



**Tebodin B.V.**  
Laan van Nieuw Oost-Indië 25 • 2593 BJ Den Haag  
Postbus 16029 • 2500 BA Den Haag  
Telefoon 070 348 09 11 • Fax 070 348 06 45  
denhaag@tebodin.nl • www.tebodin.com


Opdrachtgever: **Shell CO2 Storage B.V.**  
Project: **CO<sub>2</sub> Risicoanalyse**

Ordernummer: T38898.01  
Documentnummer: 3412028  
Revisie: 1

Auteur: J.S.P. Dijkshoorn  
Telefoon: 070 348 07 23  
Telefax: 070 348 05 91  
E-mail: j.dijkshoorn@tebodin.nl

Datum: 24 maart 2009

**Addendum toetstafel Barendrecht:  
CO<sub>2</sub> concentraties kritische locaties;  
Maximale effectafstand**

1	24-03-2009	Final	J.S.P. Dijkshoorn	F. Kaman 
0	27-02-2009	Voor commentaar	J.S.P. Dijkshoorn	F. Kaman
Wijz.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

	<b>Inhoudsopgave</b>	<b>Pagina</b>
	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Omgeving</b>	<b>5</b>
1.1	Locatie	5
1.2	Afstanden	5
<b>2</b>	<b>Berekening maximale effectafstand</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Berekening concentraties kritische locaties</b>	<b>10</b>
3.1	Parameters	10
3.2	Invoerparameters	10
3.3	Modelparameters	11
3.3.1	Weersgegevens	11
3.3.2	Model	11
3.4	Resultaten	11
3.4.1	Cijfermatige weergave	11
3.4.2	Grafische weergave	12
3.5	Verbrandingsmotoren	13
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>14</b>
4.1	Maximale effectafstand	14
4.2	Kritische locaties	14
	<b>Referenties</b>	<b>15</b>

## Inleiding

Shell CO<sub>2</sub> Storage B.V. (SCS) is voornemens het CO<sub>2</sub> nu in de wintermaanden door Shell wordt uitgestoten op te slaan in een leeg aardgasveld bij Barendrecht. Hiervoor zal op de bestaande gasproductielocatie een compressor installatie worden geplaatst.

In februari 2009 is de MER die voor het project is opgesteld publiekelijk geworden. De gemeente Barendrecht heeft een toetstafel aangesteld die de kwaliteit van de opgestelde documenten ten behoeve van het project moet controleren. Tijdens deze toetstafel zijn twee vragen gesteld:

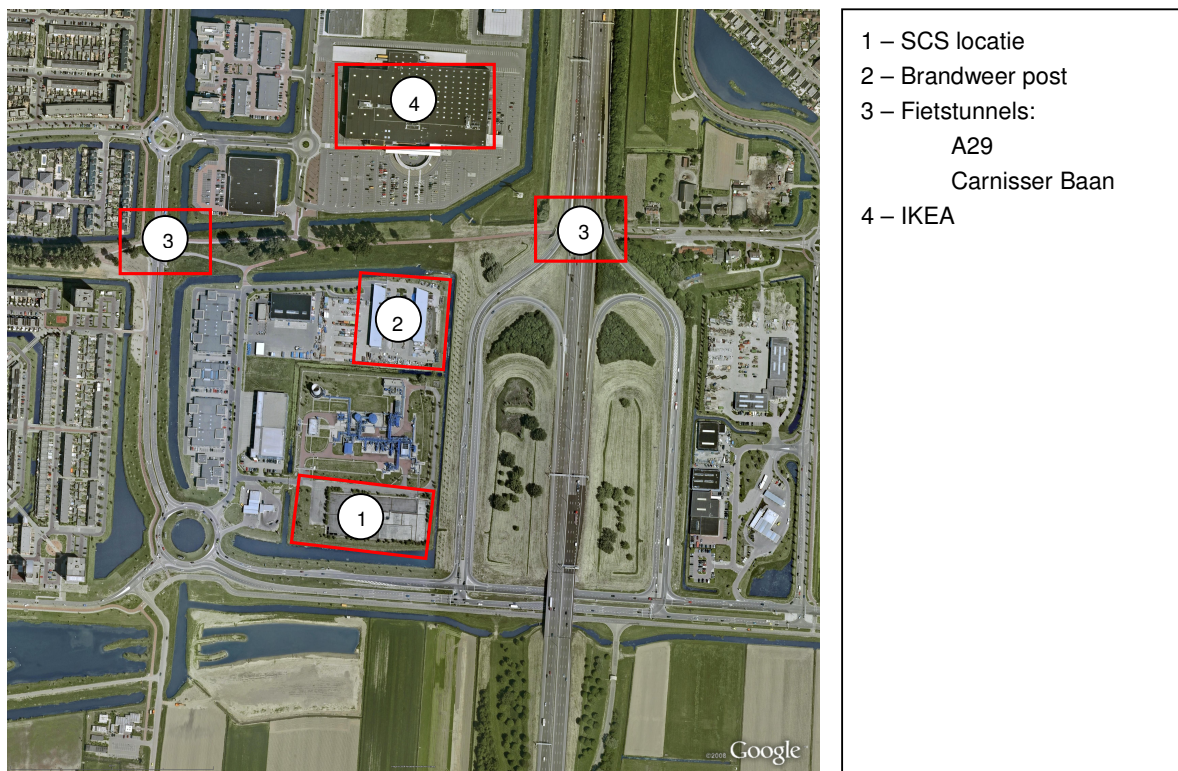
1. Wat is de maximale effectafstand van de QRA [1] voor de locatie Barendrecht?
2. Wat zijn de te verwachten concentraties op kritische locaties?
  - De brandweer van Barendrecht heeft op ca. 240 meter van de SCS locatie een brandweerpost. Vanuit deze post wordt weliswaar niet uitgerukt. Er is tijdens de toetstafel gevraagd aan te geven welke CO<sub>2</sub> concentraties er ter hoogte van de post te verwachten zijn in geval van een Loss Of Containment (LOC) op de SCS locatie.
  - Daarnaast zijn er vragen gerezen welke effecten een CO<sub>2</sub> wolk zal hebben op lager gelegen delen in de omgeving. Het dichtstbijzijnde lager gelegen object in de omgeving is de fietstunnel onder de A29 op ca. 420 meter van de SCS locatie.
  - Als laatste is er gekeken wat de verhoging in CO<sub>2</sub> concentraties zal zijn ter hoogte van de gevel van de IKEA in geval van een LOC scenario bij de SCS locatie Barendrecht.

## 1 Omgeving

In dit hoofdstuk wordt de omgeving van de SCS locatie te Barendrecht beschreven.

### 1.1 Locatie

In Figuur 1 worden de omgeving van de SCS locatie Barendrecht weergegeven. In deze figuur worden tevens de voor de berekeningen van belang zijnde locaties weergegeven.



**Figuur 1: Omgeving van de SCS locatie**

### 1.2 Afstanden

De afstanden van de voor de berekening van belang zijnde locaties tot de SCS locatie worden weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1: Afstanden tot objecten**

Nummer in Figuur 1	Locatie	Afstand tot SCS locatie (m)
2	Brandweerpost	275
3	Fietstunnels	520
4	IKEA	570

## 2 Berekening maximale effectafstand

### Methode

Het plaatsgebonden risico van het gehele model is berekend. Voorafgaand aan deze berekening is op ruime afstand van de locatie ter hoogte van de plaatsgebonden risicocontour van  $10^{-9}$  per jaar een risk ranking point aan het model toegevoegd. Het scenario met de grootste effectafstand heeft het meeste invloed op dit punt

### Model

De berekeningen zijn uitgevoerd met Safeti-NL, versie 6,53. Het scenario met de grootste effectafstand is een lek in 10 pijpen van een warmtewisselaar die na de compressor wordt opgesteld. De invoerparameters worden in Tabel 2 beschreven.

**Tabel 2: Parameters en invoer**

Parameter	Invoer
Volume (m <sup>3</sup> )	30000
Druk (barg)	149
Temperatuur (°C)	10
Faalkans (per jaar)	$1 * 10^{-5}$
Scenario	Lekkage
Diameter lekkage	80 mm
Release duration (s)	1800
Release angle	Horizontal

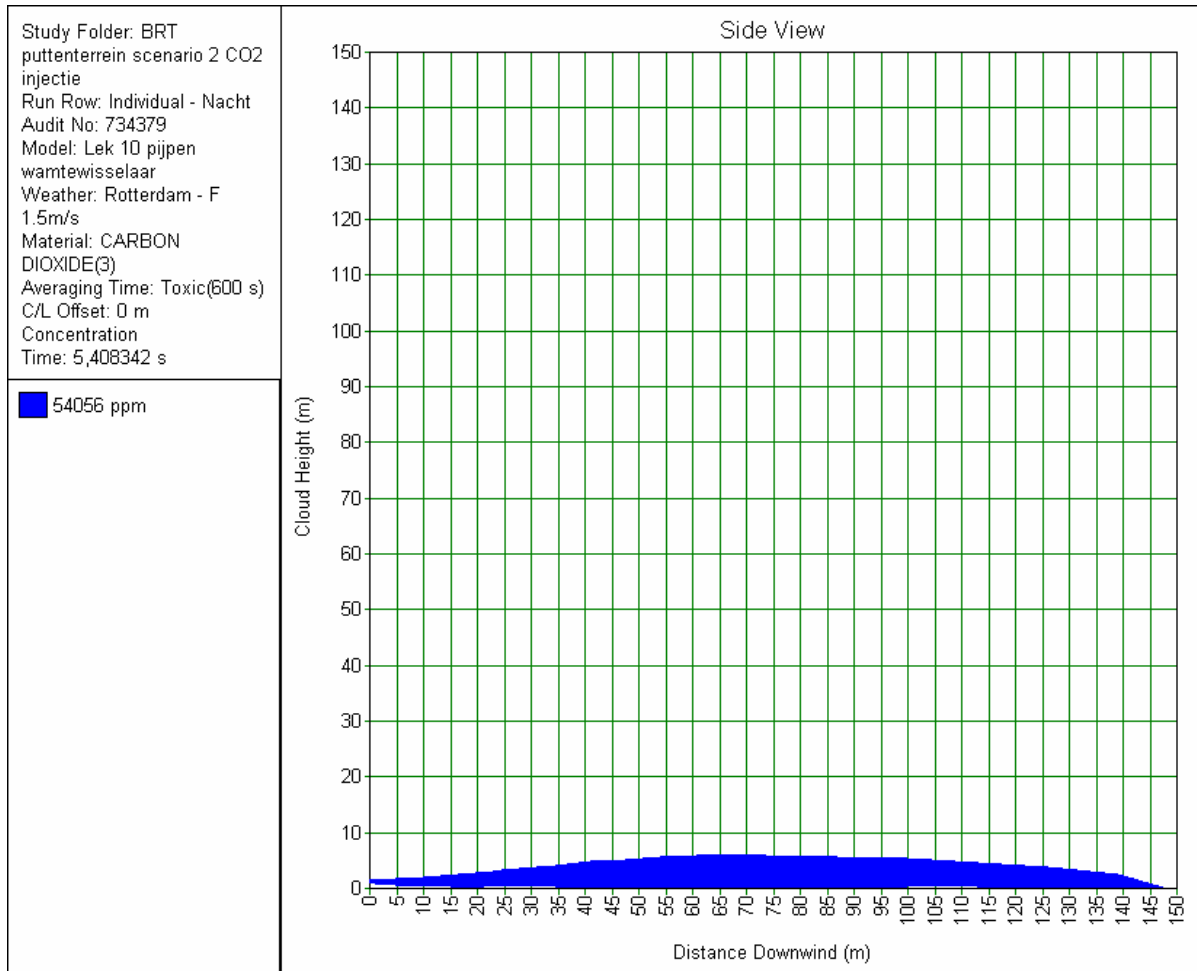
De maximale effectafstand is berekend voor weertype F1,5. In tabel 3 zijn beide weertypes toegelicht. Het weertype F 1,5 is het standaard weertype voor de nacht en D5 het standaard weertype voor de dagsituatie.

**Tabel 3: Weertypes**

Weertype	Beschrijving
F1,5	Stabiele nacht met windsnelheden tot 1,5 m/s
D5	Gemiddelde dag met weinig zon en veel wind tot 5 m/s

### Maximale effectafstand

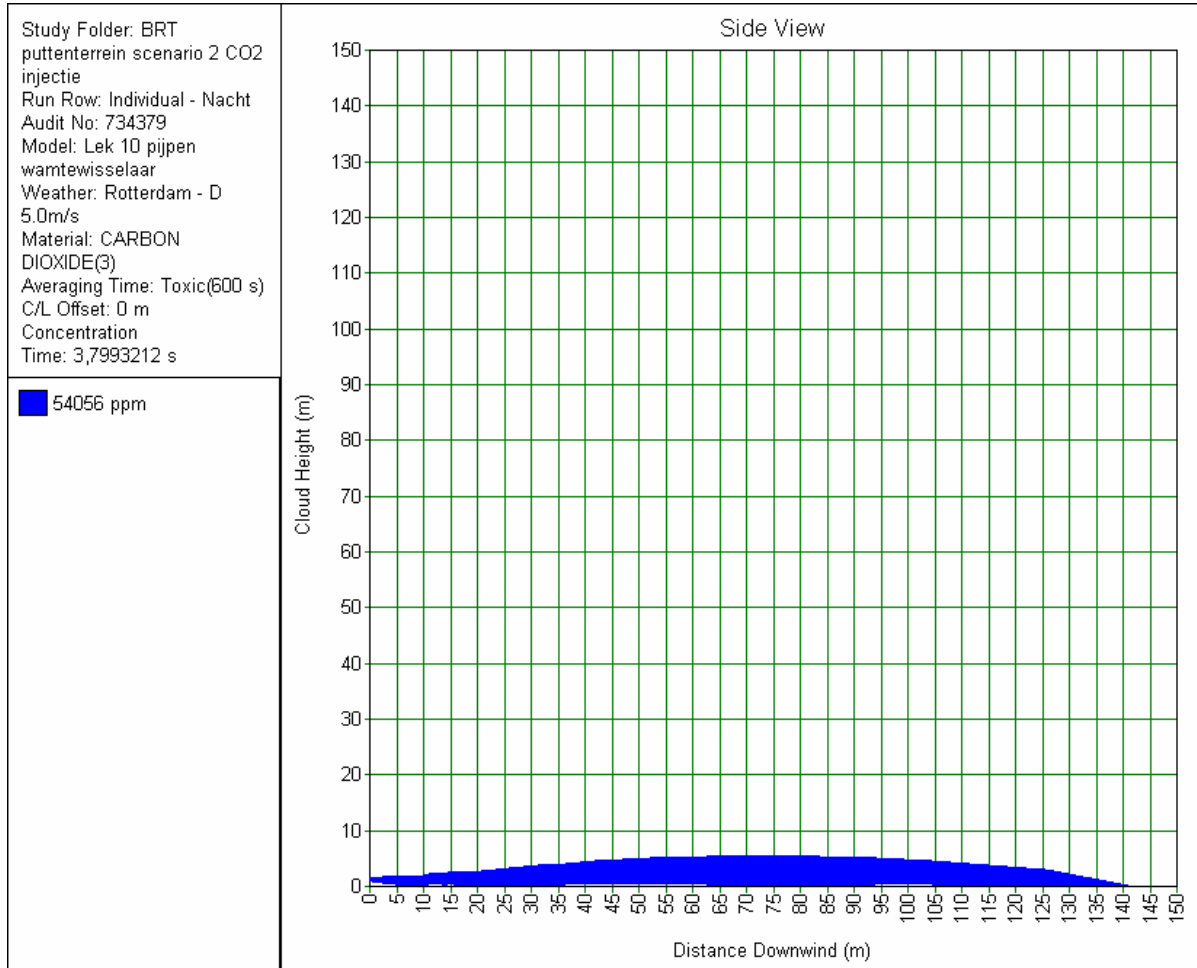
De maximale effectafstand bedraagt ca. 150 meter. Grafisch wordt dit weergegeven in figuur 2.



**Figuur 2: Effectafstand na het falen van 10 buizen van de warmtewisselaar, weertype F1,5**

De blauw weergegeven concentratie betreft het gebied waarbinnen de CO<sub>2</sub> concentratie met 54056 ppm wordt verhoogd wat overeenkomt met de 1% letaliteitsgrens.

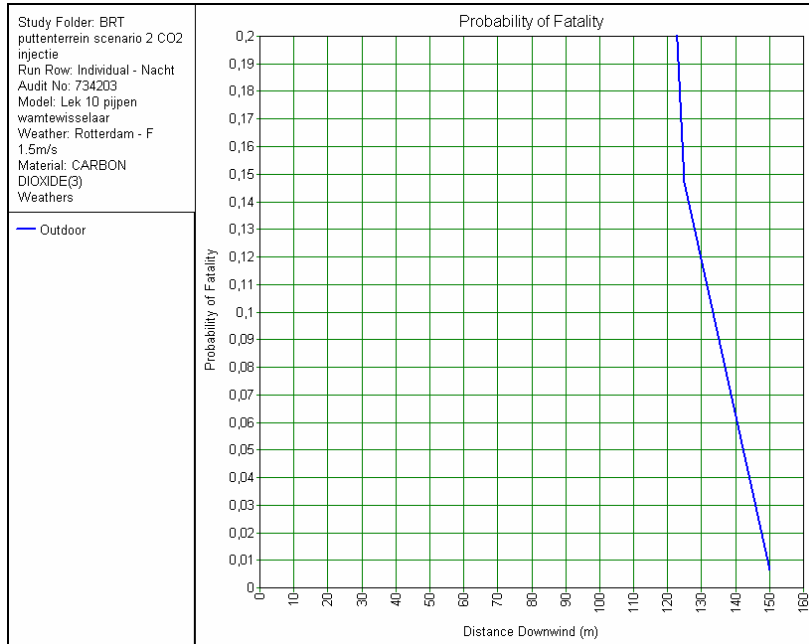
Daarnaast wordt in Figuur 3 de effectafstand na het falen van 10 buizen van de warmtewisselaar voor weertype D5 weergegeven.



**Figuur 3: Effectafstand na het falen van 10 buizen van de warmtewisselaar, weertype D5**



Met Safeti NL is voor hetzelfde scenario de letaliteitgrens berekend. In figuur 4 wordt de afstand tot de letaliteitsgrens weergegeven voor weertype F1,5.



**Figuur 4: Afstand tot de 1% letaliteitsgrens (0,01) na het falen van 10 buizen van de warmtewisselaar, weertype F1,5.**

De maximale effectafstand is dus circa 150 meter.

### 3 Berekening concentraties kritische locaties

#### 3.1 Parameters

De berekeningen zijn uitgevoerd met het modelleringsprogramma Phast versie 6.53. De invoerparameters voor het model worden in dit hoofdstuk beschreven.

#### 3.2 Invoerparameters

Voor deze dispersieberekeningen is gebruik gemaakt van het scenario "breuk van de toevoerleiding" uit de Kwantitatieve Risicoanalyse (QRA), zoals die in 2008 door Tebodin is opgesteld [1]. Bij deze berekening uitgegaan van het volledig falen van alle beveiligingen (worst case). De invoerparameters worden weergegeven in Tabel 4. Het scenario creëert een langdurig groot effect.

**Tabel 4: Invoerparameters**

<b>Scenario</b>	Breuk van de leiding naar de injectieput op 40 meter van de put. Uitstroom putzijde
<b>Scenario</b>	Long pipeline
<b>Druk (barg)</b>	124
<b>Temperatuur (°C)</b>	65
<b>Pumped inflow (kg/min)</b>	1332
<b>Diameter pipe (mm)</b>	203
<b>Duration (sec)</b>	1800

Met de aanwezigheid van veiligheidsafsluiters in de injectieput en aan de zuigzijde en perszijde van de compressor is bij deze berekening van de dispersie geen rekening gehouden.

### 3.3 Modelparameters

#### 3.3.1 Weersgegevens

De weersomstandigheden zijn van invloed op de dispersie van de vrijgekomen CO<sub>2</sub>. De maximale concentraties op de in hoofdstuk 1 beschreven locaties zullen voor het weertype F1,5 en D5 worden berekend. In Nederland is weertype F1,5 is de standaard weersklasse voor de nacht.

#### 3.3.2 Model

Standaard wordt er gerekend met het dispersiemodel "Non-Equilibrium rainout model" zoals opgenomen in Phast. Dit model berekent de temperatuur voor de vrijgekomen damp en vloeistofdruppels afzonderlijk. Het resultaat van deze thermodynamische berekening is dat de vloeistof sneller afkoelt dan het gas waardoor er eerder rainout van vloeistof op zal treden. De bandbreedte van dit model beperkt en kan dit niet gebruikt worden voor de dispersie van CO<sub>2</sub>. Gelijk aan de door het RIVM aangepaste Safeti-NL rekenfile (die is gebruikt voor de QRA) is er gekozen om gebruik te maken van het "Equilibrium rainout model".

### 3.4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de dispersieberekeningen zowel grafisch als cijfermatig weergegeven.

#### 3.4.1 Cijfermatige weergave

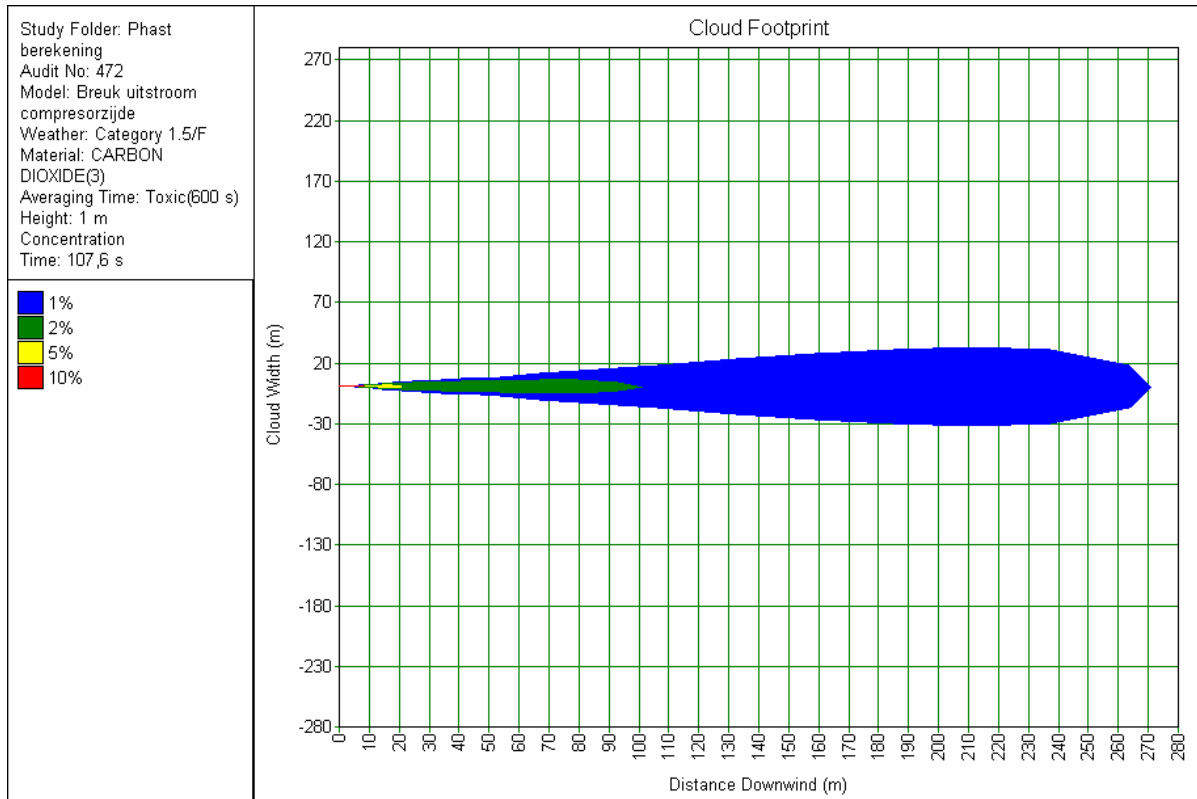
In tabel 5 worden de concentraties ter hoogte van de brandweerpost, de fietstunnel en de vestiging van IKEA weergegeven bij de weertypes F1,5 en D5.

**Tabel 5: concentraties ter hoogte van de kritische locaties**

Locatie	Concentratie bij F1,5 (ppm)	Concentratie bij D5 (ppm)
Brandweerpost	11237	5572
Fietstunnel	4775	1148
IKEA	3515	877

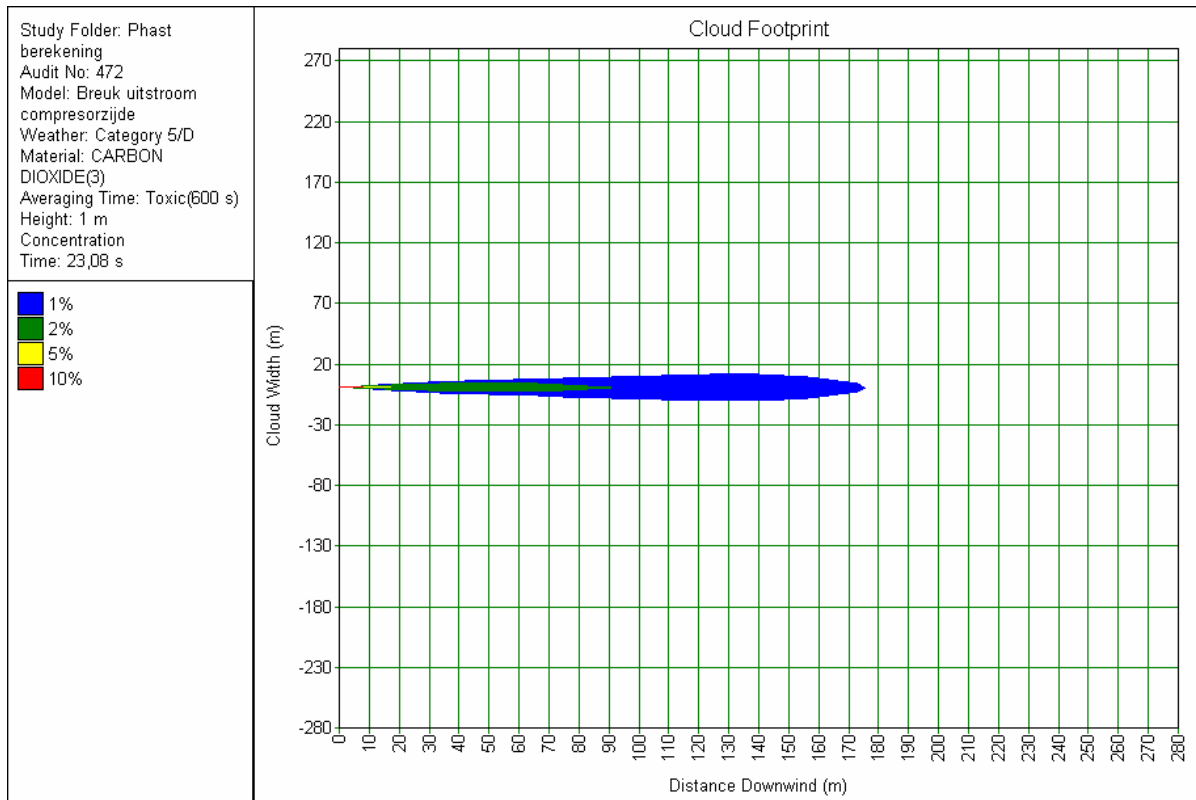
### 3.4.2 Grafische weergave

In Figuur 5 wordt de dispersie weergegeven bij weertype F1,5 tot waar de concentratie CO<sub>2</sub> in de lucht door een breuk van de leiding wordt verhoogd met 1%.



**Figuur 5: Bovenaanzicht van de dispersie bij weertype F1,5**

In Figuur 6 wordt de dispersie weergegeven bij weertype D5 tot waar de concentratie CO<sub>2</sub> in de lucht door een breuk van de leiding wordt verhoogd met 1%.



**Figuur 6: Bovenaanzicht van de dispersie bij weertype D5**

### 3.5 Verbrandingsmotoren

Met betrekking tot het functioneren van verbrandingsmotoren bij verhoogde CO<sub>2</sub> concentraties kan men stellen dat dit afhankelijk is van type en leverancier. Globaal geldt het volgende: voor benzinemotoren ligt de minimaal benodigde O<sub>2</sub> hoeveelheid tussen de 16-19%, dus tussen de circa 10 en 24% CO<sub>2</sub>. Voor dieselmotoren ligt de minimaal benodigde O<sub>2</sub> hoeveelheid boven tussen de 13 en 15%, dus tussen de circa 28 en 38% CO<sub>2</sub>. Natuurlijk geldt, dat bij toenemen CO<sub>2</sub> percentage het beschikbare motorvermogen afneemt en afhankelijk is van de manier waarop de motor wordt bedreven [3].

Dit betekent dat de brandweer nog altijd in staat is de brandweerpost bij de berekende concentraties CO<sub>2</sub> (< 1.2%) te bereiken.

## **4 Conclusies**

### **4.1 Maximale effectafstand**

- De maximale effectafstand van de QRA voor de locatie Barendrecht bedraagt ca. 150 meter.

### **4.2 Kritische locaties**

Voor de kritische locaties geldt bij een breuk van de injectieleiding en bij niet ingrijpen van de beveiligingen:

- De concentratie CO<sub>2</sub> in de lucht ter hoogte van de brandweerpost zal door een LOC scenario bij de SCS locatie Barendrecht toenemen met 11237 ppm, ongeveer 1.2 %. Deze verhoging zal niet leiden tot effecten waarneembaar voor de gezonde mens.
- De concentratie CO<sub>2</sub> in de lucht ter hoogte van de fietstunnel zal door een LOC scenario bij de SCS locatie Barendrecht toenemen met 4775 ppm, <1 %. Zelfs als deze wolk in de tunnel blijft hangen zal dit geen effecten hebben op gezonde voorbijgangers.
- De concentratie CO<sub>2</sub> in de lucht ter hoogte van de IKEA zal door een LOC scenario bij de SCS locatie Barendrecht toenemen met 3515 ppm, <1 %. Deze verhoging zal niet leiden tot effecten waarneembaar voor de gezonde mens.
- De concentraties bij de brandweerpost zullen geen problemen veroorzaken voor de verbrandingsmotoren van het brandweermaterieel.

## Referenties

- [1] Veiligheidsanalyse ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> in Barendrecht, M. Heijne & F.J. H. Kaman, Tebodin, oktober 2008
- [2] Phast versie 6.53.1, DNV Software, 2002-2007
- [3] Internal Combustion Engine Performance in the Fireground; Eric Carter & Brian Milton; School of Mechanical and Manufacturing Engineering , University of South Wales 1994