

**Plaatsgebondenrisicoberekeningen  
Total Opslag Pijpleiding Nederland NV:  
olieleiding van Maasvlakte - Vlissingen  
Toetsing aan het Besluit externe veiligheid buisleidingen**

projectnr.241369.14  
documentnr. 233580-121-001  
revisie 00  
24 april 2012

**auteur**

Save  
Postbus 321  
7400 AH Deventer  
(0570) 663 993  
save@oranjewoud.nl

**Opdrachtgever**

Zeeland Refinery  
Postbus 210  
4380 AE Vlissingen

datum vrijgave	beschrijving revisie 00	goedkeuring	vrijgave
24 april 2012	Definitief	 Rudi van Rooij	 Nico van Rooij

*© Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins of worden toegepast op situaties waarvoor dit rapport oorspronkelijk niet bedoeld was.*

*© Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit onderzoek waarbij gebruik is gemaakt van rekenprogramma's waarvan het gebruik van overheidswege verplicht is gesteld. Ook voor verschillen in uitkomsten met eerdere en/of toekomstige versies van deze rekenprogramma's kan © Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. niet verantwoordelijk worden gehouden.*

<b>Inhoud</b>		<b>blz.</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Toetsingskader buisleidingen</b>	<b>4</b>
2.1	Besluit externe veiligheid buisleidingen	4
2.2	Plaatsgebonden risico	4
2.3	Rekenprotocollen	4
<b>3</b>	<b>Uitgangspunten risicoberekening</b>	<b>5</b>
3.1	Leidinggegevens	5
3.2	Modellering	6
<b>4</b>	<b>Rekenresultaten zonder mitigerende maatregelen</b>	<b>10</b>
4.1	Plaatsgebonden risico	10
4.2	Toetsing plaatsgebonden risico	11
<b>5</b>	<b>Mitigerende maatregelen fase 1</b>	<b>12</b>
5.1	Mitigerende maatregel 51	12
5.2	Mitigerende maatregel 31	13
5.3	Mitigerende maatregel 32	14
5.4	Mitigerende maatregel 33	15
5.5	Scenario's	16
5.6	Faalfrequenties	16
<b>6</b>	<b>Rekenresultaten mitigerende maatregelen fase 1</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Gevoeligheidsanalyse mitigerende maatregelen</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>20</b>
8.1	Plaatsgebonden risico	20
8.2	Mitigerende maatregelen	20
8.3	Gevoeligheidsanalyse	20
	<b>Referentielijst</b>	<b>21</b>
	<b>Bijlage 1: Tabel Mitigerende maatregelen</b>	<b>22</b>

# 1 Inleiding

Zeeland Refinery raffineert ruwe aardolie. De olie wordt onder andere aangeleverd via een pijpleiding van Total Opslag Pijpleiding Nederland NV. Deze pijpleiding begint op de Maasvlakte en eindigt op de raffinaderij van Zeeland Refinery. Zie voor een globaal overzicht van de ligging is opgenomen in figuur 1.1.

Met het verschijnen van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb), de Regeling externe veiligheid buisleidingen en de daarbij behorende Handleiding risicoberekeningen Bevb (versie 1.0 20 december 2010) is het nieuwe beleid met betrekking tot buisleidingen een feit. In module C van de Handleiding risicoberekeningen is aangegeven op welke wijze externe veiligheidsrisico's berekend moeten worden van leidingen met aardolie producten of aardolie.

De exploitant van de buisleiding heeft de verplichting knelpunten met betrekking tot het plaatsgebonden risico in beeld te brengen. In dat kader wenst Total Opslag Pijpleiding Nederland NV inzicht in de ligging van de plaatsgebonden risico contouren van de genoemde oliepijpleiding. Aan de hand daarvan moet worden bekeken of sprake is van kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten binnen de berekende contouren. Bij knelpunten moet vervolgens worden gekeken welke maatregelen (mitigerende maatregelen) genomen kunnen worden om knelpunten op te heffen.

In dit rapport wordt van bovengenoemde oliebuisleiding het plaatsgebonden risico berekend. Aangezien het een uiterst lange leiding is, is een aantal buisleidingsecties met specifieke kenmerken onderscheiden. Van deze secties zijn de plaatsgebonden risicocontouren berekend.

Vervolgens is, als eerste verfijning, doorgerekend wat een aantal mitigerende maatregelen voor effect heeft op de plaatsgebonden risicocontouren. Daarna is ook, als tweede verfijning, de invloed van een aantal nadere mitigerende maatregelen onderzocht.

## **Referentiediepteligging**

Ten aanzien van de uitvoering van het onderzoek moet het volgende worden opgemerkt. De diepteligging van de leidingen is een belangrijke en maatgevende parameter om te bepalen wat de werkelijke risico's zijn. De uitgever van de Handleiding Risicoberekeningen Buisleidingen (RIVM) heeft in de rekenmethodiek aangegeven hoe de faalfrequenties gecorrigeerd dienen te worden voor de diepteligging. RIVM heeft aangegeven dat één parameter op dit moment nog moet worden vastgesteld: de referentie diepteligging  $Z_0$ . Deze parameter geeft aan voor welke diepteligging de standaard faalfrequentie geldt. Vervolgens kan de standaard faalfrequentie gecorrigeerd worden voor de werkelijke diepteligging en het definitieve plaatsgebonden risico berekend worden. Het ontbreken van de referentie diepteligging betekent dat een definitieve plaatsgebonden risico niet kan worden berekend. Ook het effect van mitigerende maatregelen die leiden tot een diepere ligging ten opzichte van het maaiveld (hetzij door het dieper leggen, hetzij door het opbrengen van grond over een grote breedte) kan nog niet berekend worden.

Op verzoek van de opdrachtgever is in dit onderzoek vooralsnog uitgegaan van een referentiediepteligging van 1 m (is een aanname). Aangezien de werkelijke diepteligging van de Total buisleiding ook 1 meter bedraagt vindt er geen correctie plaats op de faalfrequentie. Met deze 1 meter kan vervolgens ook het effect van een mitigerende maatregel worden doorgerekend. Het is duidelijk dat deze resultaten voorlopige resultaten zijn. Bij het verschijnen van een door het RIVM gepubliceerde officiële referentie diepteligging  $Z_0$  moeten de resultaten nog eens tegen het licht gehouden moeten worden.

## **Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt het beleidskader voor buisleidingen uitgelegd. In hoofdstuk 3 zijn alle uitgangspunten vastgelegd. In hoofdstuk 4 worden de relevante resultaten gegeven. In hoofdstuk 5 wordt de toetsing van de normen gegeven en in hoofdstuk 6 de conclusie.



Figuur 1.1 Ligging van buisleidingen van Total Opslag Pijpleiding Nederland NV (blauwe lijn).

## 2 Toetsingskader buisleidingen

### 2.1 Besluit externe veiligheid buisleidingen

Op 17 september 2010 is het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) gepubliceerd in de Staatscourant 686 [1]. Op 1 januari 2011 is dit besluit in werking getreden. Dit besluit regelt onder meer de externeveiligheidsaspecten van buisleidingen. Het externeveiligheidsbeleid voor buisleidingen wordt daarmee in lijn gebracht met het beleid voor inrichtingen en voor vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, water en spoor. Hiermee wordt aangesloten bij de systematiek van een plaatsgebonden risico (PR) en een groepsrisico (GR).

### 2.2 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar dat een persoon, die permanent en onbeschermd zou verblijven in de directe omgeving van een inrichting of transportroute, overlijdt als gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen in die inrichting of op die route. De omvang van het PR is geheel afhankelijk van de aard en hoeveelheid stoffen die vervoerd worden over de (in dit geval) transportroute. Voor een individu geeft het PR een kwantitatieve indicatie van het risico dat hij loopt wanneer hij zich in de omgeving van een transportroute bevindt. Het PR kan visueel worden weergegeven door een isocontour. Daarbij worden op basis van de kans van optreden van de diverse ongevalsscenario's resulterende gelijke overlijdensrisico's op een topografische kaart met elkaar verbonden.

De grenswaarde voor het plaatsgebonden risico bedraagt  $10^{-6}$  per jaar. Binnen de  $10^{-6}$ -contour geldt dat de kans van overlijden ten gevolge van een ongeval met gevaarlijke stoffen minimaal één op één miljoen jaar bedraagt. Hierbinnen mogen geen kwetsbare objecten worden toegevoegd. Voor beperkt kwetsbare objecten is dit een richtwaarde waarbij door middel van de best mogelijke technieken het risico zo veel mogelijk dient te worden gereduceerd. Tevens geldt dat voor bestaande situaties gestreefd moet worden naar zo weinig mogelijk mensen binnen de  $10^{-6}$  jr<sup>-1</sup>-contour. Dit is gedefinieerd in het Besluit externe veiligheid buisleidingen.

### 2.3 Rekenprotocollen

In het Bevb en in de daarop gebaseerde Regeling Externe Veiligheid buisleidingen (Revb) wordt voorgeschreven dat voor hogedruk buisleidingen moet worden gebruikt het rekenprotocol:

- Handleiding risicoberekeningen Bevb Module B - Hogedruk aardgastransportleidingen [2]
- Voor leidingen met aardolieproducten is voorgeschreven:
- Handleiding risicoberekeningen Bevb Module C - Buisleidingen met aardolie producten [3].

Voor buisleidingen die andere producten bevatten en niet vallen onder één van bovengenoemde rekenprotocollen is formeel nog geen rekenprotocol beschikbaar. Officieus is voor dergelijke berekeningen beschikbaar het concept rekenprotocol:

- Handleiding risicoberekeningen Bevb - Overige leidingen [1];

In dit rapport is gebruik gemaakt van het rekenprotocol Module C- Buisleidingen met aardolieproducten [3].

### 3 Uitgangspunten risicoberekening

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma SAFETI-NL versie 6.54. Gevolgd is tevens het Rekenprotocol Handleiding Risicoberekeningen Bevb module C- Buisleidingen met aardolieproducten, zoals in het vorige hoofdstuk reeds aangegeven.

#### 3.1 Leidinggegevens

Voor de berekening is een aantal gegevens nodig. In hieronderstaande tabel zijn de leidinggegevens weergegeven, waar nodig aangevuld met andere gegevens nodig voor de berekening van het plaatsgebonden risico.

Tabel 3.1 Gegevens voor berekening plaatsgebonden risico ondergrondse buisleidingen van Total Opslag Pijpleiding Nederland NV.

Eigenschappen	Eenheid	Buisleiding
Stof		K1, crude oil
Uitwendige diameter	inch	24"
Wanddikte	mm	6,35, 7,92, 8,74, 11,13
Inwendige diameter	inch	23,5", 23,38", 23,31", 23,12"
Maximale druk in de leiding (bij Maasvlakte)	bar	40
Druk bij eindpunt (pomp/vat)	bar	4
Maximale toegestane operationele druk	bar	60
Pomp debiet	m <sup>3</sup> /h	1.000
Afstand pomp-ontvangend vat, of pomp-pomp	km	139
Afslagtijd pomp na breuk	s	180
Fractie jaar gebruik	%	100%
Compressibiliteit	m <sup>2</sup> /N	7,7 x 10 <sup>-10</sup>
Letale effecten		breuk en plasbrand
Diepte ligging	cm	100
Staalsoort		staal
Ruwheidslengte	m	0,1
Meteo station		Vlissingen

#### **Meteostation**

Aangezien de buisleiding een aanzienlijk traject bestrijkt waarbij op verschillende locaties mogelijk verschillende meteostations moeten worden gebruikt, is onderzocht in hoeverre variatie in meteostations de grootte van de 10<sup>-6</sup>/jaar plaatsgebonden risico contour beïnvloedt. Mogelijk in aanmerking komende meteostations zijn:

- Meteo Vlissingen: 54,1 m;
- Meteo Woensdrecht: 53,0 m;
- Meteo Rotterdam: 53,0 m;
- Meteo Hoek van Holland: 53,1 m.

Achter deze meteostations is vermeld welke 10<sup>-6</sup>/jaar plaatsgebonden risico contour is berekend voor een specifieke hypothetische situatie (bij een oppervlakte ruwheid van 0,25 m).

Conclusie:

- de invloed van het meteobestand is gering: minder dan 2% van het resultaat wordt er door beïnvloed.
- Door uit te gaan van het meteobestand Vlissingen wordt conservatief gerekend. Dit bestand hebben we dan ook gekozen in de rest van de berekeningen.

#### **Oppervlakte ruwheid (ruwheidslengte)**

Aangezien de buisleiding een traject bestrijkt waarbij een aantal verschillende landschappen worden aangedaan, is er een aantal ruwheidslengtes die in aanmerking komen om te worden opgenomen in de berekening. Daarom is onderzocht in hoeverre de ruwheidslengte de  $10^{-6}$ /jaar plaatsgebonden risico contour beïnvloedt.

De volgende waarden komen mogelijk in aanmerking om te worden gebruikt in de berekening:

- 30 mm: open vlak terrein, gras, enkele geïsoleerde obstakels: 54,1 m
- 10 cm: lage gewassen, zo hier en daar grote obstakels: 54,2 m;
- 25 cm: hoge gewassen, verspreid liggende grote obstakels: 54,1 m;
- 50 cm: park, struiken, vele obstakels: 54,1 m;
- 1 m: voorstad, bos, bezaaid met grote obstakels. 54,3 m

Achter deze waarden is vermeld welke  $10^{-6}$ /jaar plaatsgebonden risico contour is berekend voor een specifieke hypothetische situatie.

Conclusie:

- de invloed van de ruwheidslengte is gering: circa 0,5 % van het resultaat wordt er door beïnvloed.
- de variatie in plaatsgebonden risico afstanden is kleiner dan de nauwkeurigheid van het model waarmee de afstanden worden berekend. Keuze van een ruwheidslengte is in deze specifieke situatie arbitrair. Er is gerekend met een ruwheidslengte van 0,1 m. Dit is voor het grootste deel van de leiding waarschijnlijk de juiste waarde.

#### **Invloedsgebied**

In onderstaande tabel is het invloedsgebied voor een aantal situaties weergegeven.

Tabel 3.2 Gegevens buisleiding: invloedsgebied

Inwendige diameter [inch]	Druk [bar]	Leiding-diameter	Plasbrand diameter [m]	Invloedsgebied /1% letaliteitsafstand [m]
23,5"	60	24"	76,5	59,1
23,5"	40	24"	65,8	52,1
23,5"	20	24"	52,9	43,9
23,5"	5	24"	40,7	36,6

## **3.2 Modelling**

#### *Modelstof*

Total Opslag Pijpleiding Nederland heeft aangegeven dat via de leiding 'crude oil' wordt getransporteerd. Meegestuurde veiligheidsinformatieblad geeft aan dat deze stof de hierna volgende labels heeft:

- zeer licht ontvlambaar (K1);
- vergiftigd.

De vergiftigheid betreft het vermogen om kanker, longschade, een gebarsten huid en slaperigheid te veroorzaken. Dit betreft dus geen acute giftigheid die binnen een 0,5 uur na het begin van de calamiteit doden veroorzaakt. Dientengevolge behoeft de giftigheid niet in de berekening betrokken te worden.



De stof wordt opgevat als een K1 brandbare stof: In de Handleiding Risicoberekeningen Bevb is aangegeven dat K1-producten dienen te worden berekend met als modelstof n-octaan. Dit is de stof die in Safeti-NL is geselecteerd om de letale effecten mee te berekenen.

#### *Uitstroombesonderheden*

Voor ondergrondse leidingen met vloeibare aardolie (-producten) worden twee typen uitstroombesonderheden beschouwd, namelijk breuk en lek van de leiding.

Volgens het Hari Bevb Module C is slechts één scenario relevant indien het een niet-toxische vloeistof betreft:

- Breuk van de leiding.

Volgens het Hari Bevb Module C dient dit gemodelleerd te worden met het model pool fire.

#### *Faalfrequenties*

De faalfrequenties voor de vloeistoftransportleidingen gelden voor de leiding inclusief de verbindingen, zoals flenzen, lassen en kleppen en exclusief pompen. Volgens het Hari Bevb Module C zijn de volgende faalfrequentie van toepassing:

- Breuk van de leiding;  $1,5 \times 10^{-4}$ /km.j.

De ontstekingskans K1 vloeistoffen bedraagt:

$$P_{\text{direct}} = 0,065$$

$$P_{\text{vertraagd}} = 0,935.$$

Bij K1-vloeistoffen wordt er dus van uitgegaan dat altijd ontsteking optreedt, hetzij direct, hetzij vertraagd, want  $0,065 + 0,935 = 1$ . Dit betekent dat de faalfrequentie  $1,5 \times 10^{-4}$ /km.j welke gebruikt wordt voor de plasbrand niet aangepast hoeft te worden: het plasbrandscenario gaat er namelijk ook vanuit dat ontsteking heeft plaats gehad. Het verschil tussen directe en vertraagde ontsteking doet hier niet ter zake.

Uit de aangeleverde gegevens blijkt dat de bedekking van de 24"-leiding 100 cm bedraagt. De referentie diepteligging is volgens het Hari Bevb module C nog niet formeel vastgesteld, dus kan een correctie op de faalfrequentie als gevolg van een diepteligging die niet overeenkomt met de referentiediepteligging vooralsnog niet worden uitgevoerd. Opdrachtgever heeft aangegeven dat vooralsnog uitgegaan dient te worden van een referentiediepteligging van 1 meter<sup>1</sup>.

#### *Nadere gegevens over poolfire*

De hoogte van de vloeistofplas is 5 cm volgens Hari Bevb. De uitstroom uit de leiding tijdens breuk wordt bepaald door een aantal bijdragen:

- a: pompdebiet maal de tijd die verstrijkt tussen het optreden van de breuk en het afslaan van de pomp;
- b: uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof. Hier is van belang de afstand tussen pomp en ontvangende vat of tussen twee pompen onderling.

Tabel 3.3 Spill als gevolg van afslagtijd pomp.

Uitstroom a.g.v. pompdebiet	Pompdebiet [m <sup>3</sup> /h]	Afslagtijd [min]	Spill [m <sup>3</sup> ]
24"-leiding	1.000	3	50

Toelichting: in bovenstaande tabel is het pompdebiet het maximale pompdebiet zoals opgegeven.

De formule waarmee de volume toename kan worden berekend als gevolg van het wegvallen van de druk wordt gegeven door:

$$V_e = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times P \times C_e$$

Met daarin:

$$V_e = \text{volume toename van het product [m}^3\text{];}$$

$$D = \text{inwendige diameter van de leiding [m];}$$

$$L = \text{leiding lengte tussen pompen of pomp en het einde van de leiding [m];}$$

<sup>1</sup> In de inleiding is ook toelichting op de referentiediepteligging opgenomen.

P = druk ter plaatse van het lek [Pa];  
 C<sub>e</sub> = compressibiliteit van het product [m<sup>2</sup>/N].

Van belang voor het kunnen berekenen van de volume toename zijn de volgende invoer parameters:

- D: interne diameter;
- L: volgens opgave 139 km.
- P: druk ter plaatse van het lek. De maximale toegestane operationele druk bedraagt 60 bar: de maximaal werkelijk optredende druk zal circa 40 bar bedragen (overdruk). De druk zal naar het eind van de leiding toe geleidelijk dalen tot 4 bar (uitstroomdruk). Het is de actuele plaatselijke druk die in de formule voor de volume toename moet worden gebruikt.
- C<sub>e</sub>: compressibiliteit. Voor olieproducten is de waarde gebruikt zoals die in de Hari Bevb Module C, hoofdstuk 4 bijlage verantwoording is opgenomen: 0,88 x 10<sup>-9</sup>/m<sup>2</sup>/N. Voor ruwe olie is gebruikt de waarde: 0,77 x 10<sup>-9</sup>/m<sup>2</sup>/N.
- Nalevering als gevolg van hellende leiding en terugstroming bij breuk uit het ontvangende vat is niet relevant. Dientengevolge zijn hiervoor geen extra uitstromingen opgenomen.
- Aangezien de leiding erg lang is, zijn leidingsecties onderscheiden die variëren in de volgende parameters:  
 => inwendige diameter 23,50", 23, 38", 23,31", en 23,12".  
 =>druk: 60, 50, 40, 30, 20, 10, en 5 bar.

Tabel 3.4a Spill V<sub>e</sub> [m<sup>3</sup>] als gevolg van expansie samengedrukte vloeistof.

Uitstroom a.g.v. compressie	D <sub>inw</sub> [inch]	L [km]	P [bar]	C <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> /N]	V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> ]
24" leiding	23,5	139	60	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	180
24" leiding	23,5	139	50	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	150
24" leiding	23,5	139	40	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	120
24" leiding	23,5	139	30	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	90
24" leiding	23,5	139	20	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	60
24" leiding	23,5	139	10	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	30
24" leiding	23,5	139	5	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	15
24" leiding	23,12	139	60	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	174
24" leiding	23,12	139	50	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	145
24" leiding	23,12	139	40	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	116
24" leiding	23,12	139	30	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	87
24" leiding	23,12	139	20	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	58
24" leiding	23,12	139	10	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	29
24" leiding	23,12	139	5	7,7 x 10 <sup>-10</sup>	14

Tabel 3.5a Plasdiameter (bij diverse drukken en inwendige diameter)

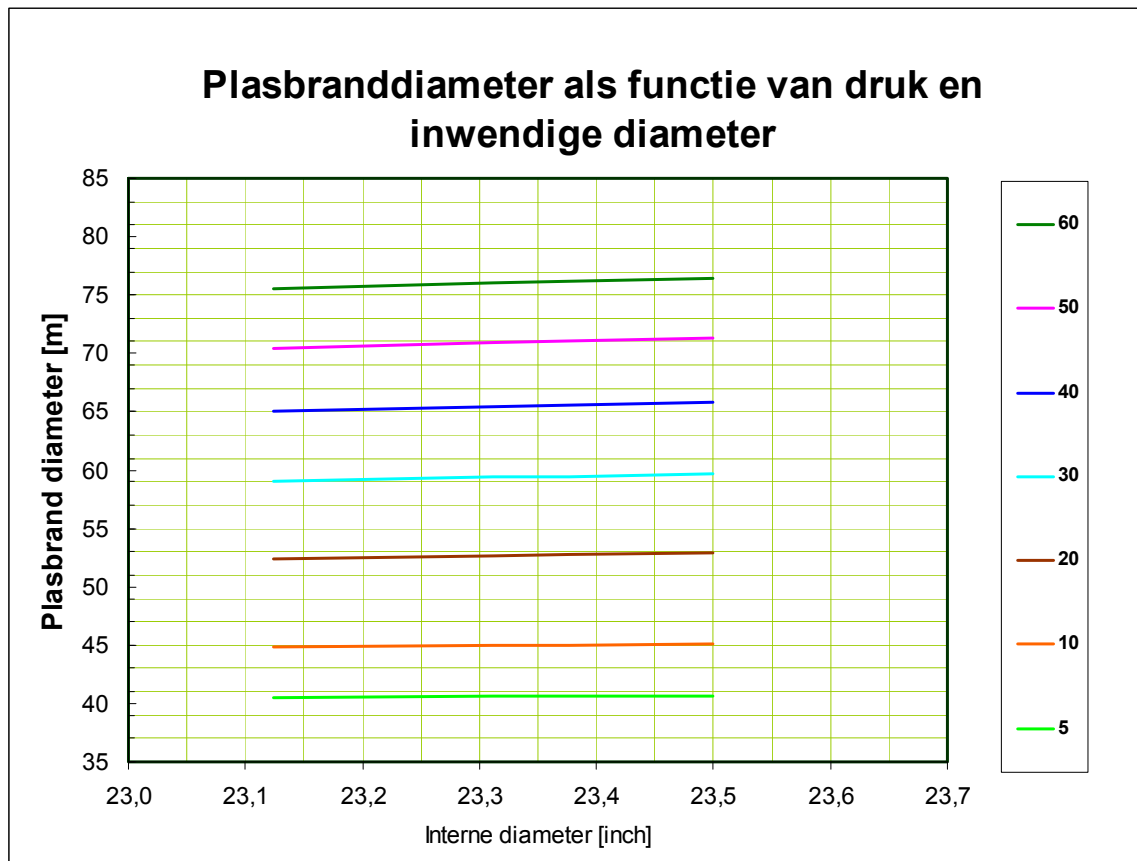
Uitstroom	D <sub>inw</sub> [inch]	P [bar]	Spill [m <sup>3</sup> ]	V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> ]	Spill + V <sub>e</sub> [m <sup>3</sup> ]	Plasdikte [m]	Plas-oppervlak [m <sup>2</sup> ]	Plasdiameter [m]
24" leiding	23,5	60	50	180	230	0,05	4.594	76,5
24" leiding	23,5	50	50	150	200	0,05	3.995	71,3
24" leiding	23,5	40	50	120	170	0,05	3.396	65,8
24" leiding	23,5	30	50	90	140	0,05	2.797	59,7
24" leiding	23,5	20	50	60	110	0,05	2.198	52,9
24" leiding	23,5	10	50	30	80	0,05	1.599	45,1
24" leiding	23,5	5	50	15	65	0,05	1.300	40,7
24" leiding	23,12	60	50	174	224	0,05	4.480	75,5
24" leiding	23,12	50	50	145	195	0,05	3.900	70,5
24" leiding	23,12	40	50	116	166	0,05	3.320	65,0
24" leiding	23,12	30	50	87	137	0,05	2.740	59,1
24" leiding	23,12	20	50	58	108	0,05	2.160	52,4

24" leiding	23,12	10	50	29	79	0,05	1.580	44,9
24" leiding	23,12	5	50	14	64	0,05	1.290	40,5

In bovenstaande tabel is het gezamenlijk effect vermeld. Genoemde plasdiameter is in SAFETI-NL ingevoerd.

**Opmerkingen:**

- Voor de breuk- als lekfrequentie geldt dat geen rekening is gehouden met de invloed van eventuele aanvullende veiligheidsvoorzieningen door leidingeigenaren. Zie hiervoor de hoofdstukken 5 en verder.
- De breukfrequentie is generiek bepaald voor alle relevante buisleidingen met aardolieproducten in Nederland.
- Bij de faalfrequentie is de invloed van de grondroerdersregeling (WION) verdisconteerd door het aantal breuken als gevolg van beschadiging door derden (external interference) naar beneden te corrigeren met een factor 2,4.
- De onderliggende faaloorzaak voor de frequentie uit tabel 3.3 is voor 55% external interference en 45% wordt veroorzaakt door andere faaloorzaken.
- Er is geen correctie toegepast op de faalfrequentie vanwege het mogelijk niet liggen van de leidingen op de referentiediepteligging.
- Er is geen rekening gehouden met drukverlies als gevolg van kleppen en bochten.
- Deze versie van SAFETI-NL gebruikt standaard een site boundary (inrichtingsgrens) om te bepalen waar, bij het berekenen van de PR-contour, een brandbare wolk uiterlijk ontsteekt. Omdat het lastig is om nabij een kilometer stuk leiding een inrichtingsgrens te tekenen, is gerekend met de instelling Free Field Modeling (Pre 6.54). Daarbij wordt een standaard afstand van 10 meter verondersteld tussen het scenario en de inrichtingsgrens<sup>2</sup>.



Figuur 3.1: Grafische weergave van de in tabel 5.3a vermelde gegevens.

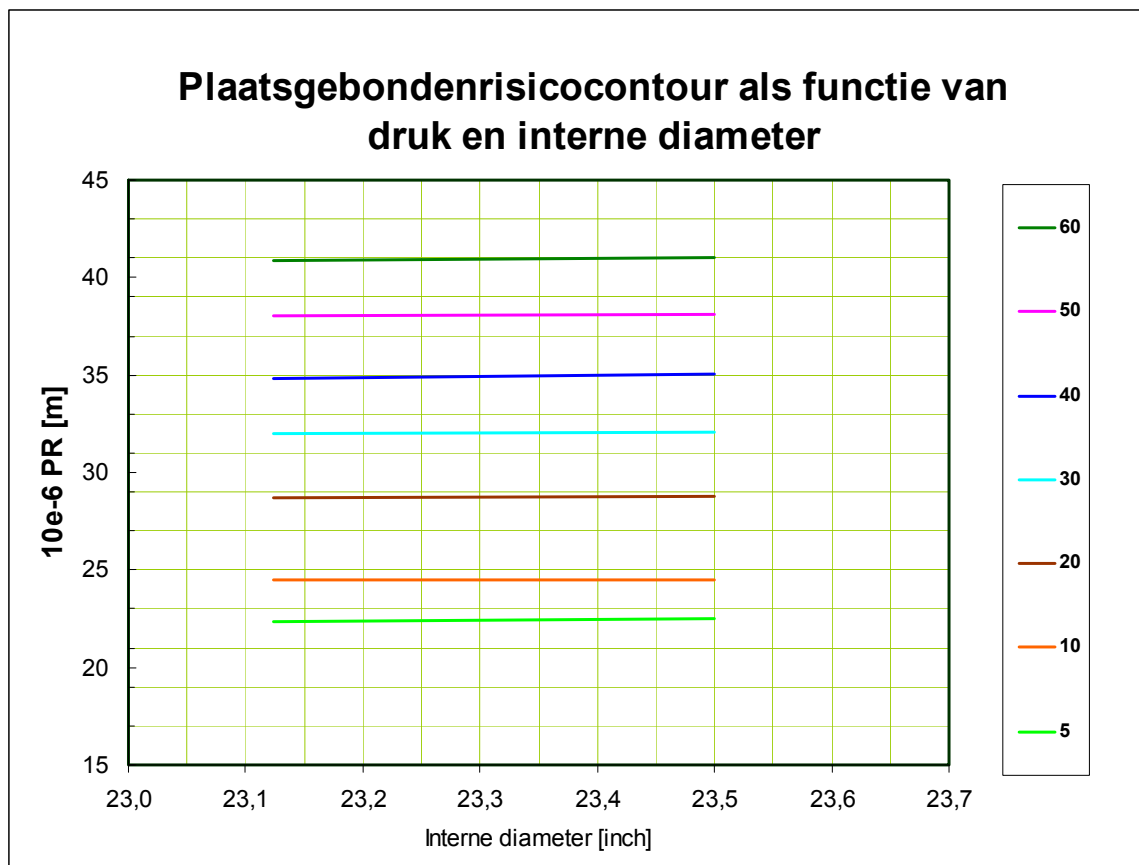
<sup>2</sup> Deze instelling heeft effect op drijvende wolken, niet op een plasbrandscenario zoals hier beschouwd.

## 4 Rekenresultaten zonder mitigerende maatregelen

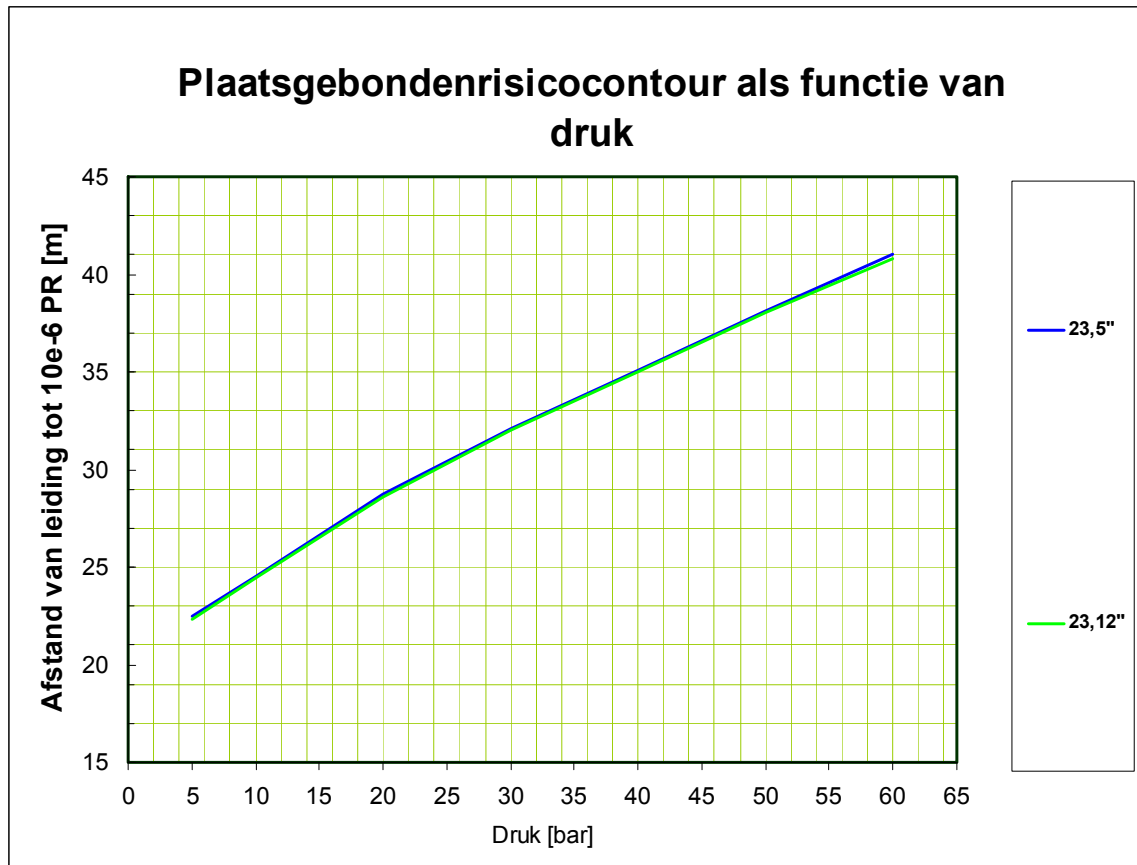
De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten in hoofdstuk 3.

### 4.1 Plaatsgebonden risico

Van de rekenresultaten zijn de volgende grafieken gemaakt.



Aangezien er maar weinig variatie bestaat in de ligging van plaatsgebonden risico contour als functie van de inwendige diameter en er mogelijk behoefte bestaat om voor tussenliggende drukken ook een plaatsgebonden risico contour afstand te kunnen aflezen is onderstaande grafiek geconstrueerd. Deze grafiek is geconstrueerd voor de grootste interne diameter (23,5") en de kleinste interne diameter (23,12").



Deze plaatsgebonden risico's zijn berekend met een pijplijnstuk van ongeveer 1 km, omdat in het verleden is gebleken dat het plaatsgebonden risico van grootte lijnstukken (vele km's lang) leidt tot grote gridcellen waarin risico's kunnen wegvallen.

## 4.2 Toetsing plaatsgebonden risico

Conform het Bevb is de PR  $10^{-6}$ -contour een grenswaarde voor de bouw en aanwezigheid van kwetsbare objecten. Voor beperkt kwetsbare objecten is de PR  $10^{-6}$ -contour een richtwaarde. Hiervan mag, mits gemotiveerd, worden afgeweken door bevoegd gezag.

## 5 Mitigerende maatregelen fase 1

Opdrachtgever heeft aangegeven dat de volgende mitigerende maatregelen in fase 1 bekeken moeten worden:

- van cluster 5: maatregel 51: Overige maatregelen: Strikte begeleiding van de werkzaamheden;
- van cluster 3: maatregel 31: Beheersmaatregelen: Overeenkomst verregaande restricties;
- van cluster 3: maatregel 32: Beheersmaatregelen: Overeenkomst graven en boren verboden;
- van cluster 3: maatregel 33: Beheersmaatregelen: Overeenkomst beperkte restricties.

### 5.1 Mitigerende maatregel 51

In de Handleiding Risicoberekeningen Bevb versie 1.0 module B is een beschrijving opgenomen van deze maatregel:

<p>51 Strikte begeleiding werkzaamheden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bij een melding neemt de leidingexploitant zelf direct contact op met de daadwerkelijke uitvoerder van de werkzaamheden. Bij dit contact worden werkafspraken gemaakt die schriftelijk worden vastgelegd. Tot het moment dat er contact wordt gelegd met de uitvoerder moet de leidingexploitant dagelijks de situatie ter plekke controleren.</li><li>• Indien er tussen de melding en de aanvang van de werkzaamheden meer dan een week zit, moet de leidingexploitant iedere week (tot aanvang van de werkzaamheden) contact opnemen met de uitvoerder van de werkzaamheden.</li><li>• Als de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de leidingexploitant.</li><li>• Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.</li><li>• Het moet voor degene die bij de leidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.</li></ul>
---

De factor voor de berekening van de aangepaste faalfrequentie: 7,5.

## 5.2 Mitigerende maatregel 31

In de Handleiding Risicoberekeningen Bevb versie 1.0 module B is een beschrijving opgenomen van deze maatregel:

<p>31 Overeenkomst, vergaande restricties</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• De grond wordt uit gebruik genomen door het pachten van de grond of door een strikte beheerovereenkomst die alle gebruik van de grond uitsluit.</li><li>• Het betreffende deel van de grond wordt afgerasterd.</li><li>• Er wordt markering toegepast.</li><li>• Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.</li><li>• Bij de helikopterinspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.</li><li>• Aanvragen voor graafwerkzaamheden door de eigenaar en derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.</li><li>• Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is.</li></ul>
--

De factor voor de berekening van de aangepaste faalfrequentie: 0,01.

### 5.3 Mitigerende maatregel 32

In de Handleiding Risicoberekeningen Bevb versie 1.0 module B is een beschrijving opgenomen van deze maatregel:

<p>32 Overeenkomst, graven/boren verboden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bij een overeenkomst waarbij grondroerende activiteiten worden uitgesloten is het gebruik van de grond als bijvoorbeeld weidegebied toegestaan. Het gebruik als bijvoorbeeld parkeer- of opslagterrein is ook mogelijk, maar dan moeten voor de realisatie hiervan geen graafwerkzaamheden nodig zijn.</li><li>• Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.</li><li>• Bij de helikopterinspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.</li><li>• Aanvragen voor graafwerkzaamheden door derden moeten altijd kunnen worden afgewezen en worden nooit gehonoreerd. Bij een melding van een graafactiviteit moet ook direct actie worden ondernomen. Voor degene die de melding afhandelt moet het direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een beheerovereenkomst van toepassing is.</li><li>• Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst met beperkte restricties.</li></ul>
---

De factor voor de berekening van de aangepaste faalfrequentie: 0,1.



## 5.4 Mitigerende maatregel 33

In de Handleiding Risicoberekeningen Bevb versie 1.0 module B is een beschrijving opgenomen van deze maatregel:

### 33 Overeenkomst, beperkte restricties

- Bij een overeenkomst met beperkte restricties zijn grondroerende activiteiten niet helemaal uitgesloten, maar worden wel beperkingen opgelegd voor de diepte van bewerking van de grond.
- Er moet periodiek (minimaal eens per jaar) contact worden opgenomen met de grondeigenaar waarbij de betreffende situatie wordt doorgesproken.
- Bij de helikopterinspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

De factor voor de berekening van de aangepaste faalfrequentie: 0,625.

## 5.5 Scenario's

Bovenstaande mitigerende maatregelen leiden tot de volgende scenario's:

	Buisdikte	Bar	Cluster 3	Cluster 5	Omschrijving	Faalfrequentie [1/km.jaar]
<b>Scenario 1</b>	gemiddeld; 23,33 inch	40	Geen	Geen	Uitgangspositie	1,50E-04
<b>Scenario 2</b>	gemiddeld; 23,33 inch	40	Geen	51	Maatregel 51	9,50E-05
<b>Scenario 3</b>	gemiddeld; 23,33 inch	40	31	51	Maatregel 51, 31	6,78E-05
<b>Scenario 4</b>	gemiddeld; 23,33 inch	40	32	51	Maatregel 51, 32	7,03E-05
<b>Scenario 5</b>	gemiddeld; 23,33 inch	40	33	51	Maatregel 51, 33	8,47E-05
<b>Scenario 6</b>	gemiddeld; 23,33 inch	20	Geen	Geen	Uitgangspositie	1,50E-04
<b>Scenario 7</b>	gemiddeld; 23,33 inch	20	Geen	51	Maatregel 51	9,50E-05
<b>Scenario 8</b>	gemiddeld; 23,33 inch	20	31	51	Maatregel 51, 31	6,78E-05
<b>Scenario 9</b>	gemiddeld; 23,33 inch	20	32	51	Maatregel 51, 32	7,03E-05
<b>Scenario 10</b>	gemiddeld; 23,33 inch	20	33	51	Maatregel 51, 33	8,47E-05
<b>Scenario 11</b>	gemiddeld; 23,33 inch	10	Geen	Geen	Uitgangspositie	1,50E-04
<b>Scenario 12</b>	gemiddeld; 23,33 inch	10	Geen	51	Maatregel 51	9,50E-05
<b>Scenario 13</b>	gemiddeld; 23,33 inch	10	31	51	Maatregel 51, 31	6,78E-05
<b>Scenario 14</b>	gemiddeld; 23,33 inch	10	32	51	Maatregel 51, 32	7,03E-05
<b>Scenario 15</b>	gemiddeld; 23,33 inch	10	33	51	Maatregel 51, 33	8,47E-05

Tabel 5.1: scenario's en aangepaste faalkansen als gevolg van de mitigerende maatregelen.

## 5.6 Faalfrequenties

De in voorgaande hoofdstuk genoemde mitigerende maatregelen hebben alle uitsluitend een invloed op de faalfrequentie en wel het deel van de faalfrequentie dat betrekking heeft op de zogenaamde external interference (beschadiging door derden). Aangegeven is dat 45% van de basisfaalfrequentie betrekking heeft op overige oorzaken en 55% van de basisfaalfrequentie op beschadiging door derden. In formule vorm:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{gecorrigeerd agv mitigerende maatregelen}} = 1,5 \times 10^{-4} \times (0,45 + 0,55 \times \text{Factor}) \quad [1/\text{km.jaar}]$$

Waarbij de genoemde Factor afhankelijk is van de mitigerende maatregelen.  
 De overall correctie factor wordt als volgt berekend:

$$\text{Factor}_{\text{Beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Factor}_{\text{Cluster2}} \times \text{Factor}_{\text{Cluster3}} \times \text{Factor}_{\text{Cluster4}} \times \text{Factor}_{\text{Cluster5}}$$

Voor cluster 2 tot en met 4 is de factor gegeven bij de mitigerende maatregel en een getal dat varieert van 1 (geen maatregel genomen) tot een getal kleiner dan 1 (specifieke grootte afhankelijk van de specifieke genomen maatregel). Bij cluster 5 dient een berekening plaats te vinden volgens de volgende formule:

$$\text{Factor}_{\text{Cluster5}} = 2,5 / \text{Factor}_{\text{Geselecteerde maatregel cluster5}}$$

Geselecteerde maatregel bij cluster 5: 7,5 (bijvoorbeeld).

Resulterende Factor<sub>Cluster5</sub> = 1/7,5 (bijvoorbeeld).

Clusters waarvoor geen maatregel is geselecteerd leiden tot een Clusterfactor van 1.

De resulterende frequentie is reeds getoond in tabel 5.1.

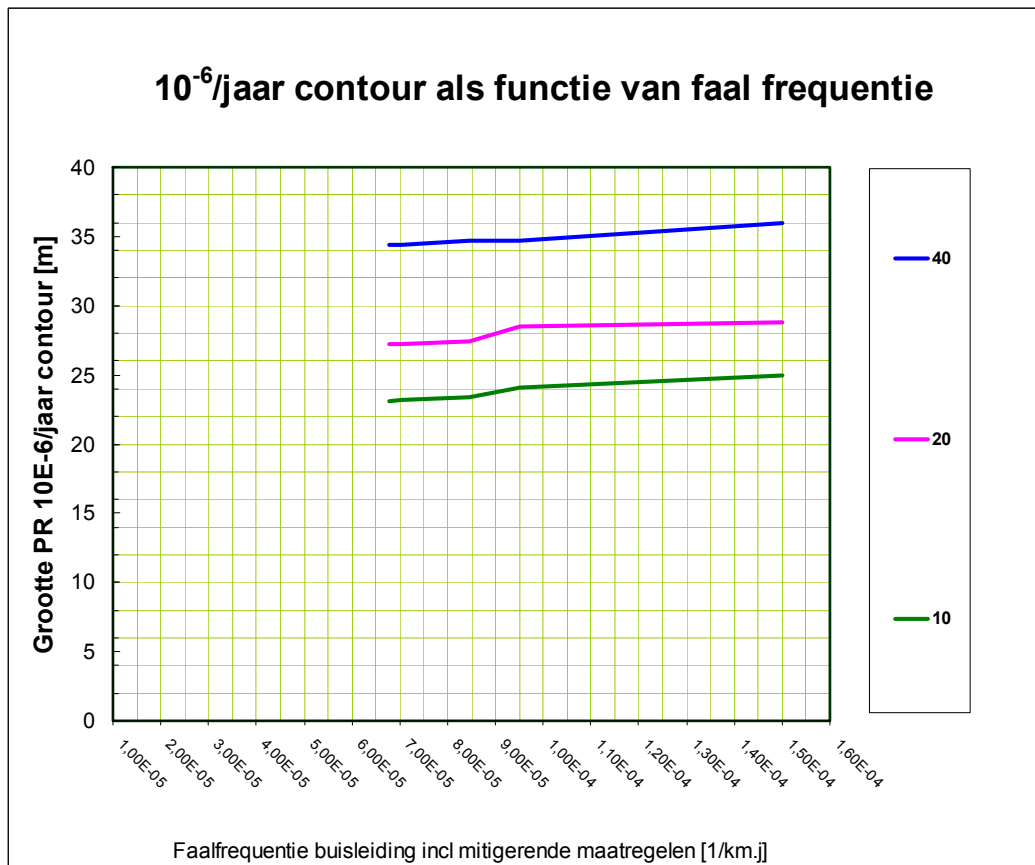
## 6 Rekenresultaten mitigerende maatregelen fase 1

In onderstaande tabel is het resultaat getoond van de Safeti-NL berekeningen.

	Buisdikte	Bar	Cluster 3	Cluster 5	Omschrijving	Faalfrequentie [1/km.jaar]	Diameter plas [m]	Plaatsgebonden risico contour $10^{-6}$ /jaar [m]
Scenario 1	gemiddeld; 23,33 inch	40	Geen	Geen	Uitgangpositie	1,50E-04	65,4	36,0
Scenario 2	gemiddeld; 23,33 inch	40	Geen	51	Maatregel 51	9,50E-05	65,4	34,7
Scenario 3	gemiddeld; 23,33 inch	40	31	51	Maatregel 51, 31	6,78E-05	65,4	33,4
Scenario 4	gemiddeld; 23,33 inch	40	32	51	Maatregel 51, 32	7,03E-05	65,4	33,4
Scenario 5	gemiddeld; 23,33 inch	40	33	51	Maatregel 51, 33	8,47E-05	65,4	34,6
Scenario 6	gemiddeld; 23,33 inch	20	Geen	Geen	Uitgangpositie	1,50E-04	52,7	28,8
Scenario 7	gemiddeld; 23,33 inch	20	Geen	51	Maatregel 51	9,50E-05	52,7	28,5
Scenario 8	gemiddeld; 23,33 inch	20	31	51	Maatregel 51, 31	6,78E-05	52,7	27,2
Scenario 9	gemiddeld; 23,33 inch	20	32	51	Maatregel 51, 32	7,03E-05	52,7	27,3
Scenario 10	gemiddeld; 23,33 inch	20	33	51	Maatregel 51, 33	8,47E-05	52,7	27,4
Scenario 11	gemiddeld; 23,33 inch	10	Geen	Geen	Uitgangpositie	1,50E-04	45	25,0
Scenario 12	gemiddeld; 23,33 inch	10	Geen	51	Maatregel 51	9,50E-05	45	24,0
Scenario 13	gemiddeld; 23,33 inch	10	31	51	Maatregel 51, 31	6,78E-05	45	23,1
Scenario 14	gemiddeld; 23,33 inch	10	32	51	Maatregel 51, 32	7,03E-05	45	23,2
Scenario 15	gemiddeld; 23,33 inch	10	33	51	Maatregel 51, 33	8,47E-05	45	23,4

Tabel 6.1: invloed van de mitigerende maatregelen fase 1 op het plaatsgebonden risico  $10^{-6}$ /j.

Het blijkt dat door gebruik van de bovengenoemde mitigerende maatregelen het plaatsgebonden risico afneemt in omvang. De afname is echter beperkt. In onderstaande grafiek is inzichtelijk gemaakt wat het effect is van de maatregelen.



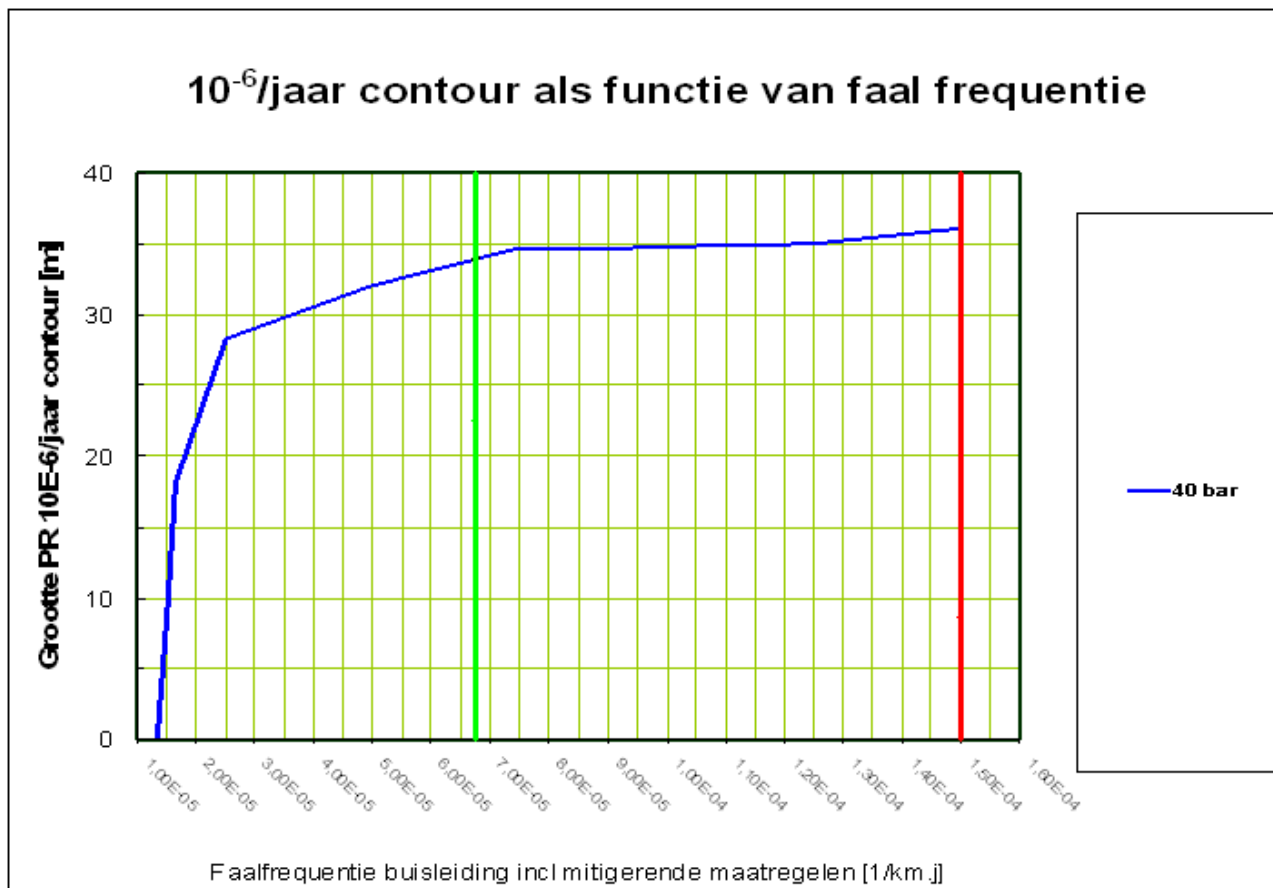
Figuur 6.1: Het effect van de mitigerende maatregelen fase 1.

## 7 Gevoeligheidsanalyse mitigerende maatregelen

In hoofdstuk 6 is gebleken dat de in fase 1 gekozen mitigerende maatregelen een beperkt effect hebben op de ligging van het plaatsgebonden risico. In dit hoofdstuk is aangegeven op welke wijze aanvullende mitigerende maatregelen kunnen worden gekozen die de faalfrequentie verder verlagen en waardoor het plaatsgebonden risico wordt beperkt.

Hierbij wordt gekozen voor de volgende aanpak. Er is sprake van een knelpunt indien een (beperkt) kwetsbaar object binnen de plaatsgebonden risicocontour van  $10^{-6}$  per jaar ligt. In dat geval moet de PR-contour worden beperkt tot minimaal de afstand van het object tot aan de buisleiding. In onderstaande grafiek wordt aangegeven bij welke faalfrequentie deze afstand wordt bereikt. Vervolgens kan aan de hand van een in het kader van dit project opgestelde exceltool (stoelend op de in de Handleiding risicoberekeningen Bevb genoemde mitigerende maatregelen en hun effect op de faalfrequentie: zie overzicht in bijlage 1) de mitigerende maatregelen worden geselecteerd welke leiden tot genoemde faalfrequentie.

### Resultaten:



Grafiek 7.1: grafiek met daarin een afnemende plaatsgebonden risicocontour als functie van een afnemende faalfrequentie.

Uit deze grafiek is af te lezen dat bij bijvoorbeeld de 40 bar leiding bij een afnemende faalfrequentie vrijwel geen reductie van de plaatsgebonden risico optreedt. Totdat de faalfrequentie een bepaald punt passeert (in dit voorbeeld  $7,5 \times 10^{-5}$ /jaar): daarna treedt er een reductie op, die bij afnemende faalfrequentie steeds harder gaat. Indien de plaatsgebonden risicocontour moet worden teruggebracht

van 36 meter naar 30 meter (omdat op meer dan 30 meter bijvoorbeeld een woning ligt) moet de faalfrequentie met mitigerende maatregelen worden teruggebracht tot  $3,5 \cdot 10^{-5}$ /km.jaar.

Zoals in paragraaf 5.6 uitgelegd bestaat de faalfrequentie van de oliebuisleiding uit de volgende componenten:

**Faalfrequentie**<sub>gecorrigeerd agv mitigerende maatregelen</sub> =  $1,5 \times 10^{-4} \times (0,45 + 0,55 \times \text{Factor})$  [1/km.jaar]

De mitigerende maatregelen hebben invloed op 55% van de faalfrequentie. Wanneer 'factor' de waarde 0 krijgt (maximaal effect mitigerende maatregelen) resteert een faalfrequentie van  $45\% \times 1,5 \times 10^{-4} = 6,75 \times 10^{-5}$ /km.jaar. Dat is dus niet genoeg om in bovenstaand voorbeeld het plaatsgebonden risico terug te brengen tot 30 meter.

In bovenstaande grafiek is dus op basis van mitigerende maatregelen een frequentie mogelijk tussen de groene en rode verticale lijn.

De enige manier om nu de plaatsgebonden risico contour in omvang te reduceren is te zorgen voor minder uitstroming (geringere plasgrootte). Dit kan op twee manieren:

- afsluittijd van de pomp reduceren
- expansie van de vloeistof reduceren.

De volgende concrete stappen kunnen gezet worden:

#### ***Expansie vloeistofreduceren: druk***

Nu is in de formule voor het berekenen (volgens Bevb) van de expansie de inhoud van de buisleiding tussen pomp en pomp of tussen pomp en ontvangend vat opgenomen, en de druk ter plaatse van het lek/breuk.

De onderhavige buisleiding heeft gewoonlijk een druk in het begin van de leiding van 40 bar, en deze druk daalt gestaag zodat bij het einde van de leiding de druk nog 4 bar is. In de berekening wordt gedaan alsof de druk overal 40 bar is en de expansie van de vloeistof bij ontspanning wordt berekend met 40 bar. De gemiddelde druk in de leiding bedraagt circa 22 bar  $([40+4]/2)$ . Door uit te gaan van de gemiddelde druk zal de uitstroming bij meer dan gemiddelde drukken afnemen, en bij minder dan gemiddelde drukken toenemen ten opzichte van de bestaande rekenmethodiek. Deze gemiddelde druk zal ons inziens tot een realistischer expansie volume aanleiding geven dan wanneer wordt uitgegaan van de maximale druk. Gelet hierop is het aannemelijk dat de te hanteren rekenmethodiek leidt tot een overschatting van de risico's.

#### ***Expansie vloeistofreduceren: leiding lengte***

In de formule voor het berekenen van de expansie is de gehele leiding opgenomen. In dit geval is deze leiding 137 km lang. Deze leiding is opgedeeld in secties (bijvoorbeeld 18 km) welke begrensd worden door afsluiters. Bij een calamiteit (breuk) is de afslagtijd van de pomp in dit geval 3 minuten. De tijd waarin de afsluiters dicht staan is 5 minuten. Inzicht in het uitstroombegedrag (dynamisch gedrag) is nodig om in te kunnen schatten hoe groot het uitgestroomde volume is, wanneer de inzet van afsluiters wordt meegenomen in de beschouwing. Ook hier is het aannemelijk dat de te hanteren rekenmethodiek leidt tot een overschatting van de risico's.

#### ***Concluderend:***

Overleg met het RIVM (de opsteller van de Handleiding risicoberekeningen Bevb) is gewenst om te bepalen hoe uit deze impasse te kunnen komen.

## 8 Conclusie

Op verzoek van Total Opslag Buisleidingen zijn berekeningen uitgevoerd die op een generiek niveau inzicht geven in de ligging van de plaatsgebonden risicocontouren van de ruwe olie buisleiding gelegen tussen Maasvlakte en Vlissingen. Tevens is geïnventariseerd wat het effect van mitigerende maatregelen is op de ligging van de plaatsgebonden risicocontouren.

### 8.1 Plaatsgebonden risico

Het volgens de Handleiding risicoberekeningen Bevb berekende plaatsgebonden risico is:

- groter in omvang dan de in de voorbeeld tabel genoemde plaatsgebonden risico's.
- het plaatsgebonden risico is afhankelijk van de druk ter plaatse van de leiding. Er zijn diverse situaties doorgerekend. Resultaten staan in paragraaf 4.1.

### 8.2 Mitigerende maatregelen

Het volgens de handleiding risicoberekeningen Bevb berekende plaatsgebonden risico bij diverse mitigerende maatregelen is getoond in hoofdstuk 6. Conclusie was dat de reductie van de plaatsgebonden risicocontour  $10^{-6}$ /jaar gering is.

### 8.3 Gevoeligheidsanalyse

Vervolgens is gekeken tot hoever de faalfrequentie dient af te nemen voordat de reductie van de plaatsgebonden risicocontour  $10^{-6}$ /jaar substantieel wordt. Gebleken is dat bij deze specifieke situatie (40 bar) de mitigerende maatregelen onvoldoende reductie in de faalfrequentie kunnen aanbrengen om een substantiële reductie van de plaatsgebonden risicocontour te bewerkstelligen.

Vervolgens worden twee oplossingsrichtingen aangedragen. Aanbevolen wordt in overleg met het RIVM te treden om tot een verfijning van het rekenmodel te komen.

## Referentielijst

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen, module overige leidingen, RIVM, d.d. 27-1-2011 versie 0.13.
- [2] Handleiding risicoberekeningen Bevb Module B - Hogedruk aardgastransportleidingen, RIVM.
- [3] Handleiding risicoberekeningen Bevb Module C - Buisleidingen met aardolie producten, RIVM.
- [4] Publicatie Gevaarlijke Stoffen 1, Deel 6: Aanwezigheidsgegevens.

## **Bijlage 1: Tabel Mitigerende maatregelen**



<b>Mitigerende maatregelen</b>						
In gele vlakken ja toevoegen bij maatregel van uw keuze						
<b>Cluster 1</b>	<b>Regelgeving en Casuïstiek</b>	<b>Te gebruiken waarde</b>	<b>Kleinste waarde</b>	<b>Grootste waarde</b>	<b>Default</b>	<b>Toelichting</b>
	1a Wlon Wetgeving	1	0,4		1	0,4 of 1 randvoorwaarden worden in Wlon gegeven
	1b Casuïstiek	1	0,357		1	1 afhankelijk van welke leiding exploitant
	1c Actief Rappel	1	0,833		1	1 afhankelijk van welke leiding exploitant
	Factor Cluster 1	1a x 1b x 1c		maximaal		1,00
	Factor Cluster 1	1a x 1b x 1c		minimaal		0,12
	Factor Cluster 1	in dit geval (leiding exploitant: xxx):				1,00
<b>Cluster 2</b>	<b>Afdekkingsmaatregelen</b>	<b>Gebruiken/actief</b>	<b>Waarde</b>			<b>Toelichting</b>
	20 Geen maatregel	ja	1,000			Een van deze maatregelen kan gekozen worden
	21 Waarschuwingsslint		0,599			
	22 Betonplaten		0,200			
	23 Waarschuwingsslint en betonplaten		0,033			
	24 Reserve		1,000			
	25 Reserve		1,000			
	26 Reserve		1,000			
	27 Waarschuwingsslint + beton platen   voorgesteld		0,033			
	28 Betonplaten   voorgesteld		0,200			
	29 Waarschuwingsslint   voorgesteld		0,599			
<b>Cluster 3</b>	<b>Beheersmaatregelen</b>	<b>Gebruiken/actief</b>	<b>Waarde</b>			<b>Toelichting</b>
	30 Geen maatregel		1,000			Een van deze maatregelen kan gekozen worden
	31 Overeenkomst, vergaande restricties		0,010			
	32 overeenkomst, graven, boren verboden		0,100			
	33 overeenkomst, beperkte restricties	ja	0,625			
	34 Reserve		1,000			
	35 Reserve		1,000			
	36 Reserve		1,000			
	37 overeenkomst, beperkte restricties   voorgesteld		0,625			
	38 Overeenkomst grondroeren verboden   voorgesteld		0,100			
	39 Overeenkomst, vergaande restricties   voorgesteld		0,010			
<b>Cluster 4</b>	<b>Fysieke barrières op maaiveld</b>	<b>Gebruiken/actief</b>	<b>Waarde</b>			<b>Toelichting</b>
	40 Geen maatregel	ja	1,000			Een van deze maatregelen kan gekozen worden
	41 Hekwerk		0,000			
	42 Dijklichaam		0,100			
	43 Barriere op het maaiveld		0,125			
	44 Reserve		1,000			
	45 Reserve		1,000			
	46 Reserve		1,000			
	47 Barriere op het maaiveld   voorgesteld		0,125			
	48 Dijklichaam   voorgesteld		0,100			
	49 Hekwerk   voorgesteld		0,000			
<b>Cluster 5</b>	<b>Overige maatregelen</b>	<b>Gebruiken/actief</b>	<b>Waarde</b>			<b>Toelichting</b>
	50 Geen maatregel	ja	-			Een van deze maatregelen kan gekozen worden
	51 Strikte begeleiding werkzaamheden		7,500			
	52 Camera toezicht		6,500			
	53 Reserve		1,000			
	54 Reserve		1,000			
	55 Reserve		1,000			
	56 Reserve		1,000			
	57 Reserve		1,000			
	58 Camera toezicht   voorgesteld		6,500			
	59 Strikte begeleiding werkzaamheden   voorgesteld		7,500			
	Factor <sub>cluster t</sub> = (A x C) <sup>t</sup> / factor <sub>geselecteerde maatregel, cluster t</sub>					
	Als 50 wordt gekozen is factor <sub>geselecteerde maatregel, cluster t</sub> = 1					
<b>Totaal van de Cluster 1, 2, 3, 4 en 5</b>						
	Cluster 1	Factor	1,000			
	Cluster 2	Factor	1,000			
	Cluster 3	Factor	0,625			
	Cluster 4	Factor	1,000			
	Cluster 5	Factor	7,500			
	Cluster 5	Factor	0,133			
	Resulterende factor ter correctie faalfrequentie (oliebuisleidingen)		2,08E-01			Cluster 1 niet gebruikt, en berekening cluster 5 afwijkend tov gasbuisleidingen
	Resulterende nieuwe faalfrequentie oliebuisleiding		8,47E-05			/km.j