

## NOTITIE

Project : Air Liquide – Zuurstof (O<sub>2</sub>) leiding: omlegging Bergen op Zoom  
Onderwerp : Kwantitatieve Risico Analyse (QRA): bepaling effect  
Referentie : ALDB-1-N-1-0  
Datum : 9 november 2017  
Auteur : ing. D.M. Schilt  
Verificatie : H. van Horssen BSc

Aan:

- Dhr. Karel Mees – Air Liquide Benelux Industries

Verzendlijst:

- ing. Gert Jan ter Haar - LievenseCSO

LievenseCSO Infra B.V.

**CORRESPONDENTIEADRES**  
Postbus 3199  
4800 DD Breda

**BEZOEKADRES**  
Tramsingel 2  
4814 AB Breda

**TELEFOON**  
+31 (0)88 91 020 00

**E-MAIL**  
info@LievenseCSO.com

**INTERNET**  
LievenseCSO.com

**IBAN**  
NL06ABNA0440339421

**KVK NUMMER**  
20045963

**BTW NUMMER**  
NL.00.65.66.832.B01

## 1 Algemeen

### 1.1 Inleiding

Air Liquide Benelux Industries (Air Liquide) is voornemens om de huidige Ø4" Zuurstof (O<sub>2</sub>) verbindingsleiding 7004 richting Bergen op Zoom grotendeels om te leggen in verband met de ruimtelijke ontwikkelingen binnen dit gebied.

De omlegging inclusief de 7004 leiding vormt als geheel een aftakking van de 7000 O<sub>2</sub> hoofdtransportleiding. De aftakking is hierbij gelegen tussen de aansluiting op de 7000 hoofdtransportleiding nabij Woensdrecht en het industriegebied ten noordwesten van Bergen op Zoom en heeft een lengte van circa 8,3 km.

In navolgend figuur 1 is het nieuwe tracé van de leiding weergegeven inclusief de (deels) gehandhaafde leidingdelen waarop aangesloten wordt.



Figuur 1: Verlegging zuurstofleiding t.h.v. Bergen op Zoom (blauw: bestaand tracé, roze: nieuw tracé), bron: Google Earth [Ref. 7]

Door deze transportleiding wordt zuurstof getransporteerd. Het transporteren van gassen kan risico's met zich meebrengen voor de omgeving. De leidingexploitanten zijn verplicht in het kader van de externe veiligheid deze risico's te inventariseren en evalueren conform de "Handleiding risicoberekeningen Bevb, versie 2.0, 1 juli 2014" (Handleiding Bevb) [Ref. 1]. De leidingen dienen hierbij te voldoen aan de eisen van het "Besluit externe veiligheid buisleidingen" (Bevb) [Ref. 3].

Teneinde te bepalen of leidingen voldoen aan de externe veiligheidseisen, vastgesteld in het Bevb [Ref. 3], dient de leidingexploitant een Kwantitatieve Risicoanalyse (QRA) uit te voeren. De QRA wordt gebruikt om beslissingen te nemen over de aanvaardbaarheid van risico's in relatie tot de omgeving van de transportleidingen.

## 1.2 Aanleiding

Air Liquide heeft LievenseCSO opdracht gegeven de beoogde leidingverlegging te toetsen in verband met externe veiligheid. Hierbij moet aan de eisen van het Bevb worden voldaan.

## 2 Leiding en procesgegevens

### 2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de door Air Liquide aangeleverde leiding- en procesgegevens weergegeven die benodigd zijn voor het uitvoeren van een analyse met betrekking tot het risico voor de externe veiligheid.

### 2.2 Overzicht

Voor de Air Liquide zuurstof transportleidingen gelden de volgende gegevens, zie tabel 1

| Leidinggegevens                        | Eenheid              |                                  |
|----------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Leidingmateriaal                       | [-]                  | Staal                            |
| Materiaalkwaliteit <sup>1</sup>        | [mm]                 | A106<br>Gr. B<br>(bestaand)      |
| Elasticiteit                           | [GPa]                | 210                              |
| SMYS (= rekgrens)                      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 240                              |
| Uitwendige diameter                    | [mm]                 | 114,3                            |
|                                        | [inch]               | 4                                |
| Nominale wanddikte <sup>1</sup>        | [mm]                 | 6,02                             |
| Inwendige diameter                     | [mm]                 | 102,26                           |
| Lengte                                 | [km]                 | ±8,3                             |
| Diepteligging (lees: minimale dekking) | [m]                  | 0,84 (bestaand)/<br>1,20 (nieuw) |
| Procesgegevens                         |                      |                                  |
| Medium                                 | [-]                  | Zuurstof (O <sub>2</sub> )       |
| CAS-nummer                             |                      | 7782-44-7                        |
| Maximale debiet in de leiding          | [ton/uur]            | Vertrouwelijk                    |
| Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad)   | [%]                  | 100                              |
| Sluittijd <sup>2</sup>                 | [sec]                | 1800                             |
| Ontwerpdruk                            | [bar]                | 64                               |
| Fase medium                            | [-]                  | gas                              |

Tabel 1: Overzicht leiding- en procesgegevens

- <sup>1</sup> Materiaalkwaliteit en wanddikte kunnen afwijkend (hoger dan wel zwaarder) zijn bij bochten en kruisingen.
- <sup>2</sup> Met de "sluittijd" wordt bedoeld: de tijdperiode tussen falen van de buisleiding en het afsluiten van de buisleiding inclusief de tijd die de afsluiter nodig heeft om tot volledige afsluiting te komen in verband met terugslag.

## 2.3 Classificatie

Voor het uitvoeren van een QRA-berekening worden verschillende rekenmethodieken gehanteerd die afhankelijk zijn van de classificatie van de stoffen. De beschouwde Air Liquide leiding die zuurstof transporteert valt in de categorie Chemicaliën leidingen en dient der halve conform Module D van de Handleiding Bevb [Ref. 1] beschouwd te worden. In onderstaande tabel zijn conform de Handleiding Bevb de gevaarlijke stoffen, anders dan koolwaterstoffen, ingedeeld in diverse categorieën. Zuurstof is daarbij geclassificeerd als overig gas.

| Eigenschap                  | Aggregatietoestand van de stof tijdens transport            |                                                               |                                            |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                             | Vloeistof                                                   | Tot vloeistof verdicht gas                                    | Gas                                        |
| <b>Brandbaar</b>            | Isopreen<br>1,2-propeenoxide<br>Ongestabiliseerd condensaat | Etheen<br>Butaan<br>Buteen<br>Propeen<br>Vinylchloride<br>LPG | Waterstof                                  |
| <b>Toxisch</b>              | Formaldehyde (46%)                                          | Chloor<br>Ammoniak                                            | Koolmonoxide<br>Waterstofchloride          |
| <b>Brandbaar en toxisch</b> | Etheenoxide                                                 |                                                               | Synthesegas (H <sub>2</sub> en CO)         |
| <b>Inert en overig</b>      |                                                             |                                                               | Kooldioxide<br>Stikstof<br><b>Zuurstof</b> |

Tabel 2: Overzicht gevaarlijke stoffen zoals benoemd in de Module D van de Handleiding Bevb [Ref. 1]

## 2.4 Modelling zuurstof

Bij het onverhoopt vrijkomen van product uit een leiding kunnen afhankelijk van de stof verschillende gebeurtenissen optreden, zoals directe ontsteking, vertraagde ontsteking, et cetera.

Zuurstof is geen brandbaar of toxisch product. Echter ten gevolge van breuk of lekkage van de leiding is er wel kans op een domino-effect doordat een hoge concentratie zuurstof brandbevorderend kan werken.

Een hoge concentratie zuurstof kan leiden tot een verhoogde kans op brand in de omgeving. In het algemeen zijn de gevaren verbonden aan het transport van zuurstof in ondergrondse leidingen verwaarloosbaar. Alleen wanneer zeer grote hoeveelheden vrijkomen is het zinvol het vrijkomen van zuurstof mee te nemen in de risicoanalyse. De waarschijnlijkheid waarmee een dergelijke gebeurtenis optreedt is per stofcategorie gestandaardiseerd in de Handleiding Bevb [Ref. 1] en de Handleiding Bevi [Ref. 2].

Hierin zijn de volgende effectniveaus bepaald waarbij een buisleiding met zuurstof relevant is voor het externe risico:

|                            |                                                            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|
| $P_{\text{letaal}} = 0,1$  | bij zuurstofconcentraties in de lucht groter dan 40 vol%   |
| $P_{\text{letaal}} = 0,01$ | bij zuurstofconcentraties in de lucht tussen 30 en 40 vol% |
| $P_{\text{letaal}} = 0$    | bij zuurstofconcentraties in de lucht tussen 20 en 30 vol% |

Een zuurstofconcentratie van 40 vol% in lucht komt overeen met een extra hoeveelheid zuurstof van 24,1 vol% (241.000 ppm = ca. 321 g/m<sup>3</sup>) uit dispersieberekening, 30 vol% zuurstof in lucht komt overeen met 11,4 vol% (114.000 ppm = ca. 152 g/m<sup>3</sup>) uit de dispersieberekening.

Voor de meeste inerte stoffen kan middels een probitrelatie een Plaatsgebonden risico en een Groepsrisico berekend worden met door RIVM/ IL&T voorgeschreven programmatuur SAFETI-NL [Ref. 6]. Voor zuurstof is geen probitrelatie voorhanden mede gezien het effect van de stof op de omgeving wat een domino-effect betreft.<sup>3</sup> Door het ontbreken van deze probitrelatie kan de situatie niet worden berekend op de door de overheid voorgeschreven rekenwijze, zie ook Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb) [Ref. 4].

Een kwantitatieve analyse met een plaatsgebonden risico en groepsrisico als resultaat zoals bij andere stoffen is momenteel niet mogelijk.

## 2.5 Effectafstanden

Om alsnog een beeld te krijgen van de effecten van een lek of breuk van een zuurstofleiding, zijn met behulp van SAFETI NL [Ref. 6] dispersieberekeningen uitgevoerd. Hiermee worden de afstanden bepaald waar de in paragraaf 2.4 genoemde zuurstof concentraties zich nog kunnen voordoen bij een eventuele calamiteit. Het programma berekent de fysische effecten die optreden bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, op deze manier kan worden bepaald of de Air Liquide zuurstofleiding invloed heeft op de externe veiligheid.

---

<sup>3</sup> Zie het 'Statusoverzicht probitrelaties' ~ 11-2017 op de site van het Rivm [Ref. 8]

## 2.6 Faalfrequentie Lek/Breuk

De faalfrequenties van lek en breuk van ondergrondse transportleidingleidingen zijn in de Handleiding Bevb [Ref. 1] vastgesteld. Indien geen mitigerende maatregelen getroffen zijn of aan de 'stand der techniek' voorwaarden wordt voldaan, gelden de volgende 'basis' faalfrequenties voor lek en breuk van de leidingen:

| <b>ALGEMENE BASIS FAALFREQUENTIE</b>                           |                          |                                                                  |            |                 |            |                  |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|------------|------------------|
| <b>Voor niet nader onderzochte buisleidingen (Bebv / Revb)</b> |                          |                                                                  |            |                 |            |                  |
| <b>Faaloorzaak</b>                                             | <b>Faaloorzaak</b>       | <b>Faalfrequentie [<math>\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}</math>]</b> |            |                 |            |                  |
|                                                                |                          | <b>Lek</b>                                                       | <b>%</b>   | <b>Breuk</b>    | <b>%</b>   | <b>Lek+breuk</b> |
| Beschadiging door derden                                       | Beschadiging door Derden | 9,86E-05                                                         | 22         | 7,19E-05        | 48         | 1,71E-04         |
| Mechanisch                                                     | Andere Factoren          | 1,45E-04                                                         | 32         | 3,23E-05        | 22         | 1,77E-04         |
| Inwendige corrosie                                             |                          | 4,40E-05                                                         | 10         | 5,71E-06        | 4          | 4,97E-05         |
| Uitwendige corrosie                                            |                          | 1,32E-04                                                         | 29         | 1,72E-05        | 11         | 1,49E-04         |
| Natuurlijke oorzaken                                           |                          | 1,35E-05                                                         | 3          | 9,15E-06        | 6          | 2,27E-05         |
| Operationeel en overige oorzaken                               |                          | 1,71E-05                                                         | 4          | 1,38E-05        | 9          | 3,09E-05         |
| <b>Totaal</b>                                                  |                          | <b>4,50E-04</b>                                                  | <b>100</b> | <b>1,50E-04</b> | <b>100</b> | <b>6,00E-04</b>  |

Figuur 2: 'Basis' faalfrequentie ondergrondse leidingen

Deze faalfrequenties geven aan hoe groot de kans is dat een met SAFETI NL [Ref. 6] berekende uitstroomeffect zich voordoet per kilometer leiding.

Hierbij wordt opgemerkt dat het niet mogelijk is om deze faalkansen conform de Handleiding Bevb [Ref. 1] te verdisconteren in een PR contour.

## 3 Modellering in SAFETI NL

### 3.1.1 Algemeen

Voor de bepaling van de invloed op de externe veiligheid zal de te verleggen O2 leiding worden beschouwd.

Normaliter berekend SAFETI NL [Ref. 6] voor een leidingtracé om een vastgestelde afstand (veelal 10m) de risico's uit van de buisleiding waarna op basis van deze resultaten risicocontouren kunnen worden gegenereerd. Door het ontbreken van een probitrelatie voor zuurstof worden enkel de effectafstanden bepaald van een punt bij verschillende windsnelheden.

### 3.1.2 Lek / breuk model

Conform het Bevb zijn de volgende scenario's gemodelleerd. Een 'Vessel - Long Pipeline' model is gebruikt voor het breuk scenario. Voor het scenario lek is een 'Vessel – leak' model toegepast. Voor beide modellen is een verticale richting van uitstroom gehanteerd.

Voor lek is een de grootte van het gat aangehouden van 10% van de nominale inwendige leidingdiameter, zie ook de Handleiding Bevb [Ref. 1]. Dit komt neer op een gat met een diameter van 10,2mm.

### 3.1.3 Ruwheidslengte

Bij het onverhoopt vrijkomen van product is de mate van verspreiding onder andere afhankelijk van de ruwheidslengte, waarin de oneffenheden in het gebied zijn verdisconteerd. In de risicoberekeningen wordt uitgegaan van 300 mm [Ref. 1] als standaard ruwheidslengte. Hiervan mag worden afgeweken en gebruik worden gemaakt van de ruwheidskaart van IenM. Hiervan is in de voorliggende rapportage geen gebruik van gemaakt.

### 3.1.4 Leidinglengte

Voor het scenario breuk is de leidinglengte aangehouden van de totale lengte van de aftakking inclusief de lengte van de 7006 hoofdtransportleiding tot aan de Nederland-Belgische grens.

De gehanteerde leidinglengte is 19,8km (=8.3km + 11,5km).

### 3.1.5 Windsnelheden

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de weerroos van het weerstation Woensdrecht. De parameters behorende bij deze weerrozen kunnen niet worden gewijzigd in het gehanteerde rekenprogramma SAFETI-NL [ref. 6].

### 3.1.6 Uitstroomrichting

Voor de berekeningen is conform de Handleiding Bevb [Ref. 1] een verticale uitstroom gehanteerd in geval van een breuk of een lek.

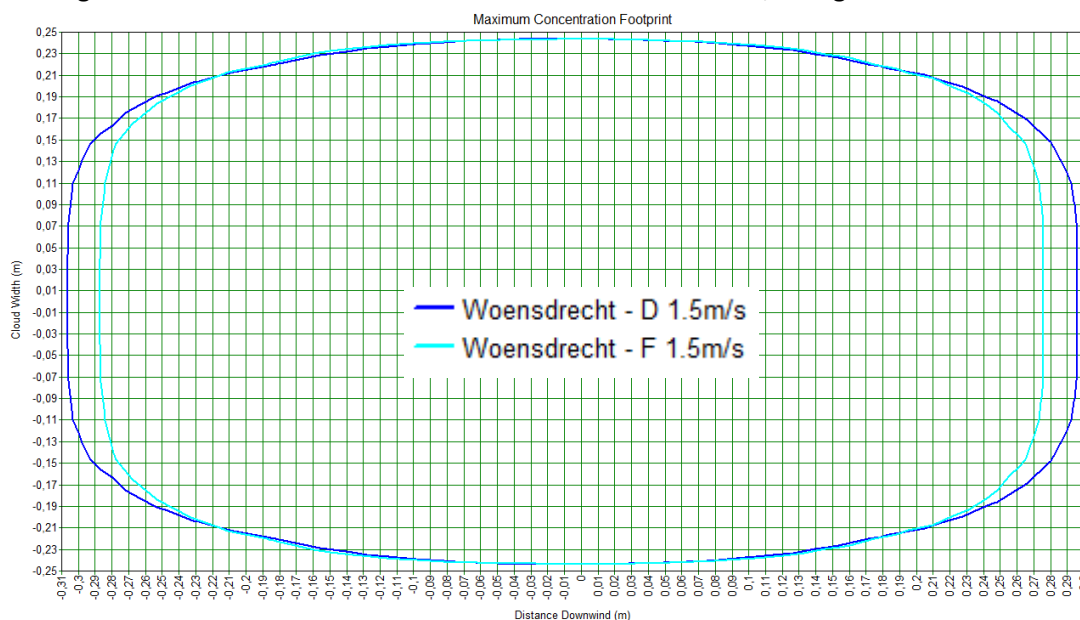
## 4 Resultaten

### 4.1 Effectgebieden LEK

Uit de dispersieberekeningen met SAFETI-NL [ref. 6] blijkt dat de hoeveelheid zuurstof dat vrijkomt bij een eventuele lek dermate gering is dat dit niet leidt tot een effectgebied met verhoogde zuurstofconcentraties. De zuurstofconcentratie op 1m boven het maaiveld komt dan ook niet boven de 30% uit.

### 4.2 Effectgebieden BREUK

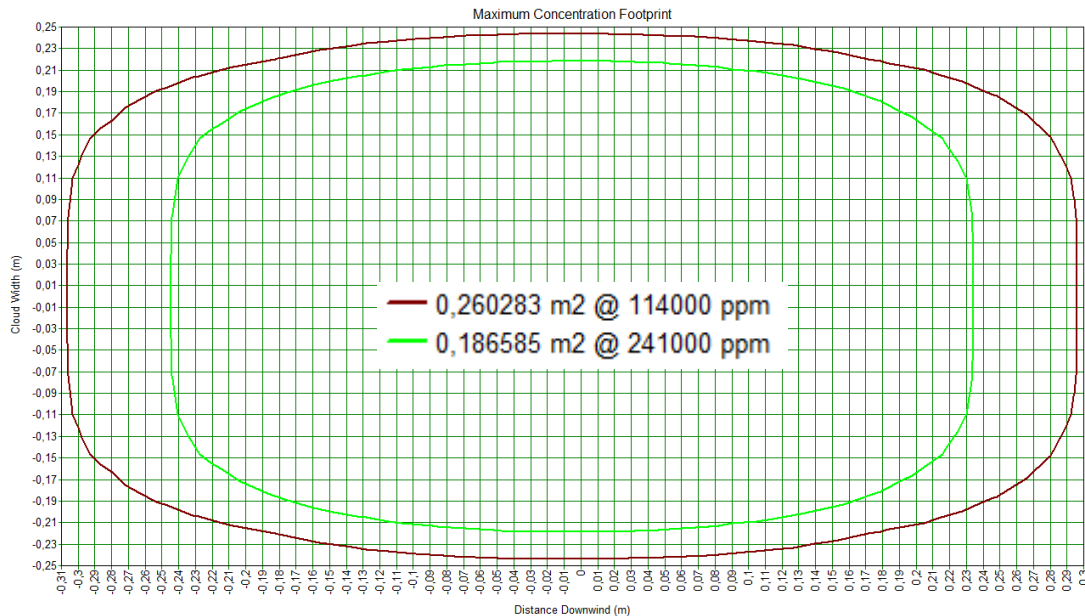
De dispersieberekeningen bij breuk van de zuurstofleiding, leiden tot de volgende effectgebieden voor een zuurstofconcentratie van 30% of meer, zie figuur 3.



Figuur 3: Contouren effectgebieden 30% zuurstof (114.000ppm) bij breuk van de leiding bij verschillende windsnelheden, SAFETI-NL [ref. 6]

Uit de resultaten blijkt dat het effectgebied van een 30% zuurstofconcentratie met een oppervlakte van ca.  $0,26\text{m}^2$  m zeer gering is.

Wanneer er uitsluitend wordt gekeken naar de maatgevende windsnelheid (Woensdrecht – D1.5m/s) is te zien dat het effectgebied van de 40% zuurstofconcentratie is begrensd door een oppervlakte van ca.  $0,19\text{m}^2$ , zie figuur 4.



Figuur 4: Contouren effectgebieden 30% (groen) en 40% (bruin) zuurstof (241.000ppm) bij breuk van de leiding voor windsnelheid D1.5m/s, SAFETI-NL [ref. 6]

De effecten op van een eventuele lek of breuk van de zuurstofleiding vallen hiermee binnen de belemmeringenstrook van de leiding van 5 meter aan weerszijde van de leiding vanaf het hart van de leiding [Ref. 3].

### 4.3 Beschouwing resultaten

Als gevolg van de hoge druk in de leiding zal de uitstroom, bij een eventuele calamiteit, zich ontwikkelen als een jet. De richting van deze jet is sterk bepalend voor de grootte van de effectzone op 1m hoogte. Doordat conform de Handleiding Bevb [Ref. 1] een verticale uitstroom gehanteerd wordt, zal bij een lek of een breuk, de zuurstof met veel kracht omhoog worden gestuwd. In de hogere luchtlagen krijgt de zuurstof vervolgens de kans om zich te vermengen met de omringende lucht.

Op basis van de modellen in SAFETI NL [Ref. 6] leidt dit vervolgens niet meer tot verhoogde zuurstofconcentraties ( $\geq 30\%$  en  $\geq 40\%$ ) op 1m hoogte.

## 5 CONCLUSIE

Air Liquide Benelux Industries (Air Liquide) heeft LieveenseCSO Infra B.V. (LieveenseCSO) opdracht gegeven om de verlegging van de bestaande Ø4" Zuurstof (O<sub>2</sub>) leiding 7004 bij Bergen op Zoom, te toetsen in het kader van de *externe veiligheid*.

Conform de Regeling externe veiligheid buisleidingen [Ref. 4] dienen de berekeningen te worden uitgevoerd met de door RIVM / IL&T voorgeschreven programmatuur SAFETI-NL [Ref. 6]. Echter doordat er voor zuurstof geen probitrelatie ter beschikking is [Ref. 8], kan middels SAFETI-NL [Ref. 6] geen Plaatsgebonden Risico contour en Groepsrisico bepaald worden. Hierdoor is het vooralsnog niet mogelijk een kwantitatief beeld te krijgen van de effecten van een zuurstofleiding op het externe risico middels een PR contour.

Om alsnog een beeld te krijgen van de effecten op de externe veiligheid in geval van een breuk of lek van de zuurstofleidingen zijn dispersieberekeningen uitgevoerd met behulp van SAFETI-NL [Ref. 6]. Hiermee is aan de hand van de leiding-, proces- en productgegevens voor diverse windsnelheden bepaald tot hoever bepaalde concentraties zuurstof kunnen voorkomen. Conform de Handleiding Bevb [Ref. 1] zijn als grenswaarden de 30% ( $P_{\text{letaal}} = 0,01$ ) en 40% ( $P_{\text{letaal}} = 0,1$ ) concentraties zuurstof aangehouden ter bepaling van de effecten.

Op basis van de dispersieberekeningen die conform de Handleiding Bevb [Ref. 1] zijn uitgevoerd, wordt het volgende geconcludeerd voor de beschouwde leiding:

- ✓ een lek leidt niet tot overschrijving van de grenswaarden van de zuurstofconcentraties;
- ✓ bij een leidingbreuk zijn de grenzen van de 30% en 40% de zuurstofconcentraties gelegen binnen de belemmeringsstrook van de leiding [Ref. 3] en zijn derhalve niet relevant voor de externe veiligheid.

- [Ref. 1] Handleiding risicoberekeningen BEVB, RIVM Module D: Chemicaliën leidingen, 1 juli 2014
- [Ref. 2] Handleiding risicoberekeningen BEVI, RIVM, versie 3.3, 1 juli 2015
- [Ref. 3] Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb),  
<http://wetten.overheid.nl> document met identificatienummer BWBR0028265
- [Ref. 4] Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb)  
<http://wetten.overheid.nl/> document met identificatienummer BWBR0029356
- [Ref. 5] Top25raster, Kadaster, 1 juni 2012
- [Ref. 6] SAFETI-NL, RIVM, versie 6.543, juni 2015
- [Ref. 7] Google Earth versie 7.1.8.3036~11-2017
- [Ref. 8] [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/P/Probitrelaties/Statusoverzicht\\_probitrelaties](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/P/Probitrelaties/Statusoverzicht_probitrelaties) ~ 11-2017

Opdrachtgever:

Air Liquide Benelux Industries  
Noordensingel 19  
2141 Borgerhout Antwerpen, België  
Dhr. Karel Mees  
Tel.: +32 3 217 31 50

Opdrachtnemer:

LievensesCSO Infra B.V.  
Postbus 3391  
4800 DD Breda  
Dhr. R.R. van der Meer  
Tel.: +31 (0)88 91 020 00