



rivm

Rapport 620201001/2010
P.A.M. Heezen | S. Mahesh

Veiligheid grootschalige productie van biogas

Verkennend onderzoek risico's externe veiligheid

RIVM Rapport 620201001/2010

Dit rapport bevat een erratum!

Veiligheid grootschalige productie van biogas

Verkendend onderzoek risico's externe veiligheid

P.A.M. Heezen
S. Mahesh

Contact:
P.A.M. Heezen
Centrum Externe Veiligheid
patrick.heezen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-Inspectie, in het kader van het project M/620551, 'Ondersteuning VROM-Inspectie 2010'.

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Veiligheid grootschalige productie van biogas

Verkennd onderzoek naar de risico's voor de externe veiligheid

Grootschalige productie van biogas uit mest kan veiligheidsrisico's met zich meebrengen voor personeel en omwonenden. Bekend is dat het biogas een mengsel van gassen is met brandbare eigenschappen door de aanwezigheid van methaan. Minder bekend zijn de giftige eigenschappen als het biogas een hoog zwavelwaterstofgehalte heeft.

De productie van biogas (co-vergisting) uit mest wordt in Nederland steeds populairder. Co-vergisting vindt plaats in vergisters die doorgaans staan bij agrarische bedrijven. Om de productie te vergroten wordt de mest aangevuld met organische materialen. Vanwege het risico van een hoog zwavelwaterstofgehalte is het belangrijk dat deze materialen niet te veel zwavel bevatten. Als dat toch het geval is, moet het teveel aan zwavelwaterstof verantwoord worden verwijderd. De trend is dat biogasinstallaties steeds groter worden en de installaties ingewikkelder. Hierdoor worden ook de risico's groter.

Het onderzoek geeft aanbevelingen om de risico's voor de externe veiligheid beter te kunnen beheersen. Zo is het aan te bevelen om een verantwoorde afstand van de vergisters tot de omwonende vast te stellen, zoals dat voor chemische bedrijven gebeurt via het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (Bevi). Daarnaast wordt aanbevolen een 'centraal document' op te stellen met informatie over de manier waarop grootschalige biogasinstallaties veilig kunnen worden gebouwd en beheerd. Deze informatie is nu verspreid over verschillende (internationale) documenten. Een centraal document kan een minimaal veiligheidsniveau garanderen en duidelijkheid bieden aan ondernemers en vergunningverleners.

Dit onderzoek is uitgevoerd door het RIVM in opdracht van de VROM-Inspectie. Het ingenieursbureau DHV B.V. heeft aan het onderzoek meegewerkt in opdracht van het RIVM.

Trefwoorden:

biogas, externe veiligheid, (co-)vergisting, zwavelwaterstof, methaan

Abstract

Safety aspects associated with the large-scale production of biogas

Exploratory study of third-party risk

The large-scale production of biogas from a mixture of manure and organic materials can be considered to represent a potential safety hazard for both those working with the biogas installations and local residents. It is a well-known fact that biogas, which is a mixture of gases, has flammable properties due to the presence of methane. Less well known, however, is that biogas has toxic properties when it contains a high content of hydrogen sulfide.

The production of biogas (co-fermentation) from manure is steadily increasing in the Netherlands. The co-fermentation reaction takes place in fermentors, which are often located on or near agricultural enterprises, and other organic materials are generally added to the manure to increase biogas production. Given the health and safety risks associated with high hydrogen sulfide levels, it is important that these organic materials do not contain a high content of sulfur. However, if this is the case, the excess hydrogen sulfide must be removed in a responsible manner. The current trend towards larger and more complex biogas production plants is expected to continue, which will increase third-party risk.

Based on the results of this study, this report makes a number of recommendations aimed at minimizing the potential risks in producing biogas. Firstly, it recommends that there be a legal requirement for the maintenance of a safe distance between fermentors and local residences, similar to the regulations implemented into Dutch legislation on chemical companies in the ‘Besluit externe veiligheid inrichtingen, Bevi’. Secondly, it recommends the creation of a reference guideline based on all available information on how to construct and safely operate such large biogas production plants. This information is currently not centralized and is to be found scattered throughout various (international) documents. One standard guideline would guarantee a minimum safety level and provide clarity to both licence holders and licensing authorities.

This research was conducted by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) and commissioned by the Inspection authority of the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM). The engineering firm DHV B.V. cooperated in the investigation commissioned by RIVM.

Key words:

biogas, third-party risk, fermentation, hydrogen sulfide, methane

Inhoud

Samenvatting		6
Inleiding		7
1	Beschikbare kennis en regelgeving	9
1.1	Bouw, onderhoud, bedrijfsvoering	9
1.2	Zwavelwaterstof (H ₂ S) in biogas	10
1.3	Classificatie biogas en het BRZO	12
2	Risico's voor de externe veiligheid	13
2.1	Gifigheid van zwavelwaterstof indien een bioreactor faalt	13
2.1.1	Aanpak	13
2.1.2	Resultaten	13
2.2	Domino-effecten bij falen van een vergister	15
2.2.1	Aanpak	15
2.2.2	Resultaten	15
2.3	Beveiligingssystemen (<i>Lines of Defence</i>)	16
2.3.1	Aanpak	16
2.3.2	Resultaten	16
2.4	Afstand tot plaatsgebonden risicocontour van 10 ⁻⁶ per jaar	18
2.4.1	Aanpak	18
2.4.2	Resultaten	19
2.4.3	Verskil met eerder gerapporteerde afstanden	19
3	Conclusie	21
3.1	Beschikbare kennis en regelgeving	21
3.2	Risico's voor de externe veiligheid	21
4	Aanbevelingen	23
Literatuur		24
Bijlage 1	Classificatie biogas en BRZO (H₂S)	25
Bijlage 2	Technische achtergronddocumenten	27

Samenvatting

Co-vergisting van mest wordt in Nederland populairder. Bij co-vergisting wordt een mengsel van mest met een organische reststroom (co-substraat) vergist voor de productie van biogas. Het biogas dat ontstaat, kan worden gebruikt om elektriciteit en warmte op te wekken. De productie van biogas uit mest, aangevuld met organische materialen (co-substraat), vindt plaats in zogenaamde vergisters. Het geproduceerde biogas is een mengsel van gasen dat zowel brandbare (ten gevolge van CH₄, methaan) als toxische (ten gevolge van voornamelijk H₂S, zwavelwaterstof) eigenschappen heeft, en veiligheidsrisico's met zich mee kan brengen voor personeel en omwonenden.

Dit rapport bundelt de belangrijkste bevindingen van een onderzoek naar de risico's voor de externe veiligheid rond grootschalige biogasinstallaties. Het onderzoek is in de periode van medio 2008 tot eind 2009 uitgevoerd door het Centrum Externe Veiligheid van het RIVM in opdracht van de VROM-Inspectie met ondersteuning van ingenieursbureau DHV B.V.

Het vergisten van mest tot biogas is geen nieuwe techniek en vindt met name plaats bij agrarische bedrijven. De trend is dat deze vergisters steeds groter worden en de installaties ook ingewikkelder. De maatregelen en procedures om deze installaties veilig te kunnen beheren, vereisen specifieke kennis die geborgd zou moeten worden: de agrariër wordt *operator*. Informatie over het veilig bouwen en beheren van grootschalige biogasinstallaties is nu verspreid over verschillende (internationale) documenten. Het ontwikkelen van één centraal document zou een minimaal veiligheidsniveau kunnen garanderen en duidelijkheid kunnen bieden voor ondernemers en vergunningverleners.

Biogas is een mengsel van gasen dat brandbare en toxische eigenschappen heeft. Het voorstel is om voor biogas met een H₂S-gehalte van maximaal 1 vol% alleen de brandbare eigenschappen te beschouwen voor het in kaart brengen van de risico's voor de externe veiligheid. Voor biogas met een H₂S-gehalte hoger dan 1 vol%, is het voorstel om hiervoor zowel de brandbare als toxische eigenschappen te beschouwen. Dit gehalte is met name afhankelijk van het type co-substraat dat wordt toegevoegd aan de mest. In de praktijk zal het H₂S-gehalte meestal lager zijn dan 1 vol %.

Daarnaast dient biogas met een H₂S-gehalte vanaf 1 vol% volgens de Seveso-regelgeving geclassificeerd te worden als zeer toxisch (T+). Dat betekent dat inrichtingen met 4.000-5.000 m³ biogas of meer de onderste drempelhoeveelheid van het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO) halen en daarmee ook vallen onder het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi).

Grootschalige biogasinstallaties kunnen een risico vormen voor de externe veiligheid. Dit risico wordt met name bepaald door de totale hoeveelheid biogas die aanwezig is in de opslag en de samenstelling van het biogas. Voor een aantal fictieve grootschalige inrichtingen zijn berekeningen uitgevoerd met het rekenpakket SAFETI-NL.

De afstand tot de plaatsgebonden risicocontour van 10⁻⁶ per jaar voor een grootschalige installatie is maximaal 50 meter gemeten vanaf het midden van de gasopslag/vergister. Deze (beperkte) afstand geldt voor grootschalige installaties met biogas waarvan het H₂S-gehalte maximaal 1 vol% is. Hierbij moet worden opgemerkt dat er voor deze typische opslag van biogas geen specifieke faalfrequentie is afgeleid. Voor de risicoberekeningen is gebruikgemaakt van de generieke faalcijfers die horen bij atmosferische opslagen. Of dit gerechtvaardigd is, zal moeten blijken uit een onderzoek. Omdat de verschillende biogasinstallaties en de bijbehorende risico's veel overeenkomsten hebben, zou het vaststellen van standaard afstanden tot de plaatsgebonden risicocontour van 10⁻⁶ per jaar kunnen worden overwogen.

Inleiding

In 2008 heeft de VROM-Inspectie Noord aan het Centrum Externe Veiligheid (CEV) van het RIVM verzocht de risico's te beschouwen rond grootschalige inrichtingen voor de productie van biogas aan de hand van een aantal specifieke vragen met name gericht op de risico's voor externe veiligheid.

Co-vergisting van mest wordt in Nederland populairder. Bij co-vergisting wordt een mengsel van mest met een organische reststroom (co-substraat) vergist voor de productie van biogas. Een inventarisatie van de VROM-Inspectie leverde een lijst op van 180 locaties in Nederland waar een biovergister staat of waarvoor een vergunningaanvraag is ingediend of al een vergunning is verleend (Poorta, 2009)¹. Dit aantal zal naar verwachting toenemen. Daarnaast wordt waargenomen dat bestaande installaties worden uitgebreid en nieuwe installaties steeds groter worden. Verder hebben in het recente verleden verschillende ongevallen plaatsgevonden, enkele zelfs met doden als gevolg. Deze ontwikkeling, die het ministerie van VROM aanmerkt als één van de 'nieuwe risico's', brengt vragen naar boven over de mogelijke (externe) veiligheidsrisico's. Daarnaast ontvangt het CEV vanuit haar taak om provincies en gemeenten te ondersteunen bij het uitvoeren van het externe veiligheidsbeleid frequent vragen over de risico's van biogas en vergistingsinstallaties. Mede hieruit wordt geconcludeerd dat er behoefte is aan duidelijkheid over deze risico's.

Het primaire doel van deze studie was om antwoorden te formuleren op een aantal kennisvragen die de VROM-Inspectie aan het CEV heeft gesteld over de risico's van grootschalige biogasinstallaties. Dit rapport is gevormd op basis van deze antwoorden met aanvullende informatie en geeft een globaal inzicht in de externe veiligheidsrisico's van grootschalige biogasproductie. Hiervoor is eerst een deskstudie uitgevoerd naar de huidige beschikbare regelgeving en documentatie voor het veilig bouwen, beheren en onderhouden van deze (grootschalige) installaties. Daarnaast is nader ingegaan op de modellering van de opslag en de productie van de biogasinstallaties in het kader van de externe veiligheidsrisico's met als resultaat effect- en risicoafstanden voor deze installaties.

Het RIVM heeft het ingenieursbureau DHV B.V. verzocht om ondersteuning te leveren bij dit onderzoek. DHV heeft deze bijdrage geleverd en schriftelijk aan ons gerapporteerd. Het RIVM heeft dit onderzoek aangestuurd, kwalitatief getoetst en op een aantal punten aangevuld. Alle (technische) achtergronddocumenten zijn op verzoek digitaal verkrijgbaar (zie Bijlage 2).

Dit rapport concentreert zich op de risico's voor de externe veiligheid. Het geeft een overzicht van de huidige situatie en biedt een startpunt om bij de verdere professionalisering van deze relatief nieuwe activiteiten de veiligheidsrisico's beter inzichtelijk te maken. Voor andere veiligheidsdomeinen zoals arbeidsveiligheid, zijn de mogelijkheden om deze risico's beter te beheersen niet nader onderzocht en uitgewerkt, omdat dat buiten de scope van dit onderzoek valt.

Opbouw van de studie en dit rapport

Deze studie is in twee fasen uitgevoerd. In fase 1 is een inventarisatie gemaakt van de huidige richtlijnen en kennis wat betreft de veiligheid van grootschalige biogasinstallaties. De resultaten van fase 1 zijn samengevat in hoofdstuk 1 'Beschikbare kennis en regelgeving' en zijn gebruikt voor het beantwoorden van een aantal kennisvragen in fase 2.

¹ De lijst met 180 locaties is exclusief de vergisters die alleen gebruikmaken van plantaardig materiaal of vergisters bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI).

Fase 2 geeft antwoorden op vier specifieke kennisvragen die zijn opgesteld over de risico's van grootschalige biogasinstallaties voor de externe veiligheid. Hiervoor is de kennis gebruikt die is opgedaan in fase 1 en zijn waar nodig verspreidings- en risicoberekeningen uitgevoerd met de rekenpakketten Phast en SAFETI-NL. Deze specifieke vragen worden behandeld in hoofdstuk 2 'Risico's voor de externe veiligheid'.

Hoofdstuk 3 vat de conclusies samen en hoofdstuk 4 geeft een aantal aanbevelingen voor mogelijk te nemen acties en voor vervolgonderzoek.

1 Beschikbare kennis en regelgeving

In fase 1 van deze studie is een globaal overzicht gemaakt van het productieproces van biogas door middel van (co-)vergisten van mest. Onderwerpen als productieproces, biogassamenstelling, productiecapaciteiten, toegepaste (veiligheids)technieken zijn hierin aan de orde gekomen. Daarnaast is een overzicht gemaakt van literatuur over dit onderwerp en de van toepassing zijnde regelgeving.

Deze informatie is verkregen op basis van een deskstudie. Voor de regelgeving is gezocht op sites van ministeries en verzekeringsmaatschappijen. Daarnaast hebben ook bedrijfsbezoeken plaatsgevonden. Hieronder worden uit deze inventarisatie de belangrijkste punten samengevat en toegelicht. Alle overige resultaten van fase 1 zijn op verzoek beschikbaar (zie Bijlage 2).

1.1 Bouw, onderhoud, bedrijfsvoering

Biogasinstallaties komen in allerlei lay-outs, capaciteiten en uitvoeringen voor. Ondanks de verschillende uitvoeringsvormen blijft het principe van de installaties gelijk. De typische vergisters bestaan uit een silo (mestbassin) met aan de bovenzijde een speciaal zeildoek om het ontstane biogas te verzamelen (Figuur 1). Soms is er een (tijdelijke) opslag van biogas aanwezig waarvoor gaszakken of gashouders worden gebruikt. Het geproduceerde biogas wordt meestal direct geleid naar een speciale gasmotor om elektriciteit (en warmte) op te wekken. Het is ook mogelijk om via een tussenstap het biogas op te werken naar aardgaskwaliteit, zodat het kan worden geleverd aan het aardgasnet (groengas).

De inventarisatie spitst zich toe op *grote* installaties, groter dan een enkele vergister bij een boerenbedrijf. De scheiding tussen installaties op boerderijschaal en grootschalige installaties is niet eenduidig te maken, aangezien de schaalgrootte van de installaties bij boerderijen ook toeneemt. Om de externe veiligheidsrisico's te kunnen berekenen, zijn voor drie verschillende schaalgrootten (middelgroot, groot en zeer groot) keuzes gemaakt voor wat betreft onderdelen, bedrijfslay-outs en capaciteiten. Deze drie situaties zijn kort weergegeven in paragraaf 2.4 waarna een berekening is gemaakt voor de bijbehorende externe veiligheidsrisico's.

Een overzicht van de Nederlandse en buitenlandse documenten is op verzoek verkrijgbaar (zie Bijlage 2). Geconcludeerd kan worden dat voor de meeste onderdelen van een biogasinstallatie er in principe voldoende richtlijnen beschikbaar zijn om deze installaties te kunnen bouwen en beheren zodat de risico's voldoende worden beheerst. Echter, deze richtlijnen zijn niet overzichtelijk gebundeld maar verspreid over verschillende (internationale) documenten. Er zijn geen aanvullende specifieke voorschriften voor grootschalige installaties gevonden.

Niet voor alle onderdelen van een vergister zijn voldoende veiligheidsrichtlijnen beschikbaar. De typische vergisters bestaan uit een silo (mestbassin) met aan de bovenzijde een speciaal zeildoek om het ontstane biogas te verzamelen. Zo is er bijvoorbeeld geen duidelijkheid over de levensduur en regelmaat van inspectie van het zeildoek dat wordt toegepast.

Gezien de trend dat biogasinstallaties steeds groter worden, functioneert een agrariër als *operator* waarbij voldoende kennis van het productieproces en de installatie van belang is. Naast aandacht voor

de technische veiligheid van de installatie zouden, evenals in de (chemische) procesindustrie, ook opleiding en het opvolgen van (veiligheids)procedures gewaarborgd moeten zijn.



Figuur 1 Een voorbeeld van een typische vergister voor de productie van biogas (Jansen Wijhe Energy bv te Kiel-Windeweer, 17 april 2009).

1.2 Zwavelwaterstof (H_2S) in biogas

Biogas is een mengsel van gassen dat zowel brandbare (ten gevolge van CH_4 , methaan) als toxische (ten gevolge van voornamelijk H_2S , zwavelwaterstof) eigenschappen heeft. Dit levert risico's op voor medewerkers (arbeidsveiligheid, zie Figuur 2) en mogelijk ook voor omwonenden (externe veiligheid). De samenstelling van biogas wordt nader beschreven in één van de achtergronddocumenten die op verzoek beschikbaar zijn (zie Bijlage 2).

Het gehalte H_2S in biogas is sterk afhankelijk van het te vergisten materiaal. Het te vergisten materiaal is een mengsel van mest aangevuld met organische materialen: co-substraat. Naast een aantal procesparameters bepalen voornamelijk de chemische eigenschappen van het co-substraat het H_2S -gehalte in het biogas. Bevat het co-substraat meer zwavel, dan ontstaat er een biogas met meer H_2S . Vergisters gebruiken vaak meerdere typen co-substraat, afhankelijk van wat er (economisch gezien) voor handen is. Er wordt gesignaleerd dat er veel verschillende waarden te vinden zijn over het

maximaal te verwachten H₂S-gehalte in biogas, variërend van 1 tot 3 vol%. Het raadplegen van verschillende specialisten levert ook uiteenlopende waarden op. Uit deze uiteenlopende waarden kan worden gesteld dat voor een goed werkende installatie onder normale condities 0,1 vol% H₂S als maximum zou gelden. Voor afwijkende productie omstandigheden kunnen voor korte perioden waarden gevonden worden van enkele tienden van volumeprocenten waarbij een waarde van 1 vol% H₂S als maximum wordt gezien.

De gasmotor die wordt gebruikt dicteert heldere specificaties over welk gehalte H₂S nog wordt getolereerd waarbij de levensduur ervan niet wordt aangetast. Dit is echter het H₂S-gehalte na een behandeling waarin het H₂S grotendeels wordt verwijderd en niet het H₂S-gehalte van het biogas dat wordt gevormd in de vergister en aanwezig kan zijn in de gasopslag.

Om in paragraaf 2.1 in te kunnen schatten wat de risicobijdrage is voor de externe veiligheid ten gevolge van de toxische eigenschappen van biogas, is gekozen om de effecten te modelleren van biogas met drie verschillende H₂S-gehaltenes.



Figuur 2 Waarschuwing op het foliedoek van een vergister (Jansen Wijhe Energy bv te Kiel-Windeweer, 17 april 2009).

1.3 Classificatie biogas en het BRZO

Het geproduceerde biogas wordt meestal snel verbrand voor de productie van elektriciteit (en warmte). In deze situatie is de totale hoeveelheid biogas, die aanwezig is binnen een grootschalige inrichting, over het algemeen beperkt. Opslag vindt plaats voor een korte periode bij omstandigheden net iets boven atmosferische druk. De onderste BRZO-drempelhoeveelheid voor brandbare stoffen bedraagt 10 ton en zal dan ook niet snel worden overschreden (VROM, 2006).

Het Stoffen Expertise Centrum (SEC) van het RIVM heeft een classificatie uitgevoerd op basis van de Seveso-regelgeving (zie Bijlage 1). Hieruit komt naar voren dat een biogasmengsel met een H₂S-gehalte vanaf 0,2 tot 1 vol% H₂S moet worden aangemerkt als toxisch (T) en vanaf 1 vol% H₂S als zeer toxisch (T+). Dit betekent dat een inrichting die biogas produceert met 1 vol% H₂S en daarbij een opslag heeft van 4.000-5.000 m³ biogas, de onderste drempelhoeveelheid van de Seveso-regelgeving haalt en daarmee dus onder het Besluit Risico's Zwarte Ongevallen, BRZO valt en dus ook onder het Besluit externe veiligheid inrichtingen, Bevi (VROM, 1999).

Tabel 1 Drempelhoeveelheden uit BRZO99 (VROM, 1999) aangevuld met corresponderende volumes biogas (dichtheid van 1,3 kg/m³)

	Drempelwaarde 1	Drempelwaarde 2
1. zeer giftig	5 ton (± 4000 m ³)	20 ton (± 15.000 m ³)
2. giftig	50 ton (± 40.000 m ³)	200 ton (± 150.000 m ³)

Hoewel biogas met een H₂S-gehalte van 1 vol% weliswaar hoog is, kan dat voorkomen als er zwavelrijk co-substraat aan de mest wordt toegevoegd. Een (atmosferische) gasopslag met een totale omvang van 4.000 m³ per inrichting is geen ongewone hoeveelheid voor grotere installaties. Deze kunnen bestaan uit meerdere vergisters (tot 500 m³ biogas per vergister), mogelijk gecombineerd met opslagballonnen (tot 2500 m³ biogas per opslag). Voor grote installaties is het dus van belang dat wordt gecontroleerd of de BRZO-drempelhoeveelheid wordt overschreden.

2 Risico's voor de externe veiligheid

Dit hoofdstuk geeft antwoorden op vier specifieke kennisvragen die zijn opgesteld over de externe veiligheidsrisico's van grootschalige biogasinstallaties. Hieronder worden deze vragen per paragraaf uitgewerkt.

2.1 Giftigheid van zwavelwaterstof indien een bioreactor faalt

Vraag 1: Speelt de giftigheid van zwavelwaterstof een rol voor de externe veiligheid indien een vergister of gasopslag faalt?

2.1.1 Aanpak

Naast brandbare eigenschappen heeft biogas ook toxische eigenschappen die worden bepaald door het aanwezige H₂S. Om deze verschillende effecten met elkaar te kunnen vergelijken, is een aantal voorbeeldeffectberekeningen uitgevoerd met het rekenpakket PhastMC (Phast Multi Component versie 6.53.1). Hierbij zijn de toxische en brandbare effecten apart gemodelleerd en de effectafstanden zijn daarna met elkaar vergeleken. Voor de modellering is aangesloten bij de systematiek zoals beschreven in de notitie Effecten risicoafstanden bij de opslag van biogas (RIVM, 2008) en de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (RIVM, 2009).

Voor de modellering is gekozen voor een biogasopslag van 2500 m³ (maximale omvang) met een overdruk van 0,1 bar. Omdat er (vooralsnog) geen eenduidigheid is over maximaal voorkomende H₂S-concentraties, is gekozen om voor drie verschillende H₂S-concentraties effectafstanden te berekenen. Hierbij is gekozen voor de waarden 0,1, 1 en 3 vol% H₂S in biogas. Deze keuzes zijn gebaseerd op de bevindingen uit fase 1 van deze studie. In de literatuur is 3 vol% het hoogste H₂S-gehalte dat is gevonden in het biogas (zie Bijlage 2). Aangezien 1 vol% de grens is waar vanaf biogas moet worden beschouwd als zeer giftig (paragraaf 1.3), is ook met dit gehalte gerekend. Tenslotte is vanuit de beroepspraktijk gemeld dat voor een goed werkende installatie onder normale condities 0,1 vol% als maximum zou kunnen gelden. Daarom is ook dit gehalte betrokken bij de berekeningen. Het gemodelleerde biogas bestaat verder uit gelijke delen koolstofdioxide en methaan (CO₂ en CH₄).

2.1.2 Resultaten

De gehanteerde uitgangspunten (gebruikte PSU-file voor Phast) en de uitgebreide resultaten van de effectberekeningen zijn op verzoek verkrijgbaar (zie Bijlage 2). Hier worden de resultaten kort besproken.

In Tabel 2 zijn de toxische effectafstanden weergegeven voor de scenario's 'instantaan falen' en het scenario '10-minuten uitstroom'. Bij 'instantaan falen' komt de gehele inhoud in één keer vrij. Bij een '10-minuten uitstroom' stroomt de gehele inhoud in 10 minuten uit het reservoir. De afstanden zijn berekend voor drie verschillende H₂S-concentraties voor de weertypen F1,5, D5 en D9². De effectafstand is de afstand gemeten vanaf het midden van het reservoir tot een afstand waarop nog een concentratie verwacht kan worden waarbij 1 % van de aanwezige onbeschermde populatie overlijdt.

² Het weer wordt getypeerd d.m.v. Pasquill-classificatie die weertypen indeelt op een schaal van A t/m F. F staat voor een stabiel weertype (nacht, bewolking) en levert bij verspreidingsberekeningen meestal een *worst-case scenario* op. A staat voor een instabiel weertype (dag, zon) en D past bij een gemiddelde weersituatie overdag in Nederland. Het getal geeft de gemiddelde windsnelheid aan op 10 meter hoogte in m/s.

In Tabel 3 zijn effectafstanden gegeven voor dezelfde scenario's maar hier is alleen gekeken naar de brandbare eigenschappen van biogas. De effectafstand hier is de afstand gemeten vanaf het midden van het reservoir tot een afstand waarop het biogas nog net ontstoken kan worden (LFL, *Lower Flammable Limit*). Na ontsteking kan een wolkbrand (*flash fire*) het gevolg zijn met een kans op overlijden van 100 % voor onbeschermde personen binnen dit gebied.

Tabel 2 De maximale effectafstand in meters tot 1 % letaliteit ten gevolge van de toxische eigenschappen van biogas

Vol% H ₂ S	Instantaan falen			10-minuten uitstroom		
	F1,5	D5	D9	F1,5	D5	D9
0,1	-	-	-	2	2	2
1	14	19	20	35	27	21
3	118	166	200	138	122	83

Tabel 3 De maximale effectafstand in meters tot 100 % letaliteit ten gevolge van de brandbare eigenschappen van biogas

Vol% H ₂ S	Instantaan falen			10-minuten uitstroom		
	F1,5	D5	D9	F1,5	D5	D9
0,1	19	48	90	10	8	7
1	23	65	124	11	9	7
3	210	340	450	13	10	8

Voor biogas met een H₂S-concentratie van 0,1 vol% reikt de effectafstand ten gevolge van de brandbare eigenschappen verder dan die ten gevolge van de toxische eigenschappen. Voor deze mengsels zijn de brandbare eigenschappen van biogas dus belangrijker dan de toxische eigenschappen voor het bepalen van de risico's voor de omgeving. Bij het inventariseren van de (externe veiligheids)risico's kan dus worden volstaan om biogas alleen te beschouwen als brandbaar.

Tabel 2 en Tabel 3 laten zien dat voor biogas met 1 en 3 vol% H₂S de toxische eigenschappen van biogas wel relevant zijn. In de tabellen is af te lezen dat bij het 10-minuten uitstroomscenario de toxische effectafstanden juist verder reiken dan de brandbare effectafstanden. Voor biogas met een H₂S-gehalte vanaf 1 vol% zouden naast de brandbare ook de toxische eigenschappen van biogas moeten worden beschouwd.

Het voorstel is om voor biogas met een H₂S-gehalte tot maximaal 1 vol%, alleen de brandbare eigenschappen te beschouwen voor het in kaart brengen van de risico's voor de externe veiligheid. De verwachting is dat het aantal extra slachtoffers (buiten de inrichting) dat kan worden verwacht ten gevolge van de toxische eigenschappen van H₂S zeer beperkt en verwaarloosbaar zullen zijn. Dit omdat de effectafstanden uit Tabel 2 en Tabel 3 worden gemeten vanuit het midden van de opslag en zullen in veel gevallen niet reiken tot buiten de terreingrens van de inrichting (toxische effect tot 35 m). Daarnaast worden de effectafstanden in Tabel 2 en 3 voor de toxische en brandbare effecten ook verschillende gedefinieerd: 100 % letaal voor brandbaar en 1 % voor toxisch. Voor biogas met een H₂S-gehalte hoger dan 1 vol% is het voorstel om zowel de brandbare als toxische eigenschappen te beschouwen voor het in kaart brengen van de risico's voor de externe veiligheid.

2.2 Domino-effecten bij falen van een vergister

Vraag 2: In het geval dat één vergister faalt met een gaswolkexplosie als gevolg, wat gebeurt er met naastgelegen vergisters en wat is het te verwachten effect?

2.2.1 Aanpak

Met SAFETI-NL zijn effectberekeningen uitgevoerd. Deze resultaten zijn gecombineerd met de kennis over de installatie en bedrijfslay-out om in te schatten of domino-effecten verwacht kunnen worden. Voor de modellering is aangesloten bij de systematiek die beschreven is in de notitie Effecten risicoafstanden bij de opslag van biogas (RIVM, 2008) en de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (RIVM, 2009).

De typische vergisters bestaan uit een silo (mestbassin) met aan de bovenzijde een speciaal (dubbel) polyesterdoek om het ontstane biogas te verzamelen (zie Figuur 1). De ruimte tussen het organische materiaal en het zeildoek kan bij een grote vergister ca. 200-500 m³ biogas bevatten. Over de eigenschappen van het gebruikte foliedoek is weinig bekend met betrekking tot de mogelijke weerstand tegen de effecten van een explosie (Bijlage 2). Gezien de effectcriteria uit Tabel 4 wordt verwacht dat het (dubbele) doek de overdrukbelasting ten gevolge van een explosie niet zal kunnen weerstaan. Indien hierover zekerheid moet worden verkregen, kan met testen worden aangetoond of de doeken een dergelijke dynamische belasting aankunnen. Voor de effectmodellering wordt op basis van Tabel 4 gekozen dat het doek catastrofaal zal falen bij een overdrukwaarde van 0,1 bar.

Tabel 4 uit PGS1 deel 2b, relatie tussen de overdruk en het falen van een installatie (VROM, 2005)

Equipment type	Criterium falen, overdruk [bar]	
	catastrofaal	gedeeltelijk
Drukvat	0,48	0,38
Atmosferisch vat (vast dak)	0,21	0,07
Atmosferisch vat (drijvend dak)	0,45	0,45
Leidingen	0,4	0,24
Gebouw	0,07	0,01
Control Building	Afhankelijk van ontwerp	Afhankelijk van ontwerp

2.2.2 Resultaten

In het geval dat er een explosie zal optreden, berekent SAFETI-NL vanaf een biogasvolume van ca. 350 m³ een overdruk van 0,1 bar op ca. 50 meter vanaf het midden van de opslag. (Voor een gasvolume van 300 m³ of minder rapporteert SAFETI-NL geen overdruk effecten). In de praktijk staan vergisters en opslagreservoirs vaak dicht bij elkaar staan dan 50 meter (Bijlage 2).

Het is waarschijnlijk dat een mogelijke explosie bij een vergister kan leiden tot het falen van andere nabijgelegen gasopslagen/vergisters. De effecten die dit tot gevolg kunnen hebben, zullen waarschijnlijk na elkaar plaatsvinden. De verwachting is dat het falen van een tweede opslag niet zal leiden tot relatief veel meer slachtoffers dan de slachtoffers die vallen ten gevolge van een eerste explosie. Om mogelijke domino-effecten te verdisconteren, wordt voorgesteld om aan te sluiten bij de methodiek uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (RIVM, 2009). Hierin wordt aangegeven dat voor iedere opslag, waarvan wordt verwacht dat deze betrokken kan worden bij een domino-incident,

de risico's berekend moeten worden met een inhoud die overeenkomt met de inhoud van de grootste opslag (insluitsysteem).
Domino-effecten ten gevolge van een wolkbrand zijn niet nader beschouwd, omdat deze niet worden verwacht.

2.3 Beveiligingssystemen (*Lines of Defence*)

Vraag 3: Welke beveiligingssystemen zijn aanwezig bij grootschalige biogasinstallaties?

2.3.1 Aanpak

Er is een inventarisatie gemaakt van toepasbare beveiligingsvoorzieningen op basis van beschikbare literatuur. In paragraaf 1.1 is al opgemerkt dat er voor grotere installaties geen aanvullende veiligheidsmaatregelen zijn gevonden.

Daarnaast is een aanzet gemaakt voor een *bowtie* voor grootschalige biogasproductie³. Een bowtie-analyse geeft inzicht in de oorzaken van het falen van grootschalige biogasinstallaties en de mogelijke barrières die kunnen worden toegepast. Het bowtie-team bestond uit vertegenwoordigers van het RIVM, ingenieursbureau DHV B.V., EnviTech Biogas AG en de VROM-Inspectie. De sessie vond plaats op 11 juni 2009 bij DHV in Amersfoort.

2.3.2 Resultaten

Het uitgebreide resultaat van de bowtie-analyse en de inventarisatie van toepasbare beveiligingsvoorzieningen zijn op verzoek verkrijgbaar (zie Bijlage 2). De bowtie-analyse is niet compleet maar het voorlopige resultaat en het analyseproces leveren een aantal aandachtspunten op ter verbetering van de beheersing van de risico's die hieronder worden weergegeven.

Elektriciteitsvoorziening

De elektriciteitsvoorziening is een belangrijk onderdeel van de veiligheid. Niet alleen is een goed elektrisch ontwerp van belang voor het uitsluiten van potentiële ontstekingsbronnen, maar elektriciteit speelt ook een belangrijke rol in het functioneren van bepaalde veiligheidsvoorzieningen. Ook problemen met de aansluiting op het vaste elektriciteitsnetwerk kunnen leiden tot het vrijkomen van biogas. Bij een storing op het elektriciteitsnet kan er namelijk geen elektriciteit geleverd worden waardoor de installatie stil kan vallen. De productie van biogas gaat echter door. Het teveel aan biogas dat niet meer kan worden opgeslagen zal dan worden afgeblazen in de buitenlucht. Als een noodfakkel aanwezig is, werkt deze niet bij stroomuitval. Een noodstroomvoorziening zou kunnen worden overwogen.

Goed begrip eigenschappen co-substraat

Veel van de mogelijke procesproblemen hebben hun oorzaak in de veranderende samenstelling van het te vergisten mengsel van mest en co-substraat en de onverwachte gevolgen hiervan op het productieproces en de bedrijfsvoering. Voor een beheersbare, gelijkmatige en dus veiligere bedrijfsvoering is een goed begrip van de fysische/chemische eigenschappen van het mestsubstraatmengsel in de vergister van belang. Dit heeft invloed op de samenstelling van het te

³ *Bowtie (vlinderdas) analyse*

Dit is een methode om een overzicht te geven van de aanwezige beheersmaatregelen gekoppeld aan de aanwezige risico's. De methode geeft per risico (gevaar) een overzicht van de aanwezige (of gewenste) beheersmaatregelen (*Lines of Defence*) gerangschikt naar bedreiging (oorzaak) en consequentie (gevolg).

produceren biogas (onder andere op het H₂S-gehalte), maar ook op het ontstaan van ongewenste bijproducten (drijfslagen). Dit belang neemt toe naarmate de grootte van de installatie toeneemt. De operator heeft hierin veel sturingsmogelijkheden door onder andere het kiezen van het type co-substraat, de mengverhouding mest/co-substraat en de verblijftijden in de vergister. Kennis en opleiding zijn hierbij van cruciaal belang.

Van 'agrarische activiteit' naar activiteiten in de zin van de procesindustrie

Hoewel mestvergisting niet nieuw is, is de schaalgrootte de laatste jaren enorm toegenomen en deze trend zal naar verwachting de komende tijd nog verder doorzetten. Hiermee verandert mestvergisting van een kleinschalige, agrarische activiteit naar een grootschalige, industriële activiteit. Dat het hier om een grootschalige industriële activiteit gaat, komt ook naar voren in de bowtie-analyse. De veelheid van installatieonderdelen en mogelijke scenario's die kunnen leiden tot het vrijkomen van biogas maakt duidelijk dat grootschalige biogasproductie een activiteit is, met niet-verwaarloosbare veiligheidsrisico's. Om deze risico's te beheersen, is kennis en kunde nodig: agrariër wordt operator. Deze professionalisering maakt dat er ook een professionalisering van de bedrijfstak als geheel noodzakelijk is. Geleerd kan worden van de (petro)chemische industrie, voornamelijk op het gebied van beheersing van veiligheid, veiligheidsbarrières en opleiding.



Figuur 3 Automatische fakkelininstallatie die een overschot aan biogas verbrandt welke wordt geactiveerd als de overdruk in de vergister hoger is dan 3,2 mbar (Jansen Wijhe Energy bv te Kiel-Windeweer, 17 april 2009).

2.4 Afstand tot plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar

Vraag 4: Op welke afstand van grootschalige biogasinstallaties kan de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar verwacht worden?

2.4.1 Aanpak

De ligging van de plaatsgebonden risicocontour hangt af van de specifieke situatie. Omdat er een grote spreiding zit in de grootte van biogasinstallaties zijn er drie inrichtingen gedefinieerd op basis van de resultaten van fase 1 van deze studie. Deze drie inrichtingen staan model voor een middelgrote, een grote en een zeer grote inrichting. De uitgebreide resultaten van fase 1 zijn op verzoek verkrijgbaar (zie Bijlage 2).

Wat betreft de organische stromen bestaat een biogasinstallatie in grote lijnen uit een 'ontvangst'-unit, een unit voor de 'vergister' en een unit voor de 'digestaat verwerking'. Bij de ontvangst worden de aangevoerde organische materialen tijdelijk opgeslagen (mest en co-substraten). Deze verschillende organische stromen worden in de gewenste verhouding gemengd zodat ze in de vergister een goede biogasproductie opleveren.

De typische vergisters bestaan uit een silo met aan de bovenzijde een speciaal zeildoek om het ontstane biogas te verzamelen (zie Figuur 1). Soms is er een (tijdelijke) opslag van biogas aanwezig waarvoor gaszakken of gashouders worden gebruikt. Het geproduceerde biogas wordt meestal direct geleid naar een speciale gasmotor om elektriciteit (en warmte) op te wekken. Het is ook mogelijk om via een tussenstap het biogas op te werken naar aardgaskwaliteit, zodat het kan worden geleverd aan het aardgasnet (groengas). Het uitgeste materiaal vormt het digestaat dat meestal verwerkt kan worden als meststof (afhankelijk van het gebruikte organische materiaal).

Middelgrote inrichting met Warmte Kracht Koppeling (WKK):

- ontvangst: beperkte risico's verwacht, buiten beschouwing gelaten;
- vergistingstanks: 4 stuks à 2000 m^3 ;
- biogasopslag: boven vergistingstanks à 500 m^3 biogas per vergister;
- gasverwerking: 1 centrale WKK-installatie;
- digestaatverwerking: beperkte risico's verwacht, buiten beschouwing gelaten.

Grote inrichting met groengasopwekking:

- ontvangst: beperkte risico's verwacht, buiten beschouwing gelaten;
- vergistingstanks: 9 stuks à 4000 m^3 ;
- biogasopslag: centrale biogasopslag in 3 opslagballonnen à 2500 m^3 ;
- gasverwerking: groengasopwekking (gasopwerking tot aardgaskwaliteit en compressie tot ca. 8 bar voor injectie in het lokale aardgasnetwerk);
- digestaatverwerking: beperkte risico's verwacht, buiten beschouwing gelaten.

Zeer grote inrichting:

- ontvangst: beperkte risico's verwacht, buiten beschouwing gelaten;
- vergistingstanks: 40 stuks à 2300 m^3 ;
- biogasopslag: bovenin vergistingstanks à 500 m^3 ;
- gasverwerking: elke vergister heeft eigen WKK-installatie;
- digestaatverwerking: beperkte risico's verwacht, buiten beschouwing gelaten.

Voor de modellering is gebruikgemaakt van het rekenpakket SAFETI-NL versie 6.54 en de Handleiding risicoberekeningen Bevi (RIVM, 2009). Daarnaast is zo veel mogelijk aangesloten bij de

uitgangspunten die zijn beschreven in de notitie Effecten risicoafstanden bij de opslag van biogas (RIVM, 2008) waarvan de belangrijkste zijn:

- Bij de risicoberekeningen is het leidingwerk niet meegenomen als risicobron. Er wordt van uitgegaan dat de risico's van de bioreactoren en de gashouders overheersend zullen zijn.
- Biogas is gemodelleerd als een mengsel van methaan en koolstofdioxide en er is gerekend met 80/20-mengsel en een 50/50-mengsel (methaan/kooldioxide).
- Er is van uitgegaan dat de H₂S-concentraties normaal gesproken onder de 1 vol% (10.000 ppm) zullen blijven en dat de risico's van biogas dus kunnen worden afgeschat met de brandbare eigenschappen van biogas (zie paragraaf 2.1). H₂S is dus niet separaat beschouwd voor de berekeningen.
- De Handleiding Risicoberekeningen Bevi geeft geen faalkansen voor de typische vergister of de atmosferische biogasopslagen. Daarom wordt uitgegaan van de generieke scenario's en faalkansen die horen bij de modellering van atmosferische tanks.

2.4.2 Resultaten

De gehanteerde uitgangspunten (gebruikte PSU-file voor SAFETI-NL) en de uitgebreide resultaten van de risicoberekeningen zijn op verzoek verkrijgbaar (zie Bijlage 2). Hier worden kort de resultaten weergegeven.

De in deze studie berekende risicocontouren liggen maximaal op 50 meter van de bron (= middelpunt van de reactor/gashouder). De methodiek laat zien dat voor grootschalige biogasinstallaties een plaatsgebonden risicocontour (PR) van 10⁻⁶ per jaar berekend wordt en er dus sprake kan zijn van een mogelijk risico voor de externe veiligheid. De afstand tot deze PR-contour ligt naar verwachting binnen of niet ver buiten het terrein van de inrichting. Hierbij moet gewezen worden op het feit dat deze afstand berekend is met de generieke scenario's en faalkansen die bedoeld zijn voor atmosferische opslagen. Of deze keuze gerechtvaardigd is, zou met een onderzoek bepaald moeten worden. Er is met name onduidelijkheid over de levensduur en vervangingstermijn van het foliedoek dat wordt gebruikt op de vergister waaronder het ontstane biogas wordt verzameld.

2.4.3 Verschil met eerder gerapporteerde afstanden

Eerder zijn in een tabel in de Handreiking co-vergisting van mest van InfoMil uit 2005 (InfoMil, 2005) risicoafstanden gerapporteerd. Deze zijn afkomstig uit een concept briefrapport van het RIVM uit 2003 (Riedsta, 2003). De RIVM-notitie Effecten risicoafstanden bij de opslag van biogas uit 2008 (RIVM, 2008) geeft andere afstanden weer. Het verschil wordt bepaald door het hanteren van verschillende uitgangspunten. Deze verschillen zullen hier worden besproken. De methodiek en uitgangspunten die gehanteerd zijn in deze studie komen overeen met de RIVM-notitie Effecten risicoafstanden bij de opslag van biogas.

In het concept briefrapport uit 2003 wordt voorgesteld om 'veiligheidsafstanden' te hanteren. Deze afstanden zijn gemeten vanaf de rand van de opslag en zijn bepaald op basis van effectberekeningen en zijn daarmee dus geen risicoafstanden. Voor deze studie zijn veel kleinere installaties beschouwd dan op dit moment gebruikelijk is voor nieuwe locaties en locaties die worden uitgebreid. Daarnaast werd het vervolgsценario gaswolkexplosie (VCE, *vapour cloud explosion*) niet aannemelijk geacht bij een omgeving met een open karakter (denk aan de omgeving van een agrarisch bedrijf). Mede door de resultaten van het onderzoek naar aanleiding van het incident in Buncefield (BMIIB, 2008), kunnen explosies in een voornamelijk 'open' veld niet worden uitsluiten. Tabel 5 geeft kort de verschillen in uitgangspunten weer.

Tabel 5 Het verschil in uitgangspunten tussen ‘veiligheidsafstanden’ gerapporteerd in het document Handreiking co-vergisting van mest (InfoMil, 2005) en de RIVM-notitie (RIVM, 2008)

Infomil, 2005	RIVM, 2008
Effectberekening	Risicoberekening
Kleinere opslagen beschouwd (100-500 m ³)	Grotere opslagen beschouwd (500-20.000 m ³)
Geen gaswolkexplosie beschouwd	Wel gaswolkexplosie beschouwd
Afstand gemeten vanaf de rand van de opslag	Afstand gemeten vanaf het centrum van de opslag

Alleen voor opslagen voor 500 m³ biogas zijn in beide documenten afstanden gerapporteerd. Deze afstanden zijn berekend met verschillende uitgangspunten, zie Tabel 5, met als gevolg dat de ‘veiligheidsafstand’ dichterbij de opslag ligt dan de afstand tot de plaatsgebonden risicocontour van 10⁻⁶ per jaar.

3 Conclusie

3.1 Beschikbare kennis en regelgeving

Voor biogasinstallaties zijn er in principe voldoende richtlijnen beschikbaar om deze installaties te kunnen bouwen en beheren waarbij de risico's voldoende worden beheerst. Echter, deze richtlijnen zijn niet overzichtelijk gebundeld maar verspreid over verschillende (internationale) documenten. Er zijn geen aanvullende specifieke voorschriften voor grootschalige installaties.

Er is gesignaleerd dat er veel verschillende waarden te vinden zijn over de maximaal te verwachten H₂S-concentratie in biogas variërend van 1 tot 3 vol %. Deze concentraties zijn afhankelijk van de procescondities en vooral het type co-substraat dat wordt toegevoegd. Het raadplegen van verschillende specialisten levert ook uiteenlopende waarden op. Uit deze uiteenlopende waarden kan worden gesteld dat voor een goed werkende installatie onder normale condities 0,1 vol% H₂S als maximum zou gelden. Bij afwijkende productie omstandigheden kunnen voor korte perioden waarden gevonden worden van enkele tienden van volumeprocenten waarbij een waarde van 1 vol % H₂S als maximum wordt gezien.

Op basis van de Seveso-regelgeving blijkt dat een biogasmengsel met een H₂S-gehalte vanaf 1 vol% als zeer toxisch (T+) moet worden aangemerkt. Dit betekent dat een inrichting met een opslag van 4000-5000 m³ biogas (onder atmosferisch druk) al de onderste drempelhoeveelheid van de Seveso-regelgeving haalt en dus onder het BRZO valt en daarmee ook onder het Bevi.

3.2 Risico's voor de externe veiligheid

Vraag 1: Speelt de giftigheid van zwavelwaterstof een rol voor de externe veiligheid indien een vergister of gasopslag faalt?

Bij hoge concentraties H₂S kan dit, naast de brandbare eigenschappen van biogas, een extra risico opleveren. Voor het beschouwen van de externe veiligheidsrisico's zou biogas met een H₂S-gehalte van maximaal 1 vol% beschouwd kunnen worden als enkel brandbaar. Voor deze situaties zullen de totale risico's voornamelijk worden bepaald door de brandbare eigenschappen van biogas. Voor biogas met een H₂S-gehalte hoger dan 1 vol % zouden naast de brandbare effecten ook de toxische effecten van biogas voor de omgeving in kaart moeten worden gebracht.

Vraag 2: In het geval dat één vergister faalt met een gaswolkexplosie als gevolg, wat gebeurt er met naastgelegen vergisters en wat is het te verwachten effect?

Als gevolg van een explosie ten gevolge van het falen van een biogasopslag, zal een naastgelegen opslag ook kunnen falen. De verwachting is dat het falen van een naastgelegen tweede reactor of opslag niet zal leiden tot relatief veel meer slachtoffers dan de slachtoffers die vallen ten gevolge van een eerste explosie. De fysische effecten zullen dus na elkaar plaatsvinden en niet op hetzelfde ogenblik.

Vraag 3: Welke beveiligingsystemen zijn aanwezig bij grootschalige biogasinstallaties?

Een overzicht van deze systemen is opgesteld vanuit beschikbare documenten. Daarnaast is een bowtie-analyse opgezet. De veelheid van onderdelen maakt duidelijk dat grootschalige biogasproductie een activiteit is met niet verwaarloosbare veiligheidsrisico's. Om deze risico's te beheersen is kennis en kunde nodig: de agrariër die begon met kleinschalige vergister wordt nu operator. Deze professionalisering maakt dat er ook een professionalisering van de bedrijfstak als geheel noodzakelijk is. Geleerd kan worden van de (petro)chemische industrie, voornamelijk op het gebied van beheersing van veiligheid, veiligheidsbarrières en opleiding.

Vraag 4: Op welke afstand van grootschalige biogasinstallaties kan de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar verwacht worden?

De in deze studie berekende risicocontouren van 10^{-6} per jaar liggen maximaal op 50 meter van de bron (= middelpunt van de reactor/gashouder). Hierbij moet gewezen worden op het feit dat deze afstand berekend is met de generieke scenario's en faalkansen die bedoeld zijn voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's bij atmosferische opslagtanks. Voor de typische vergister of biogasopslag zijn geen faalcijfers bekend.

4 Aanbevelingen

Deze studie leverde een aantal aanbevelingen op:

1. Het opstellen van een centraal document met voorschriften voor het bouwen en beheren van grootschalige biogasinstallaties met als doel de veiligheidsrisico's (breder dan externe veiligheidsrisico's) beter te kunnen beheersen.

Voor vergunningverleners en ondernemers zou een centraal document duidelijkheid bieden en een minimaal veiligheidsniveau kunnen borgen.

2. Het vaststellen van standaard afstanden tot de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar voor grootschalige biogasinstallaties.

Deze grootschalige installaties brengen een risico met zich mee voor de externe veiligheid. De installaties en risico's van de verschillende inrichtingen zijn met elkaar vergelijkbaar, waardoor het mogelijk is om voor dit type installaties vaste afstanden op te stellen, waarbij wordt voldaan aan het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar. Voor vergunningverleners en ondernemers zou dit duidelijkheid bieden en het spaart hen de inspanning om voor iedere inrichting afzonderlijk deze afstand te (laten) berekenen.

3. Afleiden van een specifieke faalfrequentie voor de typische vergisters en de eventueel gebruikte extra opslagen.

Bij gebrek aan specifieke faalcijfers is gebruikgemaakt van generieke faalcijfers die horen bij atmosferische opslagtanks. De typische vergisters bestaan uit een silo (mestbassin) met aan de bovenzijde een speciaal zeildoek om het ontstane biogas te verzamelen. Er is met name onduidelijkheid over de levensduur en vervangingstermijn van het doek. Met een onderzoek zou een specifieke faalfrequentie afgeleid moeten worden waarmee de bijbehorende risicocontour kan worden berekend.

4. Aandacht voor scholing van de operator van een grootschalige biogasinstallatie voor wat betreft veiligheid.

Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden. Naast het volgen van een opleiding zijn er uit de praktijk ook voorbeelden waarbij een bouwer van een installatie de opdrachtgever intensief begeleidt en opleidt.

Literatuur

BMIIB (2008) Explosion Mechanism, Advisory Group Report; Buncefield Major Incident Investigation Board; first published 08/07, London.

InfoMil (2005) LA06 Handreiking (co-)vergiftiging van mest, InfoMil, april 2005, Den Haag.

Poorta, C.W. (2009) Co-vergiftiging van mest in Nederland, Beperking van risico's voor de leefomgeving, 15 januari 2009, VROM-Inspectie, Eindhoven.

Riedstra, D. (2003) Beoordeling externe veiligheidsrisico mestverwerkinginstallaties, briefrapport concept van 05-02-2003, RIVM/Centrum Externe Veiligheid, Bilthoven (op te vragen via cev@rivm.nl).

RIVM (2008) Effect- en risicoafstanden bij de opslag van biogas. Geactualiseerde versie van bijlage bij briefnummer: 004/07 CEV Hee/sij-1437, 9 januari 2007, RIVM/Centrum Externe Veiligheid, Bilthoven (op te vragen via cev@rivm.nl of via www.rivm.nl/milieuportaal).

RIVM (2009) Handleiding Risicoberekeningen Bevi, versie 3.1, 1 januari 2009, RIVM/Centrum Externe Veiligheid, Bilthoven (www.rivm.nl/milieuportaal).

Ministerie van VROM (1999) BRZO, Besluit Risico's Zware Ongevallen, Staatsblad 1999, nr. 234.

Ministerie van VROM (2005) Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 1 (PGS1), Methodes voor het bepalen van mogelijke schade, Deel 2B: Effecten van explosie op constructies, Ministerie van VROM, Den Haag

Ministerie van VROM (2006) Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 6 (PGS6), Aanwijzingen voor implementatie van BRZO 1999, Ministerie van VROM, Den Haag.

Modellen

PhastMC DNV software London, version 6.53.1

SAFETI-NL DNV software London, version 6.53
<http://www.rivm.nl/milieuportaal/bibliotheek/modellen/safeti-nl.jsp>

Websites

ECB (2009a) European Chemicals Bureau, <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/classification-labelling/search-classlab> (datum bezoek: december 2009).

ECB (2009b) European Chemicals Bureau <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis> (datum bezoek: december 2009).

Bijlage 1 Classificatie biogas en BRZO (H₂S)

(Classificatie was geldig op 4 januari 2010)

Question VROM inspections: ‘At which concentration (vol% or ppm) of H₂S will biogas containing H₂S be considered as toxic or very toxic in accordance with title 9.2 on the law on environmental protection (Wet milieubeheer)?’

Advice SEC-RIVM

This advice focuses on the classification of H₂S and preparations containing H₂S.

In the Seveso directive, and thus also the Dutch national legislation BEVI, the classification systems of the Dangerous Substances Directive (DSD; 67/548/EEC) and the Dangerous Preparation Directive (DPD; 199/45/EC) are used to determine whether a substance is within or outside the scope of Seveso/BEVI. The classification systems of DSD and DPD are implemented in Dutch law using the ‘Wet milieubeheer’. Although the DSD and DPD will be repealed by the implementation of CLP (Regulation 1272/2008), the classification systems are still in place. However, Annex I of the DPD is withdrawn and has been replaced with Annex VI of the CLP Regulation.

The change of the classification system, as put down in the CLP Regulation, will also result in changes to the Seveso directive. The work on the implementation of the CLP in the Seveso directive is ongoing. Therefore, for the time being, the problem of classification of H₂S in biogas will be answered using the classification systems of the DSD and DPD. However, this question may need to be revisited after CLP has been fully implemented in the Seveso directive.

Biogas consists of methane (55-65 %), carbon dioxide (25-45 %), water (2-7 %) and H₂S (0.005-3 %) (information from VROM inspection). It is assumed that these percentages are based on v/v.

H₂S is classified in Annex VI of the CLP Regulation (1272/2008) as F+, R12; T+, R26 and N, R50. No specific concentration limits are listed in Annex VI so the concentration limits for H₂S from the DPD (1999/45/EC) will have to be used for determining the classification of H₂S in preparations.

For gaseous preparations such as biogas, the concentration limits in Table 1A from the DPD should be used to determine the classification of the preparation. Table 1A states that a preparation should be classified as:

- T+ if the concentration of a component with classification T+, R26 is ≥ 1 %;
- T if the concentration of a component with classification T+, R26 is higher than or equal to 0.2 % but lower than 1 %;
- Xn if the concentration of a component with classification T+, R26 is higher than or equal to 0.02 % but lower than 0.2 %.

If these DPD classification rules are followed, biogas with a H₂S concentration above 1 % will be classified as very toxic (T+) and therefore belong to Seveso Category 1 (VERY TOXIC). Furthermore, biogas with a H₂S concentration between 0.2 % and 1 % will be classified as toxic (T) and therefore fall in Seveso Category 2 (TOXIC)

Please note that in the search system for the former Annex I under the subheading ‘Seveso information’, the Seveso classification of substances is listed (ECB, 2009a). For H₂S, Seveso specific

concentration limits are also listed. Those concentration limits are not the same as those specified in the DPD. The Seveso-specific concentration limits listed on the website are:

$C \geq 10 \%$ Seveso Category 1
 $5\% \leq C < 10 \%$ Seveso Category 2
 $< 5 \%$ No Seveso Category

H₂S is not a named substance and no specific concentration limits are listed in the Seveso directive. It is therefore unclear on which information these concentration limits are based and where they are coming from. This is now being researched. However, until more clarity has been obtained for this issue, these concentration limits will not be taken into account.

Conclusion:

H₂S is not specifically listed in the Seveso directive. The dangerous preparations directive classification is leading for the determination of the Seveso Category. Following the classification rules of the dangerous preparations directive biogas is classified with T+, R26 when H₂S concentrations are equal to or above 1 % v/v and T, R23 when H₂S concentration are between 0.2 % and 1 % v/v.

However on a EU website contradicting information is presented (ECB, 2009b). As the background of the information is not clear for the moment we do not take this into account. When new information is available, this will be presented.

Bijlage 2 Technische achtergronddocumenten

Onderstaande technische achtergronddocumenten kunnen digitaal worden verkregen door een verzoek te richten aan cev@rivm.nl. Deze documenten zijn opgesteld door ingenieursbureau DHV B.V. in opdracht van het RIVM/CEV. Onderdelen hieruit zijn gebruikt voor het opstellen van dit rapport; overige delen vallen niet onder de verantwoordelijkheid van het RIVM.

Nr.	Titel
1	Toxische effecten biogas veroorzaakt door H ₂ S-concentratie (3, 1 en 0,1 vol%)
2	Biogas Bowtie
3	Bowtie in tabelvorm
4	Aanvullingen Biogas Bowtie
5	Risicoresultaten
6	Inventarisatie veiligheidsfactoren (grootschalige) biogasinstallaties
7	SAFETI-NL-file (PSU-file) voor het berekenen van de risico's voor de externe veiligheid

Bilthoven : 9 juli 2012
Ons kenmerk :
Uw referentie :
Onderwerp : Erratum bij rapport 620201001/2010

In het RIVM-rapport 620201001/2010, getiteld: 'Veiligheid grootschalige productie van biogas – Verkennend onderzoek risico's externe veiligheid.' is helaas een fout opgetreden in de tabellen 2 en 3 op pagina 14.

Tabel 2 en tabel 3 moeten in zijn geheel worden vervangen door:

Tabel 2 De maximale effectafstand in meters tot 1 % letaliteit ten gevolge van de toxische eigenschappen van biogas

Vol% H ₂ S	Instantaan falen			10-minuten uitstroom		
	F1,5	D5	D9	F1,5	D5	D9
0,1	-	-	-	5	5	5
1	45	35	25	40	30	25
3	95	90	105	170	125	90

Tabel 3 De maximale effectafstand in meters tot 100 % letaliteit ten gevolge van de brandbare eigenschappen van biogas (afstand tot de Lower Flammable Limit (LFL))

Vol% H ₂ S	Instantaan falen			10-minuten uitstroom		
	F1,5	D5	D9	F1,5	D5	D9
0,1	65	100	140	10	10	10
1	65	100	140	10	10	10
3	65	100	140	10	10	10

De afstanden in tabel 2 en 3 zijn berekend met het softwarepakket SAFETI-NL versie 6.54.1 (DNV Software, London) met de rekenfile: Biogas effectberekening SAF-NL_09-07-12.PSU. De gerapporteerde afstanden zijn afgerond op 5-tallen.

De conclusie verandert niet:

- 0,1 vol% H₂S: de effectafstand voor brandbare effecten is groter dan voor toxische effecten, zowel voor het instantaan falen als voor het vrijkomen in tien minuten;
- 1 vol% H₂S: voor het instantaan falen is de effectafstand voor brandbare effecten groter dan voor toxische effecten, voor het vrijkomen in tien minuten is de effectafstand voor toxische effecten groter dan die voor brandbare effecten;
- 3 vol% H₂S: voor het instantaan falen zijn de effectafstanden voor brandbare en toxische effecten ongeveer even groot, voor het vrijkomen in tien minuten is de effectafstand voor toxische effecten groter dan die voor brandbare effecten.

Voor biogas met een H₂S gehalte van minder dan 1 vol% blijft het voorstel om alleen de brandbare eigenschappen te beschouwen voor het in kaart brengen van de risico's voor

de externe veiligheid. Voor biogas met 1 vol% of meer aan H₂S wordt aanbevolen om zowel de brandbare als de toxische eigenschappen mee te nemen voor het in kaart brengen van de risico's voor de externe veiligheid.

U wordt geïnformeerd over deze fout om misverstanden te voorkomen bij de toepassing van deze effectafstanden.

Hoogachtend,

Ir. C.M. van Luijk
Hoofd Centrum Externe Veiligheid

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl