



Adviesgroep AVIV BV
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Risicoanalyse / Bio-LNG-installatie Farmsum

Project 214534
Datum 15 oktober 2021

Opdrachtgever
Sweco Nederland B.V.
t.a.v. S. Kos
Zuiderzeelaan 53
8017 JV Zwolle

Risicoanalyse / Bio-LNG-installatie Farmsum

Project 214534

Datum 25 november 2021

Auteur(s) ing. A.M. op den Dries
Review ing. L.M.A. Mentink
Versie nr. 1.2

Opdrachtgever Sweco Nederland B.V.
Zuiderzeelaan 53
8017 JV Zwolle

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 4 |
| 2 | Beschrijving inrichting | 5 |
| 2.1 | Bio-LNG-installatie | 5 |
| 2.2 | Situatietekening | 6 |
| 3 | Ongevalsscenario's Bio-LNG | 8 |
| 3.1 | Selectie van bedrijfsonderdelen | 8 |
| 3.2 | Initiële faalfrequentie | 8 |
| 3.3 | Ongevalsscenario's opslagvaten | 11 |
| 3.4 | Ongevalsscenario's bovengrondse leidingen bij het opslagvat | 12 |
| 3.5 | Ongevalsscenario's Liquefier | 12 |
| 3.6 | Ongevalsscenario's overslag tankauto | 13 |
| 4 | Ongevalsscenario's gashouders | 18 |
| 5 | Ongevalsscenario's CO₂ | 19 |
| 5.1 | Selectie van bedrijfsonderdelen | 19 |
| 5.2 | Ongevalsscenario's opslagvaten | 19 |
| 5.3 | Ongevalsscenario's overslag tankauto | 20 |
| 6 | Overige aspecten | 23 |
| 6.1 | Parameters | 23 |
| 6.2 | Aanwezigen rond de inrichting | 23 |
| 6.3 | Windturbines | 24 |
| 7 | Resultaat risicoberekening | 28 |
| 7.1 | Plaatsgebonden risico | 28 |
| 7.2 | Groepsrisico | 30 |
| 8 | Effectafstand | 32 |
| 9 | Conclusie | 34 |
| | Referenties | 35 |

1 Inleiding

DBG Bio Energy BV (hierna DBG) heeft het voornemen aan de Oosterhorn te Farmsum (gemeente Eemsdelta) een installatie te plaatsen die papierslib om kan zetten naar een grondstof die kan worden vergist voor de productie van biogas. Het geproduceerde biogas wordt opgewaardeerd en vloeibaar gemaakt voor distributie naar LNG-afnemers, zoals bijvoorbeeld LNG-tankstations. In het kader van de aanvraag voor de omgevingsvergunning is deze risicoanalyse opgesteld. De Bio-LNG-installatie valt onder het BRZO en daarmee onder het Bevi. De risicoanalyse van de Bio-LNG-installatie is opgesteld conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevi en de Rekenmethodiek LNG-Tankstations [1 en 2].

Hoofdstuk 2 bevat een korte beschrijving van de inrichting. In hoofdstuk 3 worden de ongevalsscenario's vastgesteld waarmee de risicoberekening voor Bio-LNG wordt uitgevoerd. Hoofdstuk 4 beschrijft de ongevalsscenario's voor de risicoberekening voor gashouders en hoofdstuk 5 beschrijft die voor de vloeibare CO₂ opslag. Hoofdstuk 6 bevat o.a. de modellering van de omgeving van de inrichting. Hoofdstuk 7 bevat het berekende plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Het berekende risiconiveau wordt hier getoetst aan de normstelling externe veiligheid voor inrichtingen. Hoofdstuk 8 bevat de effectafstanden voor de ongevalsscenario's. Hoofdstuk 9 bevat de conclusie.

2 Beschrijving inrichting

2.1 Bio-LNG-installatie

Bio-LNG is tot vloeistof verdicht biogas. De eigenschappen zijn gelijk aan LNG (Liquefied Natural Gas). LNG wordt in verschillende delen van de wereld al langere tijd gebruikt als motorbrandstof. Vloeibaar biogas bestaat voornamelijk uit methaan. LNG heeft bij atmosferische druk een temperatuur van -162 °C . Vloeibaar aardgas kan daarom onder de cryogene vloeistoffen worden geschaard. Vanwege de vloeibare vorm heeft LNG een grotere energie-inhoud per liter dan CNG. Dit maakt het uitermate geschikt voor langeafstandsvervoer.

Het biogas wordt geproduceerd met acht vergisters en twee navergistes. In de navergister wordt het biogas opgeslagen. Vervolgens wordt het biogas opgewerkt tot aardgaskwaliteit. Dit gas wordt met een ondergrondse leiding (in een leidingtunnel) getransporteerd naar de Liquefier die het aardgas vloeibaar maakt middels een compressor en meerdere warmtewisselaars. Het LBG wordt naar één van de twee aanwezige Bio-LNG opslagvaten verpompt en hier opgeslagen op maximaal 8 bar(g). Vanuit het opslagvat wordt LBG met een pomp en ondergrondse leiding geleid naar de laadinstallatie op de laadplaats waar de Bio-LNG-tankwagen wordt gevuld.

Voor het vullen van de tankauto vanuit het opslagvat wordt gebruik gemaakt van een losslang als verbinding tussen de tankauto en installatie.

De aangevraagde doorzet van Bio-LNG is 14202 ton/jr. Het vuldebiet van een tankauto vanuit het opslagvat is gemiddeld 360 l/min. Bij een druk van 3 bar(g) en temperatuur van -150 °C is de dichtheid 405 kg/m^3 . Er vindt dan $(14202\text{ [ton/jr]} / 8.748\text{ [ton/uur]})$ gedurende circa 1624 uur per jaar afvoer van Bio-LNG plaats (dit is circa 19% van het jaar). Conservatief wordt er van uitgegaan dat de aanvoer van biogas continu is waardoor de compressors en warmtewisselaars continu gebruikt worden. In werkelijkheid wordt ingeschat dat er circa 8200 operationele uren zijn in verband met onderhoud e.d.

2.2 Gashouders

Het biogas wordt geproduceerd met acht vergisters en twee navergistes. In de navergister wordt het biogas opgeslagen. De acht vergisters en de vier navergistes bevatten dus allemaal het onbewerkte biogas. Per vergister is tussen 1000 en 1500 m^3 biogas aanwezig met een aangenomen werkdruk van maximaal 0.1 bar(g).

2.3 Bio-LNG-installatie

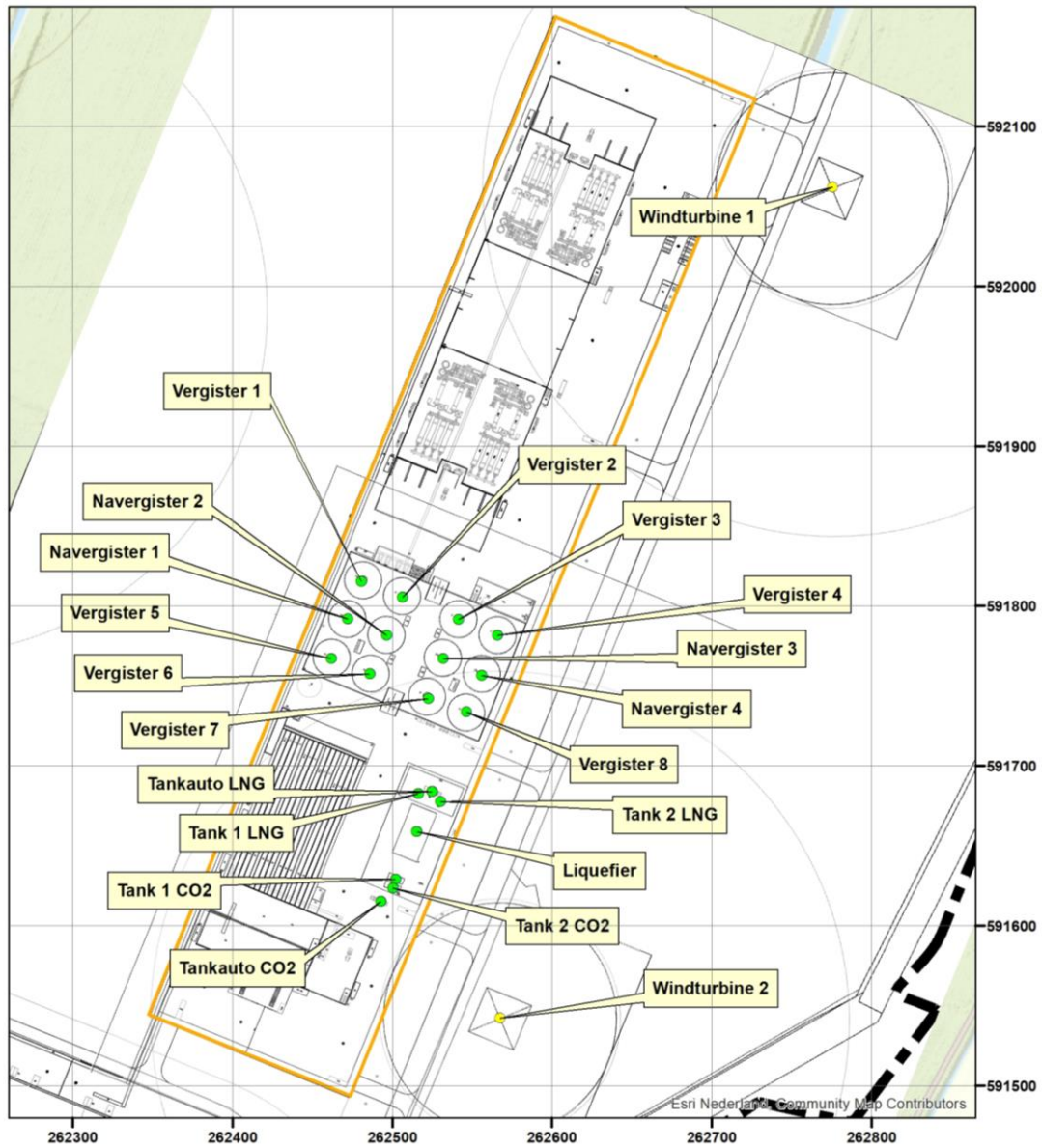
Het geproduceerde biogas wordt onder andere verwerkt tot Bio-LNG en CO₂. Hoewel CO₂ kan worden gekwalificeerd als gevaarlijke stof, leidt opslag van CO₂ niet tot aanwijzing in het kader van het Bevi. Om toch duiding te geven aan de externe veiligheidsrisico's wordt deze stof meegenomen in de risico-analyse.

De CO₂ wordt opgeslagen in twee opslagvaten met een maximale hoeveelheid van 95.5 ton per opslagvat met een werkdruk van 15 bar(g). De doorzet van CO₂ is 34901 ton/jr. Er is opgegeven dat afname van CO₂ plaatsvindt met een dubbelwandige geïsoleerde tankauto. Voor de druk wordt uitgegaan van 15 bar(g) bij een temperatuur van -26.6 °C. De tankauto heeft een bruto inhoud van 58 m³ en een effectieve inhoud van 52.2 m³ (90% vulling bij 15 bar(g) en -26.6 °C).

Voor de overige gegevens over de inrichting wordt verwezen naar de aanvraag voor de omgevingsvergunning en de bij de aanvraag gevoegde situatietekening.

2.4 Situatietekening

Figuur 1 toont schematisch de situatietekening van de inrichting met de positie van de belangrijkste onderdelen van de installatie.



Figuur 1. Situatietekening

3 Ongevalsscenario's Bio-LNG

3.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

De volgende onderdelen en/of activiteiten voor de Bio-LNG-installatie zijn gemodelleerd (zie ook figuur 1 en 2):

- De vergisters
- De navergisters
- De twee opslagvaten voor Bio-LNG.
- De compressor voor het comprimeren van het opgewerkte biogas.
- De warmtewisselaars.
- De pomp voor aflevering naar het opslagvat.
- Het laden van de tankauto.
- De ondergrondse vulleiding van het opslagvat naar de laadinstallatie.

Er worden geen scenario's gemodelleerd voor leidingen die alleen gas bevatten. Het effect van deze scenario's is verwaarloosbaar klein.

De scenario's voor deze installatie-onderdelen worden beschreven in paragraaf 3.3 t/m 3.11. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de standaard scenario's voor onderdelen zoals beschreven in de definitieve versie van het Rekenvoorschrift LNG-Tankstations [2]. Deze standaard scenario's voor de onderdelen worden getoond in paragraaf 3.2.

3.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 1 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals beschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] en het Rekenvoorschrift LNG-Tankstations [2].

| Component | Faaltwijze | Frequentie |
|--|------------------------------------|---------------------------|
| Drukvat | Instantaan | $5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr |
| | Continu 10 min | $5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr |
| | Continu 10 mm gat | $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| Tankauto | Instantaan | $5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr |
| | Continu grootste aansluiting | $5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr |
| | Pomp (met pakking) breuk | $1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr |
| | Pomp (met pakking) lekkage | $4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr |
| | Losslang RVS breuk | $4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur |
| | Losslang RVS lekkage | $4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur |
| | BLEVE door brand tijdens verlading | $5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur |
| | BLEVE door brand in de omgeving | Zie tekst hierna |
| | BLEVE door externe impact | Zie tekst hierna |
| Pomp (canned) | Breuk | $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| | Lekkage | $5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| Leiding ondergronds < 3" | Breuk | $5.0 \cdot 10^{-7}$ /m-jr |
| | Lekkage | $1.5 \cdot 10^{-6}$ /m-jr |
| Compressor (canned) | Breuk | $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| | Lekkage | $5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| Warmtewisselaar met gevaarlijke stof zowel in de binnenmantel als in de buitenmantel | Instantaan | $5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| | Continu 10 min | $5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr |
| | Continu 10 mm gat | $1.0 \cdot 10^{-3}$ /jr |
| | Breuk 10 pijpen | $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr |

Tabel 1. Initiële faalfrequentie onderdelen van de Bio-LNG-installatie

Voor de op- en overslag van tot vloeistof gekoeld (cryogeen) gas zijn voor een drukkvat en een tankauto niet specifiek scenario's voorgeschreven. Dit zijn multilayer geïsoleerde dubbelwandige tanks, zodat verwacht mag worden dat bij het scenario instantaan falen een BLEVE minder frequent zal kunnen voorkomen dan bij een enkelwandige druktank. De scenario's voor een enkelwandige druktank zullen worden gehanteerd, waarbij een BLEVE nog mogelijk is bij de werkdruk van het insluitsysteem (en niet bij een verhoogde druk).

Voor een BLEVE veroorzaakt door een brand van het LBG-systeem tijdens verlading wordt uitgegaan van een frequentie van $5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur voor een onbeschermd tankauto (enkelwandig zonder hittewerende coating). Bij een dubbelwandige geïsoleerde tankauto wordt de BLEVE-frequentie verlaagd met een factor twintig [2]. Aangenomen wordt dat de tankauto maximaal is gevuld.

Voor een BLEVE veroorzaakt door een brand in de omgeving wordt de omgeving van de opstelplaats van de LBG-tankauto beschouwd. Als de afstand tussen met name genoemde objecten en de opstelplaats kleiner is dan een toetsingsafstand, dan kan de brand van een object leiden tot een BLEVE van de tankauto. De toetsing wordt, zoals wordt voorgeschreven in de methodiek, conform de standaard uitgevoerd ten opzichte van een benzine en LNG/LPG-afleverzuil (hier niet direct van toepassing), voor gebouwen en voor de opstelplaats

van de benzinetankauto (hier niet direct van toepassing). Tabel 2 toont de standaard toetsingsafstand [2].

| Object omgevingsbrand | | Toetsingsafstand [m] |
|--|---------------------|----------------------|
| LNG/LPG-afleverzuil personenauto's | | 17.5 |
| Benzine afleverzuil personenauto's | | 5 |
| Opstelplaats benzinetankauto | | 25 |
| Gebouw zonder brandbescherming | Hoogte < 5 m | 10 |
| | 5 m < hoogte < 10 m | 15 |
| | Hoogte > 10 m | 20 |
| Gebouw met brandbescherming (en maximaal 50% gevelopeningen) | Hoogte < 5 m | 5 |
| | 5 m < hoogte < 10 m | 10 |
| | Hoogte > 10 m | 15 |

Tabel 2. Toetsing bijdrage omgevingsbrand aan de BLEVE-frequentie (toetsingsafstand conform stappenplan RIVM)

De kans op een brand nabij de LBG-tankauto is afhankelijk van de uitkomst van de toetsing. Tabel 3 toont de initiële frequentie afhankelijk van de situatie ter plaatse. Aangenomen wordt dat de tankauto maximaal is gevuld. De kans dat een brand in de omgeving leidt tot een BLEVE is 0.19. Bij een dubbelwandige geïsoleerde tankauto wordt de BLEVE-frequentie verlaagd met een factor twintig [2].

| LNG/LPG afleverzuil | Benzine afleverzuil | Opstelplaats tankauto | Gebouw | Frequentie [/jr] |
|---------------------|---------------------|-----------------------|--------|----------------------|
| Ja | Ja | Ja | Ja | 2.0 10 ⁻⁶ |
| Nee | Ja | Ja | Ja | |
| Ja | Nee | Ja | Ja | |
| Ja | Ja | Nee | Ja | |
| Ja | Nee | Nee | Ja | |
| Nee | Ja | Nee | Ja | |
| Nee | Nee | Ja | Ja | |
| Ja | Ja | Ja | Nee | 1.0 10 ⁻⁶ |
| Ja | Nee | Ja | Nee | |
| Nee | Nee | Nee | Ja | 8.0 10 ⁻⁷ |
| Ja | Ja | Nee | Nee | |
| Nee | Ja | Ja | Nee | 6.0 10 ⁻⁷ |
| Ja | Nee | Nee | Nee | |
| Nee | Nee | Ja | Nee | 4.0 10 ⁻⁷ |
| Nee | Ja | Nee | Nee | |
| Nee | Nee | Nee | Nee | 2.0 10 ⁻⁷ |

Tabel 3. Frequentie van een brand nabij de LNG-tankauto voor een aanwezigheid van 50 uur per jaar

Een BLEVE van de tankauto kan ook plaatsvinden door externe impact (aanrijdingen). De frequentie is afhankelijk van het type opstelplaats. Tabel 4 toont de specifieke BLEVE frequentie. De BLEVE wordt gemodelleerd met de barstdruk gelijk aan de evenwichtsdruk in de tankauto.

| Opstelplaats tankauto | Frequentie [jr] |
|---|---------------------|
| Geïsoleerde opstelplaats waarbij een aanrijding van opzij tegen de leidingkast niet aannemelijk wordt geacht (ook niet met lage snelheid) | $2.5 \cdot 10^{-9}$ |
| Opstelplaats op een (wegrij)strook met een toegestane snelheid van maximaal 70 km/uur | $4.8 \cdot 10^{-8}$ |
| Overige situaties | $2.3 \cdot 10^{-7}$ |

Tabel 4. BLEVE frequentie tankauto door mechanische inslag (aanrijdingen) voor een aanwezigheid van 50 uur per jaar

3.3 Ongevalscenario's opslagvaten

Tabel 5 toont de kenmerken van de beide opslagvaten benodigd voor de modellering.

| Kenmerk | Opslagvat |
|------------------------------------|-----------|
| Inhoud bruto [m ³] | 100 |
| Vulgraad maximaal | 95% |
| Werktemperatuur [°C] | -150 |
| Werkdruk [bar(g)] | 3.0 |
| Insteldruk veerveiligheid [bar(g)] | 9 |

Tabel 5. Kenmerken per opslagvat

Tabel 6 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalscenario's van een opslagvat. Bij het instantaan vrijkomen wordt geen BLEVE gemodelleerd bij verhoogde druk, omdat het opslagvat dubbelwandig is uitgevoerd. Het afblazen van de veiligheid op hoogte is wegens te verwaarlozen letale effecten op grondniveau niet meegenomen in de risicoberekening. De berekening is uitgevoerd voor een werkdruk van maximaal 3 bar.

| Scenario | Frequentie [jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|-------------------------|---------------------|-------------|--------------------------|
| Instantaan ¹ | $8.5 \cdot 10^{-6}$ | 38.5 ton | Maximale inhoud |
| Continu 10 min | $5.0 \cdot 10^{-7}$ | 64.1 kg/s | Maximale inhoud in 600 s |
| Continu 10 mm | $1.0 \cdot 10^{-5}$ | 0.8 kg/s | Diameter 10 mm |

Tabel 6. Ongevalscenario's opslagvat

¹ Kans op instantaan falen is aangepast vanwege de nabijgelegen windturbine. Toelichting in hoofdstuk 6.3.

3.4 Ongevalsscenario's bovengrondse leidingen bij het opslagvat

Het bovengrondse leidingwerk bij het opslagvat is niet gemodelleerd. Het opslagvat en de liquefier staan dicht bij elkaar. De lengte van deze leidingsecties is klein, zodat deze scenario's geen relevante bijdrage leveren aan het risico.

3.5 Ongevalsscenario's Liquefier

De Liquefier bevat vier warmtewisselaars en zeven compressors en is gesitueerd tussen de LBG opslagen en de CO₂ opslagen. De warmtewisselaars worden gemodelleerd als een pijpwarmtewisselaar waarbij het biogas zich zowel binnen de pijpleidingen als in de mantel bevindt.

De aangevraagde doorzet is 14202 ton/jr LBG en 34901 ton/jr CO₂. Men vraagt een doorzet van 4673 Nm³/uur biogas aan. Dit komt overeen met een productie van 142582 kg biogas per dag ofwel 1.65 kg/s. De bronsterkte voor de scenario's breuk 10 pijpleidingen van zowel de warmtewisselaars als breuk van de compressor zijn gemodelleerd als breuk van de toevoerleiding met dit debiet.

Voor de toevoer naar het opslagvat wordt uitgegaan van een 38.1 mm leiding die is aangesloten aan de bovenkant van de opslagtank. In de leiding zit een inbloksysteem (ESD). De kans dat deze faalt is 0.001 conform de handleiding. De sluittijd van dit systeem is 2 minuten conform de handleiding. Voordat het inblokken volledig gelukt is vindt na het leeglopen van de leiding nog uitstroming van damp uit de opslagtank plaats met een debiet van circa 0.57 kg/s.

Een liquefier is continu in gebruik voor aflevering naar het opslagvat. Tabel 8 toont de ongevalsscenario's.

| Onderdeel | Scenario | Toelichting frequentie |
|-----------------|-----------------|---|
| Warmtewisselaar | Instantaan | 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) |
| | Continu 10 min | 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) |
| | Continu 10 mm | 1.0 10 ⁻³ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) |
| | Breuk 10 pijpen | 1.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) |

| Onderdeel | Scenario | Frequentie [jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|-----------------|-------------------------|----------------------|-------------|--|
| Warmtewisselaar | Instantaan ² | 7.0 10 ⁻⁵ | 405 kg | Uitgegaan van mantelgrootte 1 m ³ |
| | Continu 10 min | 5.0 10 ⁻⁵ | 0.7 kg/s | Uitgegaan van mantelgrootte 1 m ³ |

² Kans op instantaan falen is aangepast vanwege de nabijgelegen windturbine. Toelichting in hoofdstuk 6.3.

| Onderdeel | Scenario | Frequentie [jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|-----------|-----------------|----------------------|-------------|--|
| | Continu 10 mm | 1.0 10 ⁻³ | 1.2 kg/s | Diameter 10 mm, druk 8 bar(g), duur 336 s |
| | Breuk 10 pijpen | 1.0 10 ⁻⁶ | 1.65 kg/s | Diameter 31.6 mm, druk 0.1 bar(g), duur 1800 s |

Tabel 7. Ongevalsscenario's per warmtewisselaar

| Onderdeel | Scenario | Toelichting frequentie |
|------------|--------------------------|---|
| Compressor | Breuk ESD succesvol | 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar) x 0.94 (kans terugslagklep succesvol) |
| | Breuk ESD niet succesvol | 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar) x 0.06 (kans terugslagklep niet succesvol) |
| | Lekkage | 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie lek per jaar in bedrijf) |

| Onderdeel | Scenario | Frequentie [jr] | Bronsterkte [kg/s] | Toelichting |
|------------|--------------------------|----------------------|--------------------|---|
| Compressor | Breuk ESD succesvol | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.65 | Uitstroming uit de aanvoerleiding biogas, duur 1800 s |
| | Breuk ESD niet succesvol | 1.0 10 ⁻⁵ | 2.22 | Uitstroming uit de aanvoerleiding biogas plus terugstroming gas uit het opslagvat duur 1800 s |
| | Lekkage | 5.0 10 ⁻⁵ | 0.1 | Diameter 10 mm, druk 8 bar(g), duur 1800 s |

Tabel 8. Ongevalsscenario's per compressor

3.6 Ongevalsscenario's overslag tankauto

De doorzet van LBG is 14202 ton/jr. Er is opgegeven dat afname van LBG plaatsvindt met een dubbelwandige geïsoleerde tankauto. Voor de druk wordt uitgegaan van 3.0 bar(g) bij een temperatuur van -150 °C. De tankauto heeft een bruto inhoud van 58 m³ en een effectieve inhoud van 54.4 m³ (95% vulling bij 3 bar(g) en -150 °C). De tankauto wordt per keer gevuld met 18219.1 kg (45 m³) met een vultijd van 125 minuten (360 l/min), exclusief aan-en afkoppelen van de losslang. De netto vultijd per tankauto is 125 minuten, samen met het aan en afkoppelen geeft dit een aanwezigheidstijd van 187.3 minuten. Er zijn per jaar 780 verladings nodig voor de aangevraagde doorzet. De tijd voor het verladen is dan 1625 uur per jaar. De tankauto is 2435 uur per jaar op de inrichting aanwezig is (dit is 27.8% van het jaar). Het verladen vindt plaats met een RVS losslang.

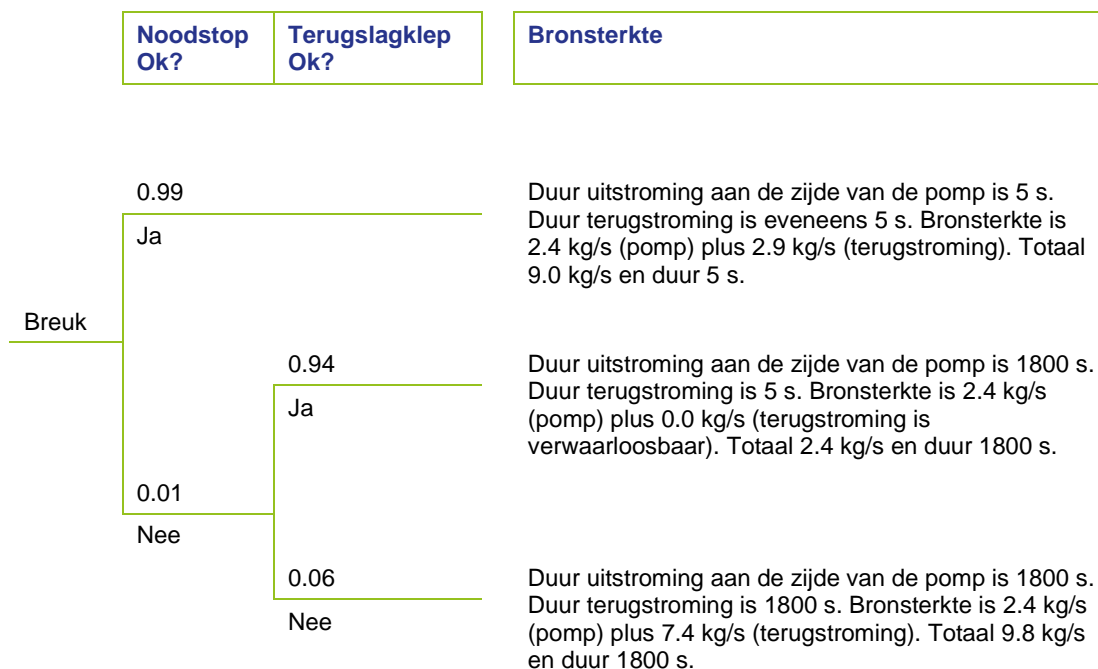
Bij het scenario breuk van de pomp zal de operator ingrijpen en wordt onmiddellijk de pomp gestopt en de klep van de opslagtank gesloten. Conform de handleiding is aangenomen dat de kans op succes ingrijpen door de operator gelijk is aan 0.9 en de uitstroomduur is dan 120 s. Bij het scenario lekkage van de pomp is ingrijpen niet gemodelleerd. De bronsterkte bij breuk van de pomp is berekend door uit te gaan van breuk van de zuigleiding (1.5") bij de

pomp. De bronsterkte daarvan is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m. De bronsterkte is 8 kg/s bij een druk van 8 bar(g) in de opslagtank.

Bij het scenario breuk van de losslang mag worden aangenomen dat de druk in de slang vrijwel onmiddellijk wegvalt, omdat de inhoud van de slang relatief klein is. Er is een lage druk sensor geïnstalleerd die is aangesloten op het ESD-systeem van de installatie en de tankauto. Dit systeem detecteert automatisch een breuk van de losslang, stopt de pomp en sluit de kleppen van de tankauto en de ESD-klep bij de tank. De kans op succes is gelijk aan 0.99 en de uitstroomduur is dan 5 s. Het is te conservatief om de bronsterkte te baseren op de condities in de slang vlak voordat de breuk optreedt. Deze condities bepalen weliswaar de initiële bronsterkte, maar de afname in bronsterkte door het wegvallen van de pompdruk is snel. De vulleiding lost in de tankauto boven het vloeistofniveau. Bij breuk van de slang zal eerst de inhoud van de leiding vanaf de plaats van de breuk tot de tank uitstromen en vervolgens dient rekening te worden gehouden met terugstroming van damp uit de ontvangende tankauto.

Terugstroming wordt eveneens verhinderd door terugslagkleppen in de laadleiding. Voor de uitstroomtijd bij het juist functioneren van een terugslagklep is 5 s voorgeschreven. Deze tijdsduur is gelijk aan de gekozen tijdsduur voor het juist functioneren van het noodstopsysteem. Gelet hierop is het juist functioneren van de terugslagklep niet aanvullend gemodelleerd.

Het scenario breuk van de losslang is gemodelleerd als een "fixed duration" uitstroming. De bronsterkte wordt bepaald door de pomp en door terugstroming uit de tankauto. Het pompdebiet is 360 l/min. De bronsterkte aan de zijde van de pomp is dan 2.4 kg/s. Voor het bepalen van de bronsterkte door terugstroming vanuit de tankauto wordt uitgegaan van vulling aan de vloeistofzijde van de tankauto. Terugstroming leidt tot uitstroming van de vloeistof aanwezig in de laadleiding en de tankauto. De inhoud van de vulleiding is circa 16 kg vloeistof. Deze leiding loopt dan leeg met een debiet van circa 2.9 kg/s. Deze benadering is conservatief, er kan ook worden aangenomen dat geen terugstroming optreedt, zoals bij het vaststellen van het interim beleid wordt gedaan. Als de noodstop en de terugslagklep niet succesvol zijn, dan vindt na het leeglopen van de leiding nog uitstroming vanuit de tankauto plaats met een debiet van circa 7.4 kg/s.



Voor een omgevingsbrand geldt dat de afstand tussen de opstelplaats van de LNG-tankauto en een aantal met name genoemde objecten groter moet zijn dan de minimaal benodigde afstand. Toetsing wordt normaal uitgevoerd voor de benzine en LNG/LPG-afleverzuil, gebouwen en voor de opstelplaats van de benzinetankauto. Tabel 9 vat de beoordeling samen. De frequentie op een omgevingsbrand voor 100 verladingen met een duur van 50 uur is dan afgerond $2 \cdot 10^{-7}$.

| Object omgevingsbrand | | Toetsings afstand [m] | Vulpunt binnen deze afstand? |
|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| LNG/LPG-afleverzuil personenauto's | | 17.5 | N.v.t |
| Benzine afleverzuil personenauto's | | 5 | N.v.t |
| Opstelplaats benzinetankauto | | 25 | N.v.t |
| Gebouw zonder brandbescherming | Hoogte < 5 m | 10 | Nee |
| | 5 m < hoogte < 10 m | 15 | Nee |
| | Hoogte > 10 m | 20 | Nee |
| Gebouw met brandbescherming (en maximaal 50% gevelopeningen) | Hoogte < 5 m | 5 | Nee |
| | 5 m < hoogte < 10 m | 10 | Nee |
| | Hoogte > 10 m | 15 | Nee |

Tabel 9. Toetsing bijdrage omgevingsbrand aan de BLEVE-frequentie

De insteldruk van de veerveiligheid van de tankauto is 10 bar(g). Voor de BLEVE bij verhoogde druk is uitgegaan van een druk van 11.8 bar(g) (dit is 1.2 keer de absolute insteldruk van de veerveiligheid).

Een BLEVE van de tankauto kan ook plaatsvinden door externe impact (aanrijdingen). De frequentie is afhankelijk van het type opstelplaats. Voor deze opstelplaats wordt uitgegaan van de waarde voor een geïsoleerde opstelplaats van $2.5 \cdot 10^{-9}$ voor 100 verladingen met een duur van 50 uur. Externe impact is gemodelleerd als een BLEVE bij een druk van 1.4 bar(g).

Tabel 10 toont de ongevalsscenario's voor de overslag van LBG naar de tankauto. Het laden kan zowel overdag (tussen 7:00 en 19:00 uur) als 's avonds plaatsvinden (tussen 19:00 en 23:00 uur). Aangenomen is dat het laden 75% overdag en 25% 's avonds plaatsvindt.

| Scenario | Toelichting frequentie |
|--|---|
| Instantaan | 0.28 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar) |
| Continu grootste aansluiting | 0.28 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar) |
| Breuk pomp noodstop Ok | 1625 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.9$ (kans noodstop succesvol) |
| Breuk pomp noodstop niet Ok | 1625 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.1$ (kans noodstop niet succesvol) |
| Lekkage pomp | 1625 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) |
| Breuk losslang noodstop Ok | 1625 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.99$ (kans noodstop succesvol) |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok | 1625 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.94$ (kans terugslagklep succesvol) |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok | 1625 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-6}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.06$ (kans terugslagklep niet succesvol) |
| Lekkage losslang | 1625 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie lekkage per uur in bedrijf) |
| BLEVE door brand tijdens verlading | 1625 (uren in bedrijf) $\times 5.8 \cdot 10^{-10}$ (frequentie per uur in bedrijf) $\times 0.05$ (kans BLEVE voor een dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tankauto) |
| BLEVE door brand in de omgeving | 2435 (uren aanwezig) / $50 \times 2.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per 50 uur aanwezig) $\times 0.19$ (kans aanstraling dampvrijheid) $\times 0.05$ (kans BLEVE voor een dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tankauto) |
| BLEVE door externe impact | 2435 (uren aanwezig) / $50 \times 2.5 \cdot 10^{-9}$ (frequentie per 50 uur aanwezig voor een geïsoleerde opstelplaats) |

| Scenario | Frequentie [1/jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|------------------------------|---------------------|-------------|---|
| Instantaan ³ | $8.4 \cdot 10^{-6}$ | 19.5 ton | Maximale inhoud |
| Continu grootste aansluiting | $1.4 \cdot 10^{-7}$ | 43.4 kg/s | Vloeistof 75 mm gat, duur 420 s |
| Breuk pomp noodstop Ok | $1.7 \cdot 10^{-5}$ | 42.4 kg/s | Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 120 s |
| Breuk pomp noodstop niet Ok | $1.9 \cdot 10^{-6}$ | 42.4 kg/s | Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 795 s |
| Lekkage pomp | $7.4 \cdot 10^{-4}$ | 0.45 kg/s | Vloeistof 7.5 mm gat, duur 1800 s |
| Breuk losslang noodstop Ok | $6.4 \cdot 10^{-3}$ | 9.0 kg/s | Bronsterkte zie tekst, duur 5 s |

³ Kans op instantaan falen is aangepast vanwege de nabijgelegen windturbine. Toelichting in hoofdstuk 6.3.

| Scenario | Frequentie [jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|--|---------------------|-------------|---|
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok | $6.1 \cdot 10^{-5}$ | 2.4 kg/s | Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok | $3.9 \cdot 10^{-6}$ | 9.8 kg/s | Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s |
| Lekkage losslang | $6.5 \cdot 10^{-2}$ | 0.2 kg/s | Vloeistof 5 mm gat, duur 1800 s |
| BLEVE door brand tijdens verlading | $4.7 \cdot 10^{-8}$ | 19.5 ton | Maximale inhoud, druk 11.8 bar(g) |
| BLEVE door brand in de omgeving | $9.3 \cdot 10^{-8}$ | 19.5 ton | Maximale inhoud, druk 11.8 bar(g) |
| BLEVE door externe impact | $1.2 \cdot 10^{-7}$ | 19.5 ton | Maximale inhoud, druk 3 bar(g), temperatuur -150 °C |

Tabel 10. Ongevalsscenario's overslag tankauto

4 Ongevalsscenario's gashouders

De acht vergisters en de vier navergisters bevatten het onbewerkte biogas. Per vergister is tussen 1000 en 1500 m³ biogas aanwezig. Conservatief wordt alleen met de maximale hoeveelheid gerekend, dit is 1500 m³. Dit biogas wordt conservatief gemodelleerd als methaan bij 0.1 bar(g) overdruk. In werkelijkheid is de druk lager.

Tabel 11 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals beschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1].

| Component | Faalwijze | Frequentie |
|-----------|-------------------|--------------------------|
| Gashouder | Instantaan | 5.0 10 ⁻⁶ /jr |
| | Continu 10 min | 5.0 10 ⁻⁶ /jr |
| | Continu 10 mm gat | 1.0 10 ⁻⁴ /jr |

Tabel 11. *Initiële faalfrequentie van de gashouders*

Tabel 12 toont de kenmerken van de gashouders benodigd voor de modellering.

| Kenmerk | Vergisters | Navergisters |
|--------------------------------|------------|--------------|
| Inhoud bruto [m ³] | 1500 | 1500 |
| Werkdruk [bar(g)] | 0.1 | 0.1 |

Tabel 12. *Kenmerken opslagvat*

Tabel 13 toont de voor de berekening geldende frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's van de gashouders. De berekening is uitgevoerd voor een werkdruk van 0.1 bar.

| Scenario | Frequentie [1/jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|-------------------------|----------------------|-------------|--------------------------|
| Instantaan ⁴ | 2.3 10 ⁻⁵ | 1135 kg | Maximale inhoud |
| Continu 10 min | 5.0 10 ⁻⁶ | 1.89 kg/s | Maximale inhoud in 600 s |
| Continu 10 mm | 1.0 10 ⁻⁴ | 0.01 kg/s | Diameter 10 mm, 1800 s |

Tabel 13. *Ongevalsscenario's per vergister en navergister*

⁴ Kans op instantaan falen is aangepast vanwege de nabijgelegen windturbine. Toelichting in hoofdstuk 6.3. Alleen de grootste kans is getoond in deze tabel.

5 Ongevalsscenario's CO₂

5.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

Hoewel CO₂ kan worden gekwalificeerd als gevaarlijke stof vanwege de zuurstof verdringende eigenschap, leidt opslag van CO₂ niet tot aanwijzing in het kader van het Bevi. Voor de opslag van vloeibare CO₂ zijn twee tanks voorzien van ieder 100 ton. Opslag van CO₂ heeft de publieke aandacht. Om op dit onderdeel zo zorgvuldig mogelijk te handelen, wordt aandacht besteed aan de externe veiligheidsrisico's door het meenemen van deze opslagen in de risico-analyse.

Tabel 14 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals beschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] als ware het een installatie die in het Bevi aangewezen wordt.

| Component | Faalwijze | Frequentie |
|---------------|------------------------------------|----------------------------|
| Drukvat | Instantaan | 5.0 10 ⁻⁷ /jr |
| | Continu 10 min | 5.0 10 ⁻⁷ /jr |
| | Continu 10 mm gat | 1.0 10 ⁻⁵ /jr |
| Tankauto | Instantaan | 5.0 10 ⁻⁷ /jr |
| | Continu grootste aansluiting | 5.0 10 ⁻⁷ /jr |
| | Pomp (met pakking) breuk | 1.0 10 ⁻⁴ /jr |
| | Pomp (met pakking) lekkage | 4.4 10 ⁻³ /jr |
| | Losslang RVS breuk | 4.0 10 ⁻⁶ /uur |
| | Losslang RVS lekkage | 4.0 10 ⁻⁵ /uur |
| | BLEVE door brand tijdens verlading | 5.8 10 ⁻¹⁰ /uur |
| | BLEVE door brand in de omgeving | Zie tekst hierna |
| | BLEVE door externe impact | Zie tekst hierna |
| Pomp (canned) | Breuk | 1.0 10 ⁻⁵ /jr |
| | Lekkage | 5.0 10 ⁻⁵ /jr |

Tabel 14. Initiële faalfrequentie onderdelen van de CO₂ opslag en verlading

5.2 Ongevalsscenario's opslagvaten

Tabel 15 toont de kenmerken van de beide opslagvaten benodigd voor de modellering.

| Kenmerk | Opslagvat |
|----------------------|-----------|
| Inhoud [ton] | 95.5 |
| Werktemperatuur [°C] | -26.6 |
| Werkdruk [bar(g)] | 15 |

Tabel 15. Kenmerken per opslagvat CO₂

Tabel 16 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's van een opslagvat. Bij het instantaan vrijkomen wordt geen BLEVE gemodelleerd bij verhoogde druk, omdat het opslagvat dubbelwandig is uitgevoerd. Het afblazen van de veiligheid op hoogte is wegens te verwaarlozen letale effecten op grondniveau niet meegenomen in de risicoberekening. De berekening is uitgevoerd voor een werkdruk van maximaal 15 bar.

| Scenario | Frequentie [Jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|-------------------------|----------------------|-------------|--------------------------|
| Instantaan ⁵ | 1.2 10 ⁻⁵ | 95.5 ton | Maximale inhoud |
| Continu 10 min | 5.0 10 ⁻⁷ | 159.1 kg/s | Maximale inhoud in 600 s |
| Continu 10 mm | 1.0 10 ⁻⁵ | 0.4 kg/s | Diameter 10 mm |

Tabel 16. Ongevalsscenario's per opslagvat CO₂

5.3 Ongevalsscenario's overslag tankauto

De doorzet van CO₂ is 34901 ton/jr. Er is opgegeven dat afname van CO₂ plaatsvindt met een dubbelwandige geïsoleerde tankauto. Voor de druk wordt uitgegaan van 15 bar(g) bij een temperatuur van -26.6 °C. De tankauto heeft een bruto inhoud van 58 m³ en een effectieve inhoud van 52.2 m³ (90% vulling bij 15 bar(g) en -26.6 °C). De tankauto wordt per keer gevuld met 49845 kg (47 m³) met een vultijd van 131 minuten (360 l/min), exclusief aan-en afkoppelen van de losslang. De netto vultijd per tankauto is 131 minuten, samen met het aan en afkoppelen geeft dit een aanwezigheidstijd van 196 minuten. Er zijn per jaar 700 verladings nodig voor de aangevraagde doorzet. De tijd voor het verladen is dan 1529 uur per jaar. De tankauto is 2287 uur per jaar op de inrichting aanwezig is (dit is 26% van het jaar). Het verladen vindt plaats met een RVS losslang.

Bij het scenario breuk van de pomp zal de operator ingrijpen en wordt onmiddellijk de pomp gestopt en de klep van de opslagtank gesloten. Conform de handleiding is aangenomen dat de kans op succes ingrijpen door de operator gelijk is aan 0.9 en de uitstroomduur is dan 120 s. Bij het scenario lekkage van de pomp is ingrijpen niet gemodelleerd. De bronsterkte bij breuk van de pomp is berekend door uit te gaan van breuk van de zuigleiding (3") bij de pomp. De bronsterkte daarvan is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m. De bronsterkte is 59.3 kg/s bij een druk van 15 bar(g) in de opslagtank.

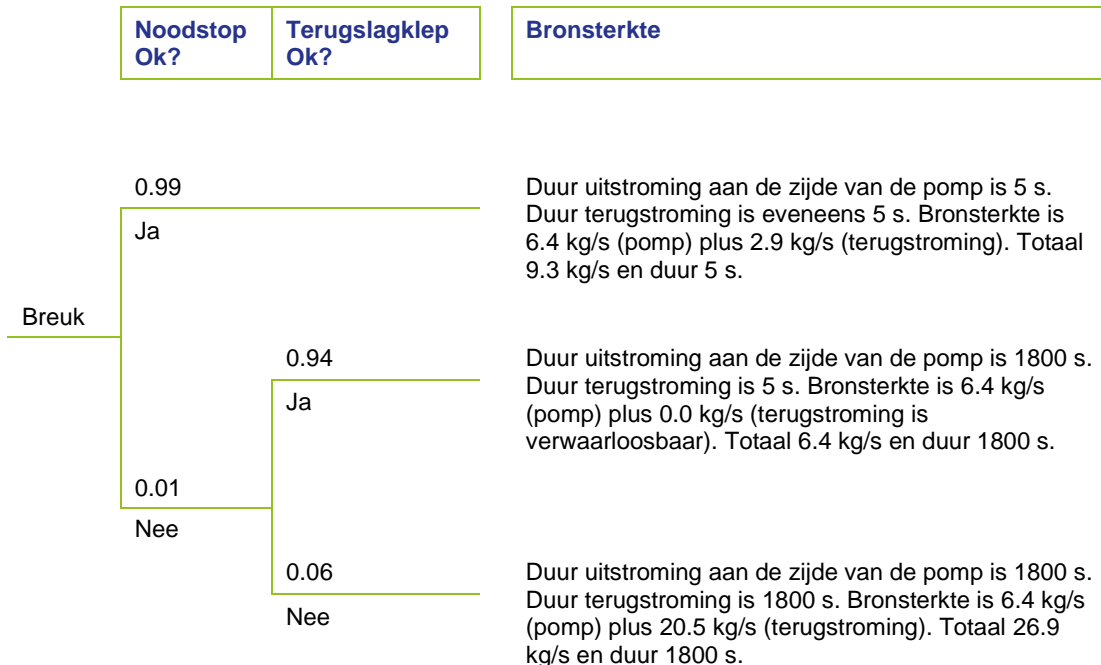
Bij het scenario breuk van de losslang mag worden aangenomen dat de druk in de slang vrijwel onmiddellijk wegvalt, omdat de inhoud van de slang relatief klein is. Er is een lage druk sensor geïnstalleerd die is aangesloten op het ESD-systeem van de installatie en de tankauto. Dit systeem detecteert automatisch een breuk van de losslang, stopt de pomp en sluit de kleppen van de tankauto en de ESD-klep bij de tank. De kans op succes is gelijk aan 0.99 en de uitstroomduur is dan 5 s. Het is te conservatief om de bronsterkte te baseren op de condities in de slang vlak voordat de breuk optreedt. Deze condities bepalen weliswaar de

⁵ Kans op instantaan falen is aangepast vanwege de nabijgelegen windturbine. Toelichting in hoofdstuk 6.3.

initiële bronsterkte, maar de afname in bronsterkte door het wegvallen van de pompdruk is snel. De vulleiding lost in de tankauto boven het vloeistofniveau. Bij breuk van de slang zal eerst de inhoud van de leiding vanaf de plaats van de breuk tot de tank uitstromen en vervolgens dient rekening te worden gehouden met terugstroming van damp uit de ontvangende tankauto.

Terugstroming wordt eveneens verhinderd door terugslagkleppen in de laadleiding. Voor de uitstroomtijd bij het juist functioneren van een terugslagklep is 5 s voorgeschreven. Deze tijdsduur is gelijk aan de gekozen tijdsduur voor het juist functioneren van het noodstopstelsel. Gelet hierop is het juist functioneren van de terugslagklep niet aanvullend gemodelleerd.

Het scenario breuk van de losslang is gemodelleerd als een “fixed duration” uitstroming. De bronsterkte wordt bepaald door de pomp en door terugstroming uit de tankauto. Het pompdebiet is 360 l/min. De bronsterkte aan de zijde van de pomp is dan 6.4 kg/s. Voor het bepalen van de bronsterkte door terugstroming vanuit de tankauto wordt uitgegaan van vulling aan de gaszijde van de tankauto. Terugstroming leidt tot uitstroming van het gas aanwezig in de laadleiding en de tankauto. De inhoud van de vulleiding is circa 16 kg tot vloeistof verdicht gas. Deze leiding loopt dan leeg met een debiet van circa 2.9 kg/s. Als de noodstop en de terugslagklep niet succesvol zijn, dan vindt na het leeglopen van de leiding nog uitstroming vanuit de tankauto plaats met een debiet van circa 20.5 kg/s.



Tabel 17 toont de ongevalsscenario's voor de overslag van CO₂ naar de tankauto. Het laden kan zowel overdag (tussen 7:00 en 19:00 uur) als 's avonds plaatsvinden (tussen 19:00 en 23:00 uur). Aangenomen is dat het laden 75% overdag en 25% 's avonds plaatsvindt.

| Scenario | Toelichting frequentie |
|--|--|
| Instantaan | 0.26 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar) |
| Continu grootste aansluiting | 0.26 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar) |
| Breuk pomp noodstop Ok | 1529 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.9$ (kans noodstop succesvol) |
| Breuk pomp noodstop niet Ok | 1529 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.1$ (kans noodstop niet succesvol) |
| Lekkage pomp | 1529 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) |
| Breuk losslang noodstop Ok | 1529 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.99$ (kans noodstop succesvol) |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok | 1529 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.94$ (kans terugslagklep succesvol) |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok | 1529 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.06$ (kans terugslagklep niet succesvol) |
| Lekkage losslang | 1529 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie lekkage per uur in bedrijf) |

| Scenario | Frequentie [jr] | Bronsterkte | Toelichting |
|--|---------------------|-------------|--|
| Instantaan ⁶ | $1.3 \cdot 10^{-5}$ | 49.8 ton | Maximale inhoud |
| Continu grootste aansluiting | $1.3 \cdot 10^{-7}$ | 164.2 kg/s | Vloeistof 75 mm gat, duur 303 s |
| Breuk pomp noodstop Ok | $1.6 \cdot 10^{-5}$ | 75.3 kg/s | Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 120 s |
| Breuk pomp noodstop niet Ok | $1.7 \cdot 10^{-6}$ | 75.3 kg/s | Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 1269 s |
| Lekkage pomp | $7.0 \cdot 10^{-4}$ | 1.7 kg/s | Vloeistof 7.5 mm gat, duur 1800 s |
| Breuk losslang noodstop Ok | $6.1 \cdot 10^{-3}$ | 9.3 kg/s | Bronsterkte zie tekst, duur 5 s |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok | $5.7 \cdot 10^{-5}$ | 6.4 kg/s | Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s |
| Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok | $3.7 \cdot 10^{-6}$ | 26.9 kg/s | Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s |
| Lekkage losslang | $6.1 \cdot 10^{-2}$ | 0.7 kg/s | Vloeistof 5 mm gat, duur 1800 s |

 Tabel 17. Ongevalsscenario's overslag tankauto CO₂

⁶ Kans op instantaan falen is aangepast vanwege de nabijgelegen windturbine. Toelichting in hoofdstuk 6.3.

6 Overige aspecten

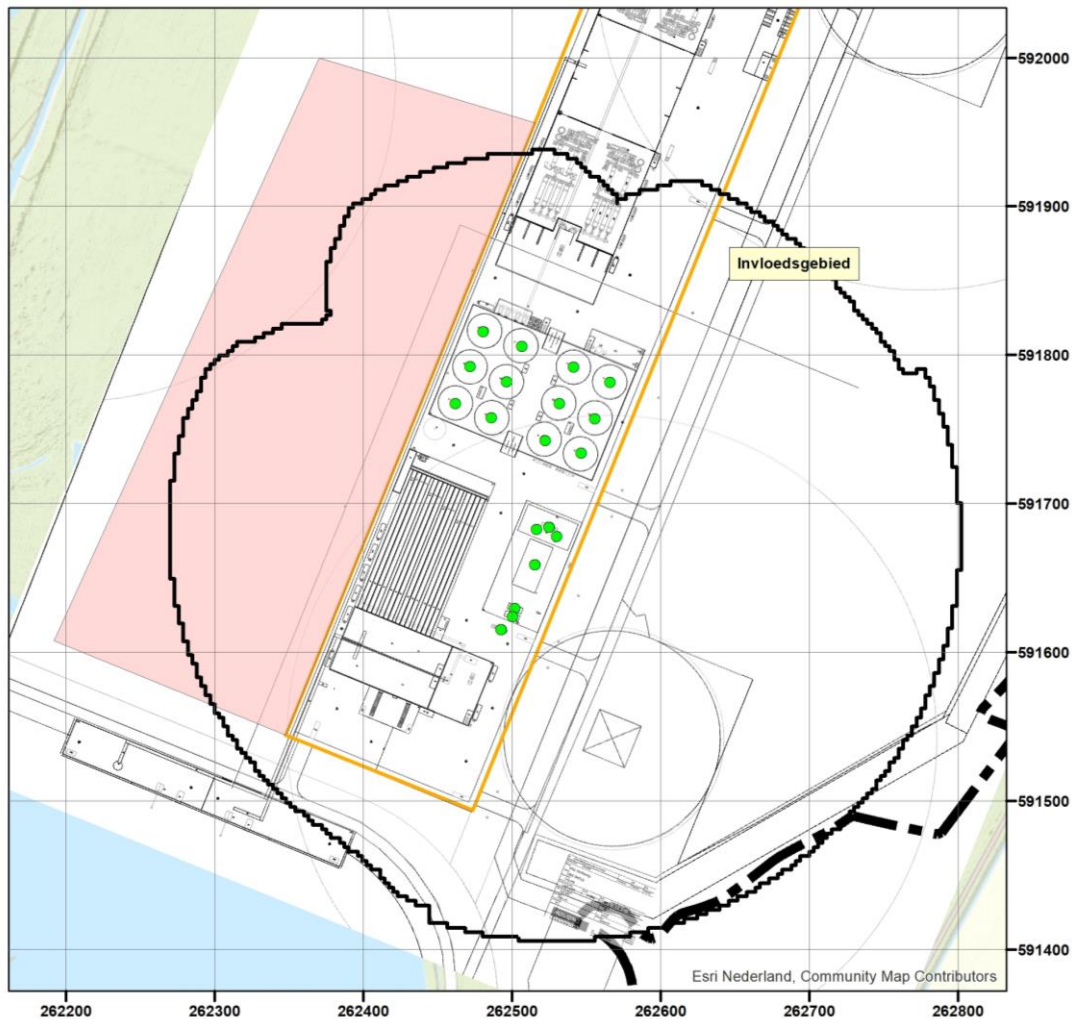
6.1 Parameters

De standaard parameters van Safeti-NL versie 8.3 zijn gebruikt voor de berekening. De gegevens voor het weerstation Eelde worden gebruikt voor de kans op het voorkomen van een bepaalde weersklasse. Voor de ruwheidslengte is de standaard waarde van 0.3 m gehanteerd.

Als externe ontstekingsbron is de fakkel ten zuiden van de vergisters gemodelleerd.

6.2 Aanwezigheid rond de inrichting

Figuur 2 toont het invloedsgebied rond de inrichting begrensd door de maximale effectafstand van circa 252 m (zie hoofdstuk 6). De figuur toont tevens de ligging van het gebied dat voor de berekening van het groepsrisico zijn gemodelleerd. Voor dit bedrijventerrein is uitgegaan van 40 personen per hectare overdag conform [4] (roze in figuur 2). De gegevens zijn opgenomen in het Safeti-NL model. In de berekening wordt onderscheid gemaakt tussen dag (8:00 tot 18:30 uur) en nacht (18:30 tot 8:00 uur).



Figuur 2. Bevolkingsgebieden rond de inrichting

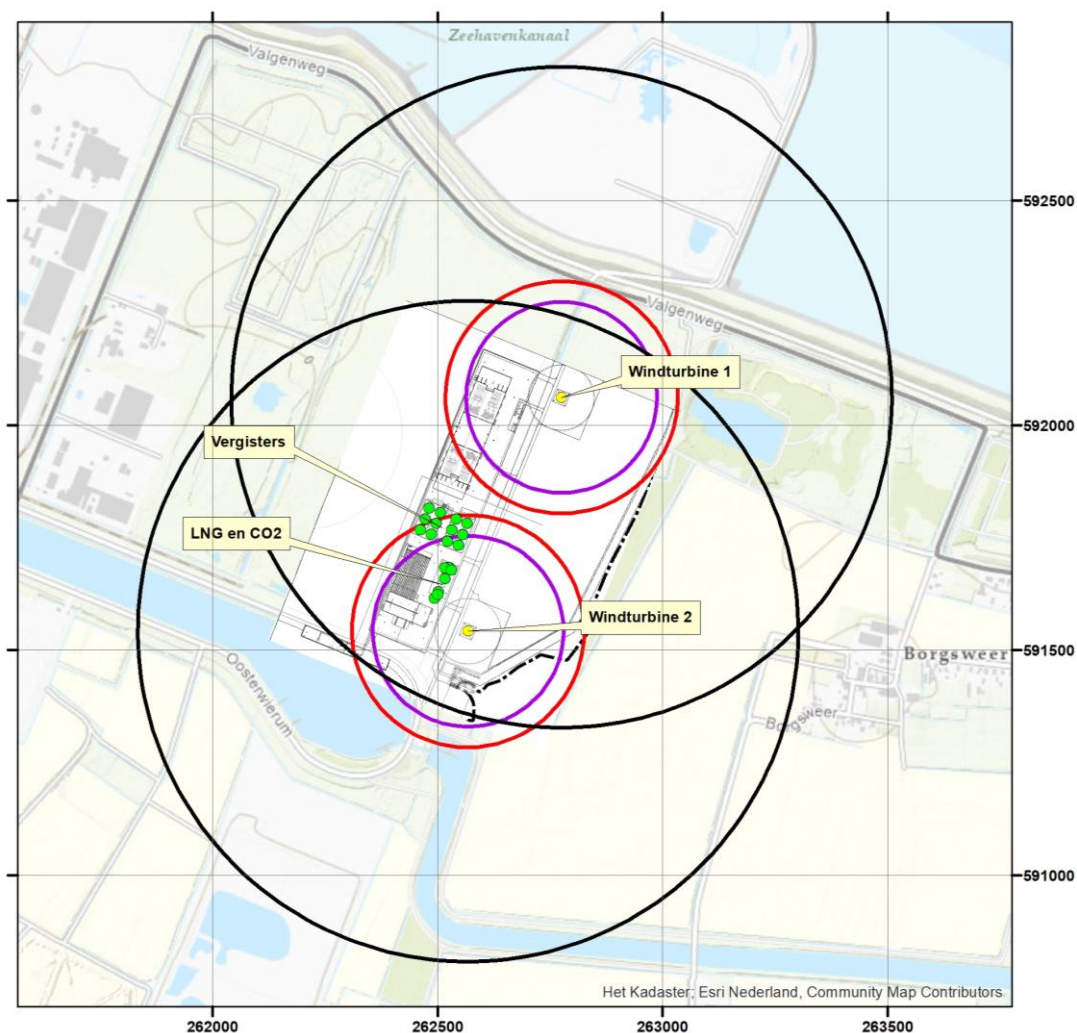
6.3 Windturbines

Nabij de inrichting zijn enkele windturbines geplaatst. Figuur 3 toont de ligging van de windturbines. De turbines hebben een masthoogte van 145 m en een rotordiameter van circa 136 m. De bladlengte en de afstand van het zwaartepunt van blad tot de rotor zijn niet bekend maar geschat met de methodiek beschreven in het Handboek risicozonering windturbines bijlage B pagina B9 [3]. De kenmerken zijn samengevat in tabel 16.

| Turbineparameters | Waarde | Bron |
|---|--------|-----------------------|
| Nominaal Vermogen (kW) | 4300 | Opgave opdrachtgever |
| Ashoogte (m) | 145 | Opgave opdrachtgever |
| Rotordiameter (m) | 136 | Opgave opdrachtgever |
| Nominaal toerental (rpm) | 25.6 | Opgave opdrachtgever |
| Afstand zwaartepunt-rotorcentrum (m) | 24.5 | Aanname [bijlage B-8] |
| Bladlengte (m) | 67.8 | Opgave opdrachtgever |
| Berekende maximale werpafstand nominaal (m) | 258 | |

| Turbineparameters | Waarde | Bron |
|---|--------|------|
| Berekende maximale werpafstand overtoeren (m) | 734 | |
| Scenario mastbreuk (m) | 212 | |
| Scenario rotorafwerp (m) | 67 | |

Tabel 18. Kenmerken windturbines



Figuur 3. Positie windturbine en maximale werpafstand

De opslagtanks hebben een lengte en breedte van 3 m en hoogte van 14 m. Het gebouw met daarin de liquefier heeft een lengte van 33 m, een breedte van 17 m en hoogte van 2.5 m. De tankauto's hebben een lengte van 12 m en een breedte en hoogte van 2.5 m. De vergisters zijn 23 m breed en diep en hebben een hoogte van 24 m. De navergisters hebben dezelfde breedte en diepte en zijn 12 m hoog. De afstanden van de turbines tot de stacks en de relevante scenario's (x) per installatie zijn weergegeven in tabel 19. Vergister 1 ligt verder dan vergister 2, voor beide is geen aangepaste kans benodigd.

| Installatie | Afstand [m] | Oppervlak [m ²] | Nominaal | Overtoeeren | Rotor afworp | Mastbreuk |
|------------------------------|-------------|-----------------------------|----------|-------------|--------------|-----------|
| Tankauto LNG | 144 | 30 | X | X | X | - |
| Liquefier | 111 | 561 | X | X | X | - |
| Opslagtank LNG 1 | 149 | 9 | X | X | X | - |
| Opslagtank LNG 2 | 140 | 9 | X | X | X | - |
| Tankauto CO ₂ | 101 | 30 | X | X | X | - |
| Opslagtank CO ₂ 1 | 101 | 9 | X | X | X | - |
| Opslagtank CO ₂ 2 | 104 | 9 | X | X | X | - |
| Vergister 2 | 260 | 529 | - | X | - | - |
| Vergister 3 | 240 | 529 | X | X | - | - |
| Vergister 4 | 228 | 529 | X | X | - | - |
| Vergister 5 | 238 | 529 | X | X | - | - |
| Vergister 6 | 218 | 529 | X | X | - | - |
| Vergister 7 | 195 | 529 | X | X | X | - |
| Vergister 8 | 180 | 529 | X | X | X | - |
| Naviger 1 | 256 | 529 | X | X | - | - |
| Naviger 2 | 239 | 529 | X | X | - | - |
| Naviger 3 | 216 | 529 | X | X | - | - |
| Naviger 4 | 205 | 529 | X | X | X | - |

Tabel 19. Onderlinge afstanden turbines en stacks en relevante scenario's turbines

Er is een indicatieve trefkans berekend per installatie. Hierbij is uitgegaan van de methodiek die beschreven is in Bijlage C paragraaf 3.3.2 [3]. In deze benadering wordt de hoogte van het object geprojecteerd op het grondvlak. Daarnaast wordt rekening gehouden met het scenario dat het zwaartepunt van het rotorblad op maximaal 2/3 afstand van het object inslaat en het object alsnog raakt. De trefkansen worden samengevat in tabel 18. Voor installaties geldt dat de additionele trefkans door een windturbine alleen moet worden meegenomen indien deze 10% of hoger is dan de kans op falen van de scenario's instantaan falen en 10 minuten uitstroming. Conservatief wordt aangenomen dat het falen door de windturbine leidt tot instantaan falen.

| Installatie | Kans installatie [/jr] | Extra kans door turbines [/jr] | Percentage tov Kans installatie | Kans instantaan falen totaal [/jr] |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Tankauto LNG | 2.8 10 ⁻⁷ | 7.9 10 ⁻⁶ | 2835.99% | 8.1 10 ⁻⁶ |
| Liquefier | 1.0 10 ⁻⁴ | 2.0 10 ⁻⁵ | 20.04% | 7.0 10 ⁻⁵ |
| Opslagtank LNG 1 | 1.0 10 ⁻⁶ | 7.3 10 ⁻⁶ | 734.89% | 7.8 10 ⁻⁶ |
| Opslagtank LNG 2 | 1.0 10 ⁻⁶ | 8.0 10 ⁻⁶ | 795.14% | 8.5 10 ⁻⁶ |
| Tankauto CO ₂ | 2.6 10 ⁻⁷ | 1.2 10 ⁻⁵ | 4794.60% | 1.3 10 ⁻⁵ |
| Opslagtank CO ₂ 1 | 1.0 10 ⁻⁶ | 1.2 10 ⁻⁵ | 1173.91% | 1.2 10 ⁻⁵ |
| Opslagtank CO ₂ 2 | 1.0 10 ⁻⁶ | 1.1 10 ⁻⁵ | 1122.33% | 1.2 10 ⁻⁵ |
| Vergister 2 | 1.0 10 ⁻⁵ | 3.9 10 ⁻⁸ | 0.39% | 5.0 10 ⁻⁶ |
| Vergister 3 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.8 10 ⁻⁵ | 181.26% | 2.3 10 ⁻⁵ |
| Vergister 4 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.6 10 ⁻⁵ | 155.02% | 2.1 10 ⁻⁵ |
| Vergister 5 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.8 10 ⁻⁵ | 177.41% | 2.3 10 ⁻⁵ |
| Vergister 6 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.4 10 ⁻⁵ | 144.44% | 7.2 10 ⁻⁶ |
| Vergister 7 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.4 10 ⁻⁵ | 144.25% | 7.2 10 ⁻⁶ |
| Vergister 8 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.5 10 ⁻⁵ | 149.20% | 7.3 10 ⁻⁶ |
| Naviger 1 | 1.0 10 ⁻⁵ | 3.6 10 ⁻⁵ | 357.09% | 1.0 10 ⁻⁵ |
| Naviger 2 | 1.0 10 ⁻⁵ | 1.5 10 ⁻⁵ | 152.62% | 7.3 10 ⁻⁶ |

| Installatie | Kans installatie [jr] | Extra kans door turbines [jr] | Percentage tov Kans installatie | Kans instantaan falen totaal [jr] |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Naviger 3</i> | $1.0 \cdot 10^{-5}$ | $1.3 \cdot 10^{-5}$ | 125.12% | $6.9 \cdot 10^{-6}$ |
| <i>Naviger 4</i> | $1.0 \cdot 10^{-5}$ | $1.2 \cdot 10^{-5}$ | 121.60% | $1.7 \cdot 10^{-5}$ |

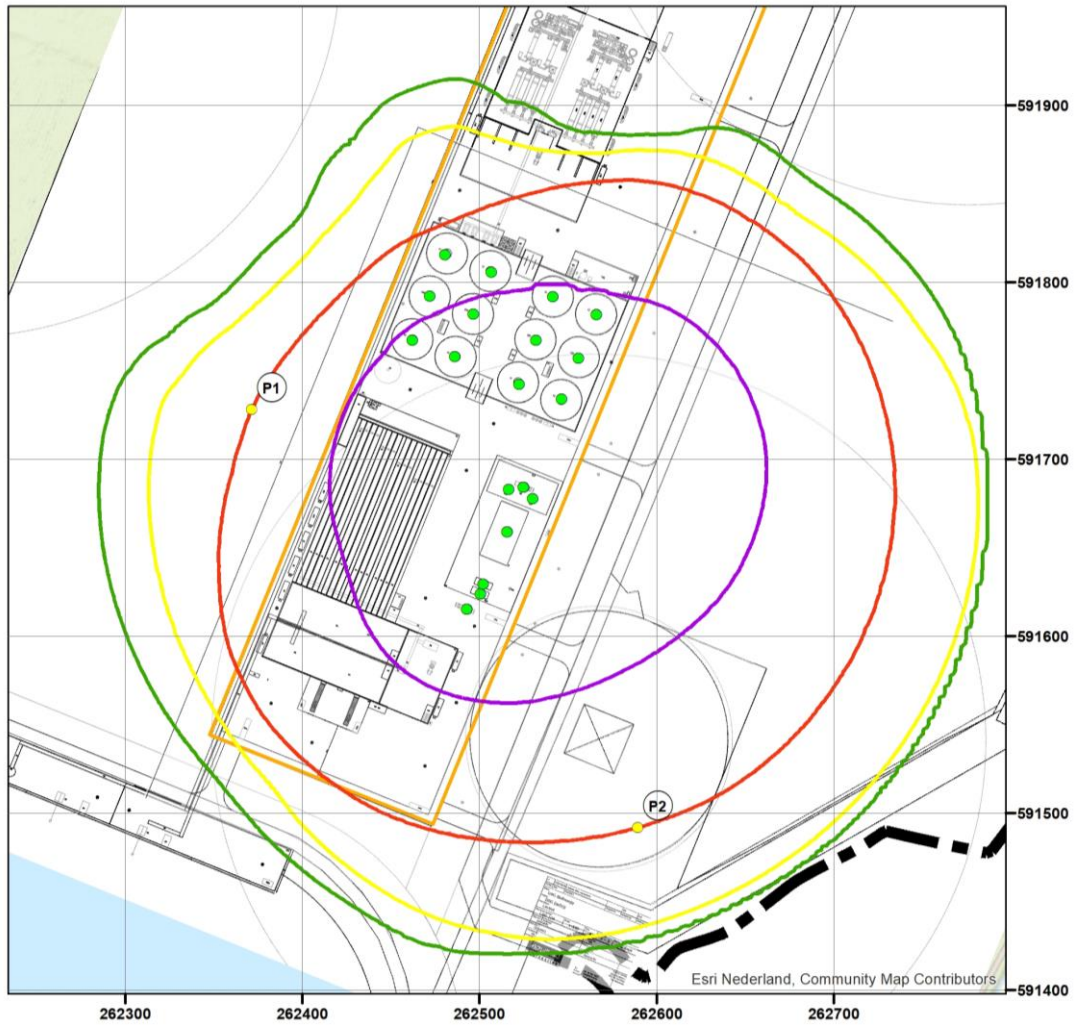
Tabel 20. *Overzicht van de ongevalsscenario's instantaan falen na aanpassing door trefkansen turbine*

7 Resultaat risicoberekening

7.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een inrichting bevindt, overlijdt door een ongeval met gevaarlijke stoffen. Plaatsen met een gelijk risico worden door risicocontouren op een kaart weergegeven. Het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr dient volgens het Bevi (Besluit externe veiligheid inrichtingen) gehanteerd te worden als grenswaarde voor kwetsbare objecten en als richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten.

Figuur 4 toont de plaatsgebonden risicocontouren. De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten de inrichting. Binnen de contour bevinden zich geen objecten van derden. Wel biedt het huidige bestemmingsplan de mogelijkheid tot het realiseren van beperkt kwetsbare objecten aan de westzijde van de inrichting. De contour van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr is hiervoor een richtwaarde. Het bevoegd gezag moet beoordelen of het akkoord gaat met deze situatie.



Figuur 4. Plaatsgebonden risicocontouren

| | |
|---|--------------------------|
|  | 1.0 10 ⁻⁵ /jr |
|  | 1.0 10 ⁻⁶ /jr |
|  | 1.0 10 ⁻⁷ /jr |
|  | 1.0 10 ⁻⁸ /jr |

Tabel 19 toont de relatieve bijdrage van de ongevalsscenario's aan het plaatsgebonden risico in punt P1 en P2 (zie figuur 4 voor de ligging van het punt). Dit punt is representatief voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Scenario's met een relatief kleine bijdrage zijn niet afgedrukt.

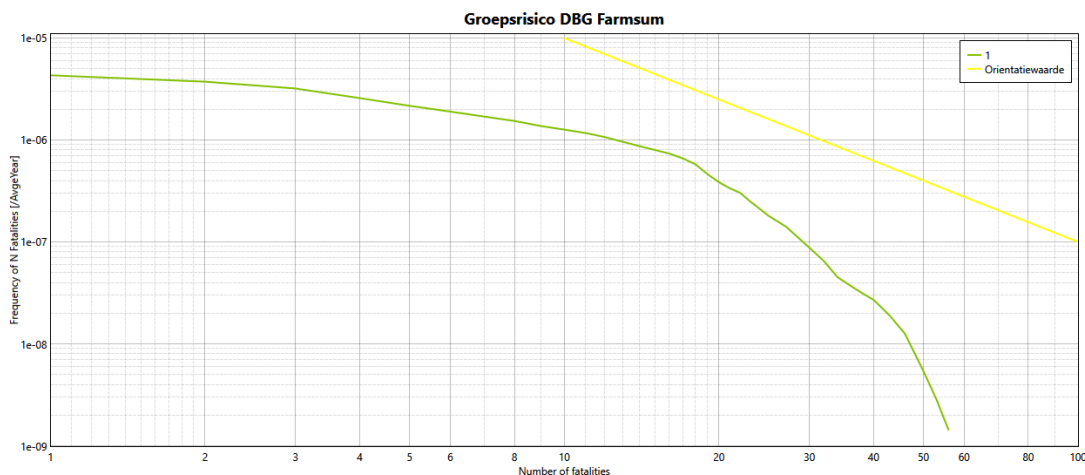
| Punt | Waarde | Scenario | Bijdrage [%] |
|------|----------------------|--------------------------------------|--------------|
| P1 | 9.6 10 ⁻⁷ | Opslagvat 1\Instantaan | 45.8 |
| | | Tankauto LNG\BreukPompNoodstopOk | 21.9 |
| | | Tankauto LNG\Instantaan | 18.2 |
| | | Opslagvat 2\Instantaan | 8.0 |
| | | Tankauto LNG\BreukPompNoodstopNietOk | 2.5 |
| | | Opslagvat 1\Continu10min | 1.4 |
| | | Opslagvat 2\Continu10min | 1.1 |
| P1 | 9.8 10 ⁻⁷ | Opslagvat 2\Instantaan | 61.2 |
| | | Opslagvat 1\Instantaan | 24.9 |
| | | Tankauto LNG\BreukPompNoodstopOk | 9.8 |
| | | Tankauto LNG\BreukPompNoodstopNietOk | 1.7 |
| | | Tankauto LNG\Instantaan | 1.0 |

Tabel 21. Relatieve bijdrage scenario's plaatsgebonden risico

7.2 Groepsrisico

Het groepsrisico geeft aan wat de kans is op een ongeval met tien of meer dodelijke slachtoffers in de omgeving van de inrichting. Het aantal personen dat in de omgeving van de inrichting verblijft, bepaalt daardoor mede de hoogte van het groepsrisico. Het groepsrisico wordt weergegeven in een zogenaamde fN-curve: op de verticale as staat de cumulatieve kans per jaar f op een ongeval met N of meer slachtoffers en op de horizontale as het aantal slachtoffers N. De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is gelijk aan $10^{-3} / N^2$, dat wil zeggen een frequentie van 10^{-5} /jr voor 10 slachtoffers, 10^{-7} /jr voor 100 slachtoffers en geldt vanaf het punt met 10 slachtoffers.

Figuur 5 toont het berekende groepsrisico (groene lijn) en de oriëntatiewaarde $fN^2 = 10^{-3}$ (gele lijn). Het groepsrisico ligt onder de oriëntatiewaarde. Het maximaal aantal slachtoffers is circa 56.



Figuur 5. Groepsrisico

Tabel 20 toont de scenario's die bepalend zijn voor het groepsrisico. De scenario's zijn gerangschikt naar de relatieve bijdrage aan de risico integraal (het oppervlak van de bijdrage van dit scenario aan de fN-curve). Tevens is aangeduid de frequentie in het bereik > 10 slachtoffers. De belangrijkste scenario's zijn het falen van de LNG-opslagvaten en de LNG-tankauto.

| Scenario | Risico integraal [jr] | Risico integraal [% totaal] | Freq > 10 [jr] |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------|
| Opslagvat 2\Instantaan | 9.6E-06 | 28.3 | 4.2E-07 |
| Opslagvat 1\Instantaan | 9.5E-06 | 28.0 | 4.1E-07 |
| Tankauto LNG\Instantaan | 6.5E-06 | 19.3 | 1.9E-07 |
| Tankauto LNG\BreukPompNoodstopOk | 5.3E-06 | 15.7 | 1.2E-07 |
| Tankauto LNG\BreukPompNoodstopNietOk | 2.4E-06 | 7.1 | 6.2E-08 |

Tabel 22. *Relatieve bijdrage van scenario's aan het groepsrisico*

8 Effectafstand

Effectafstanden zijn berekend voor alle scenario's. Tabel 21 toont de afstand tot 1% kans op overlijden (bij onbeschermde blootstelling) voor weersklasse D-5.0 overdag (neutraal weer met een windsnelheid van 5 m/s) en weersklasse F-1.5 's nachts (zeer stabiel weer met een windsnelheid van 1.5 m/s) voor LNG. De aanduiding in de kolommen onderdeel en scenario zijn een referentie naar de tekst in hoofdstuk 3.

| Onderdeel | Scenario | D-5.0 [m] | F-1.5 [m] |
|---|---|------------|-----------|
| LNG-opslagvaten | Instantaan | 252 | 212 |
| | Continu10min | 147 | 245 |
| | Continu10mm | 20 | 24 |
| CO ₂ -opslagvaten | Instantaan | 121 | 103 |
| | Continu10min | 83 | 82 |
| | Continu10mm | 2 | 2 |
| Vergister 1, 2 en 3 | Instantaan | 13 | 13 |
| | Continu10min | 9 | 7 |
| | Continu10mm | 2 | 0 |
| Warmtewisselaar liquefier | Instantaan | 54 | 34 |
| | Continu10min mantel | 18 | 22 |
| | Continu10mm mantel | 19 | 23 |
| | Continu breuk 10 pijpen | 23 | 21 |
| Compressor liquefier | Breuk | 17 | 18 |
| | Breuk terugslagklep faalt | 20 | 20 |
| | Lek | 4 | 4 |
| Tankauto LNG | Instantaan | 203 | - |
| | ContinuGrootsteAansluiting | 156 | - |
| | BreukPompNoodstopOk | 155 | - |
| | BreukPompNoodstopNietOk | 154 | - |
| | LekkagePomp | 15 | - |
| | BreukSlangNoodstopOk | 45 | - |
| | BreukSlangNoodstopNietOkTerugslagklepOk | 31 | - |
| | BreukSlangNoodstopNietOkTerugslagklepNietOk | 73 | - |
| | LekkageSlang | 11 | - |
| | BLEVE tijdens verlading | 182 | - |
| | BLEVE omgevingsbrand | 182 | - |
| | BLEVE externe impact | 147 | - |
| | Tankauto CO ₂ | Instantaan | 109 |
| ContinuGrootsteAansluiting | | 78 | - |
| BreukPompNoodstopOk | | 42 | - |
| BreukPompNoodstopNietOk | | 57 | - |
| LekkagePomp | | 6 | - |
| BreukSlangNoodstopOk | | 8 | - |
| BreukSlangNoodstopNietOkTerugslagklepOk | | 11 | - |

| Onderdeel | Scenario | D-5.0 [m] | F-1.5 [m] |
|--------------|---|--------------|--------------|
| Tankauto CO2 | BreukSlangNoodstopNietOkTerugslagklepNietOk | 34 | - |
| | LekkageSlang | 4 | - |

Tabel 23. Effectafstand LNG, CO2 en Biogas tot 1% kans op overlijden

9 Conclusie

Het voornemen is een houtpulp vergister met LBG-tank en installatie te plaatsen aan de Oosterhorn te Farmsum. In het kader van de aanvraag voor de omgevingsvergunning is deze risicoanalyse opgesteld.

De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten het terrein van de inrichting. Binnen de contour bevinden zich geprojecteerde beperkt kwetsbare objecten van derden. Het bevoegd gezag moet beoordelen of het akkoord gaat met deze situatie.

Het groepsrisico is kleiner dan de oriëntatiewaarde.

Referenties

1. RIVM 2021 Handleiding risicoberekeningen BEVI
Versie 4.3 gedateerd 1 januari 2021
2. RIVM 2015 Rekenmethodiek LNG-Tankstations
Versie 1.0.1 gedateerd 2 februari 2015
3. DNV GL 2014 Handboek Risicozonerings Windturbines, 3^e
geactualiseerde versie mei 2013 en herziene versie 3.1
september 2014.