

Plaatsgebondenrisicoberekeningen
Total Opslag en Pijpleiding Nederland NV:
diverse leidingen
Toetsing aan het Besluit externe veiligheid buisleidingen

projectnr.241369.14
documentnr. 233580-121-001
revisie 01
19 oktober 2012

auteur

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

Opdrachtgever

Zeeland Refinery
Postbus 210
4380 AE Vlissingen

datum vrijgave

19-10-2012

beschrijving revisie 01

Definitief

goedkeuring

Rudi van Rooij

vrijgave

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.

Inhoud	blz.
1 Inleiding	2
2 Toetsingskader buisleidingen	4
2.1 Besluit externe veiligheid buisleidingen	4
2.2 Plaatsgebonden risico	4
2.3 Rekenprotocollen	4
3 Uitgangspunten risicoberekening	5
3.1 Leidinggegevens	5
3.2 Modellerings	6
4 Rekenresultaten	10
4.1 Plaatsgebonden risico	10
4.2 Toetsing plaatsgebonden risico	10
5 Mitigerende maatregelen fase 1	11
5.1 Mitigerende maatregel 51	11
5.2 Mitigerende maatregel 31	12
5.3 Mitigerende maatregel 32	13
5.4 Mitigerende maatregel 33	14
5.5 Scenario's	15
5.6 Faalfrequenties	15
6 Rekenresultaten mitigerende maatregelen fase 1	16
7 Gevoeligheidsanalyse mitigerende maatregelen	17
8 Conclusie	18
8.1 Plaatsgebonden risico	18
8.2 Mitigerende maatregelen	18
8.3 Gevoeligheidsanalyse	18
Referentielijst	19
Bijlage 1: Tabel Mitigerende maatregelen	20
Bijlage 2: Gedetailleerde resultaten Crude leiding	22

1 Inleiding

Zeeland Refinery raffineert ruwe aardolie. De olie wordt onder andere aangeleverd via een pijpleiding van Total Opslag en Pijpleiding Nederland NV. Deze pijpleiding begint op de Maasvlakte en eindigt op de raffinaderij van Zeeland Refinery. Deze leiding wordt in dit rapport aangeduid met de naam Crude leiding. Zie voor een globaal overzicht van de ligging figuur 1.1. Daarnaast worden er op de locatie in Zeeland een aantal leidingen gebruikt die de inrichting verlaten (Nafta leiding en Jetty's met olieproducten).

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 en Pijpleiding Nederland NV inzicht in de ligging van de plaatsgebonden risico contouren van de pijpleidingen in haar beheer. 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 oliebuisleidingen het plaatsgebonden risico berekend. Aangezien een van de leidingen 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.

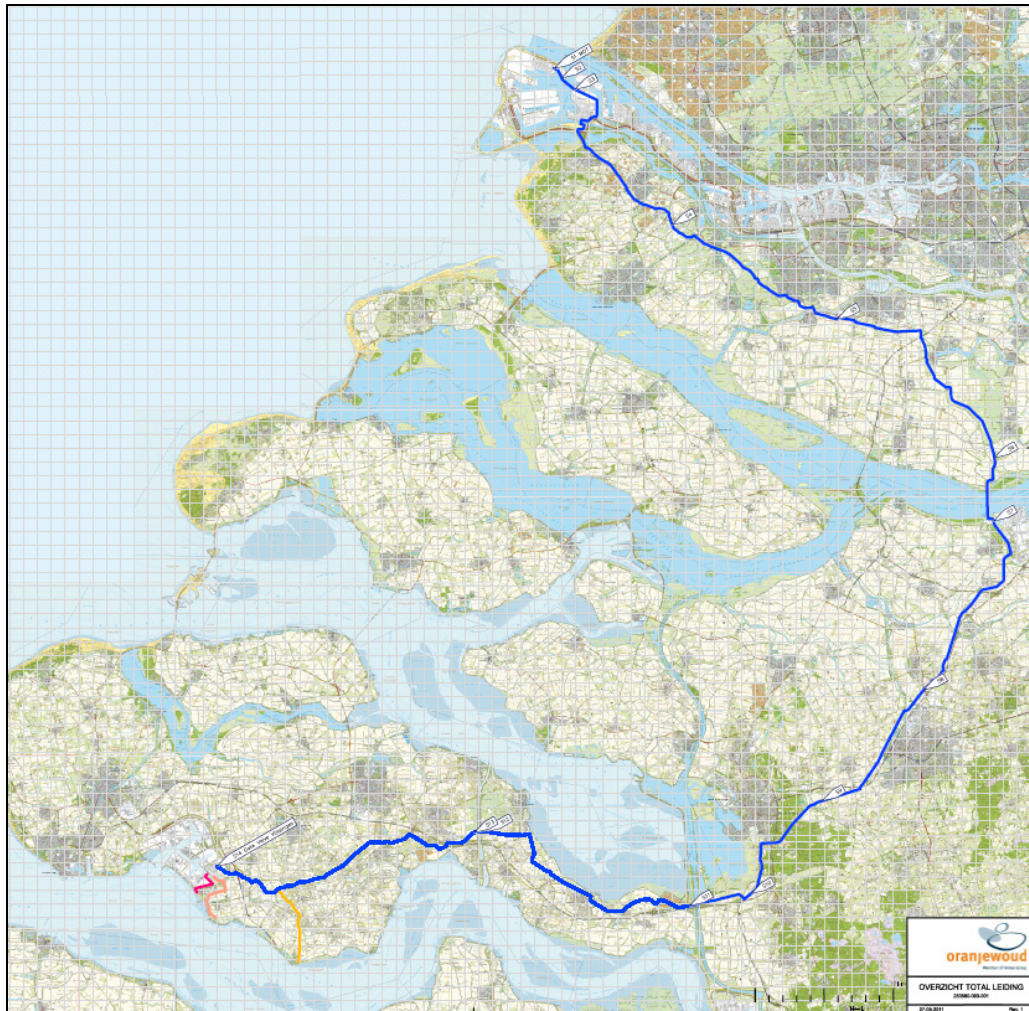
Referentiediepteligging

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 Crude leiding (en ook de andere buisleidingen te Vlissingen) 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 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 en 6 worden mitigerende maatregelen gegeven en de effecten er van bepaald. Tevens is in hoofdstuk 7 een gevoeligheidsanalyse opgenomen. In hoofdstuk 8 zijn de conclusies gegeven.



Figuur 1.1 Ligging van lange buisleiding van Total Opslag en Pijpleiding Nederland NV (blauwe lijn). De kortere leidingen zijn niet ingetekend in deze figuur. Deze leidingen zijn gelegen in Vlissingen.

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^{-1} -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 en Pijpleiding Nederland NV.

Eigenschappen	Eenheid	Nafta leiding	Jetty 20	Jetty 21	Jetty 28	Jetty 67	Jetty 91	Jetty 92	Crude leiding
Stof		K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1, crude oil
Inwendige diameter	inch	8	10	10	14	14	20	20	23,5", 23,38", 23,31", 23,12"
Gemiddelde druk in de leiding	bar	60 en 40	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	22
Pomp debiet	m ³ /h	117	182	182	358	358	730	730	1.000
Afstand pomp-ontvangend vat, of pomp-pomp	km	11,3	11,3	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	139
Afslagtijd pomp na breuk	s	180	180	180	180	180	180	180	180
Fractie jaar gebruik	%	100	100	100	100	100	100	100	100
Compressibiliteit	m ² /N x 10 ⁻¹⁰	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	7,7	7,7	7,7
Diepte ligging	m	1	1	1	1	1	1	1	1
Ruwheidslengte	m	0,1							
Meteo station		Vlissingen							

Meteostation

Aangezien de lange 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 10⁻⁶/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 10⁻⁶/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 dat in aanmerking komt 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 buisleidingen: invloedsgebied.

Leiding naam	Druk [bar]	Leiding-diameter	Plasbrand diameter [m]	Invloedsgebied /1% letaliteitsafstand [m]
Crude leiding	22	23,50"	54,3	44,5
"	22	23,38"	54,2	44,4
"	22	23,31"	54,1	44,7
"	22	23,12"	53,8	44,5
Naftaleiding 60 bar	60	8"	14,1	30,2
Naftaleiding 40 bar	40	8"	13,5	29,6
Jetty 20	17,6	10"	15,6	31,7
Jetty 21	17,6	10"	15,6	31,7
Jetty 28	17,6	14"	21,8	32,9
Jetty 67	17,6	14"	21,8	32,9
Jetty 91	17,6	20"	31,1	32,9
Jetty 92	17,6	20"	31,1	32,9

3.2 Modellerings

Modelstof

Total Opslag en Pijpleiding Nederland NV heeft aangegeven dat via de leidingen 'crude oil', Nafta, Benzine, Aardolieproducten of fuel oil wordt getransporteerd. De giftigheid van deze stoffen is verwaarloosbaar voor een externe veiligheidsberekening. Alle stoffen hebben het predicaat 'Zeer licht ontvlambaar K1.

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.

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 referentie diepteligging vooralsnog niet worden uitgevoerd. Opdrachtgever heeft aangegeven dat vooralsnog uitgegaan dient te worden van een referentie diepteligging van 1 meter¹. Tevens is door opdrachtgever aangegeven dat de leidingen op 1 meter diepte liggen.

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 ³ /h]	Afslagtijd [min]	Spill [m ³]
24"-leiding (Mvl-Vls)	1.000	3	50
8"-leiding	117	3	5,8
10"-leiding	182	3	9,1
14"-leiding	358	3	17,9
20"-leiding	730	3	36,5

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:

$$V_e = \pi/4 \times D^2 \times L \times P \times C_e$$

¹ In de inleiding is ook toelichting op de referentie diepteligging opgenomen.

Met daarin:

- V_e = volume toename van het product [m^3];
 D = inwendige diameter van de leiding [m];
 L = leiding lengte tussen pompen of pomp en het einde van de leiding [m];
 P = druk [Pa];
 C_e = compressibiliteit van het product [m^2/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 : genomen wordt de gemiddelde druk over de gehele leiding.
- C_e : compressibiliteit. Voor olieproducten is de waarde gebruikt zoals die in de Hari Bevb Module C, hoofdstuk 4 bijlage verantwoording is opgenomen: $0,88 \times 10^{-9}/m^2/N$. Voor ruwe olie is gebruikt de waarde: $0,77 \times 10^{-9}/m^2/N$.
- Nalevering als gevolg van hellende leiding en terugstroming bij breuk uit het ontvangende vat is niet relevant. Dientengevolge zijn hiervoor geen extra uitstromingen opgenomen.
- In de Crude leiding zijn 13 afsluiterposten opgenomen om de leiding te kunnen segmenteren. De dichtlooptijd van de afsluiters is 5 minuten. De uitstroom t.g.v. de expansie duurt circa 3 minuten. Hierdoor draagt het sluiten van de afsluiters niet bij tot het verminderen van het expansie volume. Derhalve is de uitstroom t.g.v. expansie berekend met de gemiddelde druk over het gehele leidingtracé. De begindruk in de leiding bedraagt 40 bar en de einddruk 4 bar. Dit leidt tot een gemiddelde druk in de leiding van 22 bar(g).

Tabel 3.4a Spill V_e [m^3] als gevolg van expansie samengedrukte vloeistof.

Uitstroom a.g.v. compressie	D_{inw} [inch]	L [km]	P [bar]	C_e [m^2/N]	V_e [m^3]
24" leiding (Mvl-VIs)	23,31 (gemiddeld)	139	22	$7,7 \times 10^{-10}$	65
8" leiding (60 bar)	8	11,3	60	$8,8 \times 10^{-10}$	1,93
8" leiding (40 bar)	8	11,3	40	$8,8 \times 10^{-10}$	1,29
10"-leiding	10	5,6	17,6	$8,8 \times 10^{-10}$	0,44
14"-leiding	14	5,6	17,6	$8,8 \times 10^{-10}$	0,86
20"-leiding	20	5,6	17,6	$7,7 \times 10^{-10}$	1,54

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

Uitstroom	D_{inw} [inch]	P [bar]	Spill [m^3]	V_e [m^3]	Spill + V_e [m^3]	Plasdikte [m]	Plas-oppervlak [m^2]	Plas diameter [m]
24" leiding (Mvl-VIs)	23,31 (gemidd)	22	50	65	115	0,05	2.297	54,1
8" leiding (60 bar)	8	60	5,8	1,93	8	0,05	155	14,1
8" leiding (40 bar)	8	40	5,8	1,29	7	0,05	143	13,5
10"-leiding	10	17,6	9,1	0,44	10	0,05	191	15,6
14"-leiding	14	17,6	17,9	0,86	19	0,05	375	21,8
20"-leiding	20	17,6	36,5	1,54	38	0,05	760	31,1

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 inrichtingsgrens².

² Deze instelling heeft effect op drijvende wolken, niet op een plasbrands scenario zoals hier beschouwd.

4 Rekenresultaten

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten in hoofdstuk 3.

4.1 Plaatsgebonden risico

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.

PR contour 10^{-6} /jaar	D_{inw} [inch]	P [bar]	Spill [m ³]	V_e [m ³]	Spill + V_e [m ³]	Plasdikte [m]	Plas diameter [m]	10^{-6} /jaar [m]
24" leiding (Mvl-VIs)	23,31 (gemidd)	22	50	65	115	0,05	54,1	28,7
8" leiding (60 bar)	8	60	5,8	1,93	8	0,05	14,1	9,9
8" leiding (40 bar)	8	40	5,8	1,29	7	0,05	13,5	9,5
10"-leiding	10	17,6	9,1	0,44	10	0,05	15,6	10,0
14"-leiding	14	17,6	17,9	0,86	19	0,05	21,8	12,2
20"-leiding	20	17,6	36,5	1,54	38	0,05	31,1	16,4

Tabel 4.1: plaatsgebonden risico van de diverse leidingen.

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

Voor de 24" leiding (Mvl-VIs) is nader onderzocht wat het effect van mitigerende maatregelen kan zijn.

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:

- 51 Strikte begeleiding werkzaamheden
- 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.
 - 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.
 - Als de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de leidingexploitant.
 - Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
 - 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.

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:

- 31 Overeenkomst, vergaande restricties
- De grond wordt uit gebruik genomen door het pachten van de grond of door een strikte beheerovereenkomst die alle gebruik van de grond uitsluit.
 - Het betreffende deel van de grond wordt afgerasterd.
 - Er wordt markering toegepast.
 - 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.
 - 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.
 - Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is.

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:

32 Overeenkomst, graven/boren verboden

- 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.
- 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.
- 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.
- Indien een overeenkomst niet aan alle randvoorwaarden voldoet, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst met beperkte restricties.

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 zijn uitgewerkt voor de Crude leiding en leiden tot de volgende scenario's³:

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

Resultierende Factor_{Cluster5} = 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.

³ Er is van een aantal verschillende drukken gebruik gemaakt, om de invloed van diverse drukken inzichtelijk te maken.

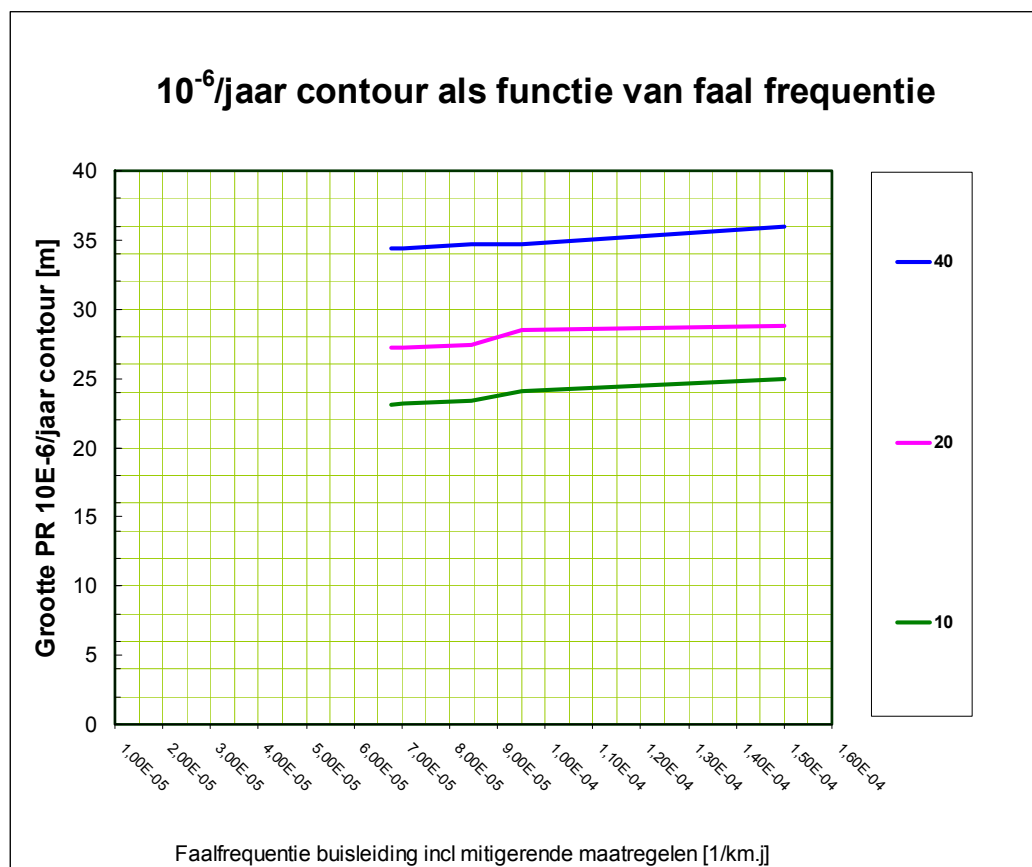
6 Rekenresultaten mitigerende maatregelen fase 1

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

	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	Uitgangspositie	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	Uitgangspositie	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	Uitgangspositie	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.



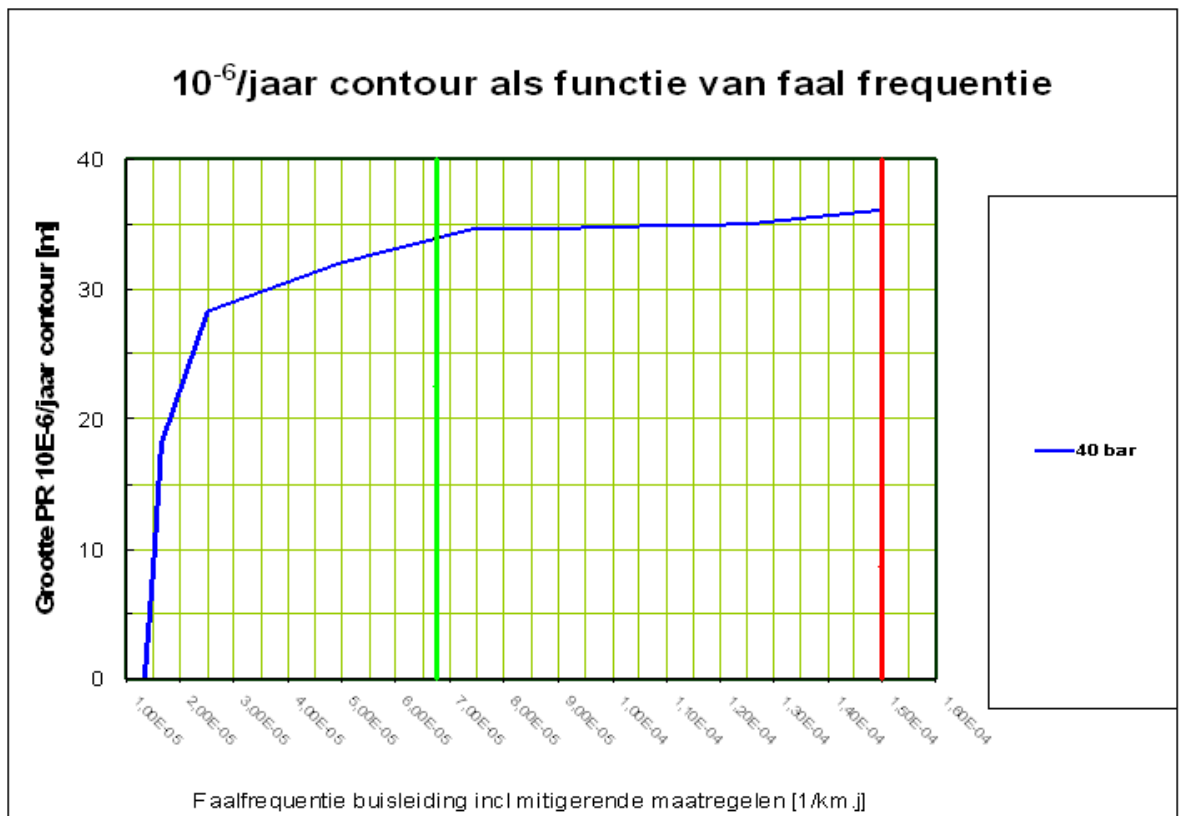
Figuur 6.1: Het effect van de mitigerende maatregelen fase 1 (per 40, 20, 10 bar).

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 (bij een druk in de leiding van 40 bar).

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:

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

De mitigerende maatregelen hebben invloed op 55% van de faalfrequentie. Wanneer 'factor' de waarde 0 krijgt (maximaal effect mitigerende maatregelen) resteert een faalfrequentie van $45\% \times 1,5 \times 10^{-4} = 6,75 \times 10^{-5} / \text{km.jaar}$. 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.

Dit is in dit rapport niet verder uitgewerkt.

8 Conclusie

Op verzoek van Total Opslag en Pijpleiding Nederland NV 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 (Crude leiding) en een aantal kortere leidingen gelegen in Vlissingen. Tevens is geïnventariseerd wat het effect is van mitigerende maatregelen op de ligging van de plaatsgebonden risicocontouren.

8.1 Plaatsgebonden risico

In tabel 4.1 (paragraaf 4.1) is een overzicht gegeven van de met Safeti-NL berekende plaatsgebonden risico afstanden $10^{-6} / \text{jaar}$.

8.2 Mitigerende maatregelen

Uitsluitend voor de Crude leiding is het plaatsgebonden risico berekend wanneer diverse mitigerende maatregelen worden toegepast. Dit is getoond in hoofdstuk 6. Conclusie was dat de reductie van de plaatsgebonden risicocontour $10^{-6} / \text{jaar}$ gering is.

8.3 Gevoeligheidsanalyse

Vervolgens is gekeken tot hoever de faalfrequentie dient af te nemen voordat de reductie van de plaatsgebonden risicocontour $10^{-6} / \text{jaar}$ 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.

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

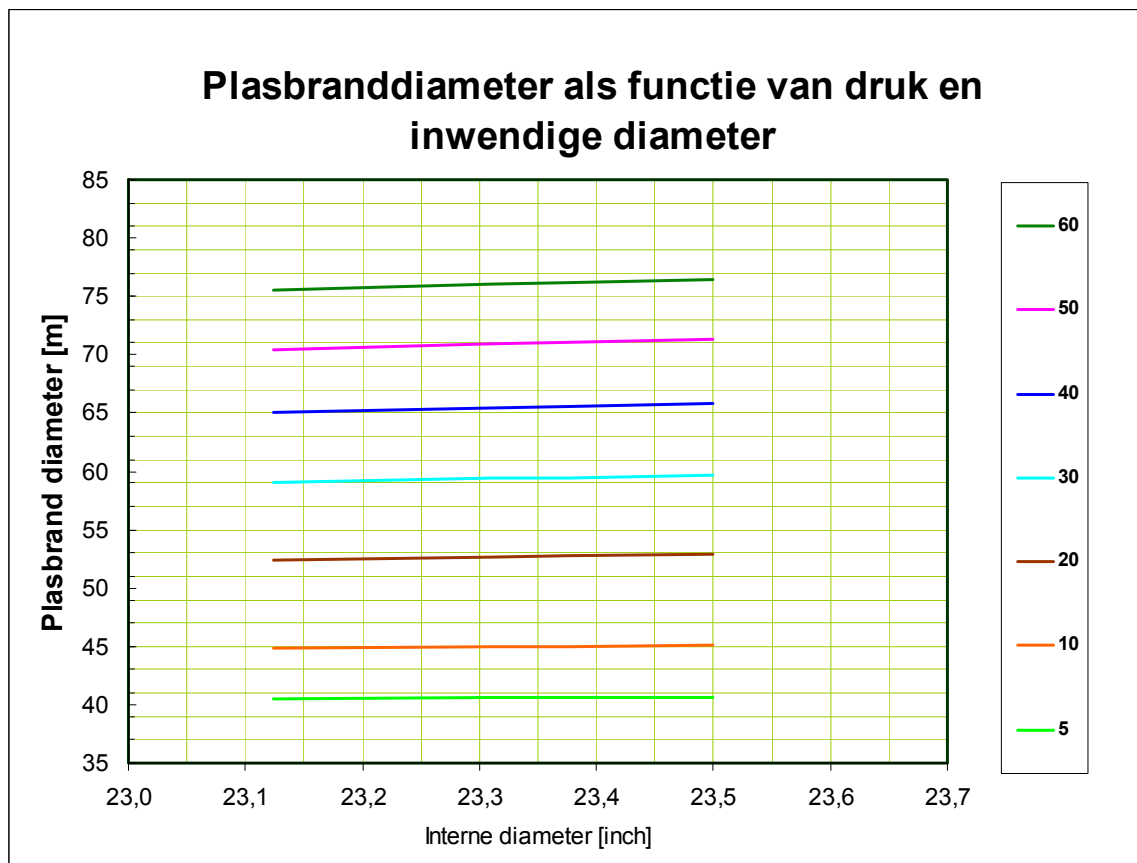
Mitigerende maatregelen

In gele vlakken ja toevoegen bij maatregel van uw keuze

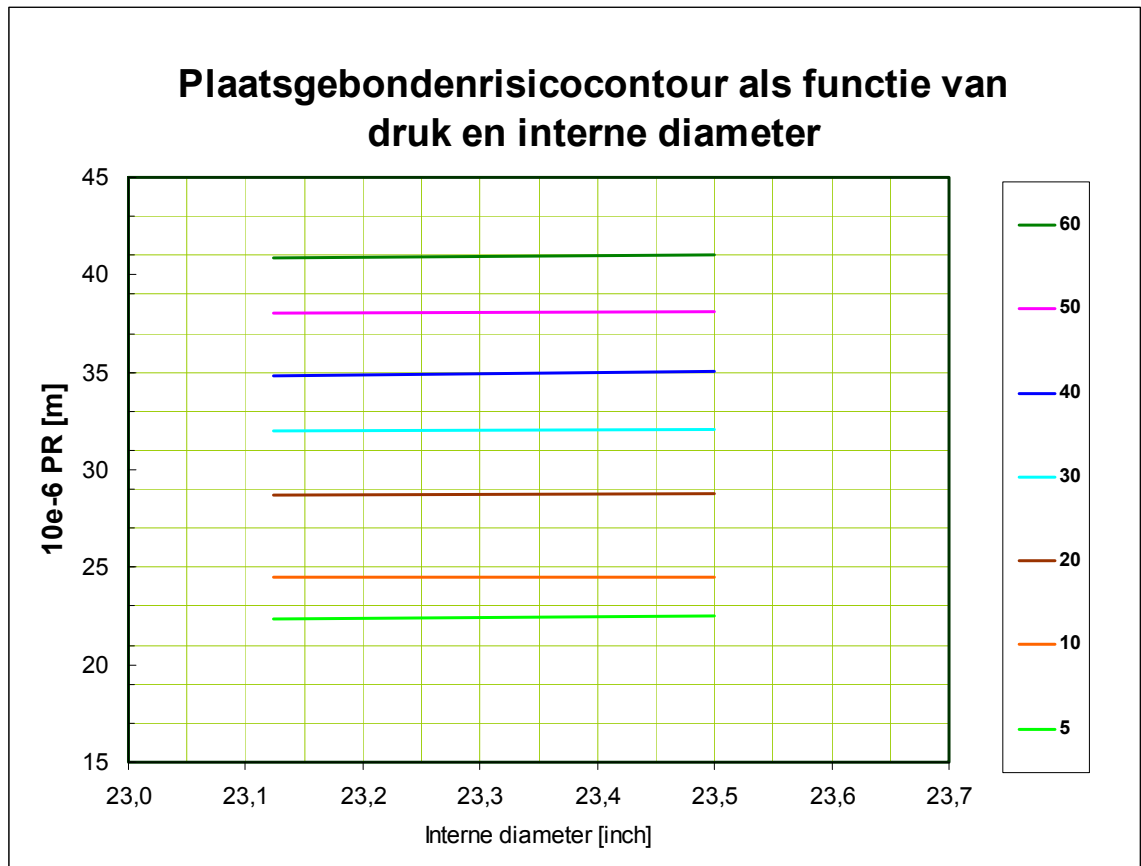
Cluster	Regelgeving en Casuïstiek	Te gebruiken waarde	Kleinste waarde	Grootste waarde	Default	Toelichting
Cluster 1	1a Wion Wetgeving	1	0,4		1	0,4 of 1 randvoorwaarden worden in WION gegeven
	1b Casuïstiek	1	0,357		1	1 afhankelijk van welke leiding exploitant
	1c Actief Rappel	1	0,833		1	1 afhankelijk 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
Cluster 2	Afdekkingsmaatregelen	Gebruiken/actief	Waarde			Toelichting
	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			
Cluster 3	Beheersmaatregelen	Gebruiken/actief	Waarde			Toelichting
	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			
Cluster 4	Fysieke barrières op maaiveld	Gebruiken/actief	Waarde			Toelichting
	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			
Cluster 5	Overige maatregelen	Gebruiken/actief	Waarde			Toelichting
	50 Geen maatregel		-			Een van deze maatregelen kan gekozen worden
	51 Strikte begeleiding werkzaamheden	ja	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 voorg		7,500			
Factor _{cluster 5} = (A x C) ⁻¹ / factor _{geselecteerde maatregel, cluster 5}						
Als 50 wordt gekozen is factor _{geselecteerde maatregel, cluster 5} = 1						
Totaal van de Cluster 1, 2, 3 4 en 5						
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 (gasbuisleidingen)			8,33E-02	Alle clusters gebruikt		
Resulterende factor ter correctie faalfrequentie (oliebuisleidingen)			2,08E-01	Cluster 1 niet gebruikt, en berekening cluster 5 afwijkend tov gasbuisleidingen		
Resulterende nieuwe faalfrequentie oliebuisleidingen			8,47E-05	/km.j		

Bijlage 2: Gedetailleerde resultaten Crude leiding

Onderzocht is tevens de invloed van kleine diametervariëaties in de lange (139 km) leiding. Op basis van deze grafiek (die aangeeft dat de invloed van de diametervariëaties maar heel beperkt is) is besloten verder met alleen een gemiddelde diameter van de lange leiding (Crude leiding) te werken.



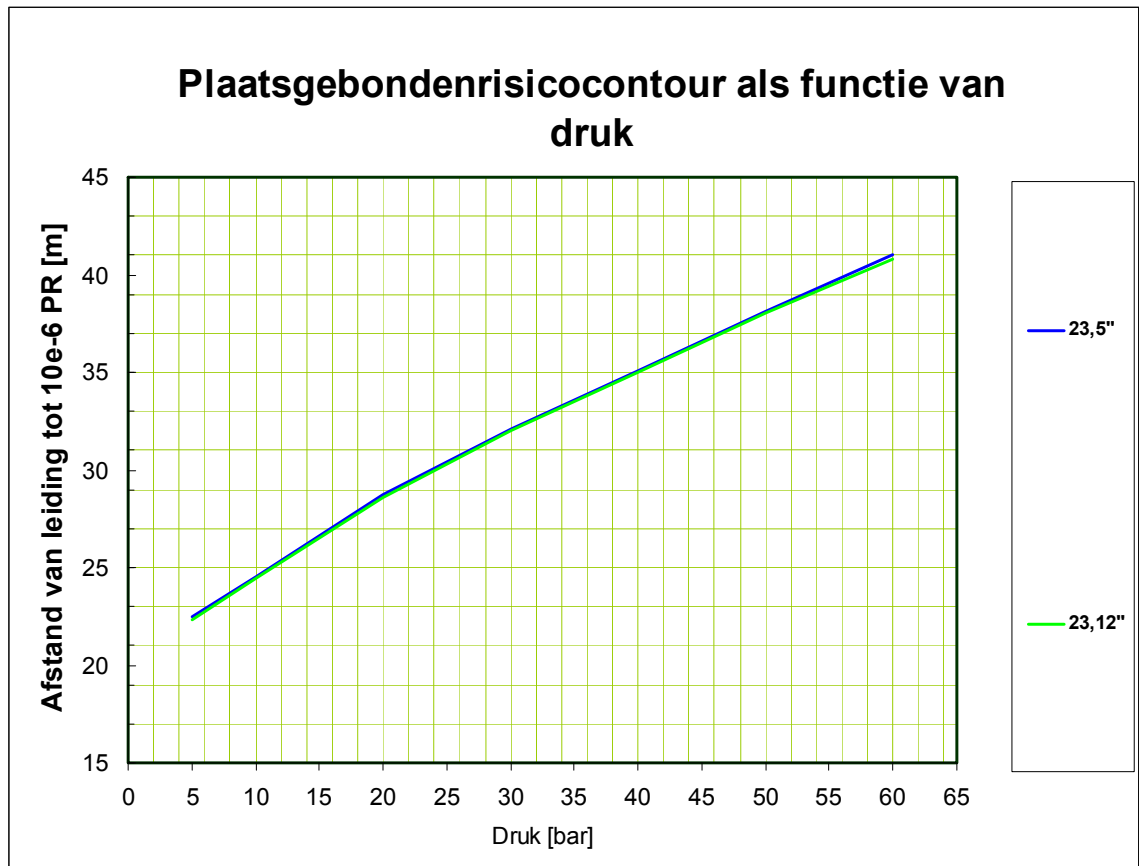
Figuur 3.1: Grafische weergave van de in tabel 5.3a vermelde gegevens (per 60, 50,...,5 bar).



Figuur 3.2: Vermelde gegevens (per 60, 50,...,5 bar).

Van de rekenresultaten zijn de volgende grafieken gemaakt. Zie hieronder.

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") van de Crude leiding.



Plaatsgebonden risico voor buisleiding met 23,5" diameter en 23,12" diameter.