biogas så bör man undvika djupa brunnar eller liknande. Den kan då ansamlas när den sjunker mot marken. Då eventuellt läckage av gas endast kan ske utomhus utesluts kvävningsrisk.

4.4. Risker för brännskador

För att minimera risker för brännskador bör heta ytor på biogasanläggningen identifieras och i mån av möjlighet isoleras. I AFS 2020:1 framgår det att heta ytor har skydd mot beröring eller skall isoleras. Handtag av metall över 55 °C och yttre höljet på apparatur över 80 °C bör isoleras eller ha skydd mot beröring. Risker för brännskador hanteras av AFS (Arbetsmiljöverkets författningssamling) och kommer inte behandlas vidare.

4.5. Avstånd inom anläggning

Konstruktioner som kan innehålla större mängder biogas innefattar gaslager, röt-kammare och blandningskammare. Gasens fas, koncentration, tryck och potentiella tändkällor samt materialegenskaperna hos gasbehållaren är aspekter som bör tas i beaktning vid riskutvärderingen för varje komponent. Avståndet mellan komponenterna sinsemellan är relaterat till utförandet av den omslutande konstruktionen till biogasen.

Syftet med säkerhetsavstånden mellan gasbehållare och byggnader är att minimera risk för att en potentiell brand inte skall sprida sig mellan komponenter inom anläggningen.

Tabell 8. Rekommenderat horisontellt avstånd för placering av gasklockor, röt-kammare och fackla utomhus. [1], [12], [15]

Horisontellt avstånd mellan komponenter (m)	Annan tank/röt-kammare i	
	Stål	Betong
Röt-kammare i stål	4	4
Röt-kammare i betong	4	2
Fackla	5	5
Lager och tankningsplats LBG ¹	10	10

¹Lager LBG består av dubbelmantlad cistern som är vakuumisolerad och därmed är försedd med särskilt skydd mot yttre påverkan så som brand.

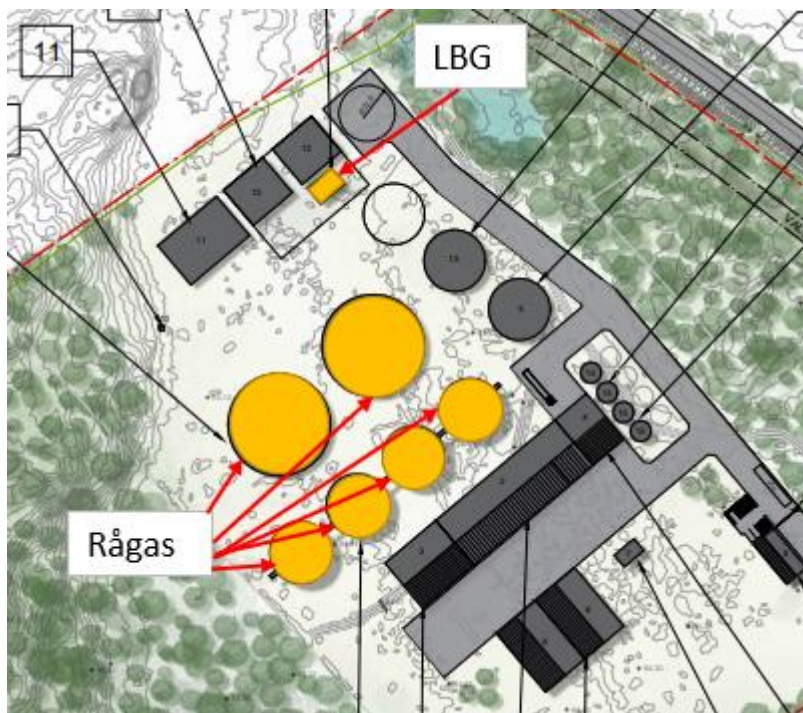


Fig 8. Gaslager inom anläggning, gulmarkerade objekt markerar lager med brandfarliga ämnen.

Tabell 9. Horisontella avstånd mellan anläggningens komponenter. [1]

Horisontella avstånd mellan komponenter (m)	Primära rötammare	Rötammare & gaslager	Fackla	Gasuppgradering	Förvätskningsanläggning	Lager LBG
Primära rötammare	5	11	88	95	100	90
Rötammare & gaslager	11	8	40	45	45	45
Fackla	88	40	-	20	55	90
Gasuppgradering	95	45	20	-	4	39
Förvätskningsanläggning	100	45	55	4	-	5
Lager LBG	90	45	90	39	5	-

4.6. Risker vid transporter

Vid ökad ÅDT (årsdygnsmedeltrafik) på riksväg 47 ökar risken för trafikolyckor. Då majoriteten av den ökade ÅDT utgörs av tunga transporter ökar risker för olyckor med allvarliga konsekvenser. Risk för utsläpp av substrat, biogödsel, CO₂ samt biogas. Brand, explosion och spill av substrat, biogödsel eller CO₂ utgör möjliga konsekvenser. Vid en transportolycka med LBG fordon finns risken för en BLEVE om en brand uppstår.

4.7. Risker vid hantering av förvätskad koldioxid

Vid uppgraderingen av biogas återfås förvätskad koldioxid som restprodukt.

Koldioxid är en färg och luktfri gas och därför kan det vara svårt att upptäcka en eventuell läcka. Gasen klassas varken som giftig eller brandfarlig men kan vara hälsoskadlig i höga halter då den kan förskjuta syre och utgöra en kvävningsrisk.

Vid läckage av flytande koldioxid kan koldioxid-is bildas, den har en temperatur på cirka -78°C. När isen förångas kan ett kallt moln bildas vilket kan orsaka köldskador på människor.

Uppgraderingen och infångningen av koldioxid genomförs inomhus i en container där delar av gasutrustningen kommer befinna sig i en container utrustat med gasvarningssystem för läckage och temperaturgivare.

Processen sker genom ett slutet rörsystem som regelbundet kontrolleras för att minimera risken för läckage. För att ytterligare säkerställa tryggheten kommer ett gasvarningssystem att installeras.

Nedkylning, lagring och utlastning av koldioxiden kommer att ske utomhus. Detta område kommer vara inhägnat och låst, dit endast auktoriserad och utbildad personal och transportörer kommer ha åtkomst.

Då koldioxidlager kommer befinna sig utomhus bedöms risken för scenarier som beskrivs ovan som mycket låg. Personalen kommer att informeras och utbildas om riskerna, säkerhetsprocedurer samt korrekt hantering och användning av skyddsutrustning för att minimera potentiella faror. Ytterligare riskutvärdering kommer inte utföras.

4.8. Avstånd mellan anläggning och närliggande objekt

Säkerhetsavstånd mellan anläggningen, specifika objekt inom anläggningen eller närliggande objekt.

4.8.1. Avstånd mellan EX-zon och kraftledning

Avstånd från spänningsförande ledningar till EX-zon redovisas i tabell 10 [1].

Tabell 10. Avstånd till spänningsförande ledningar.

Konstruktionsspänning (kV)	Avstånd till EX-zon med brandfarlig vara med hänsyn till risken för elektrostatisk uppladdning (m)
12,0–72,5	15
82,5–170	30
245	45
420	60

Avstånd mellan EX-zon (explosionsfarligt område) och kraftledning mäts i horisontellt avstånd och finns redovisat i tabell 10. Avståndet regleras av ELSÄK-FS 2008:1. Spänningen på den närmsta kraftledningen överstiger inte 72,5 kV. Avståndet till tomtgränsen är cirka 400 m och uppfyller rekommenderat avstånd med god marginal. Vidare kvantifiering av risk mot kraftledning kommer inte genomföras. [1]

4.8.2. Avstånd mellan gaslager och transformatorstation samt spänningsförande ledare

Mellan gaslager och en transformatorstation med en effekt på högst 2000 kVA och konstruktionsspänning på högst 36 kV skall uppgå till minst 8 meter. Detta gäller endast för nätstationer där transformatorer är placerade i en kiosk av betong eller plåt utan träfasad. Om transformatorstationen är uppställd i det fria skall avståndet beaktas som en friledning och upprätthålla samma säkerhetsavstånd baserat på konstruktionsspänning och avstånd till EX-zon. Inom tomtgränsen finns flera placeringmöjligheter tillgängliga som uppfyller avståndskraven.

4.8.3. Avstånd mellan anläggning och järnväg

Minsta tillåtna avstånd mellan järnväg och anläggning bestäms av kontaktledningsspänningen samt risken för urspårning. Elektrifierad järnväg har 15 kV kontaktledningsspänning vilket enligt tabell 10 ger ett minsta säkerhetsavstånd på 15 meter. Detta gäller förutsatt att järnvägsspåret är rakt samt utan växlar vilket medför att risken för urspårning är låg. Avståndet till järnvägen är cirka 1 km vilket uppfyller säkerhetsavståndet med god marginal och kommer inte behandlas vidare. [1]

4.8.4. Avstånd mellan anläggningsdelar och allmän väg

Om en anläggning placeras nära en väg bör det tas hänsyn till avstånd, topografi, trafikintensitet, rörelseriktning i förhållande till anläggning samt typ av fordon som trafikerar vägen. Tabell 11 redovisar säkerhetsavstånd bedömda efter plana ytor. Stora höjdskillnader kan medföra både höjda och sänkta säkerhetsavstånd. [13]

Avståndet mellan anläggningsdelarna röt-kammare, gasuppgradering, förvätskningsanläggning samt lager och tankningsstation för LBG uppfyller avståndskravet på 15 m för en väg med hastighetsbegränsning på 80 km/h och utöver det planeras en vall som extra skydd.

Tabell 10 redovisar avstånd till körbanan från anläggning.

Tabell 11. Rekommenderade avstånd mellan körbanan och anläggning. [1]

Högsta tillåtna hastighet (km/h)	Avstånd (m)
≤60	10
80	15
100	20
≥110	25

4.9. Avstånd till vegetation

Då tomten är obebyggd och den södra delen nuvarande är täckt av skog måste viss avverkning ske för att inga brännbara föremål ska finnas i direkt anslutning till anläggningen. Det förhindrar spridning av en vegetationsbrand. Om ett eventuellt läckage sker nära vegetation kan det bidra till att gas ansamlas under trädkronor och dylikt i stället för att spridas i atmosfären. [1] rekommenderar undanröjning av vegetation. En brandgata i form av en hårdgjord yta med en bredd på 6–8 meter kommer innesluta anläggningen.

4.10. Släckvatten

Hantering av släckvatten tas upp i bilaga: Släckvattenhantering.

5. Riskidentifiering

I riskidentifieringen identifieras och sammanställs de typer av olyckor eller andra icke önskade händelser som tas hänsyn till i riskanalysen. Riskidentifieringen grundas i processen för framställning av flytande biogas från djurhållsavfall, producerade potentiellt farliga ämnen samt anläggningens placering.

5.1. Identifierade riskkällor

De främsta riskerna faller inom ramen för hantering och transport av biogas, både i gas och flytande form.

5.1.1. Inom Anläggningen

Utsläpp av rågas kan ske efter läckage eller brott av rörledningar, ventiler eller andra behållare som kan orsakas av påkörning, korrosion/slitage eller handhavandefel. Vid utsläpp av rågas är risken för antändning mindre då gasens andel av brandfarliga ämnen är lägre. Förekomsten av giftiga ämnen som svavelväte utgör andra risker som slitage på elkomponenter och hälsorisker. Rågas kan upptäckas på grund av svavelvätets karaktäristiska lukt av ruttna ägg eller andra säkerhetssystem som sensorer.

Rågas och CBG kan vid läckage leda till brand och explosion. På grund av rågasens lägre koncentration av brandfarliga ämnen blir både konsekvenserna och riskerna för antändning lägre än för CBG.

Konsekvens av utsläpp av CBG och rågas bedöms genom ATEX-klassning där utsläppspunkter identifieras där det potentiella utsläppets storlek värderas samt dokumenteras som ett riskområde som används bland annat för att bedöma lämplighet av placering av elektrisk utrustning för rutiner och underhåll.

Ett eventuellt utsläpp av LBG kan orsakas av brott eller läckage i rörledningar, ventiler eller behållare till följd av påkörning, korrosion/ slitage, övertryck och/ eller handhavandefel. Beroende på tryck och temperatur där utsläppet sker kan en pöl eller ett moln uppstå. Om läckaget sker i ett icke förhöjt tryck kommer LBG bilda en pöl av tung gas. Pölen kommer allt eftersom temperaturen i vätskan höjs förångas och sprida sig i luften. Det finns risk för antändning i både pölen och i gasmolnet, en eventuell brand i gasmolnet kan sprida sig till pölen och bilda en pölbrand. Vid utsläpp vid ett förhöjt tryck finns risk för att en jetflamma uppstår.

Risken för en BLEVE är låg men kan inte uteslutas, en pölbrand eller en jetflamma i närheten av en biogasbehållare kan ge upphov till en BLEVE i en LBG tank. Det finns flera säkerhetsanordningar som ökat exteriört skydd som dubbelmantlad och vakuumisolerad tank samt installation av säkerhetsventiler som släpper ut gas vid höga tryck. Diametern av det eldklot som följer en BLEVE kan bli flera hundra meter och kan skada närområdet. [14]

Om utsläpp av LBG sker vid ett förhöjt tryck finns risk för att en jetflamma uppstår. Jetflamman kan skada personer och strukturer i närheten och en brand kan sprida sig till andra delar av anläggningen.

Marginal till säkerhetsavstånd redovisas i tabell 12.

Tabell 12. Marginal till säkerhetsavstånd mellan gaslager samt till fackla inom anläggningen. [15].

Marginal till säkerhetsavstånd inom anläggning (m)	Primära röt-kammare	Röt-kammare & gaslager	Fackla	Lager LBG
Primära röt-kammare	3	9	83	80
Röt-kammare & gaslager	7	4	36	35
Fackla	83	35	-	80
Lager och tankningsplats LBG ¹	80	35	80	-

¹Godtagbart avstånd till lager och tankningsplats LBG har bedömts till 10 m enligt [15]

Antagandet har gjorts att röt-kammare är skapade i stål, för avstånd mellan fackla och objekt ej definierade i tabell 8 har 10 m antagits.

5.1.2. Transport av farligt gods och annan trafik

Transporter till och från anläggningen bidrar till en ökad användning av riksväg 47. 2019 uppgick årliga fordonsrörelser till 4776, av dessa var 20 % tung transport. En ökad användning med 79 transporter per dag skulle medföra en ringa ökning av fordonsrörelser på vägen. Förutsatt att övriga fordonsrörelser är konstanta skulle andelen tunga fordon öka marginellt.

Biogas Västra Skaraborg AB kommer följa Trafikverkets rekommendationer och krav angående utbyggnad av angränsande väg till riksväg 47 samt modifikationer av riksväg 47 för att minimera risken för olycka vid anläggningen.

Västra Götalands riskpolicy för markanvändning nära transportleder för farligt gods innefattar de 150 m närmast transportleden. Biogasanläggningen kommer ha över 100 meter till vägen med en vall mellan anläggningen och vägen. En eventuell olycka på riksväg 47 bör inte leda till en dominoeffekt. BGA 2022 rekommenderar ett minsta avstånd på 15 m från en väg med hastighetsbegränsning på 80 km/h vilket uppfylls med god marginal. [1] [16]

Vid en eventuell trafikolycka med transportfordon innehållande LBG, diesel och HVO finns risken för pölbrand och gasmolnsbrand. Då de inte transporteras vid förhöjt tryck utesluts risken för en jetflamma. Konsekvenserna av en pöl eller gasmolnsbrand kan vara skada på person och egendom samt andra objekt. Vid en eventuell olycka med transportfordon inom anläggningen är riskerna för en olycka med större konsekvenser liten. Det beror på att hastigheten är låg samt att anläggningen kommer byggas med säkerhetsåtgärder enligt branschstandard som till exempel påkörningsskydd. Vid en eventuell olycka vid infarten till riksväg 47 kan konsekvenserna bli större till följd av högre hastigheter. Biogas Västra Skaraborg AB kommer följa Trafikverkets rekommendationer och krav för att minimera risken för trafikolyckor vid infarten till riksväg 47. Risken för dominoeffekter inom anläggningen till följd av en trafikolycka vid infarten till eller på riksväg 47 är mycket liten till följd av vallen och avståndet till anläggningen.

5.1.3. Närliggande objekt

I anläggningens närområde finns bostäder och två skyttebanor och en kraftledning. Avståndet till dem är beräknat från tomtgränsen och kan därför ses som konservativt. Detta för att möjliggöra ytterligare konstruktion på den sydvästra delen av tomten. Avståndet till kraftledningen ses som betryggande på cirka 400 m. Minsta avståndet till en kraftledning under 72,5 kV är 15 m. [1]

I aktuell ritning är minsta avståndet mellan en anläggningskomponent och riksväg 47 115 m. Det uppfyller säkerhetsavståndet med en marginal på 100 m. Även om Sparlösa 1 inte ingår i tomten uppfylls avståndskraven, vallen kommer följa tomtgränsen.

5.1.4. Vegetationsbrand

Vid riskutvärderingen angående vegetationsbrand finns två scenarier. En utomstående vegetationsbrand leder till en brand eller explosion på anläggningen. En brand eller explosion på anläggningen kan också leda till en vegetationsbrand.

Sannolikheten för en vegetationsbrand bedöms inte vara högre än i övriga delar av Sverige men med ett varmare klimat med större sannolikhet för torka kommer risken för vegetationsbrand öka i framtiden. För att minimera risken för att en vegetationsbrand sprids till anläggningen bör närliggande vegetation minimeras. BGA 2022 ger inget specifikt avstånd till vegetation i angränsning till biogasanläggningar men tomtens area möjliggör ett säkerhetsavstånd som minimerar risken för spridning av vegetationsbrand. [1]

5.2. **Sammanställning av identifierade olycksscenarier**

De scenarier som behandlats kvantitativt finns listade nedan.

- Pölbrand som konsekvens av läckage från tank, rör eller slang innehållande LBG inom anläggningen samt transport.
- Gasmolnsbrand som konsekvens av läckage från tank, rör eller slang innehållande LBG inom anläggningen samt transport.
- Jetflamma som konsekvens av läckage från tank, rör eller slang innehållande LBG inom anläggningen.
- BLEVE av LBG tank inom anläggningen samt transport.

6. Riskuppskattning

Behandlade riskscenarion sammanställs och jämförs enligt tabell 14 och 15. Konsekvensavstånd återfinns i Bilaga: Beräkningar. Bedömningen av sannolikhet och allvarlighetsgrad är utförda enligt Handbok för riskanalys (MSB) [19]. Sannolikheten för olyckor utan mekanisk påverkan så som brott och slitage på utrustning är hämtade från samma källa. Sannolikheten för olyckor orsakade från felaktig hantering eller mekanisk påverkan är baserade på erfarenhet eller hämtade från tidigare gjorda riskanalyser för biogas och naturgas. Sannolikheten för dessa händelser kan vara svåra att uppskatta och därför är det av stor vikt att utföra riskreducerande åtgärder. När sannolikhet och allvarlighetsgrad vägs samman i figur 9 kategoriseras en viss händelse inom grönt, gult eller rött område. Bilagan beräkningar ligger till grund för konsekvensbedömning av händelser BLEVE, pölbrand, jetflamma och gasmolnsbrand. I samband med kartläggning och identifiering av risker som summeras i tabell 14 och 15 har ALARP-principen tillämpats för samtliga händelser, summering av de åtgärder som bör införas återfinns i kapitel 7. Tillämpningen av ALARP principen innebär att riskreducerande åtgärder har rekommenderats i den mån det är rimligt vid jämförande av kostnad för implementerad åtgärd och den riskreducering åtgärden medför. Under riskanalysens framtagande har kostnadseffektiva åtgärder tagits fram för att matcha de risker som identifierats.

Allvarlighetsgrad					
Sannolikhet	Försumbar (1)	Marginell (2)	Allvarlig (3)	Mycket allvarlig (4)	Kritisk (5)
5: >1 gång per år	Gult		Rött		
4: 1 gång per 1-10 år	Gult		Rött		Rött
3: 1 gång per 10-100 år	Grönt		Gult		Rött
2: 1 gång per 100-1000 år	Grönt		Gult		
1: <1 gång per 1000 år	Grönt		Gult		

Fig 9. Värderingsmatris för riskuppskattning i hazop (Hazard and operability study) [2].

Allvarlighetsgrad definieras i tabell 13.

Tabell 13. Definitioner av konsekvenser enligt hälsa, miljö, och egendom. [3]

Konsekvens					
Allvarlighetsgrad	1	2	3	4	5
Hälsa	Övergående lindriga obehag	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka dödade och flera svårt skadade	Flera döda och tiotals svårt skadade
Miljö	Ingen sanering, liten utbredning	Enkel sanering, liten utbredning	Enkel sanering, stor utbredning	Svår sanering, liten utbredning	Svår sanering, stor utbredning
Egendom	<0,1 Mkr	0,1–1 Mkr	1–5 Mkr	5–20 Mkr	>20 Mkr

6.1. Processer

Tabell 14. Riskuppskattning för processen, konsekvens ifylld med resultat i figur 8.

Komponent	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Kommentarer Vidtagna åtgärder	Riskvärdering				Rekommenderade åtgärder
					S: Sannolikhet H: Hälsa M: Miljö E: Egendom				
					S	Konsekvens			
	H	M	E						
Rötkammare, efterrötkammare och rågaslager	Litet/stort läckage i tryckkärl, haveri av tryckkärl	Yttre påverkan som påkörning eller brott i inneslutande behållare till följd av högt tryck eller korrosion	Utsläpp av rågas, brand, explosionsrisk, kvävning och förgiftningsrisk med risk för skador på person och utrustning. Samt spridning av brand till andra delar av anläggningen	Påkörningsskydd och säkerhetsventiler samt regelbunden kontroll av rötammarnas skick.	1	2	1	3	H: Personal befinner sig normalt inte i komponenternas närhet. M: Metanutsläpp samt stopp i produktionen E: Reparationer samt uteblivna intäkter Utbildning och träning av personal för att kunna göra åtgärder vid tecken på defekter så att konsekvenser begränsas.
		Mindre läckage, packning eller gängat rör läcker	Behov av att byta packning, kan leda till att pågående process måste avbrytas.	Underhållsrutin och utbildningsinsatser behövs för särskilda insatser som görs under drift.					
Gasuppgradering, lager CBG	Litet/stort läckage i tryckkärl, haveri av tryckkärl, litet/stort läckage eller brott i rörledning	Yttre påverkan som påkörning eller brott i inneslutande behållare till följd av högt tryck eller korrosion	Utsläpp av rågas och uppgraderad biogas, brand, explosionsrisk, kvävning och förgiftningsrisk med risk för skador på person och utrustning. Samt spridning av brand till andra delar av anläggningen	Påkörningsskydd och säkerhetsventiler samt regelbunden kontroll av processutrustningens skick.	1	2	1	3	Utbildning och träning av personal för att kunna göra åtgärder vid tecken på defekter så att konsekvenser begränsas
Förvätskning	Litet/stort läckage i tryckkärl, haveri av tryckkärl, litet/stort läckage eller brott i rörledning	Yttre påverkan som påkörning eller brott i inneslutande behållare till följd av högt tryck eller korrosion	Utsläpp av flytande biogas, gasmolnsbrand, pölbrand med risk för skador på person och utrustning. Samt spridning av brand till andra delar av anläggningen	Påkörningsskydd och säkerhetsventiler samt regelbunden kontroll av rötammarnas skick.	1	2	1	3	Vall förhindrar gasmolnsutbredning ut över väg 47. Larm till Räddnings-tjänst vid särskilda riskscenaror.

		Handhavade fel	Fel utförd revision	Utbildning av personal.	2	2	1	2	Personlig skydds-utrustning nödvändig vid alla insatser och vid rondering.
LBG tank	Litet/stort läckage i tryckkärl, haveri av tryckkärl, litet/stort läckage eller brott i rörledning	Yttre påverkan som påkörning eller brott i inneslutande behållare till följd av högt tryck eller korrosion	Utsläpp av flytande biogas, gasmolnsbrand, pölbrand, BLEVE och jetflamma med risk för skador på person och utrustning. Samt spridning av brand till andra delar av anläggningen	Utförd enligt branschstandard	1	3	1	4	2 uppsättningar säkerhetsventiler vid olika tryck, dubbelmantlad tank, vakuumsolerad, tryckregleringsventil.
		Hantering av LBG vid lastning av fordon kan ge upphov till utsläpp	Risker vid inkoppling av fordon, start och stopp samt tömning och bortkoppling av slangar.	Ansvar för vem som ändrar ventillägen före utpumpning	2	2	1	2	Övervakning av fordonschaufför som måste ha direktkontakt med anläggningspersonal

Tabell 15. Riskutvärdering för transporter.

Komponent	Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Kommentarer Vidtagna åtgärder	Riskvärdering			Rekommenderade åtgärder	
					S	Konsekvens			
					H	M	E		
Mottagningsstation substrat fast och flytande samt tankning av biogödsel	Läckage av substrat, överfullnad av tank	Fel volym, kärl ej tömt, pumpning till fel kärl, felande av larm	Spridning av substrat eller biogödsel, sanitär olägenhet	Anläggning utformad efter branschstandard	2	1	2	2	Då mottagningen sker inomhus bakom stängda dörrar är risken för spridning utanför lokalen låg, rekommenderas att lokalen utformas på ett sådant sätt att den är enkel att rengöra.
		Handhavandefel	Spridning av fast substrat, sanitär olägenhet	Utbildning av personal	2	1	2	2	Läs ovan
Tankningsstation CBG Kan vara provisorisk och användas t ex vid driftsättning av anläggningen	Litet/stort läckage i tryckkärl, haveri av tryckkärl, litet/stort läckage eller brott i rörledning	Yttre påverkan som påkörning eller brott i rör eller kärl till följd av högt tryck eller korrosion	Utsläpp av CBG, brand, explosionsrisk, kvävning och förgiftningsrisk med risk för skador på person och utrustning. Samt spridning av brand till andra delar av anläggningen	Utformad enligt BGA 2022 och tillämplar branschstandard	1	3	2	3	Säkert avstånd eller skyddsbarriärer mot övriga komponenter eller byggnader som kan antändas.
Tankningsstation LBG	Litet/stort läckage i tryckkärl, haveri av tryckkärl, litet/stort läckage eller brott i rörledning	Yttre påverkan som påkörning eller brott i rör eller kärl till följd av högt tryck eller korrosion.	Utsläpp av LBG, brand, explosionsrisk, kvävning och förgiftningsrisk med risk för skador på person och utrustning. Samt spridning av brand till andra delar av anläggningen	Utformad enligt BGA 2022 och tillämplar branschstandard	1	3	2	3	Säkert avstånd eller skyddsbarriärer mot övriga komponenter eller byggnader som kan antändas. Bör utformas på ett sådant sätt att polär av LBG inte kan ansamlas.

Övriga händelser	Brand i tankbil	Läcka på grund av skada eller slitage.	Spridning av brandfarlig vara. Kan leda till brand som kan sprida sig till övriga delar av anläggningen.	Skyddsavs tånd och eller skyddsbarriärer	2	2	2	2	Säkert avstånd eller skyddsbarriärer mot övriga komponenter eller byggnader som kan antändas.
	Kollision mellan fordon och/ eller objekt inom anläggning	Handhavand efel	Personskada vid kollision. Spridning av brandfarlig vara. Kan leda till brand och/ eller explosion som kan sprida sig till övriga delar av anläggningen.	Skyddsavs tånd och eller skyddsbarriärer	2	2	2	3	Säkert avstånd eller skyddsbarriärer mot övriga komponenter eller byggnader som kan antändas.
	Kollision mellan fordon i anslutning till riksväg 47	Handhavand efel	Personskada vid kollision. Spridning av brandfarlig vara. Kan leda till brand och/ eller explosion.	Breddad anslutande väg till riksväg 47.	1	3	2	3	Utföra in och utfarter enligt Trafikverkets rekommendationer och krav för att minska risk för köbildning vid leveranser till och från anläggningen.

6.2. Risk för person inom anläggningen

Vid hantering av brandfarliga och giftiga ämnen och substanser förekommer alltid viss risk för individ inom anläggningen. De olyckor och händelser som kan ge upphov till störst skada på människa och egendom är bränder och explosioner. Vidtagna säkerhetsåtgärder enligt branschstandard ger en mycket låg risk för att en sådan händelse skall ske och om det händer kan skadan begränsas. Vid normal drift uppskattas att mellan 4 och 10 personer vistas inom anläggningen.

6.3. Risk för person utanför anläggningen

Anläggningen är placerad vid mestadels skogs- och åkermark och de byggnader som ligger i närheten anses vara belägna på ett sådant avstånd så att de inte utsätts för en betydande risk. Riskerna anläggningen medför ligger därmed i linje med proportionalitetsprincipen. Sett till fördelningsprincipen utsätts byggnader i anläggningens närhet för högre risk då de kan påverkas av en BLEVE. Risken för en BLEVE är emellertid så liten samt att med riskreducerande åtgärder som vall mot riksväg 47 anses den åtgärdad enligt ALARP. Utsläpp av giftiga ämnen som till exempel svavelväten uppkommer inte i sådan koncentration att de kan påverka kringliggande samhälle. Den största risken ligger i den ökade tunga transporten till och från anläggningen. Då speciellt vid vänstersväng in från riksväg 47 med trafik ankommande från öst. Biogas Västra Skaraborg AB ämnar uppfylla Trafikverkets rekommendationer och krav. Riskanalysen rekommenderar även en breddning av väg genomförs enligt figur 7.

Figur 10 representerar det värsta tänkbara scenario, en BLEVE på lagringstanken inom området. Beräkningen har gjorts i programvaran ALOHA och tar inte hänsyn till infrastruktur eller andra objekt som kan dämpa konsekvenser av en BLEVE. Olyckans mittpunkt är där LBG tanken är tänkt att placeras. Konsekvensavstånd för övriga undersökta händelser återfinns i

bilaga: beräkningar. Svegeråsen JSK, Hjorten pistolklubb samt byggnad 1, 3, 4 och 5 hamnar i det gula området i figur 10. Det innebär över 6 kW/m^2 vilket kan ge andra gradens brännskador vid 60 sekunders exponering. Enligt bilaga: beräkningar uppskattas förloppet pågå i 14 sekunder. Boende och andra som besöker dessa byggnader utsätts för högre risk är kringliggande samhälle. Sannolikheten för att en BLEVE skall kunna uppstå är dock så liten vid implementering av rekommenderade åtgärder att riskerna ses som åtgärdade enligt ALARP/ rimlighetsprincipen.

I tabell 1 kan avståndet mellan tomtgränsen och byggnad 1 läsas till 350 m. Men LBG tankens verkliga placering är avståndet betydligt längre. Det verkliga avståndet är över 600 meter vilket gör att byggnad 1 hamnar i det gula området i figur 10. då LBG tanken är tänkt att placeras enligt figur 4 vilket kan ses i figur 10 då byggnad 1 är i det gula området.

Tabell 2, 3 och 4 i Bilaga: beräkningar visar att BLEVE är den enda händelsen som skulle kunna påverka närliggande byggnader och är därför den som representeras nedan. Konsekvensavstånd för övriga händelser redovisas i Bilaga: Beräkningar.

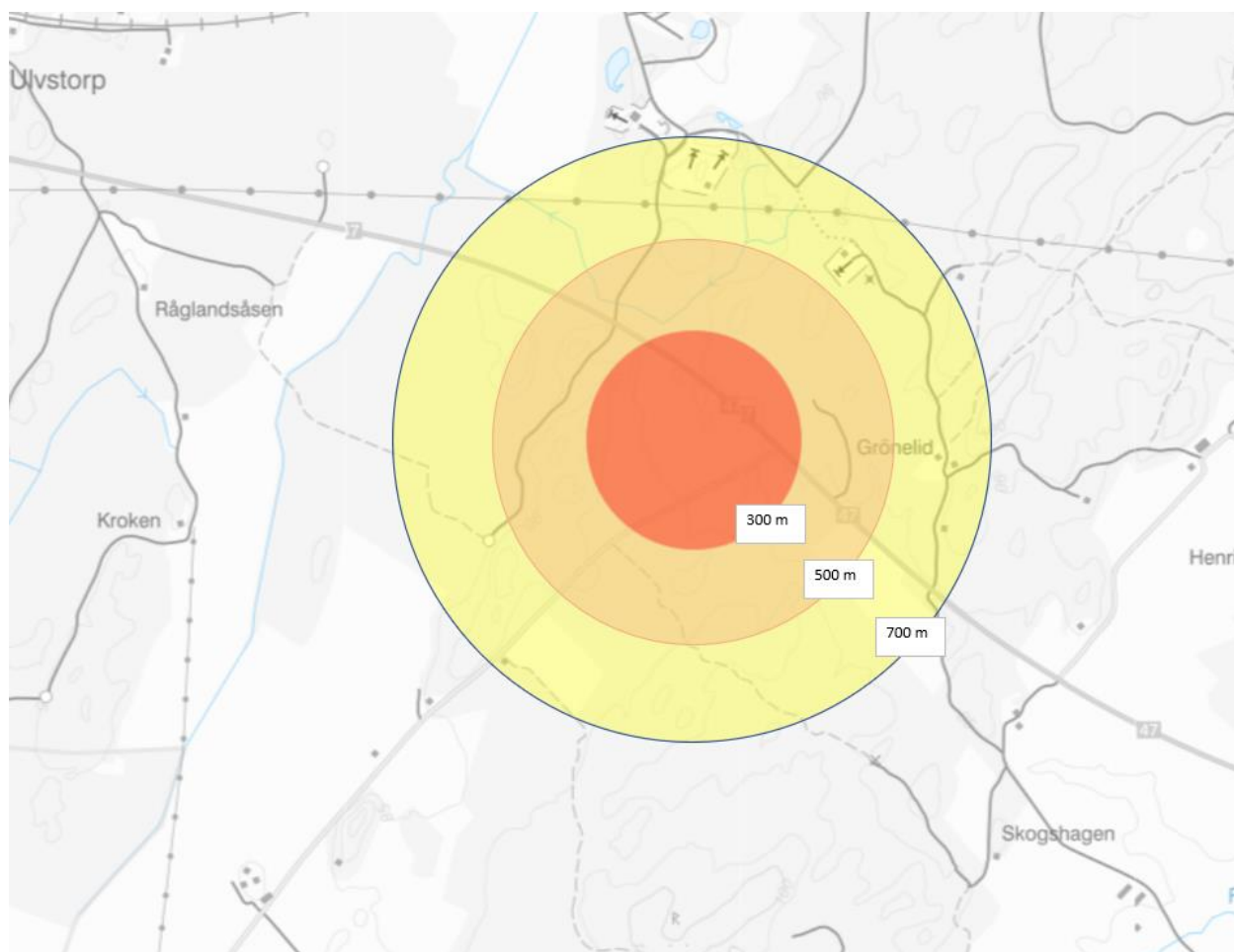


Fig 10. Konsekvensavstånd för en BLEVE. Där de 700 m meter närmast olyckan kan utsättas för över 6 kW/m^2 . 6 kW/m^2 (gult område) kan ge andra gradens brännskador vid 60 sekunders exponering och över 10 kW/m^2 (orange område) är dödligt inom 60 sekunders exponering. [20] Vid 32 kW/m^2 (rött område) kan trä spontanantända [21]. Konsekvensavstånd är beräknat i programvaran ALOHA, antaganden och förutsättningar för respektive beräkning kan läsas i bilaga: beräkningar.

6.4. Vegetationsbrand

Med ett väl tilltaget säkerhetsavstånd till träd och annat antändningsbart material samt kortklippt gräs på tomten minimeras brandrisk. En brandgata i form av en hårdgjord yta med en bredd av 6–8 meter kommer konstrueras runt anläggningen vilken utgör ett skydd mot att en vegetationsbrand sprider sig till anläggningen eller att en brand på anläggningen orsakar en vegetationsbrand.

6.5. Sammanställning av riskuppskattning

Tabell 14 och 15 visar att händelsen med störst sannolikhet är trafikolycka inom eller i angränsning till anläggningen. Konsekvenser kan vara allvarliga för individer inblandade i olyckan.

Explosioner eller bränder relaterade till hanteringen av brandfarliga gaser eller vätskor har potentiellt allvarliga konsekvenser men risken för att de skall inträffa är låga.

Spill av inkommande substrat eller utkommande biogödsel är andra händelser som kan inträffa men konsekvenserna för dessa är låga och begränsade till sanering och ekonomisk förlust. Spill av inkommande substrat kommer med största sannolikhet ske bakom stängda dörrar så sanering bör vara relativt enkel.

7. Rekommendationer för riskreducerande åtgärder

Anläggningen förutsätts bli utförd enligt BGA 2022 och TSA 2020 vilket innebär att branschöverenskomna riskreducerande åtgärder skall följas.

Vid riskuppskattning fanns två scenarier där risk hamnade i det gula området i figur 8. BLEVE i LBG lager samt kollision mellan fordon inom anläggning.

Nedan listas rekommenderade riskreducerande åtgärder:

- Utbildning i risker och riskreducerande åtgärder för personal.
- Rekommendationerna för minskad risk för BLEVE är att LBG tanken är vakuumisolerad, dubbelmantlad samt har flera uppsättningar ventiler som öppnas vid olika tryck enligt branschstandard.
- Angående risk för kollision mellan fordon i anslutning till riksväg 47 rekommenderas att Trafikverkets rekommendationer och krav följs. Breddning av angränsande väg enligt trafikverkets anvisningar rekommenderas.
- Bilaga släckvattenhantering rekommenderar att mark runt byggnader inom anläggningen hårdgörs och förses med brunnar och avrinning till en släckvattendamm med avstängningsventil för att förhindra spridning. Den planerade insatsplanen kommer beskriva hur släckvattnet skall hanteras vid en eventuell incident.
- Vall mot riksväg 47 för att förhindra spridning av gasmoln ut från anläggning samt skydd från yttre påverkan på anläggningen. Vallen utgör även ett riskreducerande objekt för byggnader norr om riksväg 47.
- Lämplig personlig säkerhetsutrustning.

- Övervakning av fordonschaufför som måste ha direktkontakt med anläggningspersonal för att undvika risk för påkörning av infrastruktur och personal.
- Utformning av mottagningslokal av substrat så att den kan rengöras på ett lämpligt sätt.
- Körschema av transporter till och från anläggningen ska utföras på ett sådant sätt att det minskar risk för köbildning på riksväg 47 och angränsande väg.
- Området kring tankstationen för LBG ska utformas på ett sådant sätt att polar hindras från att ansamlas.
- Hårdgjord yta kring anläggningen på 6-8 meter som skydd mot spridning av brand.
- Övrigt rekommenderas skyddsbarriärer och/eller skyddsavstånd för att minska risken för påkörning.
- Fundamentet kring LBG tanken ska utformas så att det inte bidrar till ansamling av en eventuell läcka av biogas kring LBG tanken. En mur utgör ett skydd för LBG tanken i fall av brand men ökar risken för en antändbar koncentration av biogas under LBG tanken.

Ett alternativt påkörningsskydd måste därmed utformas så det inte ansamlar biogas i fall av läcka. Däremot ska LBG tanken placeras med ett säkerhetsavstånd som minskar risken för att en brand kan påverka LBG tanken.

8. Slutsatser

Efter riskanalys framgår att anläggningens placering och tomtens storlek möjliggör säkra avstånd både utom och innanför anläggningen.

De flesta uppskattade riskerna hamnar inom acceptabel risknivå vilket kan ses i tabell 12, de som återfinns i det gula området är ett händelseförlopp som skulle kunna resultera i en BLEVE med sannolikhetsgrad **1** och allvarlighetsgrad **4** på hälsa och egendom. Vid implementering av rekommenderade åtgärder bedöms att riskerna har åtgärdats enligt ALARP/rimlighetsprincipen.

Även om anläggningen placeras längre västerut eller bygger ut verksamhet inom tomtgränsen bort från riksväg 47 bedöms det inte påverka risker i förhållande till riksväg 47.

9. Förkortningar och begrepp

- AFS Arbetsmiljöverkets författningssamling
- ALARP As low as reasonably possible
- BLEVE En explosion av en tank till följd av ett drastiskt sänkt tryck av förvätskad gas
- ELSÄK-FS 2008:1 Elsäkerhetsverkets föreskrifter och allmänna råd om hur elektriska starkströmsanläggningar ska vara utförda
- EX-zon Explosionsfarligt område
- Hazop Hazard and operability study
- LBE Lagen om brandfarliga och explosiva varor
- LBG Förvätskad biogas
- LC50 Dödlig koncentration för 50 % av människor vid 5 minuters exponering
- LFL Undre explosionsgränsen
- LSO Principen om skydd mot olyckor
- MB Miljöbalken
- NVDP Trafikverkets nationella vägdatabas
- Ppm Parts per million, 10 000 ppm motsvarar 1 %
- Rågas Icke uppgraderad biogas
- SEK Handbok 426 Klassning av explosionsfarliga områden - områden med explosiv gasatmosfär
- SGC Rapport 265 Svenskt gastekniskt center AB "skyddsavstånd inom biogasanläggningar"
- SS-EN 13501 – 1 Klassifieringssystem för ett materials bidrag till brand i ett tidigt skede
- TSA 2020 Anvisningar för konstruktion, tillverkning, anläggning, kontroll, drift och underhåll av tankstationer för metangasdrivna fordon.
- UFL Övre explosionsgränsen
- VGU 2020 Trafikverkets regler för vägar och gators utformning.
- ÅDT Årsdygnstrafik

10. **Beräkningar**

Beräkningar för risker associerade med transport samt konsekvenser av utredda olycksscenarier redovisas i bilaga: Beräkningar.

11. Källor

- [1] Energigas Sverige, *Anvisningar för biogasanläggningar*, BGA 2022, 2022.
- [2] Räddningsverket, *Handbok för riskanalys*, 2003
- [3] Tomas Carlmon, personligt mail, 2023
- [4] Trafikverkets nationella vägdatabas, 2023
- [5] Statistiska centralbyrån, *Kommuner i siffror*, 2022
- [6] Energigas Sverige, *Produktion av biogas och rötresten och dess användning år 2021, 2022*
- [7] Wärtsilä, personligt mail. 2023
- [8] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. *Metan, komprimerad - RIB Farliga ämnen*, hämtad 2023
- [9] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. *Metan, kylt, flytande – RIB Farliga ämnen*, hämtad 2023
- [10] SEK handbok 426. *Klassning av explosionsfarliga områden - Områden med explosiv gasatmosfär*. 2016
- [11] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. *Sevesolagstiftningen – vem omfattas?* 2015
- [12] Svenskt gastekniskt center. *Skyddsavstånd inom biogasanläggningar*, 2012
- [13] Trafikverket. *VGU 2020 Vägar och gators utformning*. 2020
- [14] Zhang Qian-xi, Liang Dong. *Thermal Radiation and Impact Assessment of the LNG BLEVE Fireball*. School of Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Kina. 2013
- [15] Sjöström Johan, Andersson Petra, *Thermal exposure from burning leaks on LNG hoses: experimental results*. SP Technical Research Institute of Sweden. 2013
- [16] Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län, Västra Götalands län. *Riskhantering i Detaljplaneprocessen. Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*, 2006
- [17] ALOHA, United States Environmental Protection Agency, 2023
- [18] R. Hedenström och T. Lange, "Farligt gods – Riskbedömning vid transport", Räddningsverket, Karlstad, 1997.
- [19] "Handbok för riskanalys", Räddningsverket, 2003.

[20] D, Drysdale, "An introduction to fire dynamics", Chichester West Sussex, 2011.

[21]"Thermal Radiation Levels of Concern | response.restoration.noaa.gov". Åtkomstdatum: 10 juli 2023. [Online]. Tillgänglig vid: <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/thermal-radiation-levels-concern.html>