



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Handleiding Risicoberekeningen Bevb

Versie 2.0
1 juli 2014



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Handleiding Risicoberekeningen Bevb

Module A - Juridisch kader

Versie 2.0
1 juli 2014

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Contact:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Centrum Veiligheid
safeti-nl@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van Rekenmethodiek Buisleidingen

Inhoudsopgave

1	JURIDISCH KADER	4
1.1	BESLUIT EXTERNE VEILIGHEID BUISLEIDINGEN (BEVB).....	4
1.2	REGELING EXTERNE VEILIGHEID BUISLEIDINGEXPLOITANTEN (REVB)	4
1.3	GEBRUIK VAN AFWIJKENDE REKENMETHODIEK	4

1 Juridisch kader

1.1 **Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)**

In het Bevb zijn risiconormen met betrekking tot de externe veiligheid opgenomen waaraan exploitanten met buisleidingen met gevaarlijke stoffen moeten voldoen. Deze exploitanten verrichten soms risicovolle activiteiten in de nabijheid van personen of groepen personen. Het besluit wil die risico's beperken en zo de burgers een minimum beschermingsniveau bieden. Het verplicht exploitanten voor het gebruik van buisleidingen en gemeenten bij het maken van bestemmingsplannen rekening te houden met externe veiligheid.

1.2 **Regeling externe veiligheid buisleiding (Revb)**

In de Revb zijn o.a. regels gesteld met betrekking tot de berekening van de risico's van de buisleiding. Ook voor de verantwoording van het groepsrisico in het invloedsgebied is een berekening nodig. In de Revb is de toepassing van de rekenmethodiek Bevb voorgeschreven voor het vaststellen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico voor de buisleidingexploitanten die vallen onder het Bevb.

1.3 **Gebruik van afwijkende rekenmethodiek**

De Revb regelt de generieke acceptatie van alternatieven die gelijkwaardig zijn aan de Handleiding risicoberekeningen Bevb en CAROLA voor hogedruk aardgasleiding en SAFETI-NL voor aardolieproducten en chemicaliënleidingen. Toepassing van een andere rekenmethodiek is pas mogelijk na goedkeuring door de minister van Infrastructuur en Milieu (hierna: I&M), die een besluit neemt nadat advies is ingewonnen bij het RIVM. Het besluit van de minister is een besluit in de zin van de Algemene wet bestuursrecht (hierna: Awb). Op het besluit tot goedkeuring van de rekenmethodiek, of de weigering daarvan, is titel 4.1 *Beschikkingen* van de Awb van toepassing. In deze titel zijn regels opgenomen ten aanzien van onder meer de aanvraag tot goedkeuring, de beslistermijn en de voorbereiding van de goedkeuring dan wel de onthouding daarvan. Tegen de beschikking tot goedkeuring dan wel onthouding daarvan kan bezwaar en beroep worden ingesteld. Hoofdstukken 6 en 7 Awb met betrekking tot bezwaar en beroep zijn dan ook van toepassing op deze procedure.

Een aanvraag tot het gebruik van een andere rekenmethodiek moet worden gezonden aan de Minister van I&M, ter attentie van het RIVM, Centrum Veiligheid, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven. Een uitgebreide procedure voor het aanvragen en beoordelen van andere rekenmethodieken is te downloaden van de website van het RIVM.



Handleiding Risicoberekeningen Bevb

Module B – Hogedruk aardgasleidingen

Versie 2.0
1 juli 2014

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Contact:
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Centrum Veiligheid
carola@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van Rekenmethode buisleidingen.

Inhoud

INLEIDING	4
1 REKENMETHODIEK	5
1.1 LEIDINGTYPEN	5
1.1.1 Drooggasleidingen	5
1.1.2 Natgasleidingen	5
1.1.3 Hoogcalorisch gas	6
1.1.4 Zuurgasleidingen	6
1.2 VALIDATIEGRENZEN REKENPAKKET CAROLA	6
2 MODELPARAMETERS	7
2.1 INLEIDING	7
2.2 MODELLERING VAN DE SCENARIO'S	7
2.3 QRA SPECIFIEKE PARAMETERS	8
2.3.1 Richting van de uitstroming	8
2.3.2 Tijdsafhankelijke uitstroom en ontstekingskans	8
2.3.3 Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten	8
2.3.4 Ruwheidslengte van de omgeving	9
2.3.5 Meteorologisch weerstation en parameters	9
2.3.6 Hoogte voor de berekening van de effecten	9
2.3.7 Letaliteit	10
2.3.8 Invloed windturbines	10
2.4 PROJECTSPECIFIEKE PARAMETERS	10
2.4.1 Locatie van de uitstroming	11
2.4.2 Topografische kaarten	11
2.4.3 Interessegebied	11
2.4.4 Bevolking	12
2.4.5 Kenmerken leidingenbestand	16
2.4.6 Mitigerende maatregelen beschadiging door derden	18
2.4.7 Mitigerende maatregelen corrosie	21
3 PROCEDURE RISICOBEREKENINGEN MET CAROLA	23
3.1 INLEZEN ACHTERGRONDKAART	23
3.2 SELECTEREN INTERESSEGEBIED	23
3.3 INLEZEN GECODEERDE BESTAND MET LEIDINGGEGEVENS	23
3.4 BEREKENEN PLAATSGEBONDEN RISICO	24
3.5 ZICHTBAAR MAKEN VAN HET INVLOEDSGEBIED	24
3.6 INVOEREN BEVOLKINGSGEGEVENS	24
3.7 GROEPRISICOBEREKENINGEN	25
3.8 SAMENVATTEND RAPPORT	26
4 TECHNISCHE DOCUMENTATIE	27
4.1 INLEIDING	27
4.2 RAPPORTAGEPLICHT VOOR EEN QRA AAN EEN BEVOEGD GEZAG	27
5 BIJLAGE TOELICHTING	29
5.1 HOOFDSTUK 2 MODELPARAMETERS	29
5.2 TECHNISCHE GRENZEN VOOR INVOERGEDEVENS IN CAROLA	32
REFERENTIES	38

Inleiding

De door het ministerie van Infrastructuur en Milieu ingevoerde wet- en regelgeving rond ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen is gebaseerd op de door de NV Nederlandse Gasunie en RIVM ontwikkelde, en door het ministerie geaccordeerde rekenmethodiek voor het bepalen van plaatsgebonden risico en groepsrisico. De risicoberekeningen waren oorspronkelijk gebaseerd op het niet algemeen vrij toegankelijke rekenpakket PIPESAFE (versie 2.14.0) [1][2]. CAROLA (Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas) [3] is een vrij verkrijgbare afgeleide van PIPESAFE en vervangt het PIPESAFE model als rekenstandaard. De uitkomsten uit CAROLA komen overeen met de uitkomsten uit PIPESAFE en zijn in overeenstemming met de eerder genoemde en geaccordeerde rekenmethodiek. Het rekenpakket CAROLA is het Nederlandse standaardrekenpakket voor ondergronds gelegen hogedruk aardgastransportleidingen en moet voor de Nederlandse situatie worden gebruikt.

Het gebruik van CAROLA is noodzakelijk voor het verkrijgen van de plaatsgebonden risicoafstanden en groepsrisicowaarden die zijn genoemd in de wet- en regelgeving met betrekking tot ondergrondse aardgastransportleidingen.

Deze module beschrijft de uitgangspunten van de berekeningen met het rekenpakket CAROLA. Daarnaast wordt beschreven hoe een risicoanalyse met het rekenpakket CAROLA moet worden uitgevoerd.

De risicomethodiek voor ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen is beschreven in een RIVM-rapport [4]. In dit rapport komen de scenario's, faalfrequenties, bronterm en de meegenomen effecten aan de orde. Aanvullende informatie over de risicomethodiek is gegeven in een Gasunierapport [5] en NAM-rapport [6]. Alle rapporten zijn toegankelijk via de website van het RIVM.

1 Rekenmethodiek

1.1 Leidingtypen

Met het rekenpakket CAROLA kunnen risicoberekeningen worden uitgevoerd voor ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen. Het aardgas moet kunnen worden gekwalificeerd als één van de hieronder genoemde gassen. Wanneer dat niet het geval is, kunnen de risico's van de betreffende leidingen mogelijk niet worden bepaald met deze module van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb en met gebruikmaking van CAROLA. In plaats daarvan moeten de risico's worden bepaald op basis van de beste wetenschappelijke inzichten.

1.1.1 Drooggasleidingen

Drooggasleidingen bevatten behandeld aardgas. Drooggas wil zeggen dat er bij -20 °C onder de atmosferische druk geen vloeistoffractie meer afscheidt van het gas.

1.1.2 Natgasleidingen

Natgasleidingen zijn leidingen waarin, naast aardgas, onder andere ook condensaat in aanwezig is. Voor natgasleidingen met een Condensaat Gas Ratio (CGR) van maximaal 80¹ kan dezelfde methodiek als voor drooggasleidingen worden gehanteerd [7].

Voor het uitvoeren van risicoberekeningen voor leidingen met natgas met een CGR groter dan 80 moet specifiek worden onderzocht of het rekenpakket CAROLA hiervoor geschikt is of geschikt gemaakt kan worden. Als dit niet het geval blijkt, moet de berekeningen, afhankelijk van de eigenschappen van het natgas, worden uitgevoerd volgens de Handleiding Risicoberekeningen Bevb Module C Buisleidingen met aardolieproducten of de module Handleiding Risicoberekeningen Bevb, Module D Buisleidingen met overige stoffen.

Voor drooggasleidingen wordt in de risicoberekening rekening gehouden met de faaloorzaken "beschadiging door derden" en "corrosie". Voor natgasleidingen is daarnaast de bijdrage door interne corrosie onderkend als additionele faalfactor.

Er zijn twee randvoorwaarden waarbij de inschatting is gemaakt dat er geen significante bijdrage als gevolg van interne corrosie is te verwachten:

- Bij gebruik van duplex staal wordt interne corrosie uitgesloten en kan op gelijke wijze als voor de drooggasleidingen de faalfrequentie worden afgeleid;
- Indien koolstofstaal als materiaal wordt gebruikt, worden een corrosie-inhibitor en een corrosietoeslag op de wanddikte toegepast. De toegepaste corrosietoeslag in de wanddikte van de leiding mag niet worden meegenomen in de berekeningen van de faalfrequenties voor de faaloorzaken "beschadiging door derden" en "corrosie". Indien de toepassing van een corrosie-inhibitor niet consequent gebeurt, moet specifiek worden onderzocht wat de bijdrage van interne corrosie is. Het rekenpakket kan dan niet direct worden toegepast. Wanneer er specifieke maatregelen genomen worden qua onderhoud en inspectie en door de exploitant kan worden aangetoond dat er geen wanddikteafname plaatsvindt, kan een uitzondering worden gemaakt voor het niet meenemen van de corrosietoeslag in de wanddikte. De Nederlandse

¹ Condensaat-Gas Ratio (CGR) $\leq 80 \text{ m}^3 \text{ condensaat} / 10^6 \text{ Nm}^3 \text{ gas}$.

Aardolie Maatschappij BV heeft dit voor haar leidingen inmiddels aangetoond [8][9].

1.1.3 *Hoogcalorisch gas*

In CAROLA wordt standaard gerekend met zogenaamd H-gas (hoogcalorisch gas), met een dichtheid van $0,82 \text{ kg/m}^3$ en een calorische onderwaarde van $36,4 \text{ MJ/m}^3$.

1.1.4 *Zuurgasleidingen*

Zuurgasleidingen bevatten naast aardgas ook zwavelwaterstof (H_2S). H_2S is een toxische stof met een LC_{50} -waarde (rat, inhalatoir) van $0,869 \text{ mg/l/4}$ uur [10]. Om te bepalen of voor zuurgasleidingen ook een toxische component in de risicoberekeningen moet worden beschouwd, moet het percentage H_2S bekend zijn. Gegeven de bovengrens voor een R20-zin (schadelijk bij inademing, 20 mg/l/4 uur) en de toxiciteit van H_2S , kan worden gesteld dat een mengsel met $4,3\%$ H_2S een LC_{50} -waarde van ongeveer 20 mg/l/4 uur zou hebben. Mengsels met een percentage H_2S kleiner dan $4,3\%$ hebben een LC_{50} -waarde die hoger is dan de bovengrens voor een R20-zin. In die gevallen is het mengsel dus wel brandbaar, maar heeft het geen R20/23/26 zin, en wordt daarom gemodelleerd als alleen brandbaar. Hierbij is aangenomen dat het gasmengsel geen andere stoffen met toxische effecten bevat. Wanneer het percentage H_2S groter is dan $4,3\%$, dan moet de toxische component afzonderlijk in de risicoberekeningen worden meegenomen en in die gevallen is CAROLA niet geschikt om de risico's volledig te bepalen.

1.2 **Validatiegrenzen rekenpakket CAROLA**

Het rekenpakket CAROLA kan worden gebruikt voor ondergronds gelegen hogedruk aardgastransportleidingen met een diameter van 2 inch tot en met 48 inch. De gebruikte modellen zijn, strikt genomen, gevalideerd van 8 tot 100 bar, hoewel wordt verwacht dat de modellen tot minimaal 150 bar nog verantwoord kunnen worden toegepast.

Het CAROLA pakket kan echter rekenen met leidingen tot maximaal 300 bar. Voor leidingen met een druk groter dan 150 bar zou onder andere zwaar gas dispersie kunnen optreden (afhankelijk van de samenstelling van het gas) en voor deze drukken kan niet met zekerheid worden gesteld dat het CAROLA pakket een reële inschatting van de risico's geeft.

2 Modelparameters

2.1 Inleiding

Een risicoberekening met het rekenpakket CAROLA sluit aan bij de vastgestelde rekenmethodiek [4][7]. Bij de uitvoering van de berekeningen moet een aantal keuzes worden gemaakt en een aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft deze keuzes en de parameters die van belang zijn in de risicoberekeningen. In de beschrijving wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

Categorie 1: Algemene parameters die de leidingexploitant en de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een QRA-berekening voor ondergrondse buisleidingen. Deze parameters zijn beschreven in paragraaf 2.3.

Categorie 2: Projects specifieke parameters om de berekening in overeenstemming te brengen met locatiespecifieke omstandigheden. Dit zijn parameters die door de gebruiker in worden gevoerd of gegevens die door de leidingexploitant aan de gebruiker worden geleverd. Deze zijn beschreven in paragraaf 2.4.

Daarnaast zijn er nog parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die horen bij het rekenmodel, en parameters die niet van invloed zijn op de rekenresultaten, maar alleen de presentatie van (tussen-) resultaten bepalen. Deze parameters zijn beschreven in de documentatie van het rekenpakket.

2.2 Modelling van de scenario's

Voor ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen wordt één representatief scenario voorgeschreven [4], zie Tabel 1.

Tabel 1 Scenario hogedruk aardgastransportleidingen.

Scenario
Leidingbreuk

Opmerkingen:

- Hoewel lekken vaker zullen voorkomen dan leidingbreuken, is hun bijdrage aan het risico ten opzichte van de leidingbreuken verwaarloosbaar klein. Dit is aangetoond door middel van berekeningen met PIPESAFE [5]. Daarom worden lekken niet in de risicoberekeningen van ondergrondse aardgastransportleidingen meegenomen en worden alleen leidingbreuken beschouwd.
- De risicobepalende leidingbreuken zijn voornamelijk het gevolg van graafwerkzaamheden door derden [5]. In de risicomethodiek voor aardgastransportleidingen wordt hier specifiek rekening mee gehouden. Daarnaast is de bijdrage van het falen van een leiding als gevolg van corrosie in de risicomethodiek opgenomen. Door het nemen van aanvullende maatregelen zoals inwendige inspecties kan de bijdrage door corrosie worden gereduceerd dan wel uitgesloten [4].
- Omdat de kans op een leidingbreuk voornamelijk door graafwerkzaamheden wordt bepaald, is de kans op een beschadiging afhankelijk van de diepteligging van de leiding. Of een beschadiging resulteert in een leidingbreuk hangt vervolgens weer af van de diameter, wanddikte, druk, staalsoort en kerfslagwaarde.

2.3 QRA specifieke parameters

De parameters in deze categorie betreffen algemene parameters die niet kunnen worden gewijzigd.

2.3.1 *Richting van de uitstroming*

De richting van de uitstroming voor ondergrondse leidingen is standaard verticaal.

2.3.2 *Tijdsonafhankelijke uitstroom en ontstekingskans*

Gegeven dat het uitstromende gas ontsteekt, wordt er standaard gerekend met 0,75 kans op directe ontsteking en 0,25 kans op vertraagde ontsteking. Er wordt gerekend met een tijdsgemiddeld uitstroomdebiet, uitgaande van 20 seconden blootstelling. Bij directe ontsteking wordt gerekend met het gemiddelde debiet over de eerste 20 seconden na het ontstaan van de leidingbreuk; bij vertraagde ontsteking wordt gerekend met het tijdsgemiddelde debiet over de periode van 120 tot 140 seconden.

Tabel 2 Directe en vertraagde ontsteking.

Tijdperiode gemiddelde uitstroomdebiet	Fractie ontstekingstijdstip
0 – 20 s (directe ontsteking)	0,75
120 – 140 s (vertraagde ontsteking)	0,25

De kans op ontsteking is afhankelijk van de diameter en druk van de buisleiding [4][5]. Ter illustratie geeft Tabel 3 de kans van ontsteking voor leidingen met een diameter van 4 tot en met 16 inch en 40 bar druk en groter dan 16 inch met 66,2 bar druk.

Tabel 3 Voorbeeld ontstekingskansen voor leidingen met een diameter tot 48 inch.

Diameter leiding (inch)	Druk(bar)	Kans van ontsteking
4	40	0,18
6	40	0,19
8	40	0,20
10	40	0,22
12	40	0,24
14	40	0,25
16	40	0,27
18	66,2	0,28
20	66,2	0,33
24	66,2	0,44
30	66,2	0,65
36	66,2	0,80
42	66,2	0,80
48	66,2	0,80

2.3.3 *Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten*

In de berekening wordt geen rekening gehouden met drukverlies ten gevolge van de aanwezigheid van kleppen, verbindingen en bochten.

2.3.4 *Ruwheidslengte van de omgeving*

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. De gebruikte ruwheidslengte van de omgeving voor de bepaling van het windprofiel is standaard 0,1 meter. De beschrijving van de omgeving is opgenomen in Tabel 4.

Tabel 4 Beschrijving terreintype met ruwheidslengte.

Beschrijving omgeving	Ruwheidslengte
Lage gewassen; hier en daar grote obstakels, $x / h > 20$	0,10 m

Opmerking:

x is een typische afstand tussen obstakels bovenwinds en h de typische hoogte van de obstakels.

2.3.5 *Meteorologisch weerstation en parameters*

Het meteorologische weerstation dat qua ligging representatief is voor de plaats waar de leidingbreuk plaatsvindt, wordt door het rekenpakket automatisch gekozen. Hierbij wordt gekozen uit de weerstations zoals gegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Meteorologische weerstations.

Naam					
Beek	Eelde	Hoek van Holland	Rotterdam	Twente	Volkel
Deelen	Eindhoven	IJmuiden	Schiphol	Valkenburg	Woensdrecht
Den Helder	Gilze-Rijen	Leeuwarden	Soesterberg	Vlissingen	Ypenburg

De in CAROLA gebruikte waarden voor een aantal meteorologische parameters zijn te vinden in Tabel 6. De waarden zijn jaargemiddelden.

Tabel 6 Gebruikte standaardwaarden voor een aantal meteorologische parameters.

Parameter	Standaardwaarde dag	Standaardwaarde nacht
Omgevingstemperatuur	9 °C	9 °C
Temperatuur gas	9 °C	9 °C
Luchtdruk	101510 N/m ²	101510 N/m ²
Luchtvochtigheid	83 %	83 %
Fractie van een etmaal	0,44 (8:00 – 18:30)	0,56 (18:30 – 8:00)

Opmerking:

De standaardwaarden die in CAROLA gebruikt zijn, komen overeen met de waarden uit het consequentieonderzoek hogedruk aardgastransportleidingen en zijn overgenomen uit het Paarse Boek [11]. Deze wijken af van de standaardwaarden uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [12]. Daarbij is het zo dat de in Tabel 6 opgenomen parameters nauwelijks van invloed zijn op het relevante effect (zijnde warmtestraling) bij een breuk in een ondergrondse hogedruk aardgastransportleiding.

2.3.6 *Hoogte voor de berekening van de effecten*

Het 2-dimensionale warmtestralingsprofiel wordt berekend op een hoogte van één meter, conform het Paarse Boek [11] en de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [12].

2.3.7 Letaliteit

De sterftekans, P_{letaal} , wordt berekend met behulp van een probit, Pr,

$$P_{\text{letaal}} = 0,5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\text{Pr} - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (1)$$

waarbij

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (2)$$

De sterftekans, P_{letaal} , voor de blootstelling aan warmtestraling (fakkel) is gegeven door de probitrelatie:

$$\text{Pr} = a + b \ln \left(\int Q^c dt \right) \quad (3)$$

met

Pr	probit behorende bij de overlijdenskans	(-)
Q	warmtestraling op tijdstip t	(kW m ⁻²)
t	blootstellingstijd	(s)

en probit constanten $a = -12,8$; $b = 2,56$; $c = 1,33$.

Met een tijdsgemiddeld debiet, daarmee een tijdsafhankelijk warmtestraling-profiel en een blootstellingsduur van 20 seconden, reduceert bovenstaande formule tot:

$$\text{Pr} = -12,8 + 2,56 \cdot \ln (Q^{1,33} \cdot 20) \quad (4)$$

De minimum waarde van P_{letaal} die nog meegenomen wordt in de berekening is gelijk aan 0,01. De berekening van de kans op overlijden voor het plaatsgebonden risico en voor het groepsrisico is gegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Kans op overlijden voor brandbare stoffen – warmtestraling

Gebied	Plaatsgebonden Risico	Groepsrisico binnen	Groepsrisico Buiten
warmtestraling ≥ 35 kW m ⁻²	1	1	1
warmtestraling < 35 kW m ⁻²	P_{letaal}	0	$0,14 \times P_{\text{letaal}}$

Opmerking:

Voor de bepaling van de kans op overlijden voor mensen buiten, wordt in de berekening van het groepsrisico een beschermingsfactor 0,14 voor kleding toegepast.

2.3.8 Invloed windturbines

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. Het is echter momenteel niet mogelijk om in CAROLA de invloed van windturbines in de omgeving van ondergrondse hogedruk aardgastransportleidingen direct als parameter mee te nemen in de risicoberekeningen. Een methode om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in [13].

2.4 Projectspecifieke parameters

De parameters in deze categorie kunnen worden gewijzigd om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden van de buisleiding en de omgeving.

2.4.1 *Locatie van de uitstroming*

Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico worden bepaald door het product van faalfrequentie en letaliteit te integreren over de lengte van de leiding. Daarom is het van belang dat de leiding op een gedegen manier in kaart wordt gebracht, met name als het gaat om de specifieke ligging van het tracé (x- en y-coördinaten) en de parametrisering van de leiding per coördinaat (diameter, druk, wanddikte, staalsoort, dekking, etc.).

De benodigde (x,y)-coördinaten van een leiding worden door de leidingexploitant aangeleverd. Bij de risicoberekeningen wordt rekening gehouden met de variërende locatiespecifieke leidingkenmerken over een leiding. Wanneer er een verandering optreedt in diameter, druk, wanddikte, staalsoort of dekking van de leiding, moet er een nieuwe coördinaat met bijbehorende kenmerken opgenomen zijn. Ook bij bochten of wanneer er een wijziging is in genomen/te nemen locatiespecifieke risicoreducerende maatregelen moeten er nieuwe coördinaten zijn opgenomen. Een overgang in een kenmerk van een leiding vindt plaats op die coördinaat waar de waarde van het kenmerk afwijkt van de waarde van het kenmerk op de voorgaande coördinaat. De kenmerken worden tussen twee opeenvolgende coördinaten dus niet geïnterpoleerd.

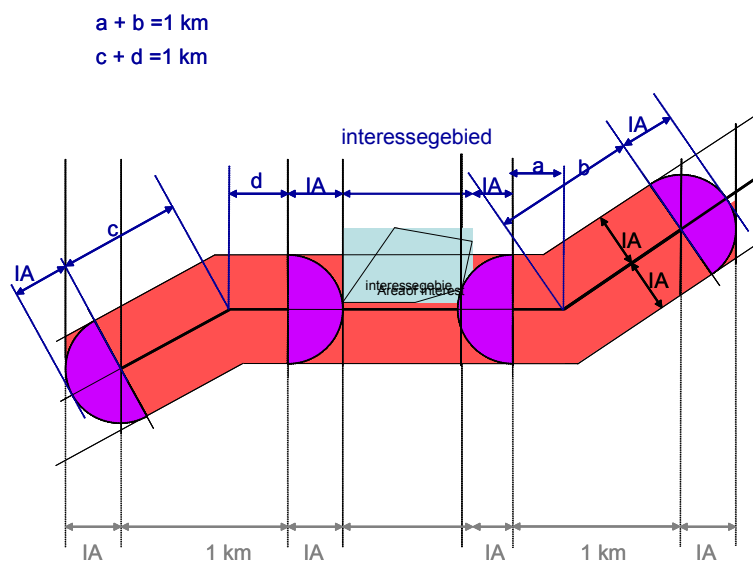
Om voor lange transportleidingen een representatieve risicocontour op te kunnen stellen, dienen de leidingcoördinaten die gebruikt worden in de risicoberekening zich op een regelmatige afstand van elkaar te bevinden. Het aantal coördinaten dient zodanig hoog te zijn dat de risicoberekeningen niet afhankelijk zijn van dit aantal. Het rekenpakket voert hierom zelf een interpolatie uit wanneer de lengte tussen twee opeenvolgende buisleidingcoördinaten groter is dan 10 meter.

2.4.2 *Topografische kaarten*

Bij het hanteren van de berekende afstanden of contouren is het van belang dat de nauwkeurigheid van het kaartmateriaal aansluit bij het beoogde gebruik. Gezien het feit dat de afstanden of contouren betekenis kunnen hebben op bestemmingsplanniveau wordt geadviseerd de Grootchalige Basiskaart van Nederland (schaal 1:100 – 1:5000) te gebruiken. Indien het gebruik van de afstanden of contouren dit toelaat (bijvoorbeeld als berekeningen zijn uitgevoerd die niet voor bestemmingsplannen bedoeld zijn), of vanwege specifieke omstandigheden, kan gebruik worden gemaakt van de topografische kaart schaal 1:10.000 of 1:25.000. De topografische kaarten moeten in het pakket handmatig van coördinaten worden voorzien.

2.4.3 *Interessegebied*

Het interessegebied is het gebied waar een ruimtelijke ontwikkeling langs een buisleiding geprojecteerd wordt/is, of waar een aanpassing van een bestaande of een nieuwe buisleiding gepland is. Het interessegebied moet passen binnen een vierkant van $10 \times 10 \text{ km}^2$. In Figuur 1 is een voorbeeld van een interessegebied aangegeven. In de figuur is tevens de inventarisatieafstand (IA) voor het groepsrisico opgenomen. Deze inventarisatieafstand wordt gedefinieerd door de 1% letaliteitsafstand en wordt door het rekenpakket zelf bepaald. Het interessegebied en de inventarisatieafstand bepalen de totale leidinglengte die meegevoerd moet worden voor groepsrisicoberekeningen.



0
 Figuur 1 Interessegebied, inventarisatieafstand (IA) en totale leidingenlengte die meegenomen moet worden voor de groepsrisicoberekeningen.

2.4.4 Bevolking

In het rekenpakket CAROLA kunnen drie verschillende typen bevolking worden ingevoerd, namelijk wonen, werken en evenementen. Om het groepsrisico op een correcte manier te berekenen, moet de bevolking binnen het gehele invloedsgebied van het groepsrisico (begrensd door de inventarisatieafstand) worden ingevoerd.

Het detailleren van de populatie binnen het invloedsgebied kan gebeuren op de volgende twee manieren:

- het inlezen van tekstbestanden met populatie
- het handmatig aanmaken van polygonen met populatie.

Bij het laden van een tekstbestand wordt de gebruiker gevraagd het type bevolking te selecteren (wonen, werken of evenement). Hierbij wordt een aantal standaard parameterwaarden getoond (Tabel 8). Bij het zichtbaar maken van het type bevolking en de bijbehorende standaard parameterwaarden, moet de gebruiker ofwel akkoord gaan met deze standaardinstellingen of het bevolkingstype respectievelijk de standaardwaarden wijzigen. Dezelfde parameterwaarden en beperkingen zijn vastgesteld voor de door de gebruiker gegenereerde polygonen.

Tabel 8 Standaardwaarden wonen, werken, evenement.

Standaardwaarden	Wonen	Werken	Evenement
Percentage aanwezig gedurende de dag	50%	100%	100%
Percentage aanwezig gedurende de nacht	100%	0%	100%
Percentage buiten gedurende de dag	7%	7%	7%
Percentage buiten gedurende de nacht	1%	1%	1%
Tijdspercentage overdag aanwezig gedurende het jaar	100%	100%	1%
Tijdspercentage 's nachts aanwezig gedurende het jaar	100%	100%	1%

Tabel 9 Toegestane waarden wonen, werken, evenement.

Toegestane waarden	Wonen	Werken	Evenement
Percentage aanwezig gedurende de dag	0-100%	0-100%	100%
Percentage aanwezig gedurende de nacht	0-100%	0-100%	100%
Percentage buiten gedurende de dag	0-100%	0-100%	0-100%
Percentage buiten gedurende de nacht	0-100%	0-100%	0-100%
Tijdspercentage overdag aanwezig gedurende het jaar	100%	100%	0-50%
Tijdspercentage 's nachts aanwezig gedurende het jaar	100%	100%	0-50%

Opmerkingen:

- De grijze waarden in Tabel 8 zijn door de gebruiker niet te wijzigen.
- Een wijziging van een polygoon of tekstbestand heeft geen gevolgen voor andere tekstbestanden of polygoon.
- Polygoon kunnen worden gekopieerd en de kenmerken kunnen worden aangepast. Op deze manier kunnen wonen, werken en evenementen in hetzelfde gebied worden gedefinieerd. Polygoon kunnen andere polygoon en punten uit een ingeladen tekstbestand overlappen. Personen gedefinieerd binnen polygoon worden verondersteld gelijkmatig te zijn verdeeld.
- Standaard bestaat de dagtijd uit 10,5 uur en de nachttijd uit 13,5 uur. Daarnaast is de beschermingsfactor voor kleding standaard ingesteld op 0,14. Deze standaard waarden kunnen niet door de gebruiker worden aangepast. Deze waarden, samen met de waarden die zijn toegekend aan de aanwezige bevolking, het deel van de personen dat zich buiten bevindt en het percentage over de tijd worden meegenomen in de groepsrisicoberekeningen. Het aanwezigheidspercentage van de personen en het percentage personen buiten beïnvloeden het aantal doden, terwijl het tijdspercentage van invloed is op de frequentie.
- Alle bevolkingsgegevens kunnen worden opgeslagen en zijn opnieuw te laden.

2.4.4.1 *Het modelleren van personen bij evenementen*

Evenementen stellen locaties voor waar veel personen aanwezig zijn gedurende kortere periodes van het jaar. Personen die slechts een gedeelte van het jaar (of van de dagperiode) aanwezig zijn, zoals in recreatiegebieden of bij evenementen, moeten worden meegenomen in de berekening wanneer de bijdrage aan het groepsrisico relevant is. Het meenemen van dergelijke groepen wordt in het rekenpakket CAROLA gedaan door het definiëren van tijdsperiodes met verschillende aantallen aanwezigen, rekening houdend met de gewenste nauwkeurigheid. Daarom heeft voor evenementen de tijdsfractie van het jaar dat de activiteit plaatsvindt een bereik van 0 – 50% (zie Tabel 9).

Bijvoorbeeld: als een stadion moet worden gemodelleerd dat slechts 4 uren per week in de dagperiode is bezet, dan is deze tijdsfractie gelijk aan $4/(168 \times 10,5/24) = 0,054$, hetgeen overeenkomt met een tijdspercentage overdag van 5,4 %. Een uitgebreid voorbeeld is weergegeven in het onderstaande kader.

In het rekenpakket is ervoor gekozen om evenementen niet tegelijkertijd te laten plaatsvinden. In het geval dat er meer dan één evenement wordt aangemaakt, zijn de personen die betrokken zijn bij deze afzonderlijke gebeurtenissen daarom nooit op hetzelfde tijdstip aanwezig. Vandaar dat de som van de tijdspercentages voor alle evenementen kleiner moet zijn dan of gelijk zijn aan

100%. Wanneer de som groter is dan 100% wordt de gebruiker gewaarschuwd dat de evenementen elkaar in tijd overlappen. Vervolgens zal het rekenpakket vragen om het aantal activiteiten of de overeenkomstige tijdspercentages aan te passen. Daarna kan pas verder worden gegaan met het uitvoeren van de berekeningen. De bewoners en werknemers zijn altijd aanwezig bij evenementen.

De FN-punten voor het groepsrisico moeten worden berekend voor:

- alle combinaties van windsnelheid en -richting gedurende dag en nacht
- alle combinaties van de bewoners (R), werknemers (W) en evenementen (E)

Natuurlijk moeten alle FN-punten gecumuleerd worden tot een FN-curve

Ten eerste is de faalfrequentie f opgesplitst voor dag en nacht

$$f_{\text{day}} = f \times \text{tijdsduur dag} / 24$$

$$f_{\text{night}} = f \times \text{tijdsduur nacht} / 24$$

Ten tweede zijn de scenario's met een frequentie f_{day} en f_{night} opgesplitst voor alle combinaties van windsnelheid (4) en windrichting (12). Dit resulteert in 96 scenario's met een frequentie $f_{\text{day},1} \dots f_{\text{day},48}$; $f_{\text{night},1} \dots f_{\text{night},48}$

Deze 96 scenario's worden verder opgesplitst voor de groepsrisico berekening door ze te combineren met alle combinaties van de bewoners (R), werknemers (W) en evenementen (E). Dit is uitgewerkt voor het incident scenario met een frequentie $f_{\text{day},1}$ (alle andere incident scenario's moeten op dezelfde wijze worden behandeld).

Het scenario met een frequentie $f_{\text{day},1}$ is opgesplitst voor de volgende bevolkingscombinaties:

- 1 bewoners (R) en werknemers (W) aanwezig met evenement E_1
De totale bevolking (P) op een x,y -coördinaat is gelijk aan $R(x,y) \times F_{\text{rd}} + W(x,y) \times F_{\text{wd}} + E_1(x,y)$
 F_{rd} en F_{wd} zijn de percentages van de aanwezige bewoners en werknemers zoals gedefinieerd in Tabel 8 en 9 (natuurlijk moeten voor een nacht scenario de tijdspercentages voor de nacht worden gebruikt)

De frequentie van dit basisscenario is nu: $f_{\text{day},1} \times F_{\text{ed},1}$

$F_{\text{ed},1}$ is het tijdspercentage dat het evenement aanwezig is gedurende een jaar op de dag. (natuurlijk moeten voor een nacht scenario de tijdspercentages voor de nacht worden gebruikt)

- 2 bewoners (R) en werknemers (W) aanwezig met evenement E_2
De totale bevolking (P) op een x,y -coördinaat is gelijk aan $R(x,y) \times F_{\text{rd}} + W(x,y) \times F_{\text{wd}} + E_2(x,y)$
De frequentie van dit basisscenario is nu: $f_{\text{day},1} \times F_{\text{ed},2}$

...

...

- n bewoners (R) en werknemers (W) aanwezig met evenement E_i
De totale bevolking (P) op een x,y -coördinaat is gelijk aan:
 $R(x,y) \times F_{\text{rd}} + W(x,y) \times F_{\text{wd}} + E_i(x,y)$

De frequentie van dit basisscenario is nu: $f_{\text{day},1} \times F_{\text{ed},i}$

- $n+1$ bewoners (R) en werknemers (W) aanwezig zonder evenement

De totale bevolking (P) op een x,y -coördinaat is gelijk aan $R(x,y) \times F_{\text{rd}} + W(x,y) \times F_{\text{wd}}$

De frequentie van dit basisscenario is: $f_{\text{day},1} \times (1 - \sum_{i=1}^n F_{\text{ed},i})$

Het totaal aantal scenario's waarvoor FN-punten moeten worden berekend is gelijk aan $96 \times (n+1)$. Voor de som van alle evenementen i , gelden de volgende beperkingen voor de factoren

F_{ed} en F_{en} :

$$\sum_i F_{\text{ed},i} \leq 100\% \quad \text{en} \quad \sum_i F_{\text{en},i} \leq 100\%$$

2.4.5 Kenmerken leidingenbestand

Het leidingenbestand is opgebouwd uit rijen waarin de relevante leidingkenmerken zijn opgenomen. Deze kenmerken met hun bijbehorende toegestane waarden zijn gegeven in Tabel 10. Een uitgebreide beschrijving van de technische grenzen voor de invoergegevens is opgenomen in paragraaf 5.2.

Tabel 10 Opbouw leidingbestand.

Kenmerken	Toegestane waarden
x-coördinaat	Rijksdriehoekscoördinaat
y-coördinaat	Rijksdriehoekscoördinaat
Stationing (m)	afstand vanaf het begin van de leiding
Diameter (mm)	50 – 1234
Druk (barg)	16 – 300
Wanddikte (mm)	2 – 40
Rekgrens (N/mm ²)	180 – 552
Diepteligging (m)	0 – 30
Charpy energie (J)	14; 24; 40; 70
Extra gronddekking (m)	0 – 30
Nummer van mitigerende maatregel uit cluster 2	20 – 29
Nummer van mitigerende maatregel uit cluster 3	30 – 39
Nummer van mitigerende maatregel uit cluster 4	40 – 49
Nummer van mitigerende maatregel uit cluster 5	50 – 59

Opmerkingen:

- Voor nieuwe leidingen mag het risico voor een individuele leiding alleen worden gebaseerd op de parameters diameter, druk, wanddikte, rekgrens, diepteligging en Charpy energie. De invloed van eventueel toegepaste maatregelen uit cluster 2, 3, 4 en 5 mogen niet in de berekeningen worden verdisconteerd.
- Als decimaalteken wordt in CAROLA een punt (.) gebruikt, als scheidingssteken tussen de kolommen met kenmerken kunnen spaties, komma's of tabs worden gebruikt.
- De stationing is een kenmerk van elke leidingcoördinaat. Deze geeft aan wat de afstand is van het beginpunt van de leiding tot de betreffende leidingcoördinaat in het horizontale vlak:

$$S_{i+1} = S_i + \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (5)$$

De stationing voor elke coördinaat staat hierdoor vast en is in principe onafhankelijk van een gemaakte uitsnede uit het leidingenbestand van de leidingenexploitant.

- Ten aanzien van de druk wordt verwezen naar paragraaf 1.2, waarin aangegeven wordt voor welke drukken het rekenpakket CAROLA is gevalideerd, en tot welke drukken berekeningen kunnen worden uitgevoerd.

- De consequenties voor de ruimtelijke ordening (PR en GR) van een leiding met in de tijd afnemende druk worden voor één situatie vastgesteld.
 - Voor nieuwe leidingen is het uitgangspunt de ontwerpdruk (maximale werkdruk);
 - Voor bestaande leidingen kunnen de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:
 - Aansluiten bij het uitgangspunt voor nieuwe leidingen en uitgaan van de ontwerpdruk (conservatief). Dit zou het geval kunnen zijn indien de leiding onder vergunning ligt;
 - De actuele (maximale) druk in de leiding. Hierbij moet geborgd zijn dat in de toekomst de druk ook niet meer hoger kan worden door bijvoorbeeld aansluiting op een nieuw veld. Bij leidingen waarbij additionele drukveiligheden worden toegepast zou ook de maximale druk kunnen worden gebruikt die toegelaten wordt door de additionele veiligheden.
- De maatregel 'extra gronddekking' wordt aangegeven door de leidingexploitant in meters en wordt door het rekenpakket meegenomen in de berekening van de faalfrequentie (voor de randvoorwaarden, zie paragraaf 5.1). Deze maatregel wordt aangegeven als een discrete waarde van (een veelvoud van) 0,10 meter.
- De diepteligging en de extra gronddekking hebben een positieve waarde voor ondergrondse leidingen.
- Voor de diepteligging voor de risicoberekeningen wordt 0,05 meter als minimum en 2,0 meter als maximum gehanteerd, ongeacht eventuele afwijkende waarden in het leidingbestand. De diepteligging die in de berekening wordt gebruikt, is een combinatie van de diepteligging en de extra diepteligging die als maatregel kan worden opgenomen, waarbij bovenstaande maximum wordt gehanteerd.
- In het rekenpakket zijn de bekende combinaties van druk en diameter opgenomen. In geval dat een combinatie van druk en diameter niet aanwezig is, kan bij het RIVM een aanvraag worden ingediend om deze op te nemen in de achterliggende tabellen van het rekenpakket.
- Alle buisleidinginformatie, samen met de naam van de leidingexploitant, versienummer van het rekenpakket en de vervaldatum, zijn opgeslagen in een gecodeerd bestand, dat door de gebruikers niet gelezen en gewijzigd kan worden. Het gecodeerde bestand bevat tevens een specificatie van het interessegebied. Het gecodeerde bestand wordt gebruikt als invoer voor het rekenpakket.
- Bij de risicoberekeningen wordt rekening gehouden met de variërende locatiespecifieke leidingkenmerken over een leiding. Wanneer er een verandering optreedt in diameter, druk, wanddikte, staalsoort of gronddekking van de leiding, moet er een nieuwe coördinaat met bijbehorende kenmerken opgenomen worden. Dekkingsovergangen van 20 cm of meer moeten worden beschreven in het leidingbestand. Ook moeten dekkingsovergangen van 10 cm of meer die over een leidingafstand van 50 meter of meer standhouden worden beschreven. Ook bij bochten of wanneer er een wijziging is in genomen of te nemen locatiespecifieke risicoreducerende maatregelen moeten er nieuwe coördinaten worden opgenomen. Een overgang in een kenmerk van een leiding vindt plaats op die coördinaat waar de waarde van het kenmerk afwijkt van de waarde van het kenmerk op de voorgaande coördinaat in het leidingbestand. De kenmerken worden tussen twee opeenvolgende coördinaten dus niet geïnterpoleerd.

2.4.6 Mitigerende maatregelen beschadiging door derden

Voor hogedruk aardgastransportleidingen kan een aantal maatregelen worden toegepast om het risico terug te brengen. De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de voornaamste faaloorzaak van aardgastransportleidingen, namelijk 'beschadiging door derden'. In het RIVM-rapport [4] worden de maatregelen uitgebreid beschreven. De randvoorwaarden worden genoemd in de bijlage (Hoofdstuk 5) bij deze module. Hieraan moet worden voldaan wil de reductiefactor voor een maatregel kunnen worden ingeboekt. De leidingexploitant is verantwoordelijk voor het opnemen van eventuele maatregelen in het leidingenbestand en zijn Veiligheids Beheersysteem (VBS) en Risico Managementsysteem (RMS).

De standaard faalfrequenties voor beschadiging door derden kunnen worden gecorrigeerd, gegeven de te nemen en de genomen maatregelen door middel van de formule:

$$\text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} \times \text{factor} \quad (6)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster1}} \times \text{factor}_{\text{cluster2}} \times \text{factor}_{\text{cluster3}} \times \text{factor}_{\text{cluster4}} \times \text{factor}_{\text{cluster5}} \quad (7)$$

Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één maatregel gekozen worden per cluster. Deze maatregelen zijn voor de clusters 2 – 5 genummerd van 0 – 9, wat leidt tot een nummering van de maatregelen van 20 tot 59. De factor voor de clusters 2 tot en met 4 wordt de factor van de gekozen maatregel. Voor cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Als voor de clusters 2, 3, 4 en 5 geen mitigerende maatregelen worden genomen, zijn de nummers in het buisleidingenbestand voor deze clusters 20, 30, 40 en 50, respectievelijk, en de bijbehorende reductiefactoren zijn dan gelijk aan 1.

2.4.6.1 Cluster 1 – regelgeving en casuïstiek

De maatregelen in cluster 1 betreffen de grondroerdersregeling (wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten, WION [14]) (A), de reductie in de basisfaalfrequentie op basis van casuïstiek (B) en actief rappel (C).

A. WION wetgeving	factor:	0,400
B. casuïstiek		
Leidingexploitant 1	factor:	0,357
Leidingexploitant 2	factor:	1,000
Leidingexploitant 3	factor:	1,000
Leidingexploitant 4	factor:	1,000
...		
Leidingexploitant 64	factor:	1,000
C. actief rappel		
Leidingexploitant 1	factor:	0,833
Leidingexploitant 2	factor:	1,000
Leidingexploitant 3	factor:	1,000
Leidingexploitant 4	factor:	1,000
...		
Leidingexploitant 64	factor:	1,000

De factoren voor B en C zijn vastgelegd op basis van de naam van de leidingexploitant. De totale factor voor een leidingexploitant op basis van maatregelen uit cluster 1 is het product van A, B en C.

Dus in het huidige voorbeeld voor leidingexploitant 1 is de factor van cluster 1 gelijk aan $0,4 \times 0,357 \times 0,833 = 0,119$; terwijl voor de leidingexploitant 2 tot 64 de factor uit cluster 1 gelijk is aan $0,4 \times 1,000 \times 1,000 = 0,400$.

In Tabel 11 worden per leidingexploitant de waarden weergegeven. De waarden uit de tabel zijn opgenomen in versie 1.3 van het CAROLA Parameterbestand.

Tabel 11. Overzicht van exploitantspecifieke factoren voor verschillende leidingexploitanten.

Exploitant	Cluster 1B Casuïstiek	Cluster 1C Actief rappel	Mitigerende maatregelen corrosie	Referentie
Alliander	1,000	1,000	1,000	
BBL Company VOF	0,357	0,833	0,000	[4], [15]
DELTA Netwerkbeprijf BV	1,000	0,833	0,000	
Essent	1,000	0,833	0,000	
GDF SUEZ E&P Nederland BV	1,000	1,000	1,000	
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV	1,000	0,833	0,000	[8],[9]
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV – ONEGas	1,000	0,833	0,000	[8],[9]
Noordgastransport BV	1,000	1,000	1,000	
Northern Petroleum Nederland BV	1,000	0,833	1,000	
NV Nederlandse Gasunie	0,357	0,833	0,000	[4], [15]
NV Nuon	1,000	0,833	1,000	
RWE Westfalen-Weser-Ems Netzservice GmbH	1,000	1,000	1,000	
TAQA Energy BV	1,000	1,000	1,000	
Vermilion Oil & Gas Netherlands BV	1,000	1,000	1,000	
Wintershall Noordzee BV	1,000	0,833	1,000	
Zebra Gasnetwerk BV	1,000	0,833	0,000	
Tulip Oil Netherlands BV	1,000	1,000	1,000	

2.4.6.2 Cluster 2 – afdekking met beschermend materiaal

Dit betreffen maatregelen waarbij er een ondergrondse afdekking plaatsvindt van de te beschermen leiding.

20. geen	factor: 1,000
21. waarschuwinglint	factor: 0,599
22. beschermplaten	factor: 0,200
23. waarschuwinglint + beschermplaten	factor: 0,033
24. reserve	factor: 1,000
25. reserve	factor: 1,000
26. reserve	factor: 1,000
27. waarschuwinglint + beschermplaten voorgesteld	factor: 0,033
28. beschermplaten voorgesteld	factor: 0,200
29. waarschuwinglint voorgesteld	factor: 0,599

2.4.6.3 Cluster 3 – beheermaatregelen

Beheersmaatregelen betreffen beperkingen aan of uitsluiting van graafwerkzaamheden door middel van een beheerovereenkomst met de grondeigenaar.

30. geen	factor: 1,000
31. overeenkomst, vergaande restricties	factor: 0,010
32. overeenkomst, graven/boren verboden	factor: 0,100
33. overeenkomst, beperkte restricties	factor: 0,625
34. reserve	factor: 1,000
35. reserve	factor: 1,000
36. reserve	factor: 1,000
37. overeenkomst, beperkte restricties voorgesteld	factor: 0,625
38. overeenkomst, grondroeren verboden voorgesteld	factor: 0,100
39. overeenkomst, vergaande restricties voorgesteld	factor: 0,010

2.4.6.4 Cluster 4 – fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen maatregelen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.

40. geen	factor: 1,000
41. hekwerk	factor: 0,000
42. dijklichaam	factor: 0,100
43. barrière op het maaiveld	factor: 0,125
44. reserve	factor: 1,000
45. reserve	factor: 1,000
46. reserve	factor: 1,000
47. barrière op het maaiveld voorgesteld	factor: 0,125
48. dijklichaam voorgesteld	factor: 0,100
49. hekwerk voorgesteld	factor: 0,000

2.4.6.5 Cluster 5 – overige maatregelen

De maatregelen in cluster 5 betreffen maatregelen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één maatregel worden geselecteerd. De factoren voor de maatregelen in cluster 5 zijn afhankelijk van de parameterwaarden voor A en C, zoals omschreven in cluster 1. De volgende formule geldt:

$$\text{factor}_{\text{cluster5}} = (A \times C)^{-1} / \text{factor}_{\text{geselecteerde maatregel, cluster 5}} \quad (8)$$

Als er geen maatregelen worden gespecificeerd voor cluster 5 (dat wil zeggen: als het nummer voor cluster 5 in het buisleidingenbestand 50 is) dan is de factor_{cluster5} = 1,0.

50. geen	-
51. strikte begeleiding werkzaamheden	factor: 7,5
52. cameratoezicht	factor: 6,5
53. reserve	factor: 1,0
54. reserve	factor: 1,0
55. reserve	factor: 1,0
56. reserve	factor: 1,0
57. reserve	factor: 1,0
58. cameratoezicht voorgesteld	factor: 6,5
59. strikte begeleiding werkzaamheden voorgesteld	factor: 7,5

2.4.6.6 Toegestane waarden

Toegestane waarden van de factoren in Clusters 1 tot 5:

factoren Cluster 1:	0,000 – 1,000
factoren Cluster 2:	0,000 – 1,000
factoren Cluster 3:	0,000 – 1,000
factoren Cluster 4:	0,000 – 1,000
factoren Cluster 5:	1,000 – 100,0

De waarden die worden toegekend aan de verschillende mitigerende factoren (zoals beschreven in paragraaf 2.4.6.1 tot en met 2.4.6.5) kunnen niet door een gebruiker of een leidingexploitant worden gewijzigd. Deze wijzigingen kunnen alleen worden doorgevoerd door het RIVM.

2.4.7 Mitigerende maatregelen corrosie

De standaard faalfrequenties voor corrosie worden gecorrigeerd gegeven de leidingexploitant:

$$\text{faalfrequentie}_{\text{corrosie, gecorrigeerd}} = \text{faalfrequentie}_{\text{corrosie}} \times \text{factor} \quad (9)$$

waarbij de factor afhangt van de leidingexploitant:

Leidingexploitant 1	factor: 0,000
Leidingexploitant 2	factor: 1,000
Leidingexploitant 3	factor: 1,000
Leidingexploitant 4	factor: 1,000
...	
Leidingexploitant 64	factor: 1,000

Dus voor leidingexploitant 1 is corrosie uitgesloten als mogelijke oorzaak voor falen (factor = 0,000), terwijl voor de andere leidingexploitanten corrosie nog moet worden beschouwd als mogelijke faaloorzaak. Toegestane waarden van de factor voor de mitigerende maatregelen voor corrosie:

factoren: 0,000 of 1,000

Wanneer er specifieke maatregelen genomen worden qua onderhoud en inspectie en door de exploitant kan worden aangetoond dat er geen externe corrosie

plaatsvindt, kan deze factor op 0 worden gezet. Dit kan bijvoorbeeld door coa-tinginspecties en pig-operaties. De inspectiefrequentie en de identificatie van de leidingstukken waar specifiek het inspectieprogramma op wordt toegespitst wordt overgelaten aan de exploitant [4]. Voorwaarde is wel dat dit binnen het zorgsysteem/ inspectieprogramma aantoonbaar moet zijn geborgd. Ook hier geldt dat de eerder beschreven factoren niet door de gebruiker of de leidingexploitant kunnen worden gewijzigd. Deze wijzigingen kunnen alleen worden doorgevoerd door het RIVM.

3 Procedure risicoberekeningen met CAROLA

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de procedure om een risicoberekening met het rekenpakket CAROLA uit te voeren. Gedetailleerde informatie over het rekenpakket is te vinden in de gebruikershandleiding van het rekenpakket CAROLA [3].

3.1 Inlezen achtergrondkaart

Laad een eigen achtergrondkaart in en kalibreer de kaart met behulp van (x, y)-coördinaten in het Rijksdriehoekstelsel, door drie punten op de kaart te specificeren met hun coördinaten. Het programma gebruikt deze coördinaten voor de kalibratie van de kaart en de controle van de kalibratie. Indien uit de interne controle van de kalibratie blijkt dat de kalibratie niet correct is uitgevoerd, dan wordt er een foutmelding gegeven en moet de kalibratieprocedure worden herhaald. Het formaat van de toegestane achtergrondkaarten is bmp, .tif en jp(e)g. Het programma laat de achtergrondkaart dan zien met een passende schaalverdeling en een noordpijl. De achtergrondkaart wordt rechthoekig; de maximale grootte van de kaart is beperkt tot maximaal $40 \times 40 \text{ km}^2$.

3.2 Selecteren interessegebied

Selecteer het gebied op de kaart waarin u bent geïnteresseerd (zie ook paragraaf 2.4.3), door het opgeven van een polygoon (met behulp van enkele klikken op de kaart). Het interessegebied moet passen in een vierkant van $10 \times 10 \text{ km}^2$ op de achtergrondkaart. Het interessegebied moet worden opgeslagen in een tekstbestand en naar de leidingexploitant(en) worden gestuurd.

Met behulp van het tekstbestand selecteert de leidingexploitant de relevante buisleidingen, samen met de bijbehorende leidingsspecifieke parameters. De leidingexploitant stuurt een gecodeerd bestand met de informatie van de leiding terug. Deze bestanden bevatten alle buisleidingdelen die zich binnen een afstand van tenminste $1 \text{ km} + 2$ maal de maximale effectafstand van het interessegebied bevinden.

3.3 Inlezen gecodeerde bestand met leidinggegevens

Laad het (de) gecodeerde bestand(en) met buisleidinginformatie in het rekenpakket. Automatisch wordt de positie van de leidingen in de omgeving zichtbaar gemaakt. Afhankelijk van de grootte van de achtergrondkaart kan de buisleiding worden ingetekend buiten de oorspronkelijke achtergrondkaart.

Het rekenpakket voert automatisch een aantal controles uit op de ingevoerde gegevens:

- berekeningen kunnen uitsluitend worden uitgevoerd met buisleidinggegevens die versleuteld zijn en aangeleverd door de leidingexploitanten.
- de buisleidinggegevens worden gecontroleerd op datum: het gecodeerde leidingenbestand bevat een vooraf bepaalde houdbaarheidsdatum om ervoor te zorgen dat correcte en up-to-date gegevens worden gebruikt in de berekeningen.
- het interessegebied dat in paragraaf 3.2 gedefinieerd is, is ook opgenomen in het leidingenbestand. Het rekenpakket maakt gebruik van dit interessegebied. Als er bestanden met buisleidinggegevens worden ingeladen, dan controleert het programma of deze polygoon gelijk zijn aan het interessegebied in het projectbestand. In het geval dat niet zo is,

wordt er een foutmelding gegeven en kan de berekening niet worden voortgezet.

- als de naam van de leidingexploitant, zoals vermeld in het gecodeerde bestand, niet overeenkomt met een van de reeds in het parameterbestand vermelde leidingexploitanten, dan geeft het rekenpakket een foutmelding en kan er geen berekening worden uitgevoerd.
- zodra de buisleidinggegevens worden geladen, wordt de visualisatie van de achtergrondkaart in omvang beperkt.

Het rekenpakket laat een lijst zien van de ingeladen buisleidingen. De leidingen kunnen worden bevraagd op diameter, druk en genomen of te nemen locatie-specifieke mitigerende maatregelen (indien van toepassing), door de buisleiding aan te wijzen met de muis. Dit geeft een pop-up venster met de gevraagde informatie. De buisleidinggegevens kunnen niet worden gewijzigd.

3.4 Berekenen plaatsgebonden risico

Bereken het plaatsgebonden risico (PR) voor alle afzonderlijke buisleidingen. Daarna kan een van de betrokken buisleidingen geselecteerd worden uit de lijst van buisleidingen, waarvan dan het PR wordt gepresenteerd. Hier is er een keuze uit het laten zien van gebieden en/of contouren. De PR-contouren van 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} per jaar kunnen zichtbaar worden gemaakt (in het geval zij bestaan).

Voor elke afzonderlijke leiding is het mogelijk om de PR-contouren naar een GIS-shapefile met polygoongeometrie te exporteren.

Het is mogelijk om na de berekeningen zoals omschreven in deze paragraaf te stoppen met de berekeningen en direct naar het samenvattende verslag te gaan (paragraaf 3.8). De groepsrisicoresultaten worden dan uitgesloten van het samenvattende verslag.

3.5 Zichtbaar maken van het invloedsgebied

Het invloedsgebied voor de groepsrisicoberekeningen voor alle betrokken buisleidingen wordt zichtbaar gemaakt door het rekenpakket. Zo wordt het in één oogopslag duidelijk welk gebied van invloed is op het groepsrisico.

3.6 Invoeren bevolkingsgegevens

Het detailleren van de populatie binnen het invloedsgebied kan gebeuren op de volgende twee manieren:

- vooraf aangemaakte tekstbestanden met populatie. Deze kunnen door de gebruiker worden geladen. Het in te lezen bevolkingsbestand bestaat uit separate regels met op elke regel respectievelijk de x-coördinaat, de y-coördinaat en het aantal personen op deze coördinaat. De waarden worden gescheiden door een tab, spatie of komma. De onderstaande 3 regels bevatten een voorbeeld van de opmaak van het bestand:
144471, 455784, 2.35
140183, 462238, 3.33
140847, 457541, 2.10
- klikken op de kaart. Door op de kaart te klikken kan een gebied worden gedefinieerd, en de bevolking in dit gebied kan worden ingevoerd als dichtheid of werkelijk aantal. Hierbij zijn dan twee mogelijkheden, namelijk vervanging van bestaande, eerder ingelezen bevolking (inclusief het verwijderen van bestaande populatie die is ingelezen vanuit vooraf aangemaakte tekstbestanden) of toevoegen aan bestaande bevolking.

Er kan in principe een onbeperkt aantal bestanden met bevolking ingelezen of ingetekend worden. Er is geen voorgeschreven volgorde voor inlezen of intekenen. Elk ingetekend gebied en elk tekstbestand bevatten evenwel één type bevolking (bewoners, werknemers of personen aanwezig bij evenementen).

Bij het laden van een tekstbestand of het intekenen op de kaart wordt de gebruiker gevraagd het type bevolking te selecteren (wonen, werken of evenement). Een overzicht van de uitgangspunten voor de bevolkingstypen is opgenomen in paragraaf 0.

3.7 Groeprisicoberekeningen

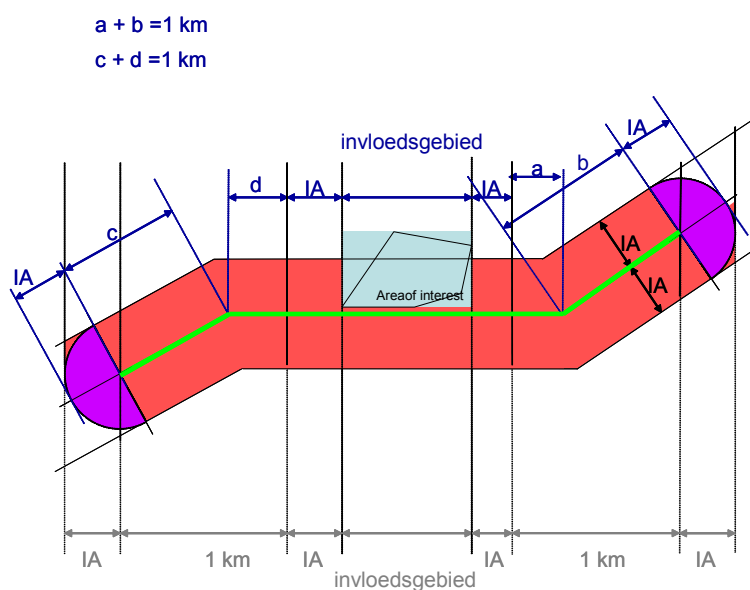
Bereken het groeprisico (GR), met de bijbehorende FN-curven. Het groeprisico wordt gescreend op basis van de overschrijdingsfactor van de oriëntatiewaarde ($F \cdot N^2 = 0,01$). De screening vindt plaats door het berekenen van de overschrijdingsfactor van de oriëntatiewaarde voor het GR per punt op de leiding (stationing), rekening houdend met één kilometer buisleiding rond dat punt (500 meter aan beide kanten). Deze screening resulteert in een grafiek met op de horizontale as de waarde van de stationing en op de verticale as de overschrijdingsfactor. Met behulp van deze grafiek kan de gebruiker direct vaststellen wat de "worst case" kilometer is voor het GR. De kaart, de hierboven beschreven grafiek en de werkelijke groeprisicocurve (FN-curve) zijn aan elkaar gekoppeld.

Groeprisicoberekeningen worden uitgevoerd en weergegeven voor 1 kilometer leiding. Dit leidingstuk wordt op het scherm standaard weergegeven met een groene kleur, zoals weergegeven in Figuur 2. De stationing wordt olopend weergegeven, en is onafhankelijk van de richting waarin de leiding op het scherm zichtbaar is.

De FN-curve kan worden geëxporteerd, evenals de screening en de achtergrondkaart (zoals deze zichtbaar is in het rekenpakket) met de gemarkeerde kilometer van de buisleiding die op de screening en op de kaart zichtbaar is. Bovendien is het mogelijk de bijbehorende (cumulatieve) FN-punten op te slaan naar een tekstbestand.

Als een buisleiding een totale lengte heeft van minder dan 1 km, dan wordt de FN-curve berekend voor de volledige buisleiding. De oriëntatiewaarde blijft ongewijzigd ($F \cdot N^2 = 0,01$).

Alle FN-curven worden standaard getoond met een x-as met $N = 10$ tot 1000, of wanneer er meer dan 1000 slachtoffers zijn, tot 10000; de y-as met F varieert van 10^{-3} tot 10^{-9} .



Figuur 2 Deel van de buisleiding waarvoor het groepsrisico berekend kan worden.

3.8

Samenvattend rapport

Na het uitvoeren van de berekeningen voor het plaatsgebonden risico (en, indien berekend, het groepsrisico) is het mogelijk een kort samenvattend rapport te genereren. Hierin zijn de volgende onderdelen opgenomen:

- het versienummer van het rekenpakket
- het versienummer van het parameterbestand
- datum van de berekening
- datum van aanmaak van de buisleidinggegevens
- legenda
- leidingexploitant
- naam en opslagdatum van het projectbestand dat is gebruikt voor de berekeningen
- de leidingen, samen met naam, diameter (inch), druk (barg) en risicobeperkende maatregelen waarmee in de risicoberekeningen rekening is gehouden, een plaatje van de PR-contouren en het plaatje met de bevolkingsgegevens op de achtergrondkaart
- de grafiek met de screening van het groepsrisico (indien van toepassing)
- de FN-curve van de "worst case", kilometer van de buisleiding (dat wil zeggen de kilometer buisleiding met de grootste overschrijdingsfactor), samen met een figuur van deze kilometer op de achtergrondkaart (indien van toepassing).

Het rapport wordt in Word-formaat aangemaakt. Dit verslag geeft de minimale invulling van het technische gedeelte van de QRA-rapportage zoals hier boven genoemd en ontslaat niet van de rapportageverplichtingen zoals opgenomen in paragraaf 4.2 en/of andere voorwaarden die door een opdrachtgever of bevoegd gezag worden gesteld.

4 Technische documentatie

4.1 Inleiding

De risicoanalyse moet op een dusdanige wijze worden gedocumenteerd dat een bevoegd gezag voldoende informatie heeft om de risicoanalyse inhoudelijk goed te kunnen beoordelen. Afwijkingen van de standaardmodellering zijn in principe niet mogelijk, aangezien de rekenmethodiek in zijn geheel is vastgelegd [4][5]. In dit hoofdstuk is beschreven welke documentatie beschikbaar moet zijn om een QRA te kunnen beoordelen en wordt de rapportageplicht voor een QRA nader gespecificeerd.

4.2 Rapportageplicht voor een QRA aan een bevoegd gezag

Tabel 12 specificeert de elementen voor een zelfstandige QRA, op basis van de uitvoer van het rekenpakket CAROLA zoals opgenomen in paragraaf 3.8.

Tabel 12 Overzicht van de elementen die in een QRA gerapporteerd moeten worden.

Onderwerp	Vertrouwelijk/ Openbaar
1 Algemene rapportgegevens	
Administratieve gegevens:	
• naam en adres van de leidingexploitant(en) (volgens Bevb)	Openbaar
• naam en adres van de opsteller van de QRA	
Reden opstellen QRA	Openbaar
Gevolgde methodiek	
• rekenpakket met versienummer	Openbaar
• parameterbestand met versienummer	
Peildatum QRA	
• datum van de berekening	Openbaar
• datum van aanmaak van de buisleidinggegevens	
2 Algemene beschrijving van de buisleiding(en)	
Gegevens buisleiding	
• naam buisleiding	
• omschrijving aardgas (droog/nat/zuur, CGR en calorische waarde)	Openbaar
• diameter	
• maximale werkdruk	
• eventuele mitigerende maatregelen	
Ligging van de leiding, aan de hand van kaart(en) op schaal.	
• leiding	Openbaar
• noordpijl en schaalindicatie	
3 Beschrijving omgeving	
Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties	
• bestemmingsplannen al dan niet gedeeltelijk binnen de PR 10 ⁻⁶ -contour en het invloedsgebied	Openbaar
Actuele topografische kaart	Openbaar
Een beschrijving van de bevolking rond de buisleiding, onder opgave van de wijze waarop deze beschrijving tot stand is gekomen (o.a. incidentele bebouwing, lintbebouwing)	Openbaar

Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding die op de (faalfrequentie van de) buisleiding effect kunnen hebben (risicoverhogende objecten, buurbedrijven/ activiteiten, vliegroutes, windturbines, hoogspanningsmasten)	Openbaar
Gebruikt weerstation	Openbaar
4 Beschrijving per leiding van mogelijke risico's voor de omgeving	
Samenvattend overzicht van de resultaten van de QRA, waarin tenminste is opgenomen:	Openbaar
Kaart met het berekende plaatsgebonden risico, met contouren voor 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} (indien aanwezig)	Openbaar
FN-curve, voor zowel huidige als toekomstige situatie, met het groepsrisico voor de kilometer buisleiding met de grootste overschrijding van de oriënterende waarde. Op de horizontale as van de grafiek met de FN-curve wordt het aantal dodelijke slachtoffers uitgezet, op de verticale as de cumulatieve kans tot 10^{-9} per jaar	Openbaar
FN-datapunt waarbij de maximale overschrijding van de oriëntatiewaarde optreedt, inclusief de factor van de overschrijding	Openbaar
Grafiek met de screening van het groepsrisico	Openbaar
Beschrijving of er kwetsbare bestemmingen en/of beperkt kwetsbare bestemmingen binnen de PR contour van 10^{-6} per jaar zijn	Openbaar
Voorgestelde preventieve en repressieve maatregelen die in de QRA zijn meegenomen	Openbaar

5 Bijlage Toelichting

5.1 Hoofdstuk 2 Modelparameters

2.4.6. *Mitigerende maatregelen beschadiging door derden*

Hieronder worden de randvoorwaarden bij de verschillende maatregelen gegeven.

Extra gronddekking

Randvoorwaarde bij deze maatregel is dat de dekking aan weerszijden van de leiding effectief moet zijn. De dekking moet zodanig zijn aangebracht dat verwacht mag worden dat een grondroerder die loodrecht op de leiding graaft, het maaiveld blijft volgen en niet de extra gronddekking negeert door het niveau op graafdiepte aan te houden. Als leidraad geldt dat bij een extra gronddekking tot 20 centimeter de extra dekking over minimaal 10 meter aan weerszijden van de leiding moet worden aangebracht. Bij een extra gronddekking groter dan 20 centimeter moet de extra dekking minimaal over de belemmerde strook worden aangebracht.

Cluster 1

1A WION wetgeving

- De randvoorwaarden worden in de WION gegeven [14].

1B Casuïstiek

Deze factor is gebaseerd op de casuïstiek van N.V. Nederlandse Gasunie [4]. De randvoorwaarden voor het toepassen van deze factor door de andere exploitanten moeten nog worden vastgesteld. De exploitant mag een eigen inschatting maken of deze factor ook voor hem van toepassing is. De procedure hiervoor wordt beschreven in [16].

1C Actief rappel

- De exploitant moet binnen 10 werkdagen na de melding met de grondroerder contact opnemen als hij dat nog niet heeft gedaan.

Cluster 2

21 Waarschuwinglint, 22 Beschermplaten, 23 Waarschuwinglint en beschermplaten.

- De minimumafstand tussen een leiding en het beschermende materiaal en de breedte van de afdekking moet in een standaarddocument worden vastgelegd. De combinatie van beide factoren (beschermend materiaal en de afstand tussen het materiaal en de leiding) moet dusdanig zijn dat ook bij toepassing van de grootste graafmachines die op dat moment worden gehanteerd, de afdekking effectief is en de leiding niet wordt geraakt.
- De sterkte en geschiktheid van afwijkende materialen of constructies moet worden aangetoond door middel van veldtesten. Uitgangspunt is dat veldtesten op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de veldtesten die zijn uitgevoerd voor de reductiefactor voor beschermplaten [17]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid².

² Indien in alle experimenten de maatregel effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de maatregel voor één experiment niet effectief was. Deze aanname is nodig omdat met een beperkt (n) aantal testen niet kan worden uitgesloten dat de (n+1)^{de} test tot falen leidt.

- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt moet hierover met de andere leidingexploitanten worden overlegd.
- Deze maatregel kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze maatregel. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

Cluster 3

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 (helikopter)inspecties 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, levert de overeenkomst hooguit de reductiefactor op van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is.

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 (helikopter)inspecties 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, levert de overeenkomst hooguit de reductiefactor op van een overeenkomst met beperkte restricties.

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 (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

Cluster 4

41 Hekwerk

- Een hekwerk moet voorkomen dat de directe omgeving rond de leiding kan worden betreden. Indien een hekwerk alleen het gebied in de nabijheid van de leiding omsluit, maar dat het gebied verder vrij eenvoudig kan worden betreden, moet een hekwerk worden gezien als markering.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

42 Dijklichaam

- De ophoging ten opzichte van het maaiveld is minimaal één meter hoog en deze hoogte moet ook worden onderhouden. Een andere optie is om een dijklichaam van 50 cm hoog te creëren, maar dan moet het dijklichaam worden omsloten door een (metalen) net dat genoeg weerstand kan bieden, als er toch gegraven mocht worden.
- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het betreffende leidingstuk waarvoor de maatregel wordt toegepast. Omdat niet kan worden voorkomen dat er toch wegen etc. moeten worden gekruist, wordt als richtwaarde aangehouden dat minimaal 98% van het betreffende leidingstuk door een dijklichaam moet worden beschermd. Als minder dan 98% van het leidingstuk wordt beschermd, moet in een QRA specifiek rekening worden gehouden met de onderbrekingen. Het deel dat niet door het dijklichaam wordt beschermd, moet op een andere manier worden beschermd, bijvoorbeeld door een wegverharding. Ook moet aan het begin en eind van de onderbreking extra markering worden geplaatst.
- De maatregel moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

43 Barrière op maaiveld

- De afstand tussen de barrière en de leiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de leiding.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

Cluster 5

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 elke week (tot aan-

vang 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.

52 Cameratoezicht

- Het toezicht moet continu zijn.
- Het toezicht moet mogelijk zijn over het gehele leidingstuk waarvoor de reductiefactor wordt toegepast.
- Bij constatering van (voorbereidingen van) werkzaamheden nabij de leiding moet binnen enkele minuten ingegrepen kunnen worden om de werkzaamheden stil te leggen.
- Er moet een terugkoppeling zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan.

2.4.6.1 Cluster 1 – regelgeving en casuïstiek

In lijn met de door VROM voorgestelde procedure afspraak [16], wordt door een aantal exploitanten de factor voor het actief rappel (cluster 1C) in de berekeningen verdisconteerd. Deze factoren zijn toegepast in het consequentieonderzoek [17] en overgenomen in het rekenpakket CAROLA. Voor de leidingen van Alliander, RWE Westfalen-Weser-Ems Netzservice GmbH en Tulip Oil Netherlands BV is geen consequentieonderzoek uitgevoerd. Hiervoor is geen toepassing van het actief rappel verondersteld.

2.4.7 *Mitigerende maatregelen corrosie*

In lijn met de door VROM voorgestelde procedure afspraak [16] wordt door een aantal exploitanten de factor voor mitigerende maatregelen voor corrosie in de berekeningen verdisconteerd. Deze factoren zijn toegepast in het consequentieonderzoek [17] en overgenomen in het rekenpakket CAROLA. Voor de leidingen van Alliander, RWE Westfalen-Weser-Ems Netzservice GmbH en Tulip Oil Netherlands BV is geen consequentieonderzoek uitgevoerd. Hiervoor is verondersteld dat geen aanvullende maatregelen voor corrosie worden toegepast.

5.2 Technische grenzen voor invoergegevens in CAROLA

Buitendiameter

De buitendiameter moet worden aangegeven in mm. Elke waarde tussen 50 mm en 1234 mm is toegestaan (een 2 inch en 48 inch gasleiding hebben respectievelijk een diameter van 60.3 mm en 1219 mm). De oorsprong van deze grenzen wordt hieronder uiteengezet. Wanneer er wordt gesproken over "diameter", wordt de buitendiameter bedoeld.

Rekgrens

De rekgrens moet worden gespecificeerd in N/mm² en een waarde tussen 180 N/mm² en 552 N/mm² is toegestaan. De normale ondergrens voor de rekgrens die overeenkomt met Grade B is gelijk aan 241 N/mm², maar lagere rekgrens kan worden ingevuld tot 180 N/mm². De bovengrens komt overeen met X80 leidingen, met een rekgrens van 552 N/mm².

Wanddikte

De wanddikte moet worden opgegeven in mm. Elke waarde tussen 2 mm en 40 mm is toegestaan.

Druk

De druk is aangegeven in bar (g). Elke waarde tussen de 16 bar en 300 bar is toegestaan. Wanneer er wordt gesproken over "bar" dan wordt bar (g) bedoeld.

Charpy energie

De Charpy energie moet worden opgegeven in J. Elke waarde tussen 13 J en 1000 J kan worden ingevoerd. De selectie van de in de berekeningen gebruikte waarde gebeurt volgens Tabel 15.

Constructiefactor

De constructiefactor, zoals hieronder gedefinieerd, is geen invoergegeven, maar wordt gebruikt om te controleren of de combinatie van diameter, druk, wanddikte en rekgrens geldig is. De constructiefactor moet liggen tussen de 0,025 en 0,75. De constructiefactor is gedefinieerd als:

$$\frac{P(D-d)}{20d} = CF \cdot YS, \quad WT = \begin{cases} d + 0,35 & \text{als } d < 10 \\ d + 0,5 & \text{als } d \geq 10 \end{cases} \quad (10)$$

met de druk P in bar, de diameter D in mm, de wanddikte WT in mm, de in de berekeningen gebruikte wanddikte d in mm, de rekgrens YS in N/mm², en de constructiefactor CF (dimensieloos).

Diepteligging

De diepteligging moet worden aangegeven in m. Hoewel er geen strikte bovengrens is voor de diepteligging, moet deze liggen tussen de 0m en 30m. Deze bovengrens wordt gebruikt bij het vinden van fouten in de eenheid van de diepteligging: de diepteligging wordt niet geaccepteerd wanneer deze wordt aangegeven in cm.

Discrete waarden

Er zijn voor CAROLA tabellen gegenereerd voor de warmtestraling, de faalfrequentie vanwege beschadiging door derden en de corrosiefaalfrequentie. Hiervoor zijn discrete waarden voor diameter, druk, wanddikte, rekgrens en Charpy energie nodig, waarvoor de warmtestraling en faalfrequenties worden berekend. Echter, wanneer een eenvoudige aanpak wordt gevolgd, resulteert dit in tabellen voor de faalfrequenties met veel zinloze waarden, bijvoorbeeld een 1219 mm buisleiding, 150 bar, Grade B, 2 mm wanddikte. Dit is een probleem omdat de tabellen erg groot worden (bijvoorbeeld bij 4 parameters met 20 discrete waarden elk, heeft de tabel al 160.000 cellen). Daarom maakt de CAROLA bibliotheek intern geen gebruik maken van de wanddikte als parameter, maar van de constructiefactor.

Diameter

Voor de diameter worden de waarden gebruikt zoals opgenomen in Tabel 13. Ter informatie zijn ook de diameters in inch en DN ter informatie weergegeven.

Tabel 13 Gebruikte diameters in CAROLA.

Diameter (inch)	Diameter (DN)	Diameter (mm)
	<ondergrens>	50
2	DN50	60,3
3	DN75	88,9
4	DN100	114,3
6	DN150	168,3
8	DN200	219,1
10	DN250	273,1
12	DN300	323,9
14	DN350	355,6
16	DN400	406,4
18	DN450	457
20	DN500	508
22	DN550	559
24	DN600	610
26	DN650	660
28	DN700	711
30	DN750	762
36	DN900	914
42	DN1050	1067
48	DN1200	1219
	<bovengrens>	1234

Rekgrens

De waarden uit Tabel 14 worden gebruikt voor de rekgrens. De bijbehorende staalsoort is ter informatie bijgevoegd.

Tabel 14 Waarden voor rekgrens in CAROLA.

Staalsoort	Rekgrens (N/mm ²)
Ondergrens	180
Grade B	241
X42	290
X46	317
X52	359
X56	386
X60	414
X65	448
X70	483
X80	552

Constructiefactor

De volgende (62) waarden worden gebruikt voor de constructiefactor: 0,025; 0,05; 0,1; 0,15; 0,16; ...; 0,71; 0,72; 0,75.

Druk

De volgende (18) waarden worden gebruikt voor de druk: 16, 25, 32, 40, 48, 66.2, 73, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 200, 250 en 300 bar.

Charpy energie

De waarden 14, 24, 40 en 70 J worden gebruikt voor de totale Charpy energie. In CAROLA worden de grenzen gehanteerd zoals aangegeven in Tabel 15.

Tabel 15 Grenzen voor waarden Charpy energie.

Ondergrens Charpy (J)	Bovengrens Charpy (J)	Geselecteerde Charpy (J)
13	23	14
23	39	24
39	69	40 ³
69	1000	70

Windsnelheden

De standaard waarden 1,5; 3; 5 en 9 m/s worden gebruikt.

Windrichtingen

12 windrichtingen worden gebruikt (N, NNO, ONO, O, OZO, ZZO, Z, ZZW, WZW, W, WNW, NNW).

Ontsteking

De waarden voor 0 s en 120 s worden gebruikt.

Positie op radiale richtingen

Er worden 28 afstanden gebruikt, namelijk 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000m voor de radiale afstanden in de warmtestralingtabellen.

Tabellen

Warmtestraling

Om de warmtestraling te specificeren, worden 5-D-tabellen gebruikt voor diameter / druk / windsnelheid / windrichting / positie op radiale richtingen / en combinaties voor vertraagde ontsteking, waarbij zoals gespecificeerd, de discrete waarden voor de diameter en de druk worden genomen. Diepteligging en de wanddikte hebben invloed op de warmtestraling (omdat deze van invloed zijn op de afmetingen van de krater en de inwendige diameter), maar deze parameters hebben standaard waarden zoals gespecificeerd in Tabel 16.

Tabel 16 Standaard diepteligging voor warmtestraling.

Diameter (mm)	Diepteligging (m)
60,3 ... 406,4	1,2
457 ... 1219	1,75

De wanddikte (die is nodig omdat de uitstroom is afhankelijk van de inwendige diameter) wordt berekend uit de diameter (D) en druk (P), met

$$WT = \frac{P \cdot D}{20 \cdot 0,65 \cdot YS + P}, \quad YS = \begin{cases} 240 & \text{als } D < 300 \\ 415 & \text{als } 300 \leq D \leq 700 \\ 480 & \text{als } D > 700 \end{cases} \quad (11)$$

³ Feitelijk wordt om historische redenen 40,5 J gebruikt.

De warmtestraling is gegeven voor de vier windsnelheden (1,5; 3; 5 en 9 m/s) en op 7 radiale richtingen (de andere 5 richtingen kunnen worden verkregen door spiegeling). De warmtestraling wordt alleen berekend voor de wind uit het zuiden op deze 7 radiale richtingen. De radiale richting nummers 1 tot en met 7 stemmen overeen met N, NNO, ONO, O, OZO, ZZO en Z.

De grootte van de tabel wordt 19 (diameter) × 18 (druk) × 4 (windsnelheid) × 7 (windrichting) × 28 (positie op radiale richting) × 2 (ontstekingstijdstip) = 536.256 cellen.

Faalfrequentie beschadiging door derden

De faalfrequentie vanwege beschadiging door derden is aangegeven als een 5-D tabel afhankelijk van de diameter, druk, constructiefactor, rekgrens en Charpy energie. De frequentie hangt ook af van de diepteligging, maar de tabel wordt gegenereerd voor een referentiediepteligging van 1,31m.

De grootte van de tabel is 21 × 18 × 62 × 10 × 4 = 937.440 cellen.

De correctie in de faalfrequentie (C_{ff}) voor de daadwerkelijke diepteligging gebeurt volgens [5], met

$$C_{ff} = e^{2,4 \cdot z_0 - 2,4 \cdot z} \quad (12)$$

met

z_0 = referentiediepteligging (m)

z = daadwerkelijke diepteligging (m)

Corrosiefaalfrequentie

De corrosiefaalfrequentie is aangegeven als een 4-D tabel afhankelijk van de diameter, druk, constructiefactor en de rekgrens.

De grootte van de tabel is 21 × 18 × 62 × 10 = 234.360 cellen.

Ontstekingskans

De ontstekingskans (IP) is beschikbaar als een functie. Deze functie is afhankelijk van de diameter (D) en de druk (P)

$$IP = \begin{cases} f(P, D) + 0,1 & \text{als } D < 410 \\ f(P, D) & \text{anders} \end{cases} \quad (13)$$

waarbij f de PIPESAFE-formule is voor de ontstekingskans [5].

Interpolatie en extrapolatie

In het algemeen vindt er geen extrapolatie plaats buiten de aangegeven marges. Interpolatie vindt niet plaats voor de windsnelheid, Charpy energie en vertraagde ontsteking.

Warmtestraling

Voor de warmtestraling, wordt geen interpolatie uitgevoerd voor de diameter. In plaats daarvan wordt deze gekozen met behulp van Tabel 17. 5 mm is ongeveer 10% van 2 inch, 15 mm is ongeveer 10% van 6 inch. Op deze manier is de afronding normaliter conservatief.

Tabel 17 Diameter gehanteerd door CAROLA, met boven en ondergrenzen.

Onderdiameter (mm)	Bovendiameter (mm)	Diameter (mm)	Diameter (")
50 (handmatig gekozen)	65 (=diam+5)	60,3	2
65	94 (=diam+5)	88,9	3
94	119 (=diam+5)	114,3	4
119	173 (=diam+5)	168,3	6
173	224 (=diam+5)	219,1	8
224	278 (=diam+5)	273,1	10
278	329 (=diam+5)	323,9	12
329	361 (=diam+5)	355,6	14
361	411 (=diam+5)	406,4	16
411	462 (=diam+5)	457	18
462	513 (=diam+5)	508	20
513	564 (=diam+5)	559	22
564	615 (=diam+5)	610	24
615	665 (=diam+5)	660	26
665	716 (=diam+5)	711	28
716	777 (=diam+15)	762	30
777	929 (=diam+15)	914	36
929	1082 (=diam+15)	1067	42
1082	1234 (=diam+15)	1219	48

De warmtestraling voor een bepaalde druk wordt verkregen door lineaire interpolatie van twee drukken waarvan de straling wordt gegeven, dat wil zeggen dat wanneer de warmtestraling op 50 bar is vereist, er wordt geïnterpoleerd tussen 48 en 66,2 bar. De interpolatie van de druk is onderdeel van de bibliotheek van CAROLA.

Het rekenpakket roteert de warmtestraling voor andere windrichtingen dan de wind uit het zuiden.

Hierboven is beschreven hoe de warmtestraling op de 28 posities van de 12 radiale richtingen wordt verkregen voor een bepaalde diameter, druk, windsnelheid en ontsteking. Het berekenen van de warmtestraling op een specifieke coördinaat (dus interpolatie tussen de 12 radiale richtingen en 28 posities op de radiale richtingen) wordt uitgevoerd door het rekenpakket.

Faalfrequenties

De juiste frequentie voor een bepaalde diameter, druk, constructiefactor, en de rekgrens moeten worden verkregen door interpolatie. Deze interpolatie is onderdeel van de bibliotheek van CAROLA. Deze wordt uitgevoerd door eerst het vinden van de twee waarden voor de diameter, druk, constructiefactor en twee waarden voor de rekgrens om te gebruiken in de interpolatie. Dan wordt er een logaritmische interpolatie uitgevoerd voor de rekgrens, daarna logaritmische interpolatie voor de wanddikte, dan logaritmische interpolatie voor druk, en uiteindelijk bilogaritmische interpolatie voor de diameter.

Referenties

- [1] Acton M.R., Baldwin P.J., Baldwin T.R., Jager E.E.G., *The development of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, ASME International. Proceedings of the International Pipeline Conference 1998. Calgary, Canada, 1998.
- [2] Acton M.R., Baldwin T.R., Jager E.E.R., *Recent Developments in the Design and Application of the PIPESAFE Risk Assessment Package for Gas Transmission Pipelines*, ASME International. Proceedings of the International Pipeline Conference 2002 (IPC 2002) Calgary, Canada, 29 september – 3 oktober 2002.
- [3] CAROLA, versie 1.0.0.51. Associated Technology Pipeline Ltd en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2010) (www.rivm.nl/milieuportaal/bibliotheek/modellen/carola.jsp)
- [4] Laheij G.M.H., Vliet A.A.C. van, Kooi E.S., *Achtergronden bij de vervanging van zoneringafstanden hogedruk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie*, RIVM-rapport 620121001/2008 (2008)
- [5] Giellisse M., Dröge M.T., Kuik, G.R., *Risicoanalyse aardgas-transportleidingen. N.V. Nederlandse Gasunie*, DEI 2008.R.0939 (2008)
- [6] Beijer K., Technical Note: *Mogelijke verschillen in (externe veiligheid) risico tussen de operatie van natgas en drooggas transportleidingssystemen*, Nederlandse Aardolie Maatschappij, EP200702210020, Rev.3. (2009).
- [7] Laheij G.M.H., *Risicomethodiek nat- en zuurgasleidingen*, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM-briefrapport 076/09 (2009)
- [8] NAM, *Toepassing reductiefactoren aardgastransportleidingen NAM*, brief EP201009306728JA (2010)
- [9] Ministerie van IenM, *Bevb-rekenmethodiek en rekenmodel buisleidingen met nat aardgas*, Directie Risicobeleid, brief RB/2010029497 (2010)
- [10] Lijst Toxiteitsgegevens en Probitrelaties uit Serida, <http://www.rivm.nl/milieuportaal/bibliotheek/databases/serida.jsp>. Geraadpleegd 20-12-2010.
- [11] Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 3, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment*, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, PGS 3 (2005)
- [12] RIVM, *Handleiding Risicoberekeningen Bevi*, versie 3.2. (2009)
- [13] AgentschapNL, *Handboek Risicozonering Windturbines*, KEMA-rapport, versie 3 (mei 2013).
- [14] Staatsblad, *Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten*, Jaargang 2008, Nummer 120.
- [15] RIVM-brief, *Risicomethodiek aardgastransportleidingen*. Kenmerk 390/06, (2006)
- [16] Ministerie van VROM, *Levering gegevens registratiebesluit. Directie Risicobeleid*, brief RB/2009015955, (2009)
- [17] RIVM-brief, *Consequentieonderzoek hogedruk aardgastransportleidingen overige exploitanten*, kenmerk 004/10 (2010)
- [18] Corder I. *The application of risk techniques to the design and operation of Pipelines*. IMechE. C502/016. 00 113 – 125 (1995)



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Handleiding Risicoberekeningen Bevb

Module C - Buisleidingen met aardolieproducten en brandbare vloeistoffen

Versie 2.0
1 juli 2014

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Contact:

Rijkstinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
Centrum Veiligheid
safeti-nl@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van de Rekenmethodiek Buisleidingen.

Inhoudsopgave

INLEIDING	4
1 REKENMETHODIEK	5
1.1 LEIDINGTYPEN	5
2 MODELPARAMETERS.....	6
2.1 INLEIDING.....	6
2.2 QRA SPECIFIEKE PARAMETERS	6
2.2.1 <i>Positie van de uitstroming</i>	6
2.2.2 <i>Uitstroomscenario's</i>	6
2.2.3 <i>Faalfrequenties</i>	7
2.2.4 <i>Modelleringscenario's</i>	8
2.2.5 <i>Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten</i>	9
2.2.6 <i>Ruwheidslengte van de omgeving</i>	9
2.2.7 <i>Meteorologische weerstation en parameters</i>	9
2.2.8 <i>Verdeling binnen en buiten</i>	10
2.2.9 <i>Het modelleren van personen bij evenementen</i>	10
2.2.10 <i>Verkrijgen van realistische contouren</i>	11
2.3 PARAMETERS SPECIFIEK VOOR EEN QRA IN NEDERLAND	11
2.3.1 <i>Maximum uitstroomtijd en blootstellingsduur</i>	11
2.3.2 <i>Hoogte voor de berekening van de effecten</i>	11
2.3.3 <i>Letaliteit - Probits</i>	11
2.3.4 <i>Voorbeeldstoffen</i>	12
2.3.5 <i>Invloed windturbines</i>	12
3 MAATREGELEN	13
3.1 INLEIDING.....	13
3.2 BUISLEIDINGEN DIE VOLDOEN AAN STAND-DER-TECHNIEK-VOORWAARDEN	13
3.3 MITIGERENDE MAATREGELEN TER VOORKOMING VAN BESCHADIGING DOOR DERDEN.....	14
3.3.1 <i>Cluster 1 – Actief rappel</i>	14
3.3.2 <i>Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal</i>	14
3.3.3 <i>Cluster 3 – Beheermaatregelen</i>	15
3.3.4 <i>Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld</i>	15
3.3.5 <i>Cluster 5 – Overige maatregelen</i>	15
3.3.6 <i>Cluster 6 - Extra gronddekking</i>	15
3.3.7 <i>Cluster 7 - Wanddikte</i>	16
3.4 MITIGERENDE MAATREGELEN VOOR DE OVERIGE FAALORZAKEN	16
3.4.1 <i>Mitigerende maatregelen ter voorkoming van mechanisch falen</i>	16
3.4.2 <i>Mitigerende maatregelen ter voorkoming van inwendige corrosie</i>	16
3.4.3 <i>Mitigerende maatregelen ter voorkoming van uitwendige corrosie</i>	17
3.4.4 <i>Mitigerende maatregelen voor natuurlijke oorzaken</i>	17
3.4.5 <i>Mitigerende maatregelen voor operationele en overige oorzaken</i>	17
4 TECHNISCHE DOCUMENTATIE.....	19
4.1 INLEIDING.....	19
4.2 RAPPORTAGEPLICHT VOOR EEN QRA AAN BEVOEGD GEZAG.....	19
BIJLAGE RANDVOORWAARDEN REDUCTIEFACTOREN	21
REFERENTIES.....	29

Inleiding

In deze module wordt voor ondergrondse buisleidingen met aardolieproducten en brandbare vloeistoffen die vallen onder het Bevb, beschreven op welke wijze een QRA moet worden uitgevoerd. De uitgangspunten van de berekeningen met het rekenpakket SAFETI-NL zijn in deze module beschreven. Om verwarring te voorkomen worden genoemde leidingen in deze module aangeduid als '*buisleidingen met aardolieproducten*'. Niet alle brandbare vloeistoffen vallen namelijk onder Module C, aangezien sommige brandbare vloeistoffen op basis van hun vlampunt en kookpunt onder Module D vallen (chemicaliënleidingen, zie § 1.1).

De onderbouwingen in de risicomethodiek voor ondergrondse transportleidingen met aardolieproducten staan beschreven in een RIVM-rapport [1]. Het betreft de onderbouwing van de scenario's, faalfrequenties, bronterm en de meegenomen effecten. Dit rapport is toegankelijk via de website van het RIVM.

1 Rekenmethodiek

1.1 Leidingtypen

In het rekenpakket SAFETI-NL kunnen berekeningen worden uitgevoerd voor leidingen met verschillende soorten aardolieproducten. De methodiek zoals beschreven in deze module kan enkel worden toegepast voor het uitvoeren van risicoberekeningen voor ondergrondse transportleidingen met aardolieproducten. Onder aardolieproducten worden verstaan: aardolie, aardgasolie, vloeibare aardolieproducten en derivaten en voor zover deze brandbare vloeistof geen componenten bevat in hoeveelheden met toxische of explosieve effecten.

In deze rekenmethodiek worden aardolieproducten op basis van hun vlampunt onderverdeeld in de volgende drie categoriën:

- Categorie I - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft tot 294 K (21 °C). Uitzondering hierop zijn de brandbare vloeistoffen met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C).
- Categorie II - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft gelijk aan of boven 294 K (21 °C) en ten hoogste 328 K (55 °C).
- Categorie III - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft boven 328 K (55°C) en ten hoogste 373 K (100 °C).

Brandbare vloeistoffen met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C) vallen onder Module D.

2 Modelparameters

2.1 Inleiding

In een risicoberekening met het QRA rekenpakket SAFETI-NL moet een aantal keuzes worden gemaakt en een groot aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft een aantal keuzes in de modellering en de parameters die van belang zijn in de risicoberekeningen. In de beschrijving wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

- Parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de leidingspecifieke en locatiespecifieke omstandigheden. Dit zijn de QRA specifieke parameters en deze zijn beschreven in paragraaf 2.2
- Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een QRA berekening in Nederland. Deze zijn beschreven in paragraaf 2.3.

Daarnaast zijn er nog parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die horen bij het rekenmodel, en parameters die niet van invloed zijn op de rekenresultaten, maar die alleen de presentatie van (tussen-) resultaten bepalen. Deze parameters zijn beschreven in de documentatie van het rekenpakket.

2.2 QRA specifieke parameters

De parameters in deze categorie kunnen gewijzigd worden om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden van de ondergrondse leiding.

2.2.1 *Positie van de uitstroming*

Aan elk scenario is een positie van de uitstroming gekoppeld. De positie wordt bepaald door de locatie (x, y) ten opzichte van de omgeving. Voor het uitstroomdebiet is ook de lengte van de leiding van belang.

Om voor lange transportleidingen een representatieve risicocontour op te kunnen stellen, dienen faallocaties te worden geselecteerd die zich op een regelmatige afstand van elkaar bevinden. Het aantal dient voldoende hoog te zijn om te garanderen dat de risicocontour niet significant verandert, wanneer het aantal faallocaties wordt verhoogd.

2.2.2 *Uitstroombesonderheden*

Voor ondergrondse leidingen met vloeibare aardolieproducten worden twee typen uitstroombesonderheden onderscheiden, namelijk breuk van een leiding en lekkage uit een leiding.

2.2.2.1 Breuk

In geval van een breuk zal er een uitstroom plaatsvinden richting het maaiveld. Er wordt aangenomen dat de vrijkomende vloeistof bovengronds komt en zich daar verspreidt. De volgende bijdragen aan de uitstroming komen bovengronds.

1. De vloeistof die vrijkomt binnen de sluittijd van de pomp.

Deze hoeveelheid wordt berekend door de afslagtijd van de pomp te vermenigvuldigen met het pompdebiet. De afslagtijd van de pomp dient lei-

dingspecifiek te worden vastgesteld. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het gestelde in paragraaf 2.3.1.

2. Uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof.
 Door afname van de druk in de leiding zal de samengedrukte vloeistof uitzetten. De toename van het volume wordt berekend met de formule:

$$V_e = \pi/4 \times D^2 \times L \times P \times C_e \quad (1)$$

met:

V_e	volume toename van het product	(m ³)
D	inwendige diameter van de buisleiding	(m)
L	leidinglengte tussen pompen of pomp en het einde van de leiding	(m)
P	werkdruk ter plaatse van de breuk	(Pa)
C_e	compressibiliteit van het product	(m ² /N)

Wanneer een leiding gevuld is, zonder dat er verpompt wordt, zal bij breuk van de leiding alleen sprake zijn van uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof (V_e).

Aanbevolen wordt om in voorkomende gevallen rekening te houden met nalevering ten gevolge van een hellende leiding en extra uitstroom uit een leiding ten gevolge van terugstroming vanuit ontvangende opslag tanks.

2.2.2.2 Lekkage

Lekken zullen geen substantiële risicobijdrage leveren. Zij leiden enkel tot het ontstaan van een met vloeistof verzadigde bodem.

Een lek wordt gemodelleerd als uitstroming uit een gat met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter van de buisleiding met een maximum van 20 mm. Een lekkage resulteert in een veel kleiner uitstroomdebiet dan een breuk. Het scenario 'lek' heeft hierdoor geen significante invloed op de ligging van de contouren van het plaatsgebonden risico. Dit geldt overigens niet in het geval van toxische vloeistoffen of vloeistoffen die toxische producten bevatten.

2.2.3 Faalfrequenties

De faalfrequenties voor een leiding gelden voor de leiding inclusief flenzen, lasen en kleppen en exclusief pompen. De scenario's en frequenties voor ondergrondse aardolieleidingen zijn gegeven in Tabel 1. De verdeling in faaloorzaken is gegeven in Tabel 2 [2].

Tabel 1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.

Scenario	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)
Breuk van de leiding	1,5 × 10 ⁻⁴

Tabel 2 Faaloorzaakverdeling voor het scenario breuk voor buisleidingen met aardolieproducten.

Faaloorzaak	Faalfrequentie	Aandeel (%)
Beschadiging door derden	$7,19 \times 10^{-5}$	47,9
Mechanisch	$3,23 \times 10^{-5}$	21,5
Inwendige corrosie	$5,71 \times 10^{-6}$	3,8
Uitwendige corrosie	$1,72 \times 10^{-5}$	11,5
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-6}$	6,1
Operationeel/overig	$1,38 \times 10^{-5}$	9,2
Totaal	$1,50 \times 10^{-4}$	100

Opmerkingen:

- De breukfrequentie is generiek bepaald voor alle relevante buisleidingen met aardolieproducten in Nederland.
- Bij de faalfrequentie is de invloed van de grondroedersregeling (WION) verdisconteerd door het aantal breuken als gevolg van beschadiging door derden (external interference) te reduceren met een factor 2,5 [3].
- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [2,4] De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (2)$$

$$\text{factor} = e^{-2,4 \times (0,84 - z)} \quad (3)$$

waarbij:

z = diepteligging (m).

Dekkingsovergangen van 20 cm of meer dienen te worden meegenomen in de berekeningen. Tevens dienen dekkingsovergangen van 10 cm of meer die over een leidingafstand van 50 meter of meer stand houden te worden meegenomen. Hiervan mag worden afgeweken indien bij gebruikmaking van een conservatief gekozen diepteligging geen knelpunten ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor buisleidingen in landelijk gebied. Hiervoor hoeft pas nauwkeurig te worden gerekend wanneer mogelijk een knelpunt kan ontstaan, bijvoorbeeld bij een wijziging van een bestemmingsplan waarbij een (beperkt) kwetsbaar object in de buurt van de leiding wordt toegestaan.

2.2.4 Modelling van de scenario's

Voor de berekening van risico's en effecten dient een *Pool fire* model gebruikt te worden. Het volume van de plas wordt bepaald aan de hand van de bijdragen zoals genoemd in paragraaf 2.2.2.

De ondergrond waarop de vloeistof bovengronds uitstroomt, is van belang voor het bepalen van de effecten van een uitstroom. Voor een uitstroom wordt een standaardwaarde voor de plashoogte aangehouden van 0,05 meter. Dit kan worden gemodelleerd door een *Pool fire* te kiezen met een diameter volgens de formule:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{V}{\pi \times h}} \quad (4)$$

waarbij:

d	diameter van de plas	(m)
V	totale uitstroomvolume van het product	(m ³)
h	plashoogte, standaard 0,05 meter	(m)

De kans op directe en vertraagde ontsteking is afhankelijk van de stofcategorie. De waarden voor ondergrondse transportleidingen zijn gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Ontstekingskansen.

Vloeistof categorie	P_{totaal}	P_{direct}	$P_{\text{vertraagd}}$
I	1	0,065	0,935
II	0,01	0,01	0
III	0,01	0,01	0

Voor de mee te nemen frequentie voor de *Pool fire* geldt dat de frequentie uit Tabel 1 moet worden vermenigvuldigd met de van toepassing zijnde totale ontstekingskans uit Tabel 3.

2.2.5 *Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten*

In de berekening wordt standaard geen rekening gehouden met drukverlies in een leiding ten gevolge van de aanwezigheid van kleppen, verbindingen en bochten.

2.2.6 *Ruwheidslengte van de omgeving*

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. De gebruikte ruwheidslengte van de omgeving voor de bepaling van het windprofiel is standaard 0,1 meter. De beschrijving van de omgeving is opgenomen in Tabel 4.

Tabel 4 Beschrijving terreintype met ruwheidslengte.

Beschrijving omgeving	Ruwheidslengte
Open water, ten minste 5 km	0,0002 m
Moddervlakten, sneeuw; geen begroeiing, geen obstakels	0,005 m
Open, vlak terrein; gras, enkele geïsoleerde objecten	0,03 m
Lage gewassen; hier en daar grote obstakels, $x/h > 20$	0,10 m
Hoge gewassen; verspreide grote obstakels, $15 < x/h < 20$	0,25 m
park, struiken; vele obstakels, $x/h < 15$	0,5 m
Bezaaid met grote obstakels (voorstad, bos)	1,0 m
Stadscentrum met hoog- en laagbouw	3,0 m

Opmerkingen:

- x is een typische afstand tussen obstakels bovenwinds en h de typische hoogte van de obstakels.
- Ruwheidslengtes van één meter en hoger zijn ruwe schattingen; de aërodynamische ruwheidslengte houdt geen rekening met de verspreiding rond grote obstakels.
- Een typische ruwheidslengte voor een industrieterrein is één meter.

2.2.7 *Meteorologische weerstation en parameters*

Het meteorologische weerstation dat qua ligging representatief is voor de buisleiding moet worden gekozen. De gebruiker heeft de keuze uit de weerstations zoals gegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Meteorologische weerstations.

Naam				
Beek	Eindhoven	Leeuwarden	Twente	Woensdrecht
Deelen	Gilze-Rijen	Rotterdam	Valkenburg	Ypenburg
Den Helder	Hoek van Holland	Schiphol	Vlissingen	
Eelde	IJmuiden	Soesterberg	Volkel	

Standaardwaarden voor een aantal meteorologische parameters zijn te vinden in Tabel 6. De waarden zijn jaargemiddelden.

Tabel 6 Standaardwaarden voor een aantal meteorologische parameters.

Parameter	Standaardwaarde dag	Standaardwaarde nacht
Omgevingstemperatuur	12 °C	8 °C
Temperatuur bodem	9,8 °C	9,8 °C
Watertemperatuur	9,8 °C	9,8 °C
Luchtdruk	101550 N/m ²	101550 N/m ²
Luchtvochtigheid	76,5%	86,3%
Globale straling	0,25 kW/m ²	0 kW/m ²
Fractie van een etmaal	0,44 (8:00 – 18:30)	0,56 (18:30 – 8:00)
Menghoogte	Zie opmerking	

Opmerking:

- De standaardwaarden van de menghoogte zijn in het model opgenomen, namelijk 1500 meter voor weerklassen B3; 300 meter voor weerklassen D1,5; 500 meter voor weerklassen D5 en D9; 230 meter voor weerklassen E5 en 50 meter voor weerklassen F1,5.

2.2.8 *Verdeling binnen en buiten*

De verdeling van de bevolking over binnen en buiten is gegeven in Tabel 7. Deze waarden zijn van toepassing op woon- en industriegebieden, tenzij andere informatie beschikbaar is. Met betrekking tot recreatiegebieden is het type recreatie bepalend voor de verdeling bevolking binnen en buiten.

Tabel 7 Verdeling bevolking binnen en buiten gedurende de dag en de nacht.

	Binnen	Buiten
Dag	0,93	0,07
Nacht	0,99	0,01

Opmerking:

- In SAFETI-NL wordt voor de volledige bevolking dezelfde verdeling over binnen en buiten aangehouden. Dit betekent dat wanneer er een locatie is met een afwijkende verdeling binnen/buiten, zoals een recreatiegebied, specifiek bepaald moet worden hoe de bevolking het beste ingevoerd kan worden.
- Zie voor meer informatie over populatie de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [5].

2.2.9 *Het modelleren van personen bij evenementen*

Personen die slechts een gedeelte van het jaar (of van de dagperiode) aanwezig zijn, zoals in recreatiegebieden of bij evenementen, moeten worden meegenomen in de berekening wanneer de bijdrage aan het groepsrisico relevant is. Het

meenemen van dergelijke groepen wordt in SAFETI-NL gedaan door verschillende rijen te definiëren voor de tijdsperiodes met verschillende aantallen aanwezigen, rekening houdend met de gewenste nauwkeurigheid.

2.2.10 *Verkrijgen van realistische contouren*

De combinatie van een lange leiding met relatief kleine risicocontouren kan een probleem opleveren in de weergave van de risicocontour. De risicocontouren worden berekend en getekend aan de hand van een rekengrid, waarover een interpolatie plaatsvindt. Dit rekengrid heeft een standaarddimensie van 40.000 (200 bij 200) cellen. De grootte van de cellen is afhankelijk van de optredende effectafstanden. Bij lange leidingen is de afstand waarover de effecten worden berekend groot. Hierdoor zal de grootte van de cellen in het rekengrid toenemen en zal de nauwkeurigheid van de berekende contouren afnemen.

De eerste manier om dit probleem te voorkomen is het vergroten van het aantal gridcellen van 40.000 naar 1.000.000 via Options > Preferences > Risk > Contours.

De tweede manier om het probleem te voorkomen is door de leiding op te delen in meerdere delen. Elk leidingdeel heeft hierbij zijn eigen breuk- en lek scenario's die worden doorgerekend¹.

2.3 **Parameters specifiek voor een QRA in Nederland**

De parameters in deze categorie kunnen niet gewijzigd worden.

2.3.1 *Maximum uitstroomtijd en blootstellingsduur*

De maximale uitstroomtijd voor het uitvoeren van risicoberekeningen is 1800 seconden. Dit geldt ook voor de maximale tijdsduur van de plasverdamming. Aangenomen wordt dat na 1800 seconden ingrijpen succesvol is.

De blootstellingsduur is voor warmtestraling maximaal 20 seconden. De mogelijkheid van evacuatie wordt niet meegenomen in de QRA.

2.3.2 *Hoogte voor de berekening van de effecten*

De warmtestralingsdosis wordt berekend op een hoogte van één meter.

2.3.3 *Letaliteit - Probits*

De sterftekans, P_{letaal} , wordt berekend met behulp van de volgende probit:

$$P_{\text{letaal}} = 0,5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\text{Pr} - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (5)$$

waarbij

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (6)$$

De sterftekans, P_{letaal} , voor de blootstelling aan warmtestraling (plasbrand, fakkel) is gegeven door de probitrelatie:

$$\text{Pr} = -36,38 + 2,56 \ln \left(\int Q^{4/3} dt \right) \quad (7)$$

¹ Om de gridgrootte beperkt te houden heeft elk leidingdeel bij voorkeur een lengte van een paar kilometer. Aan elk leidingdeel worden RunRows voor de dag en de nacht toegekend met de bijbehorende scenario's. Per leidingdeel wordt het plaatsgebonden risico bepaald.

met

Pr	probit behorende bij de overlijdenskans	(-)
Q	warmtestraling op tijdstip t	(W m ⁻²)
t	blootstellingstijd	(s)

De berekening van de letaliteit voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico is gegeven in Tabel 8. De minimumwaarde van P_{letaal} die nog meegenomen wordt in de berekening is gelijk aan 0,01.

Tabel 8 Overlijdenskans voor brandbare stoffen.

Gebied	Plaatsgebonden risico	Groepsrisico binnen	Groepsrisico buiten
Vlamgebied	1	1	1
warmtestraling > 35 kW m ⁻²	1	1	1
warmtestraling < 35 kW m ⁻²	P _{letaal}	0	0,14 × P _{letaal}

Opmerking:

- De maximum blootstellingsduur aan warmtestraling is gelijk aan 20 seconden.

2.3.4

Voorbeeldstoffen

Wanneer de getransporteerde vloeibare aardolieproducten een samenstelling zijn van meerdere stoffen kan bij de risicoberekeningen een voorbeeldstof worden gebruikt. In Tabel 9 wordt voor de verschillende categoriën stoffen aangegeven wat de representatieve stof is en welke voorbeeldstof gebruikt is. Deze voorbeeldstoffen hebben hun vlampunt in het midden van het vlampuntgebied van de betreffende vloeistofcategorie.

Tabel 9 Keuze voorbeeldstoffen voor vloeibare aardolieproducten.

Vloeistof categorie	Vlampunt (°C)	Representatieve stof	Voorbeeldstof	Dichtheid voorbeeldstof (kg/m ³)	Vlampunt voorbeeldstof (°C)
I	0 – 21	Benzine	n-octaan	703	12
II	21 – 55	Kerosine	n-nonaan	718	31
III	> 55	Gasolie			

Opmerking:

- Aangezien de ontstekingskansen voor de categoriën II en III gelijk zijn, zijn deze samengevoegd. De berekende risico's voor categorie III zijn hierdoor conservatief.

2.3.5

Invloed windturbines

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. Een methodiek om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in [6].

3 Maatregelen

3.1 Inleiding

Mitigerende maatregelen bieden de mogelijkheid om de risico's van een buisleiding te verlagen. De in dit hoofdstuk beschreven aanvullende mitigerende maatregelen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met aardolieproducten. Uitgezonderd zijn²:

- Bovengrondse buisleidingen;
- "Hot Lines" met een bedrijfstemperatuur boven de 100 °C. Hieronder vallen buisleidingen met zware 'crude oils' en producten zoals was, lubricants en bitumen waarbij de producten worden verwarmd en worden vervoerd in zwaar geïsoleerde buisleidingen of waarbij het leidingstelsel externe warmtebronnen heeft om de viscositeit van het product te verlagen of waarbij als gevolg van exploratie de gewonnen producten een temperatuur bezitten boven de 100 °C;
- Kunststofleidingen.

Om een reductiefactor te kunnen toepassen, moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. De randvoorwaarden worden genoemd in de bijlage.

De invulling van de factoren en randvoorwaarden is deels op pragmatische beleidskeuzes gebaseerd. De beleidsmatige verantwoording van de afgeleide factoren en randvoorwaarden is beschreven in [2].

De maatregelen die in dit hoofdstuk worden beschreven, beperken de kans op falen. Maatregelen die de effecten beperken, worden niet beschreven, maar dienen wel beschouwd te worden in de berekeningsmethodiek. Het betreft met name maatregelen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt (bijvoorbeeld drukbeveiligingen).

3.2 Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden

Voor buisleidingen die aan de stand-der-techniek-voorwaarden voldoen (zie Tabel 13), mogen de faalfrequentie en -faaloorzaakverdeling van Tabel 10 worden toegepast. Wanneer een specifieke faaloorzaak niet nader is onderzocht of wanneer niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 2 genoemde faalfrequentie te worden gebruikt³.

² Voor deze leidingen zijn de in deze module opgenomen faalfrequenties ook niet van toepassing.

³ Voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's hoeft bovenstaande faaloorzaakverdeling (of die genoemd in Tabel 2) niet te worden toegepast voor de volgende situaties:

- QRA's voor aardolieleidingen die nog voor het bekend worden van de Handleiding rekenmethodiek versie 2.0 zijn opgesteld en waarbij geen sprake (meer) is van PR-knelpunten en/of GR-aandachtspunten;
- QRA's die al passend (geen PR-knelpunten/GR-aandachtspunten) in vastgestelde bestemmingsplannen zijn opgenomen.

Tabel 10 Faalfrequentie en faaloorzaakverdeling voor het scenario breuk voor buisleidingen met aardolieproducten die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden.

Faaloorzaak	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)	Aandeel (%)
Beschadiging door derden	17,7 × 10 ⁻⁶	47,9
Mechanisch	7,96 × 10 ⁻⁶	21,5
Inwendige corrosie	1,41 × 10 ⁻⁶	3,8
Uitwendige corrosie	4,25 × 10 ⁻⁶	11,5
Natuurlijke oorzaken	2,26 × 10 ⁻⁶	6,1
Operationeel/overig	3,40 × 10 ⁻⁶	9,2
Totaal	3,70 × 10⁻⁵	100

Opmerking:

- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden'. De wijze waarop dat gedaan moet worden, staat beschreven in § 2.2.3.

3.3 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van beschadiging door derden

De faalfrequentie m.b.t. voorkoming van beschadiging door derden kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} / \text{factor} \quad (8)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster 1}} \times \text{factor}_{\text{cluster 2}} \times \text{factor}_{\text{cluster 3}} \times \text{factor}_{\text{cluster 4}} \times \text{factor}_{\text{cluster 5}} \times \text{factor}_{\text{cluster 6}} \times \text{factor}_{\text{cluster 7}} \quad (9)$$

Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één maatregel gekozen worden per cluster. Reden hiervoor is dat er sprake kan zijn van een onderlinge afhankelijkheid⁴.

3.3.1 Cluster 1 – Actief rappel

Geen maatregel uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden (zie paragraaf 3.2).	factor: 1
Actief rappel	factor: 1,2

3.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

Dit betreffen maatregelen waarbij er een ondergrondse afdekking plaatsvindt van de te beschermen leiding.

Geen maatregel uit cluster 2	factor: 1
Waarschuwinglint	factor: 1,67
Beschermplaten	factor: 5
Waarschuwinglint + beschermplaten	factor: 30

⁴ Zo kan bijvoorbeeld de maatregel 'vergaande restricties' ook het verbieden van graven en boren inhouden. De toegestane factor is dan 100 en niet 100 × 10 = 1000.

3.3.3 Cluster 3 – Beheermaatregelen

Beheermaatregelen betreffen beperkingen aan of uitsluiting van graafwerkzaamheden door middel van een beheerovereenkomst met de grondeigenaar. De beheerovereenkomst bevat één van de volgende beperkingen:

Geen maatregel uit cluster 3	factor: 1
Vergaande restricties	factor: 100
Graven/boren verboden	factor: 10
Beperkte restricties	factor: 1,6

3.3.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen maatregelen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.

Geen maatregel uit cluster 4	factor: 1
Hekwerk	factor: ∞
Dijklichaam	factor: 10
Barrière op het maaiveld	factor: 8

3.3.5 Cluster 5 – Overige maatregelen

Voor de maatregelen in cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor cluster 5 kan één maatregel worden geselecteerd.

Geen maatregel uit cluster 5	factor: 1
<i>Indien geen maatregel uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden	factor: 3
Cameratoezicht	factor: 2,6
<i>Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden	factor: 2,5
Cameratoezicht	factor: 2,4

Voor buisleidingen die voldoen aan de stand der techniek voorwaarden, moeten de factoren voor cluster 5 worden gebaseerd op de factoren genoemd bij 'Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1'.

3.3.6 Cluster 6 - Extra gronddekking

In Tabel 11 wordt een overzicht gegeven van de reductiefactor per 10 cm extra gronddekking:

Tabel 11 Invloed vergroten gronddekking.

Extra gronddekking (m)	Reductiefactor
0,1	1,3
0,2	1,6
0,3	2,1
0,4	2,6
0,5	3,3
0,6	4,2
0,7	5,4
0,8	6,8
0,9	8,7
1,0	11,0

3.3.7 Cluster 7 - Wanddikte

Wanddikte exclusief corrosietoeslag is minimaal 15 mm	factor 10
---	-----------

3.4 Mitigerende maatregelen voor de overige faaloorzaken

Voor de overige faaloorzaken kan per faaloorzaak maar één maatregel worden gewaardeerd, ook al zijn er meerdere maatregelen die op dezelfde faaloorzaak ingrijpen.

3.4.1 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van mechanisch falen

De maatregelen beschreven in deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'mechanisch falen'. De faalfrequentie voor mechanisch falen kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{mechanisch falen, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{mechanisch falen}} / \text{factor} \quad (10)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Het verlagen van de maximaal toegestane operationele druk tot een niveau waarbij de operational stress beneden 30% SMYS (Specified Minimum Yield Stress) komt.	factor 10
Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.	factor 10

3.4.2 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van inwendige corrosie

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'inwendige corrosie'. De faalfrequentie voor inwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (11)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa).	factor ∞
Het te transporteren medium is afdoende niet corrosief gemaakt ten opzichte van het materiaal van de buisleiding, maar voorzorgsmaatregelen en bewaking/ beveiligingen zijn noodzakelijk. Deze kunnen mogelijk falen	factor 10
Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	factor 10

3.4.3 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van uitwendige corrosie

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'uitwendige corrosie'. De faalfrequentie voor uitwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (12)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving	factor ∞
Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie	factor 10

3.4.4 Mitigerende maatregelen voor natuurlijke oorzaken

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'natuurlijke oorzaken'. De faalfrequentie voor natuurlijke oorzaken kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{natuurlijke oorzaken, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{natuurlijke oorzaken}} / \text{factor} \quad (13)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten	factor 10
Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten	factor 100

3.4.5 Mitigerende maatregelen voor operationele en overige oorzaken

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'operationeel falen en overig'. De faalfrequentie voor operationeel falen en overige faaloorzaken kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{operationele oorzaken, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{operationele oorzaken}} / \text{factor} \quad (14)$$

Overdruk beveiligingsysteem op basis van de van toepassing zijnde Safety Integrity Level (SIL).

Toegepaste SIL = Berekende SIL +1	factor 10
Toegepaste SIL = Berekende SIL +2	factor 100

4 Technische documentatie

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is beschreven welke documentatie beschikbaar moet zijn om een QRA te kunnen beoordelen en wordt de rapportageplicht voor een QRA aan bevoegd gezag Wm nader gespecificeerd.

4.2 Rapportageplicht voor een QRA aan bevoegd gezag

In Tabel 12 zijn de elementen opgenomen die in een QRA gerapporteerd moeten worden. In de als vertrouwelijk genoteerde elementen kan gevoelige informatie aanwezig zijn. Men kan dan overwegen een tweede, openbare tekst aan te leveren. De tweede tekst moet nog wel voldoende zijn om derden de mogelijkheid te geven om zich een oordeel te vormen over de veiligheid, c.q. de risico's (zie opmerking 1).

Tabel 12 specificeert de elementen voor een zelfstandige QRA. Vaak zal een QRA onderdeel zijn van een omvangrijker informatiepakket. Vanzelfsprekend kan in dergelijke gevallen voor bijvoorbeeld een procesbeschrijving worden volstaan met een verwijzing naar elders in het pakket opgenomen informatie.

Tabel 12 Overzicht van de elementen die in een QRA gerapporteerd moeten worden.

Onderwerp	Vertrouwelijk/Openbaar
1 Algemene rapportgegevens	
– Administratieve gegevens: <ul style="list-style-type: none"> • naam en adres van de leidingexploitant (volgens Bevb) • naam buisleiding • naam en adres van de opsteller van de QRA 	Openbaar
– Reden opstellen QRA	Openbaar
– Gevolgde methodiek: <ul style="list-style-type: none"> • rekenpakket met versienummer 	Openbaar
2 Algemene beschrijving van de buisleiding	
– Gegevens buisleiding (vanuit RRGs): <ul style="list-style-type: none"> • naam van de leidingeigenaar • stof • diameter • druk: maximale werkdruk • eventuele mitigerende maatregelen • ontwerpnorm incl. ontwerpfactor 	Openbaar
– Ligging van de leiding, aan de hand van kaart(en) op schaal. <ul style="list-style-type: none"> • Leiding • noordpijl en schaalindicatie 	Openbaar
– Beschrijving specifieke situaties (leidingstrook, kunstwerken, leidingtunnels e.d.)	Openbaar
3 Beschrijving omgeving	
– Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties <ul style="list-style-type: none"> • bestemmingsplannen al dan niet gedeeltelijk binnen de 10⁻⁶-contour en het invloedsgebied. 	Openbaar
– Actuele topografische kaart.	Openbaar

– Een beschrijving van de bevolking rond de buisleiding, onder opgave van de wijze waarop deze beschrijving tot stand is gekomen (o.a. incidentele bebouwing, lintbebouwing).	Openbaar
– Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding die op de buisleiding effect kunnen hebben (risicoverhogende objecten, buurtbedrijven/activiteiten, vliegroutes, windturbines).	Openbaar
– Gebruikte ruwheidslengte en weerstation.	Openbaar
4 Beschrijving van mogelijke risico's voor de omgeving	
Samenvattend overzicht van de resultaten van de QRA, waarin tenminste is opgenomen:	
– Kaart met berekende plaatsgebonden risico, met contouren voor 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} (indien aanwezig).	Openbaar
– Bepaling van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten binnen PR 10^{-6} .	Openbaar
– FN-curve met het groepsrisico per buisleiding voor de kilometer buisleiding met de grootste overschrijding van de oriënterende waarde geldend voor transportleidingen.	Openbaar
– Motivatie van de bepaling van de worst-case kilometer.	Openbaar
– FN-datapunt waarbij de maximale overschrijding van de oriëntatiewaarde optreedt, inclusief de factor van de overschrijding.	Openbaar
– Schadeafstanden voor weerklasse F1,5 en D5. (1% en 100% overlijdenskans bij blootstelling).	Mogelijk vertrouwelijk
– Van toepassing zijnde preventieve en repressieve maatregelen die in de QRA worden voorgesteld.	Openbaar

Opmerkingen:

- De SAFETI-NL-studie, waarmee de risico's zijn berekend, is integraal onderdeel van de documentatie. Dit bestand kan gedeeltelijk vertrouwelijke informatie bevatten. Onderzoek moet uitwijzen of de in dit bestand aanwezige niet-vertrouwelijke informatie op een zinvolle wijze kan worden geëxtraheerd. Voor de tussenliggende periode zijn werkafspraken geformuleerd, die inhouden dat bevoegd gezag de SAFETI-NL-studie bij het bedrijf kan inzien. Daarnaast moet in een apart document de belangrijkste karakteristieken van de QRA beschreven zijn met betrekking tot de risicoberekeningen. In het document moeten ten minste de in Tabel 12 gespecificeerde punten zijn opgenomen.
- De SAFETI-NL-studie is tevens de basis voor het berekenen van het groepsrisico en daardoor nodig bij de herberekening van de FN-curve als onderdeel van de verantwoordingsplicht bij bijvoorbeeld een wijziging in een bestemmingsplan. Volgens de gemaakte werkafspraken zal het betreffende bedrijf zijn medewerking verlenen aan de bedoelde herberekening van de FN-curve.

Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

Een bij een maatregel behorende reductiefactor mag pas worden toegepast wanneer de maatregel voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven. Uitgangspunt is dat de buisleiding voor aardolieproducten voldoet aan de stand der techniek voorwaarden. De daarvoor geldende randvoorwaarden worden als eerste beschreven.

Randvoorwaarden voor leidingen die aan 'stand der techniek' voldoen

De belangrijkste voorwaarde voor het mogen toepassen van de faalfrequentie voor het scenario breuk wanneer de buisleiding voldoet aan stand der techniek, is het toepassen van een effectief veiligheidsbeheerssysteem (VBS) conform artikel 4, lid 1 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). De 'stand der techniek'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 13. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 2 genoemde bijpassende faalfrequentie te worden gebruikt.

Tabel 13 Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek.

Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, conform artikel 4, lid 1, van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en NEN3650/NTA-8000.
Beschadiging door derden	<ul style="list-style-type: none"> • Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels. • Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding. • Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.
Mechanisch	<ul style="list-style-type: none"> • Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding. • Leidingen aangelegd vanaf 1980: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.
Inwendige corrosie	<p>Corrosiemanagementsysteem bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bepaling van product corrosiviteit; • toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit; (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner"); • effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.

Operationeel en overige faaloorzaken	<ul style="list-style-type: none"> • Gespecificeerde werkgebied m.b.t debiet, druk, temperatuur, trip settings. • Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen. • Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren. • Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).
---	--

Randvoorwaarden 'graafschade door derden'

Ten aanzien van faaloorzaak '*graafschade door derden*' zijn een aantal maatregelen geformuleerd met bijbehorende reductiefactoren. In deze paragraaf worden de randvoorwaarden voor de verschillende maatregelen gegeven.

Cluster 1

Actief rappel

De exploitant dient binnen 10 werkdagen na de melding met de grondroerder contact op te nemen indien deze dat nog niet heeft gedaan.

Cluster 2

Het betreft de maatregelen *waarschuwingsslint*, *beschermplaten* en de combinatie *waarschuwingsslint* + *beschermplaten*.

- De minimumafstand tussen een leiding en het beschermende materiaal en de breedte van de afdekking moet in een standaarddocument worden vastgelegd. De combinatie van beide factoren (beschermend materiaal en de afstand tussen het materiaal en de leiding) moet dusdanig zijn dat ook bij toepassing van de grootste graafmachines die op dat moment worden gehanteerd, de afdekking effectief is en de leiding niet wordt geraakt.
- De sterkte en geschiktheid van afwijkende materialen of constructies dient te worden aangetoond door middel van veldtesten. Uitgangspunt is dat veldtesten op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de veldtesten die zijn uitgevoerd voor de bepaling van de reductiefactor voor beschermplaten [7]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid⁵.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt zal hierover met de andere leidingexploitanten moeten worden overlegd.
- Deze maatregel kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze maatregel. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

Cluster 3

Het betreft de maatregel waarbij een beheerovereenkomst is afgesloten die een bepaalde beperking bevat.

Overeenkomst met 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.

⁵ Indien in alle experimenten de maatregel effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de maatregel voor één experiment niet effectief was. Deze aanname is nodig omdat met een beperkt (n) aantal testen niet kan worden uitgesloten dat de (n+1)^{de} test tot falen leidt.

- Bij de (helikopter)inspecties 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 (zie maatregel '*Overeenkomst, graven/boren verboden*').

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 mits 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 (helikopter)inspecties 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 (zie maatregel '*Overeenkomst, beperkte restricties*').

Overeenkomst, beperkte restricties:

- Bij een overeenkomst met beperkte restricties zijn grondroerende activiteiten niet helemaal uitgesloten, maar worden wel beperkingen opgelegd ten aanzien van 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 (helikopter)inspecties moet het leidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

Cluster 4

Hekwerk

- Een hekwerk moet voorkomen dat de directe omgeving rond de leiding kan worden betreden. Wanneer een hekwerk alleen het gebied in de nabijheid van de leiding omsluit, maar het gebied verder vrij eenvoudig kan worden betreden, moet een hekwerk worden gezien als markering.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

Dijklichaam

- De ophoging ten opzichte van het maaiveld is minimaal één meter hoog en deze hoogte moet ook worden onderhouden. Een andere optie is om een dijklichaam van 50 cm hoog te creëren maar dan moet het dijklichaam worden omsloten door een (metalen) net dat genoeg weerstand kan bieden indien er toch gegraven mocht worden.

- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het leidingstuk waarvoor de maatregel wordt toegepast. Omdat niet kan worden voorkomen dat er toch wegen etc. moeten worden gekruist, wordt als richtwaarde aangehouden dat minimaal 98% van het betreffende leidingstuk door een dijklichaam moet worden beschermd. Als minder dan 98% van het leidingstuk wordt beschermd, moet in een QRA specifiek rekening worden gehouden met de onderbrekingen. Het deel dat niet door het dijklichaam wordt beschermd, moet op een andere manier worden beschermd, bijvoorbeeld door een wegverharding. Ook moet aan het begin en eind van de onderbreking extra markering worden geplaatst.
- De maatregel moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

Barrière op maaiveld

- De afstand tussen de barrière en de leiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de leiding.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden .
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

Cluster 5

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.
- Wanneer 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.
- Wanneer 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.

Cameratoezicht

- Het toezicht moet continu zijn.
- Het toezicht moet mogelijk zijn over het gehele leidingstuk waarvoor de reductiefactor wordt toegepast.
- Bij constatering van (voorbereidingen van) werkzaamheden nabij de leiding moet binnen enkele minuten ingegrepen kunnen worden om de werkzaamheden stil te leggen.
- Er moet een terugkoppeling zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan.

Cluster 6

Randvoorwaarde bij deze maatregel is dat de dekking aan weerszijden van de leiding effectief moet zijn. De dekking moet zodanig zijn aangebracht dat ver-

wacht mag worden dat een grondroerder die loodrecht op de leiding graaft, het maaiveld blijft volgen en niet de extra gronddekking negeert door het niveau op graafdiepte aan te houden. Als leidraad geldt dat bij een extra gronddekking tot 20 centimeter de extra dekking over minimaal 10 meter aan weerszijden van de leiding moet worden aangebracht. Bij een extra gronddekking groter dan 20 centimeter moet de extra dekking minimaal over de belemmerde strook worden aangebracht.

Randvoorwaarden 'In-line inspectie (ILI)'

De meetprestatie van de ILI moet voldoen aan de volgende eisen:

1. De kans op detectie van potentieel kritische defecten is minimaal 90%;
2. Detectiegrens materiaalverlies 10% (algemene wanddikte) en 15% (pitting) voor Magnetic Flux leakage (MFL) en 1,5 mm voor Ultrasonische Testing (UT);
3. Detectie van defecten van 20 x 20 mm of meer in oppervlakte;
4. ILI moet in staat zijn deuken dieper dan 2% van de Interne Diameter te identificeren.

Het inspectie-interval moet gebaseerd zijn op een gedegen en genormeerde risicoanalyse met een fit-for-purpose (FFP) demonstratie. Het maximum ILI-interval bedraagt 10 jaar.

Voor het waarderen van ILI als maatregel zijn verdere randvoorwaarden ten aanzien van algemene normen en procedures opgesteld.

Algemeen

Welke industriële norm wordt toegepast voor het hanteren van ILI hangt af van diverse afwegingen, zolang deze er a) op gericht zijn om het falen van een buisleiding ten gevolge van bijvoorbeeld inwendige en/of uitwendige corrosie te voorkomen en b) zolang de "Fitness for Purpose" (FFP) c.q. "Fit for Service" (FFS) wordt bevestigd volgens industriële Integrity Management (IM) principes. De exploitant dient te kunnen laten zien wat men met eventuele geconstateerde gebreken doet en wat de afwegingen zijn die men hierbij hanteert. Relevante features dienen tijdig te worden gerepareerd en rapportage daarvan vastgelegd. Een gedegen effectanalyse volgt dezelfde methodologie als een gedegen risicoanalyse.

Beschikbare normen

Aangesloten dient te worden bij de "Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines, Version 2009, Appendix I" (zie beneden) en de bovengrenzen die hierin worden genoemd.

Exploitanten die de reductiefactoren voor ILI hanteren moeten over passende procedures beschikken voor het uitvoeringsproces ILI/FFP/FFS/RBI/IM en acceptatiecriteria voor geconstateerde afwijkingen ("features"). Voor ILI wordt daartoe aangesloten bij recente specificaties zoals opgesteld door het POF (Pipeline Operator Forum):

1. Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines: versie 2009,
2. Guidance documents to achieve In-Line-Inspection first run success:
 - Guidance on achieving ILI First Run Success, december 2012,
 - ILI Pipeline Questionnaire, december 2012,
 - ILI Check Lists, december 2012,
 - ILI Data Feedback Form, december 2012,
 - Guidance on Field Verification Procedures for In-Line-Inspection, december 2012,

- ILI Field Verification Form, december 2012.

Voor de normen voor fitness-for-purpose analyse (FFP) kunnen de volgende codes of richtlijnen als referentie worden gebruikt:

- NEN-3650:2012 hoofdstuk 10. Norm voor transportleidingen,
- NTA-8000. Risicomanagement eisen voor transportleidingen,
- API 579 -1 / ASME FFS-1. Recommended Practices for Fitness for Service,
- API 1160. Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines,
- ASME B31G. Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines,
- ASME 9909A-RPT-001. Pipeline Defect Assessment Manual,
- BS 7910. Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures,
- PD 8010-4:2012. Pipeline systems. Steel pipelines on land and subsea pipelines. Code of practice for integrity management.
- Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects, British Energy Generation, Report R/H/R6, Nuclear Electric.
- SINTAP. Fitness Structural INTegrity Assessment Procedures for European Industry,
- DNV-RP-F116. Integrity Management Systems of submarine pipeline systems, 2009,

Specifiek voor de beoordeling van corrosiedefecten m.b.v. ILI zijn onder andere de volgende normen als referentie te gebruiken:

- ASME B31G + Modified B31G. methode voor sterkteberekeningen/ restlevensduurberekeningen),
- RSTRENG. Computer programma voor berekenen van corrosie aan pijpen,
- DNV-RP-F101. Corroded Pipelines - Pipeline Field Joint Coating and Field Repair of Linepipe Coating, 2010.

Voor een transparante werkwijze en waardering van de reductiefactoren is het gewenst dat de sector een complete richtlijn ontwikkelt voor het gehele proces op basis van bestaande normen.

N.B.: er is een aantal "non-piggable leidingen", waarbij vanzelfsprekend ILI niet gebruikt kan worden. Wel zijn er ontwikkelingen om met behulp van bestaande technieken (CIPS/DCVG) en nieuwe analyse- en evaluatietechnieken de integriteitstatus op indirecte wijze vast te kunnen stellen. Bij onderbouwing door de sector kunnen dergelijke beoordelingstechnieken mogelijk voor waardering in aanmerking komen.

RBI - optie

De exploitant moet aantonen dat de integriteit van zijn buisleiding gewaarborgd is. Hij kan daarvoor kiezen voor de RBI-aanpak (Risk Based Inspection). Daartoe moet worden vastgelegd hoe het RBI is ingericht. Wanneer defecten worden geconstateerd, moet een gedegen analyse leiden tot hypothesen over mogelijke oorzaken. De fout/faal-hypothesen moeten gekoppeld worden aan de consequenties voor integriteit en gebruik van de buisleiding (bijv. duur, condities). Dit bepaalt het inspectieregime en de daaruit voortvloeiende acties (bijv. restricties in het gebruik, meetfrequentie, bewaking kwaliteit van het medium enz.).

Elementen die de basis moeten vormen van een RBI-aanpak:

1. Opstellen prestatie-eisen en criteria, planning en selectietool;
2. Data verzamelen en integreren: bedoeld om een risicobenadering te faciliteren. Er moet reeds data aanwezig zijn en een evaluatie van een eerste

- pigrun, en er zijn geen wijzigingen in de operationele bedrijfsvoering of omstandigheden (MoC);
3. Het verdelen van de buisleiding (of het leidingnetwerk) in secties: het leidingstelsel wordt verdeeld in secties waar bedreigingen of gevolgen verschillen van de bedreigingen of gevolgen in andere secties;
 4. Identificatie van bedreigingen: de gevaren die kunnen resulteren in een breuk, lekkage of onderbreking van levering zijn geïdentificeerd. Features worden allen geanalyseerd;
 5. Risicoanalyse: de kans op falen als gevolg van een bedreiging en de gevolgen van dit falen worden geëvalueerd en vermenigvuldigd en vormen een risico voor elke bedreiging (en sectie);
 6. Risicobeoordeling: het berekende risico wordt vergeleken met een geaccepteerd risiconiveau voor een bedreiging/sectie/buisleiding;
 7. Mitigatie: er is een plan gemaakt om de risico's te beheersen, gekoppeld aan de relevante bedreigingen. Alle features worden gedocumenteerd;
 8. Evaluatie en verbetering: het proces is continu en onderdeel van een verbetercyclus.

Randvoorwaarden 'Inwendige corrosie – corrosiviteit medium'

De corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de kwaliteit van het medium dient gemonitord te worden.

Opname onderbouwing "inherent niet-corrosief medium" c.q. "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

Randvoorwaarden 'Uitwendige corrosie – corrosiviteit buismateriaal'

Het ontbreken van corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de omgeving (verzuring, bacteriën, wortels, grondroeren, interferentie) dient gemonitord te worden.

Opname onderbouwing "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

Randvoorwaarden 'natuurlijke oorzaken'

Ontoelaatbare zettingen/spanningen kunnen vergaand worden uitgesloten

Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten:

- Door nagaan van de bodemgesteldheid, met inventarisatie van kritische gebieden (b.v. mijnbouw, kunstwerken, veengebieden),
- Bij kritische gebieden een beheerste situatie te creëren, bijvoorbeeld meten/berekeningen van spanningen, meten met zet-/zakbakens, uitvoeren met rekstrookjes, onderheien, overdimensionering constructief ontwerp, ontbreken van koppelingen en overige appendages, spanningsvrije ligging.

Rapportage van de evaluatie dient binnen 1 jaar na het claimen van de reductiefactor beschikbaar te zijn.

Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten

Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten wanneer een onderbouwende rapportage het bewijs levert van een dichte en stabiele ondergrond (bijvoorbeeld zandgronden).

- Door nagaan van de bodemgesteldheid op basis waarvan kritische gebieden kunnen worden uitgesloten (b.v. stabiele klei, zand),

- Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen zijn aantoonbaar uitgesloten (b.v. op basis van langjarige casuïstiek).

Randvoorwaarden 'operationeel en overig falen'

1. Implementatie van een overdrukbeveiligingssysteem op basis van de van toepassing zijnde Safety Integrity Level (SIL) overeenkomstig IEC 61511 die is afgeleid van een hazard assessment van faalmechanismes inclusief druk/temperatuur reliëf èn:
2. Implementatie van een testregime van het overdruk beveiligingssysteem en adequate training van de operators op de bediening van het systeem èn:
3. Borging van het niet overschrijden van de *operating envelope* van de buisleiding.

Randvoorwaarden: adequate inbedrijfstelling met waar mogelijk hydrotesten bij ingebruikname en periodiek functioneel testen (onderdeel van SIL).

N.B.: hoewel *onderdruk*beveiliging op zich geen onderdeel uitmaakt van de faalkansbeperking, wordt verwacht dat het SIL-niveau van deze beveiliging overeenkomt met de *overdruk*beveiliging.

Referenties

- [1] Vliet, A.A.C. van, Laheij, G.M.H., Wolting, A.G., *Risicoanalyse voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen*, RIVM-rapport 620120001/2006 (2006).
- [2] I&M-brief, *Aanvullende mitigerende maatregelen buisleidingen*, referentienummer IENM/BSK-2014/74036, d.d. 28 maart 2014. Deze brief is als bijlage aan de Handleiding Risicoberekeningen Bevb toegevoegd. De in deze brief aangehaalde PIE-rapporten zijn beschikbaar via www.velin.nl.
- [3] RIVM-brief, *Analyse faalkans CONCAWE-database*, referentienummer 099-08/CEV Rik/mjd, d.d. 11 april 2008.
- [4] RIVM-brief, *Invloed diepteligging en wanddikte op de faalfrequentie voor leidingen met aardolieproducten en overige leidingen*, referentienummer 165/11 CEV Vli/sij-3063, d.d. 26 juni 2011.
- [5] Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico, te vinden op www.groepsrisico.nl
- [6] AgentschapNL, *Handboek Risicozonering Windturbines*, KEMA-rapport, versie 3 (mei 2013).
- [7] Corder I., *The application of risk techniques to the design and operation of Pipelines*, IMechE., C502/016. 00 113 – 125 (1995)



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Handleiding Risicoberekeningen Bevb

Module D - Chemicaliënleidingen

Versie 2.0
1 juli 2014

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Contact:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
Centrum Veiligheid
safeti-nl@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van de Rekenmethodiek Buisleidingen.

Inhoudsopgave

INLEIDING	5
1 KADERS	6
1.1 STOFFEN	6
2 REKENMETHODIEK	7
2.1 UITSTROOMSCENARIO'S	7
2.2 FAALFREQUENTIES	7
2.3 MODELLERING VAN DE SCENARIO'S	8
2.4 GEBEURTENISSENBOMEN	9
2.5 MODELLERING GASSEN	9
2.5.1 <i>Modellering waterstof</i>	9
2.6 MODELLERING TOT VLOEISTOF VERDICHTE GASSEN	10
2.7 MODELLERING VLOEISTOFFEN	10
2.7.1 <i>Brandbare vloeistof</i>	10
2.7.2 <i>Brandbare en toxische vloeistof – breuk</i>	11
2.7.3 <i>Brandbare en toxische vloeistof – lek</i>	11
2.7.4 <i>Toxische vloeistof</i>	11
2.8 GROEPSRISICO	12
3 MODELPARAMETERS	13
3.1 INLEIDING	13
3.2 QRA SPECIFIEKE PARAMETERS	13
3.2.1 <i>Standaard te gebruiken instellingen</i>	13
3.2.2 <i>Locatie van de uitstroming</i>	14
3.2.3 <i>Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten</i>	14
3.2.4 <i>Tijdsafhankelijke uitstroming</i>	14
3.2.5 <i>Meteorologisch weerstation en parameters</i>	14
3.2.6 <i>Verdeling aanwezigheid binnenshuis en buitenshuis</i>	15
3.2.7 <i>Het modelleren van personen bij evenementen</i>	15
3.2.8 <i>Verkrijgen van realistische contouren</i>	16
3.3 PARAMETERS SPECIFIEK VOOR EEN QRA IN NEDERLAND	16
3.3.1 <i>Tijdsduur</i>	16
3.3.2 <i>Hoogte voor de berekening van de effecten</i>	16
3.3.3 <i>Letaliteit - Probits</i>	16
3.3.4 <i>Invloed windturbines</i>	18
3.4 STOFSPECIFIEKE PARAMETERS	18
3.4.1 <i>Probitrelaties toxische stoffen</i>	18
3.4.2 <i>Probitrelatie stikstof</i>	18
3.4.3 <i>Probitrelatie kooldioxide</i>	18
3.4.4 <i>Probitrelatie zuurstof</i>	18
4 MAATREGELEN	20
4.1 INLEIDING	20
4.2 BUISLEIDINGEN DIE VOLDOEN AAN STAND-DER-TECHNIEK-VOORWAARDEN	20
4.3 MITIGERENDE MAATREGELEN TER VOORKOMING VAN BESCHADIGING DOOR DERDEN	21
4.3.1 <i>Cluster 1 – Actief rappel</i>	21
4.3.2 <i>Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal</i>	21
4.3.3 <i>Cluster 3 – Beheermaatregelen</i>	22

4.3.4	Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld.....	22
4.3.5	Cluster 5 – Overige maatregelen	22
4.3.6	Cluster 6 – Extra gronddekking.....	22
4.3.7	Cluster 7 - Wanddikte	23
4.4	MITIGERENDE MAATREGELEN VOOR DE OVERIGE FAALOOZAKEN	23
4.4.1	Mitigerende maatregelen ter voorkoming van mechanisch falen.....	23
4.4.2	Mitigerende maatregelen ter voorkoming van inwendige corrosie	24
4.4.3	Mitigerende maatregelen ter voorkoming van uitwendige corrosie	24
4.4.4	Mitigerende maatregelen voor natuurlijke oorzaken.....	24
4.4.5	Mitigerende maatregelen voor operationele en overige oorzaken	25
5	TECHNISCHE DOCUMENTATIE	26
5.1	INLEIDING.....	26
5.2	RAPPORTAGEPLICHT VOOR EEN QRA AAN EEN BEVOEGD GEZAG.....	26
6	VERANTWOORDING	28
6.1	§ 2.1 - UITSTROOMSCENARIO'S.....	28
6.2	§ 2.3 - MODELLERING VAN DE SCENARIO'S	28
6.3	§ 2.4 - GEBEURTENISSENBOMEN	28
6.4	§ 2.5 - MODELLERING GASSEN	30
6.5	§ 2.6 - MODELLERING TOT VLOEISTOF VERDICHTE GASSEN	31
6.6	§ 2.7 - MODELLERING VLOEISTOFFEN	31
6.6.1	§ 2.7.1 - Brandbare vloeistof.....	32
6.6.2	§ 2.7.2 - Brandbare en toxische vloeistof – breuk.....	32
6.6.3	§ 2.7.4 - Toxische vloeistof.....	33
6.7	§ 2.8 - GROEPSRISICO	33
6.8	§ 3.2 - QRA SPECIFIEKE PARAMETERS.....	34
6.8.1	§ 3.2.1 - Standaard te gebruiken instellingen	34
6.8.2	§ 3.2.2 - Locatie van de uitstroming	34
6.8.3	§ 3.2.4 - Tijdsafhankelijke uitstroming.....	35
6.8.4	§ 3.2.6 - Verdeling aanwezigheid binnenshuis en buitenshuis.....	35
6.8.5	§ 3.2.7 - Het modelleren van personen bij evenementen	35
6.9	§ 3.3 - PARAMETERS SPECIFIEK VOOR EEN QRA IN NEDERLAND.....	36
6.9.1	§ 3.3.1 - Tijdsduur	36
6.9.2	§ 3.3.3 - Letaliteit - Probits.....	36
6.9.3	§ 3.4 - Stofspecifieke parameters.....	36
	BIJLAGE RANDVOORWAARDEN REDUCTIEFACTOREN.....	37
	REFERENTIES.....	45

Inleiding

In deze module wordt voor ondergrondse buisleidingen met chemicaliën die vallen onder het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb), beschreven op welke wijze een QRA moet worden uitgevoerd. Zoveel als mogelijk is aansluiting gezocht bij de reeds bestaande rekenmethoden voor hoge druk aardgasleidingen (Module B) en voor aardolieleidingen en brandbare vloeistoffen (Module C). Daarnaast wordt op een aantal punten aangesloten bij het Paarse Boek [1] en de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [2].

De rekenmethode Chemicaliënleidingen is geschreven voor gebruik in combinatie met het rekenpakket SAFETI-NL [3] en resulteert in plaatsgebonden risicocontouren en groepsrisicowaarden zoals genoemd in de wet- en regelgeving. In deze module worden de uitgangspunten van de berekeningen met het rekenpakket SAFETI-NL beschreven. Daarnaast wordt beschreven hoe een risicoanalyse uitgevoerd dient te worden met het rekenpakket SAFETI-NL.

De rekenmethode Chemicaliënleidingen is door RIVM opgesteld in overleg met de exploitanten. Voor situaties waar deze module niet volstaat, moet gerekend worden worden volgens best practice [4]. Voor de in SAFETI-NL gehanteerde modellen wordt verwezen naar de achtergronddocumentatie behorende bij SAFETI-NL [5].

1 Kaders

1.1 Stoffen

In Tabel 1 zijn de gevaarlijk stoffen gegeven die bij de inventarisatie van het RRGs [6] zijn aangemerkt als stoffen die door buisleidingen worden getransporteerd en die in deze methodiek als relevant worden beschouwd voor de externe veiligheid. Ook voor andere (gevaarlijke) stoffen dan genoemd Tabel 1 kan de rekenmethode van toepassing zijn. Daarbij moet worden nagegaan of deze nog andere model- of gevaarsaspecten hebben dan die in de rekenmethode worden beschouwd.

Tabel 1 Overzicht van gevaarlijke stoffen in de categorie Chemicaliënleidingen.

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

Opmerkingen:

- Bij de brandbare vloeistoffen betreft het vloeistoffen met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C).
- De lijst met stoffen in Tabel 1 is niet limitatief. Zo kan bijvoorbeeld aardgas, dat niet voldoet aan de omschrijving als gegeven in artikel 1 van het Revb, onder deze methodiek komen te vallen.
- Koolmonoxide en ammoniak zijn in principe brandbaar en toxisch, maar omdat het laag reactieve stoffen betreffen, worden alleen de toxische eigenschappen beschouwd [2].
- De vloeistoffen aniline, MDI en natronloog zijn niet (acuut) toxisch zijn of hebben een vlampunt groter dan 60°C. Voor dergelijke buisleidingen bepaalt het bevoegd gezag of een risicoanalyse moet worden uitgevoerd.
- Mocht de aggregatietoestand van een stof anders zijn dan beschreven in Tabel 1, dan dient exploitant een voorstel te doen bij het bevoegd hoe de stof te modelleren.
- Etheenoxide wordt op basis van zijn kookpunt gezien als een vloeistof, maar wordt als tot vloeistof verdicht gas gemodelleerd (zie § 2.7.2).

2 Rekenmethodiek

2.1 Uitstroomscenario's

De volgende scenario's worden beschouwd in de rekenmethodiek:

Tabel 2 Scenario's voor ondergrondse buisleidingen in de categorie Chemicaliën-leidingen.

Scenario
Breuk van de buisleiding
Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale inwendige diameter, max. 20 mm

Let op: het scenario lek wordt voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen en voor buisleidingen met formaldehyde niet meegenomen. Zie verder § 6.1.

2.2 Faalfrequenties

De faalfrequenties voor een buisleiding gelden voor de buisleiding inclusief flenzen, lassen en kleppen maar exclusief pompen. De standaard faalfrequenties voor ondergrondse buisleidingen zijn gegeven in Tabel 3, de bijbehorende faaloorzakenverdeling in Tabel 4 [7]. Zie verder Hoofdstuk 4.

Tabel 3 Scenario's en faalfrequenties voor ondergrondse buisleidingen.

Scenario	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)
1. Breuk van de buisleiding	$1,5 \times 10^{-4}$
2. Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, maximaal 20 mm.	$4,5 \times 10^{-4}$
Totaal	$6,0 \times 10^{-4}$

Tabel 4 Faaloorzaakverdeling voor buisleidingen met chemicaliën.

Faaloorzaak	Faalfrequentie			Aandeel (%)	
	Breuk	Lek	Totaal	Breuk	Lek
Beschadiging door derden	$7,19 \times 10^{-5}$	$9,86 \times 10^{-5}$	$1,71 \times 10^{-4}$	47,9	21,9
Mechanisch	$3,23 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-4}$	21,5	32,2
Inwendige corrosie	$5,71 \times 10^{-6}$	$4,40 \times 10^{-5}$	$4,97 \times 10^{-5}$	3,8	9,8
Uitwendige corrosie	$1,72 \times 10^{-5}$	$1,32 \times 10^{-4}$	$1,49 \times 10^{-4}$	11,5	29,3
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-6}$	$1,35 \times 10^{-5}$	$2,27 \times 10^{-5}$	6,1	3,0
Operationeel/overig	$1,38 \times 10^{-5}$	$1,71 \times 10^{-5}$	$3,09 \times 10^{-5}$	9,2	3,8
Totaal	$1,5 \times 10^{-4}$	$4,5 \times 10^{-4}$	$6,0 \times 10^{-4}$	100	100

Opmerkingen:

- Bij de faalfrequentie voor het breukszenario is de invloed van de grondroerdersregeling (WION) verdisconteerd door het aantal breuken als gevolg van beschadiging door derden (external interference) te reduceren met een factor 2,5 [8].
- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [7]. De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (1)$$

$$\text{factor} = e^{-2,4 \times (0,84 - z)} \quad (2)$$

waarbij:
z = diepteligging (m).

Dekkingsovergangen van 20 cm of meer dienen te worden meegenomen in de berekeningen. Tevens dienen dekkingsovergangen van 10 cm of meer die over een leidingafstand van 50 meter of meer stand houden te worden meegenomen. Hiervan mag worden afgeweken indien bij gebruikmaking van een conservatief gekozen diepteligging geen knelpunten ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor buisleidingen in landelijk gebied. Hiervoor hoeft pas nauwkeurig te worden gerekend wanneer mogelijk een knelpunt kan ontstaan, bijvoorbeeld bij een wijziging van een bestemmingsplan waarbij een (beperkt) kwetsbaar object in de buurt van de leiding wordt toegestaan.

2.3 Modelling van de scenario's

Voor de berekening moet gebruik worden gemaakt van de standaard modellen in SAFETI-NL zoals gegeven in Tabel 5 [3]. Hierbij dienen de instellingen van Tabel 6 gehanteerd te worden. Zie verder § 6.2.

Tabel 5 Scenario's en modellen in SAFETI-NL.

Scenario	SAFETI-NL model
Leidingbreuk	
Gas	Vessel → Long Pipeline (Vessel → Long Pipeline → UDS ¹ voor H ₂)
Vloeistof	Vessel → Catastrophic rupture (Vessel → UDS voor formaldehyde)
Vloeistof verdicht gas	Vessel → Long Pipeline
Gat in buisleiding	Vessel → Leak

Tabel 6 Diverse parameterinstellingen SAFETI-NL.

Parameter	SAFETI-NL-instelling
Temperatuur	9,8 °C m.u.v. etheen (zie § 2.6) en etheenoxide (zie § 2.7.2)
Druk	Maximale werkdruk van de buisleiding (zie § 5.2)
Kans scenario	0,25 voor breuk en 0,75 voor lek ² [7]
Kans op directe ontsteking ²	Zie Tabel 8
Uitstroomhoogte	0,01 m (zie § 3.2.1)
Uitstroomrichting	Verticaal (zie § 3.2.1)
Rate between two times	Brandbare stoffen 0-20 sec. Toxische stoffen 5 'multiples rates' (zie § 3.2.4)
Afstand tot breuk	Halverwege buisleiding. Maximale lengte is 50 km (zie § 3.2.2)
Relatieve gatgrootte	1

¹ UDS = User Defined Source. De input voor dit scenario is afkomstig van de output van een ander scenario. De initieel verkregen resultaten van dit scenario kunnen in het UDS-scenario handmatig aangepast worden. Het UDS-scenario wordt verkregen middels de optie 'Create Source'.

² Let op: voor de vloeistof verdichte gassen die alleen brandbaar zijn, geldt dat alléén directe ontsteking wordt meegenomen. Om te voorkomen dat per ongeluk ook vertraagde ontsteking wordt meegenomen, moet de kans op directe ontsteking op 1 worden gezet en moet de waarschijnlijkheid voor het desbetreffende scenario worden vermenigvuldigd met de eigenlijke waarde voor directe ontsteking (0,3 voor breuk en 0,14 voor lek). Voor breuk wordt de waarschijnlijkheid dan 0,075 (0,25 × 0,3) en voor lek 0,105 (0,75 × 0,14). Zie ook § 6.3.

2.4 Gebeurtenissenbomen

Bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit ondergrondse buisleidingen zijn verschillende vervolgeffecten mogelijk. Het optreden van deze effecten hangt ondermeer af van de gevaarsaspecten van de transporteren stof en in hoeverre directe danwel vertraagde ontsteking optreedt. De effecten die ontstaan bij breuk of lek staan gegeven in Tabel 7. De bijbehorende ontstekingskansen staan in Tabel 8. Zie verder § 6.3.

Tabel 7 Maatgevende gebeurtenissen voor breuk of lek van een buisleiding.

Gevaarsindeling	Directe ontsteking	Vertraagde ontsteking	Geen ontsteking
<i>Brandbaar</i>			
Gas	Fakkel	N.v.t.	N.v.t.
Vloeistof	Plasbrand	Wolkbrand + plasbrand	N.v.t.
Tot vloeistof verdicht gas	Fakkel	N.v.t.	Geen effect
<i>Toxisch</i>			
Gas	N.v.t.	N.v.t.	Toxische effecten
Vloeistof	N.v.t.	N.v.t.	Toxische effecten
Tot vloeistof verdicht gas	N.v.t.	N.v.t.	Toxische effecten
<i>Brandbaar en toxisch</i>			
Gas	Fakkel		Toxische effecten
Vloeistof	Wolkbrand + plasbrand		Toxische effecten

Opmerking:

- Bij stoffen die zowel brandbaar als toxisch zijn, worden de brandbare effecten beschouwd bij directe ontsteking en de toxische effecten in geval er geen directe ontsteking plaatsvindt. Toxische effecten die ontstaan na ontsteking van een brandbare wolk, worden niet meegenomen. Aangenomen wordt dat de pluim in dat geval zal opstijgen en op leefniveau geen letale toxische effecten meer veroorzaakt.

Tabel 8 Ontstekingskansen bij breuk en lek.

	P_{direct}	P_{vertraagd}
Gassen		
- breuk en lek	1*	0
Tot vloeistof verdichte gassen		
- breuk	0,3	0
- lek	0,14	0
Vloeistoffen (K ₀)		
- breuk en lek	0,065	0,935

* Het betreft alleen waterstof en gezien de lage ontstekingsenergie wordt verwacht dat breuk altijd leidt tot ontsteking.

2.5 Modellerings gassen

2.5.1 Modellerings waterstof

Voor waterstof moet een UDS-scenario worden gebruikt waarbij handmatig andere waarden voor de luchtinmenging en de (verlaagde) uitstroomsnelheid inge-

voerd moeten worden. Deze staan in Tabel 9 en Tabel 10 weergegeven [9]. Zie verder § 6.4.

Tabel 9 Hoeveelheid ingemengde lucht (in kg/s) bij transportleidingen met waterstof (0-20 s).

Diameter	16 barg	40 barg	70 barg	100 barg
4 inch	120	230	330	420
6 inch	230	400	570	720
8 inch	360	620	880	1100
12 inch	630	1080	1520	1920
20 inch	1290	2190	3110	3920

Tabel 10 Uitstroomsnelheid (m/s) bij transportleidingen met waterstof (0-20 s).

Diameter	16 barg	40 barg	70 barg	100 barg
4 inch	22	30	38	44
6 inch	29	41	52	60
8 inch	37	53	65	75
12 inch	50	69	85	96
20 inch	70	94	113	126

Opmerkingen:

- Door middel van (lineaire) interpolatie kan de waarde bij andere buisleidingdrukken dan 16, 40, 70 en 100 barg worden afgeleid.
- Voor de overige gassen wordt luchtinmenging en verlaagde uitstroomsnelheid niet meegenomen, omdat berekeningen hebben aangetoond dat luchtinmenging nauwelijks van invloed is. Zie verder § 6.4.

2.6 Modelling tot vloeistof verdichte gassen

De standaard modellering van de tot vloeistof verdichte gassen is beschreven in §2.3 en § 2.4. Voor etheen geldt een andere aan te houden temperatuur. Etheen is een stof met een kritische temperatuur van 9,19°C en wordt gemodelleerd bij een ietwat lagere temperatuur (9°C) zodat de stof zich als vloeistof gedraagt en niet superkritisch. Zie verder § 6.5.

2.7 Modelling vloeistoffen

Voor de modellering van vloeistoffen is zoveel als mogelijk aansluiting gezocht bij de methodiek voor de aardolieleidingen (module C) Zie verder § 6.6. Uitzondering hierop is etheenoxide, dat als tot vloeistof verdicht gas wordt gemodelleerd (§ 2.7.2).

2.7.1 Brandbare vloeistof

De hoeveelheid vloeistof die bij breuk van de vloeistofleiding bovengronds komt is gelijk aan de som van de hoeveelheid vloeistof die vrijkomt binnen de afslagtijd van de pomp (V_1) en de vloeistof die vrijkomt ten gevolge van expansie van de samengeperste vloeistof (de zgn. line-pack, V_2).

1. Hoeveelheid vloeistof die vrijkomt binnen de afslagtijd van de pomp (V_1).
De hoeveelheid vloeistof die vrijkomt binnen de afslagtijd van de pomp is gelijk aan:

$$V_1 = \Phi_{\text{pomp}} \cdot t \quad (3)$$

waarbij

Φ_{pomp} = maximaal pompdebiet (m^3/s)
 t = tijdsduur vanaf het breukmoment tot afslaan van de pomp of tot het gesloten zijn van kleppen in de buisleiding (s).

2. Uitstroming ten gevolge van de expansie van samengedrukte vloeistof (V_2).
 De line-pack wordt berekend met onderstaande formule:

$$V_2 = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L \cdot P \cdot C_e \quad (4)$$

waarbij:

V_2 = volume toename van het product (m^3);
 D = inwendige diameter van de buisleiding (m);
 L = totale buisleidinglengte (m);
 P = werkdruk ter plaatse van de breuk (N/m^2);
 C_e = compressibiliteit van de vloeistof ($= 0,88 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{N}$).

Wanneer een leiding gevuld is, zonder dat er verpompt wordt, zal bij breuk van de leiding alleen sprake zijn van uitstroming ten gevolge van de expansie van de samengedrukte vloeistof (V_2).

Aanbevolen wordt om in voorkomende gevallen rekening te houden met nalevering ten gevolge van een hellende buisleiding en extra uitstroom uit een buisleiding ten gevolge van terugstroming vanuit ontvangende opslag tanks (V_3).

Breuk van een buisleiding met brandbare vloeistof wordt gemodelleerd als het instantaan falen van een vat dat onder atmosferische druk of onder een zeer lichte overdruk staat. Bij directe ontsteking wordt alleen een plasbrand beschouwd, omdat het effectgebied van de ontbranding van de geflashte vloeistof binnen het effectgebied van de plasbrand ligt. Bij vertraagde ontsteking wordt naast plasbrand ook rekening gehouden met een wolkbrand, omdat de geflashte vloeistof de tijd heeft om af te drijven en op afstand te ontsteken. De grootte van de plas wordt bepaald door de hoeveelheid uitgestroomde vloeistof $V_1 + V_2$ (+ eventueel V_3) die een plas van 0,05 m dikte vormt (module C). Deze plas wordt als een tankput ingevoerd.

2.7.2 *Brandbare en toxische vloeistof – breuk*

Het betreft alleen de stof etheenoxide (EO). De stof wordt niet als vloeistof maar als vloeistof verdichte gas gemodelleerd door in de modellering een temperatuur van 12° te hanteren. De aan te houden ontstekingskans is 0,3, overeenkomstig de ontstekingskans van tot vloeistof verdichte gassen. Zie verder § 6.6.2.

2.7.3 *Brandbare en toxische vloeistof – lek*

In navolging van het breukscenario wordt ook voor het leks scenario een temperatuur van 12°C gebruikt. De aan te houden ontstekingskans is 0,14, overeenkomstig de ontstekingskans van tot vloeistof verdichte gassen. Zie verder § 6.6.2.

2.7.4 *Toxische vloeistof*

De enige toxische vloeistof die getransporteerd wordt, is een formaldehyde-oplossing waarvoor een afwijkende modellering geldt. Voor het bepalen van de risico's van de formaldehydeoplossing moet eerst het oppervlak van de gevorm-

de plas worden bepaald. Op basis hiervan kan de plasverdamping worden berekend. Zie verder § 6.6.3.

1. Bepaal het oppervlak van de plas.
Het oppervlak van de plas bij breuk kan worden berekend m.b.v. formules die in § 2.7.1 staan. De aan te houden plasdiepte is 0,05 m.
2. Bereken de bronterm q_v (kg/s) ten gevolge van plasverdamping onder verwaarlozing van warmteoverdracht via de ondergrond, instraling en convectie [10]. De parameters en enkele in te voeren waarden staan gegeven in Tabel 11.

$$q_v = C_{m\&m} \times u_{w,10}^{0.78} \times (2 \times r)^{-0.11} \times Sc^{-0.67} \times P_v \times A \times \mu / (R \times T_{ps}) \quad (5)$$

Vervolgens dient de verdampingsnelheid als bronterm te worden ingevoerd in een UDS-scenario, type Pool Source – Radius. Voor formaldehydeoplossingen wordt alleen het scenario breuk meegenomen (zie § 6.1).

Tabel 11 Parameters ter bepaling plasverdamping formaldehydeoplossing.

Parameter	Beschrijving	Waarde
$C_{m\&m}$	constante	0,004786 ($m^{0.33} s^{-0.22}$)
k_m	Massa transfer coëfficiënt	vergelijking 7
P_v	Partiële dampspanning formaldehyde ³	56 N m ⁻²
r	Straal vloeistofplas	(m)
R	Gasconstante	8,314472 J mol ⁻¹ K ⁻¹
Sc	Schmidt getal ⁴	0,8
T_{ps}	Temperatuur vloeistofplas	283 K
$u_{w,10}$	Windsnelheid op 10 meter hoogte	5 m s ⁻¹
μ	Molecuulgewicht	30,0 kg mol ⁻¹
A	Plasoppervlak	m ²

2.8 Groepsrisico

Het groepsrisico moet worden berekend voor de worstcase kilometer op het tracé. Wanneer een buisleiding een totale lengte heeft van minder dan 1 km, wordt de FN-curve berekend voor de volledige buisleiding.

Het bepalen van de worstcase kilometer moet in SAFETI-NL handmatig plaatsvinden. Over het algemeen is het groepsrisico het grootst in het segment met de hoogste populatiedichtheid langs het tracé in combinatie met het grootste invloedsgebied langs het tracé. De bepaling van de worstcase kilometer moet specifiek onderbouwd worden door de opsteller. Zie ook § 6.7.

De mee te nemen bevolkingsgroepen in de QRA zijn beschreven in de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [11].

³ De partiële dampspanning van een 40%-formaldehyde-oplossing bij 10°C (Ullman).

⁴ De waarde van Sc is typisch in de range 1 – 2,5 (Report No HAZMAT 93-3). Gebruik van de waarde 0,8 leidt tot een geringe overschatting van de bronterm.

3 Modelparameters

3.1 Inleiding

In een risicoberekening met het QRA rekenpakket SAFETI-NL moet een aantal keuzes worden gemaakt en een groot aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft een aantal keuzes in de modellering en de parameters die van belang zijn in de risicoberekeningen voor chemicaliënleidingen. In de beschrijving wordt onderscheid gemaakt in drie typen parameters, namelijk:

- Parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de buisleidingspecifieke en locatiespecifieke omstandigheden (QRA-specifieke parameters, § 3.2);
- Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een QRA-berekening in Nederland (§ 3.3);
- Parameters die stofs specifiek zijn en die de gebruiker in Nederland niet kan wijzigen (§ 3.4).

Daarnaast zijn er nog parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die horen bij het rekenmodel, en parameters die niet van invloed zijn op de rekenresultaten, maar die alleen de presentatie van (tussen-) resultaten bepalen. Deze parameters zijn beschreven in de documentatie van het rekenpakket.

3.2 QRA specifieke parameters

3.2.1 *Standaard te gebruiken instellingen*

De parameters in deze categorie kunnen gewijzigd worden om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden waarin de ondergrondse buisleiding wordt bedreven. In Tabel 12 wordt een overzicht gegeven van de standaard te gebruiken instellingen voor diverse QRA specifieke parameters. Zie verder § 6.8.1.

Tabel 12 Standaard te gebruiken instellingen in SAFETI-NL⁵.

Parameter	Standaardinstelling
Richting van de uitstroming ondergronds	Verticaal
Hoogte van de uitstroming	0,01 m
Ruwheidslengte van de buisleiding	45 µm
Ruwheidslengte van het vrije veld oppervlak	≤ 300 mm

Opmerkingen:

- Op de website van het Ministerie van IenM is een hulpmiddel beschikbaar waarmee de ruwheidslengte van een locatie bepaald kan worden. Zoek hier toe op www.rijksoverheid.nl op de term 'ruwheidskaart' en download het zip-bestand *Ruwheidskaart.zip*. Hierin staat een tekstbestand waarin de x,y-coördinaten (RDM) van de linkeronderhoek (zuidwesthoek) van het vierkant

⁵ Deze parameters kunnen weliswaar door een gebruiker worden aangepast, maar de gegeven instellingen worden in deze methodiek voorgeschreven.

van 1×1 km kan worden afgelezen. De derde kolom bevat de z_0 -waarde (ruwheidslengte) in meters. Aanbevolen wordt om de ruwheidslengte aan te passen bij de RunRows.

De instelling voor de vrije veld methodiek staat weergegeven in Tabel 13. Zie verder § 6.8.1.

Tabel 13 Gebruik van de vrije veld methodiek.

	Vrije veld methodiek
Gas	Uit
Tot vloeistof verdicht gas	Uit
Vloeistof	
Brandbaar	Aan
Toxisch	Uit
Brandbaar en toxisch	Uit

3.2.2 *Locatie van de uitstroming*

Voor de modellering wordt de uitstroomlocatie gelijkgesteld aan het midden van een 50 km lange buisleiding (tenzij de betreffende buisleiding korter is). Wanneer een leiding opgedeeld kan worden in logische eenheden, bijvoorbeeld op basis van aanwezige pompstations, kan voor de uitstroomlocatie het midden van elk leidingdeel worden aangehouden.

Om voor lange transportleidingen een representatieve risicocontour op te kunnen stellen, dienen faallocaties te worden geselecteerd die zich op een regelmatige afstand van elkaar bevinden. Het aantal dient voldoende hoog te zijn om te garanderen dat de risicocontour niet significant verandert, wanneer het aantal faallocaties wordt verhoogd. Een aanvaardbare startafstand is 10 m. Indien nodig kan deze afstand worden aangepast. Zie verder § 6.8.2.

3.2.3 *Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten*

In de berekening wordt geen rekening gehouden met drukverlies ten gevolge van de aanwezigheid van bochten en appendages.

3.2.4 *Tijdsafhankelijke uitstroming*

Bij breuk van een buisleiding zal het uitstroomdebiet variëren in de tijd. In SAFETI-NL kan hier rekening mee worden gehouden door gebruik te maken van een tijdsafhankelijke uitstroming.

Voor brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen wordt bij breuk uitgegaan van het uitstroomdebiet dat gemiddeld is over de periode 0 - 20 seconden. Voor toxische (tot vloeistof verdichte) gassen wordt bij breuk gerekend met een tijdsafhankelijke uitstroming, waarbij ten minste vijf segmenten worden gedefinieerd waarin steeds eenzelfde hoeveelheid uitstroomt. Zie verder § 6.8.3.

Bij breuk van een buisleiding met brandbare en/of toxische vloeistof wordt een plas gemodelleerd en is qua modellering geen sprake van een tijdsafhankelijke uitstroming.

3.2.5 *Meteorologisch weerstation en parameters*

Het meteorologisch weerstation dat qua ligging representatief is voor (delen van) de buisleiding moet worden gekozen. De gebruiker heeft de keuze uit de weerstations zoals gegeven in Tabel 14.

Tabel 14 Meteorologische weerstations.

Naam				
Beek	Eindhoven	Leeuwarden	Twente	Woensdrecht
Deelen	Gilze-Rijen	Rotterdam	Valkenburg	Ypenburg
Den Helder	Hoek van Holland	Schiphol	Vlissingen	
Eelde	IJmuiden	Soesterberg	Volkel	

Standaardwaarden voor een aantal meteorologische parameters zijn te vinden in Tabel 15. De waarden zijn jaargemiddelden. Aangenomen wordt dat de temperatuur van de te transporteren stof gelijk is aan de gemiddelde jaartemperatuur van de bodem, te weten 9,8°C. Uitzonderingen hierop zijn etheen (zie § 6.5) en etheenoxide (zie § 6.6.2).

Tabel 15 Standaardwaarden voor een aantal meteorologische parameters.

Parameter	Standaardwaarde dag	Standaardwaarde nacht
Omgevingstemperatuur	12 °C	8 °C
Temperatuur bodem	9,8 °C	9,8 °C
Watertemperatuur	9,8 °C	9,8 °C
Luchtdruk	101550 N/m ²	101550 N/m ²
Luchtvochtigheid	76,5%	86,3%
Globale straling	0,25 kW/m ²	0 kW/m ²
Fractie van een etmaal	0,44 (8:00 – 18:30)	0,56 (18:30 – 8:00)
Menghoogte	Zie opmerking	

Opmerking:

- De standaardwaarden van de menghoogte zijn 1500 meter voor weerklassen B3, 300 meter voor weerklassen D1,5, 500 meter voor weerklassen D5 en D9, 230 meter voor weerklassen E5 en 50 meter voor weerklassen F1,5.

3.2.6 *Verdeling aanwezigheid binnenshuis en buitenshuis*

De verdeling van de bevolking over binnen en buiten is gegeven in Tabel 16. Deze waarden zijn van toepassing op woon- en industriegebieden, tenzij andere informatie beschikbaar is. Met betrekking tot recreatiegebieden is het type recreatie bepalend voor de verdeling bevolking binnen en buiten. In SAFETI-NL wordt voor de volledige bevolking dezelfde verdeling over binnen en buiten aangehouden. Dit betekent dat wanneer er een locatie is met een afwijkende verdeling binnen/buiten, zoals een recreatiegebied, specifiek bepaald moet worden hoe de bevolking het beste ingevoerd kan worden. Zie verder § 6.8.4.

Tabel 16 Verdeling bevolking binnen en buiten gedurende de dag en de nacht.

	Binnen	Buiten
Dag	0,93	0,07
Nacht	0,99	0,01

3.2.7 *Het modelleren van personen bij evenementen*

Personen die slechts een gedeelte van het jaar (of van de dagperiode) aanwezig zijn, zoals in recreatiegebieden of bij evenementen, moeten worden meegenomen in de berekening wanneer de bijdrage aan het groepsrisico relevant is. Het meenemen van dergelijke groepen wordt in SAFETI-NL gedaan door verschillen-

de rijen te definiëren voor de tijdsperiodes met verschillende aantallen aanwezigen, rekening houdend met de gewenste nauwkeurigheid. Zie verder § 6.8.5.

3.2.8 *Verkrijgen van realistische contouren*

De combinatie van een lange buisleiding met relatief kleine risicocontouren kan een probleem opleveren in de weergave van de risicocontour. De risicocontouren worden berekend en getekend aan de hand van een rekengrid, waarover een interpolatie plaatsvindt. Dit rekengrid heeft een standaarddimensie van 40.000 (200 bij 200) cellen. De grootte van de cellen is afhankelijk van de optredende effectafstanden. Bij lange buisleidingen is de afstand waarover de effecten worden berekend groot. Hierdoor zal de grootte van de cellen in het rekengrid toenemen en zal de nauwkeurigheid van de berekende contouren afnemen.

De eerste manier om dit probleem te voorkomen is het vergroten van het aantal gridcellen van 40.000 naar 1.000.000 via Options > Preferences > Risk > Contours.

De tweede manier om het probleem te voorkomen is door de buisleiding op te delen in meerdere delen. Elk buisleidingdeel heeft hierbij zijn eigen breuk- en lek scenario's die worden doorgerekend⁶.

Met behulp van deze twee manieren kan de grootte van de gridcellen verkleind worden waardoor de nauwkeurigheid van de contouren verbeterd wordt. De grootte van de gridcel is bij voorkeur een factor 5 lager dan de afstand van de buisleiding tot de plaatsgebonden risicocontour van 1×10^{-6} per jaar.

3.3 **Parameters specifiek voor een QRA in Nederland**

De parameters in deze categorie kunnen niet gewijzigd worden.

3.3.1 *Tijdsduur*

Dispersiemodellen gaan uit van een middelingstijd die nodig is om de maximale concentratie en de pluimbreedte te berekenen. De standaardwaarden voor de middelingstijd t_{av} zijn [2]:

- brandbare stoffen $t_{av} = 18,75$ s
- toxische stoffen $t_{av} = 600$ s

De maximum uitstroomtijd in SAFETI-NL is 1800 s. Dit geldt ook voor de maximum tijdsduur van de plasverdamping. Aangenomen wordt dat na 1800 s ingrijpen succesvol is.

De blootstellingsduur voor warmtestraling is maximaal 20 s. Voor toxische stoffen is de blootstellingsduur begrensd tot maximaal 1800 s. De mogelijkheid van evacuatie binnen 1800 s wordt niet meegenomen in de QRA. Zie verder § 6.9.1.

3.3.2 *Hoogte voor de berekening van de effecten*

De toxische dosis en de warmtestralingsdosis worden berekend op een hoogte van één meter.

3.3.3 *Letaliteit - Probits*

De sterftekans, P_{letaal} , wordt berekend met behulp van de volgende probit:

⁶ Om de gridgrootte beperkt te houden heeft elk leidingdeel bij voorkeur een lengte van een paar kilometer. Aan elk leidingdeel worden RunRows voor de dag en de nacht toegekend met de bijbehorende scenario's. Per leidingdeel wordt het plaatsgebonden risico bepaald.

$$P_{\text{letaal}} = 0,5 \times \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\operatorname{Pr} - 5}{\sqrt{2}} \right) \right] \quad (6)$$

waarbij

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \quad (7)$$

De probit voor de blootstelling aan toxische stoffen wordt gegeven door de relatie:

$$\operatorname{Pr} = a + b \ln \left(\int C^n dt \right) \quad (8)$$

met

Pr	probit behorende bij de overlijdenskans	(-)
a, b, n	constanten voor de toxiciteit van een stof	(-)
C	concentratie op tijdstip t	(mg/m ³)
t	blootstellingstijd	(minuten)

De berekening van de letaliteit voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico is gegeven in Tabel 17 [2]. De minimum waarde van P_{letaal} die nog meegenomen wordt in de berekening is gelijk aan 0,01.

Tabel 17 Overlijdenskans voor toxische stoffen.

Gebied	Plaatsgebonden risico	Groepsrisico binnen	Groepsrisico buiten
$P_{\text{letaal}} \geq 0,01$	P_{letaal}	$0,1 \times P_{\text{letaal}}$	P_{letaal}
$P_{\text{letaal}} < 0,01$	0	0	0

De overlijdenskans, P_{letaal} , voor de blootstelling aan warmtestraling (plasbrand, fakkelbrand) is gegeven door de probitrelatie:

$$\operatorname{Pr} = -36,38 + 2,56 \ln \left(\int Q^{4/3} dt \right) \quad (9)$$

met

Pr	probit behorende bij de overlijdenskans	(-)
Q	warmtestraling op tijdstip t	(W m ⁻²)
t	blootstellingstijd	(s)

De berekening van de letaliteit voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico is gegeven in Tabel 18 [2]. De minimum waarde van P_{letaal} die nog meegenomen wordt in de berekening is gelijk aan 0,01.

Tabel 18 Overlijdenskans voor brandbare stoffen.

Gebied	Plaatsgebonden Risico	Groepsrisico binnen	Groepsrisico buiten
warmtestraling > 35 kW m ⁻²	1	1	1
warmtestraling < 35 kW m ⁻²	P_{letaal}	0	$0,14 \times P_{\text{letaal}}$

Opmerking:

- De maximum blootstellingsduur aan warmtestraling is gelijk aan 20 s.

3.3.4 *Invloed windturbines*

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. Een methodiek om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in [12].

3.4 **Stofspecifieke parameters**

3.4.1 *Probitrelaties toxische stoffen*

De te hanteren probits voor de betrokken toxische stoffen zijn opgenomen in Tabel 19.

Tabel 19 Probitrelaties betrokken toxische stoffen.

Stof	Cas-nr	a (conc. in mg/m ³)	a (conc. in ppm)	b	n
Ammoniak	7664-41-7	-15,6	-16,21	1	2
Chloor	7782-50-5	-6,35	-4,81	0,5	2,75
Etheenoxide	75-21-8	-6,8	-6,16	1	1
Koolmonoxide	630-08-0	-7,4	-7,21	1	1
Waterstofchloride	7647-01-0	-37,3	-35,62	3,69	1

Opmerkingen:

- Voor formaldehyde is de probit goedgekeurd door de toetsgroep probits, maar nog niet vastgesteld door het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Om die reden heeft deze probit nog geen formele status en is het niet opgenomen in Tabel 19. De voorgestelde probitrelatie kan bij het RIVM worden opgevraagd via het mail-adres safeti-nl@rivm.nl.
- In SAFETI-NL wordt de eenheid ppm gebruikt om de concentratie aan te duiden. Zie verder § 6.9.2.

3.4.2 *Probitrelatie stikstof*

Het vrijkomen van grote hoeveelheden inerte stoffen als stikstof kan leiden tot verstikking. Voor inerte stoffen kan gerekend worden met de volgende probitrelatie:

$$Pr = -65,7 + \ln \left(\int C^{5,2} dt \right) \quad (10)$$

met

Pr	probit behorende bij de overlijdenskans	(-)
C	concentratie op tijdstip t	(ppm)
t	blootstellingstijd	(minuten)

3.4.3 *Probitrelatie kooldioxide*

Kooldioxide is een stof die naast het verstikkende effect ook een toxisch effect heeft. Om die reden kan de probitrelatie voor inerte stoffen niet worden gebruikt. Er is echter geen geschikte probitrelatie voor kooldioxide voorhanden. Zie verder § 6.9.3.

3.4.4 *Probitrelatie zuurstof*

Zuurstof is een brandbevorderende stof en hoge concentraties leiden tot een verhoogde kans op brand in de omgeving. In het algemeen zijn de gevaren verbonden aan het transport van zuurstof in ondergrondse buisleidingen verwaar-

loosbaar. Alleen wanneer zeer grote hoeveelheden vrijkomen, is het zinvol het vrijkomen van zuurstof mee te nemen in de risicoanalyse. Voor zuurstof is geen goede probitrelatie af te leiden. Aan de hand van de volgende effectniveau's dient bepaald te worden of een buisleiding met zuurstof relevant is voor het externe risico:

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

Een zuurstofconcentratie van 40 vol% in lucht komt overeen met een extra hoeveelheid zuurstof van 24,1 vol% (241.000 ppm) uit de dispersieberekening, 30 vol% zuurstof in lucht komt overeen met 11,4 vol% (114.000 ppm) uit de dispersieberekening.

4 Maatregelen

4.1 Inleiding

Mitigerende maatregelen bieden de mogelijkheid om de risico's van een buisleiding te verlagen. De in dit hoofdstuk beschreven aanvullende mitigerende maatregelen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met brandbare vloeistoffen en buisleidingen met chemische stoffen. Uitgezonderd zijn⁷:

- Bovengrondse buisleidingen;
- "Hot Lines" met een bedrijfstemperatuur boven de 100 °C. Hieronder vallen buisleidingen waarbij de producten worden verwarmd en worden vervoerd in zwaar geïsoleerde buisleidingen of waarbij het leidingstelsel externe warmtebronnen heeft om de viscositeit van het product te verlagen of waarbij als gevolg van exploratie de gewonnen producten een temperatuur bezitten boven de 100 °C;
- Kunststofleidingen.

De genoemde maatregelen kunnen voor zowel de breuk- als lekfrequentie worden toegepast. Uitzonderingen hierop worden expliciet vernoemd.

Om een reductiefactor te kunnen toepassen, moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. De randvoorwaarden worden genoemd in de Bijlage. De invulling van de factoren en randvoorwaarden is deels op pragmatische beleidskeuzes gebaseerd. De beleidsmatige verantwoording van de afgeleide factoren en randvoorwaarden is beschreven in [7].

De maatregelen die in dit hoofdstuk worden beschreven, beperken de kans op falen. Maatregelen die de effecten beperken, worden niet beschreven, maar dienen wel beschouwd te worden in de berekeningsmethodiek. Het betreft met name maatregelen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt (bijvoorbeeld drukbeveiligingen).

4.2 Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden

Voor buisleidingen die aan de stand-der-techniek-voorwaarden voldoen (zie Bijlage), mogen de faalfrequentie en -faaloorzaakverdeling van Tabel 20 worden toegepast. Wanneer een specifieke faaloorzaak niet nader is onderzocht of wanneer niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in § 2.2 genoemde faalfrequentie te worden gebruikt.

⁷ Voor deze leidingen zijn de in deze module opgenomen faalfrequenties ook niet van toepassing.

Tabel 20 Faalfrequentie en faaloorzaak verdeling voor chemicaliënleidingen die voldoen aan 'stand der techniek'.

Faaloorzaak	Faalfrequentie [km.jaar ⁻¹]			Aandeel (%)	
	Breuk	Lek	Totaal	Breuk	Lek
Beschadiging door derden	1,77 × 10 ⁻⁵	2,63 × 10 ⁻⁵	4,40 × 10 ⁻⁵	47,9	21,9
Mechanisch	7,96 × 10 ⁻⁶	3,86 × 10 ⁻⁵	4,66 × 10 ⁻⁵	21,5	32,2
Inwendige corrosie	1,41 × 10 ⁻⁶	1,17 × 10 ⁻⁵	1,31 × 10 ⁻⁵	3,8	9,8
Uitwendige corrosie	4,25 × 10 ⁻⁶	3,52 × 10 ⁻⁵	3,95 × 10 ⁻⁵	11,5	29,3
Natuurlijke oorzaken	2,26 × 10 ⁻⁶	3,60 × 10 ⁻⁶	5,86 × 10 ⁻⁶	6,1	3,0
Operationeel	3,40 × 10 ⁻⁶	4,56 × 10 ⁻⁶	7,96 × 10 ⁻⁶	9,2	3,8
Totaal	3,70 × 10⁻⁵	1,20 × 10⁻⁴	1,57 × 10⁻⁴	100	100

Opmerking:

- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [7,13]. De wijze waarop dat gedaan moet worden, staat beschreven in § 2.2.

4.3 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van beschadiging door derden

De faalfrequentie voor beschadiging door derden kan worden gecorrigeerd, gegeven de te nemen en de genomen maatregelen door middel van de formule:

$$\text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} / \text{factor} \quad (11)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster 1}} \times \text{factor}_{\text{cluster 2}} \times \text{factor}_{\text{cluster 3}} \times \text{factor}_{\text{cluster 4}} \times \text{factor}_{\text{cluster 5}} \times \text{factor}_{\text{cluster 6}} \times \text{factor}_{\text{cluster 7}} \quad (12)$$

Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één maatregel gekozen worden per cluster.

4.3.1 Cluster 1 – Actief rappel

Geen maatregel uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden (zie paragraaf 4.2).	factor: 1
Actief rappel.	factor: 1,2

4.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

Dit betreffen maatregelen waarbij er een ondergrondse afdekking plaatsvindt van de te beschermen leiding.

Geen maatregel uit cluster 2.	factor: 1
Waarschuingslint.	factor: 1,67
Beschermplaten.	factor: 5
Waarschuingslint + beschermplaten.	factor: 30

4.3.3 Cluster 3 – Beheermaatregelen

Beheermaatregelen betreffen beperkingen aan of uitsluiting van graafwerkzaamheden door middel van een beheerovereenkomst met de grondeigenaar. De beheerovereenkomst bevat één van de volgende beperkingen:

Geen maatregel uit cluster 3.	factor: 1
Vergaande restricties.	factor: 100
Graven/boren verboden.	factor: 10
Beperkte restricties.	factor: 1,6

4.3.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen maatregelen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd.

Geen maatregel uit cluster 4.	factor: 1
Hekwerk.	factor: ∞
Dijklichaam.	factor: 10
Barrière op het maaiveld.	factor: 8

4.3.5 Cluster 5 – Overige maatregelen

De maatregelen in cluster 5 betreffen maatregelen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één maatregel worden geselecteerd.

Geen maatregel uit cluster 5.	factor: 1
<i>Indien geen maatregel uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden.	factor: 3
Cameratoezicht.	factor: 2,6
<i>Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1</i>	
Strikte begeleiding werkzaamheden.	factor: 2,5
Cameratoezicht.	factor: 2,4

Voor buisleidingen die voldoen aan de stand der techniek voorwaarden, moeten de factoren voor cluster 5 worden gebaseerd op de factoren genoemd bij 'Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1'.

4.3.6 Cluster 6 – Extra gronddekking

In Tabel 21 wordt een overzicht gegeven van de reductiefactor per 10 cm extra gronddekking:

Tabel 21 Invloed vergroten gronddekking.

Extra gronddekking (m)	Reductiefactor
0,1	1,3
0,2	1,6
0,3	2,1
0,4	2,6
0,5	3,3
0,6	4,2
0,7	5,4
0,8	6,8
0,9	8,7
1,0	11,0

4.3.7 Cluster 7 - Wanddikte

Wanddikte exclusief corrosietoeslag is minimaal 15 mm.	factor 10
--	-----------

De reductie in faalkans voor het scenario breuk wordt toegevoegd aan de faalfrequentie voor het scenario lek. De totale faalfrequentie blijft daardoor gelijk.

4.4 Mitigerende maatregelen voor de overige faaloorzaken

Voor de overige faaloorzaken kan per faaloorzaak kan maar één maatregel worden gewaardeerd, ook al zijn er meerdere maatregelen die op dezelfde faaloorzaak ingrijpen.

4.4.1 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van mechanisch falen

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'mechanisch falen'. De faalfrequentie voor mechanisch falen kan worden gecorrigeerd, gegeven de te nemen en de genomen maatregel door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{mechanisch falen, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{mechanisch falen}} / \text{factor} \quad (13)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Het verlagen van de maximaal toegestane operatie druk tot een niveau waarbij de operational stress beneden 30% SMYS (Specified Minimum Yield Stress) komt.	factor 10
--	-----------

Het effect van deze maatregel is dat falen nagenoeg alleen kan optreden door lek en bijna niet door breuk. De reductie in faalkans voor het scenario breuk wordt toegevoegd aan de faalkans voor het scenario lek. De totale faalkans blijft daardoor gelijk.

Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.	factor 10
--	-----------

4.4.2 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van inwendige corrosie

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'inwendige corrosie'. De faalfrequentie voor inwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{inwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (14)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa).	factor ∞
Het te transporteren medium is afdoende niet corrosief gemaakt ten opzichte van het materiaal van de buisleiding, maar voorzorgsmaatregelen en bewaking/ beveiligingen zijn noodzakelijk. Deze kunnen mogelijk falen.	factor 10
Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.	factor 10

4.4.3 Mitigerende maatregelen ter voorkoming van uitwendige corrosie

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'uitwendige corrosie'. De faalfrequentie voor uitwendige corrosie kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{uitwendige corrosie}} / \text{factor} \quad (15)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving.	factor ∞
Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie.	factor 10

4.4.4 Mitigerende maatregelen voor natuurlijke oorzaken

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'natuurlijke oorzaken'. De faalfrequentie voor natuurlijke oorzaken kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{natuurlijke oorzaken, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{natuurlijke oorzaken}} / \text{factor} \quad (16)$$

Er kan maar één maatregel worden gewaardeerd.

Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten.	factor 10
Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten.	factor 100

4.4.5 *Mitigerende maatregelen voor operationele en overige oorzaken*

De maatregelen uit deze paragraaf grijpen in op de faaloorzaak 'operationeel falen en overig'. De faalfrequentie voor operationeel falen en overige faaloorzaken kan worden gecorrigeerd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{operationele oorzaken, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{operationele oorzaken}} / \text{factor} \quad (17)$$

Overdruk beveiligingsysteem op basis van de van toepassing zijnde Safety Integrity Level (SIL).

Toegepaste SIL = Berekende SIL +1	factor 10
Toegepaste SIL = Berekende SIL +2	factor 100

5 Technische documentatie

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is beschreven welke documentatie beschikbaar moet zijn om een QRA te kunnen beoordelen en wordt de rapportageplicht voor een QRA nader gespecificeerd.

Er wordt onderscheid gemaakt in een openbaar deel en een vertrouwelijk deel. Het psu-bestand dat ten grondslag ligt aan de berekeningen heeft een vertrouwelijke status en mag daarom binnen het bedrijf blijven, maar moet wel beschikbaar zijn voor het bevoegd gezag. Voor het bevoegd gezag is toegang tot dit bestand in ieder geval in twee situaties noodzakelijk:

1. bij het beoordelen van de QRA, en
2. bij het vaststellen van het groepsrisico als gevolg van wijzigingen in het populatiebestand.

5.2 Rapportageplicht voor een QRA aan een bevoegd gezag

In Tabel 22 zijn de elementen opgenomen die in een QRA gerapporteerd moeten worden. In de als vertrouwelijk genoteerde elementen kan gevoelige informatie aanwezig zijn. Men kan dan overwegen een tweede, openbare tekst aan te leveren. De tweede tekst moet nog wel voldoende zijn om derden de mogelijkheid te geven om zich een oordeel te vormen over de veiligheid, c.q. de risico's.

Tabel 22 specificeert de elementen voor een zelfstandige QRA. Vaak zal een QRA onderdeel zijn van een omvangrijker informatiepakket. Vanzelfsprekend kan in dergelijke gevallen worden volstaan met een verwijzing naar elders in het pakket opgenomen informatie.

Tabel 22 Overzicht van de elementen die in een QRA gerapporteerd moeten worden.

Onderwerp	Vertrouwelijk/openbaar
1 Algemene rapportgegevens	
– Administratieve gegevens:	Openbaar
• naam en adres van de buisleidingexploitant	
• naam buisleiding	
• naam en adres van de opsteller van de QRA	
– Reden opstellen QRA	Openbaar
– Gevolgde methodiek:	Openbaar
• rekenpakket met versienummer	
2 Algemene beschrijving van de buisleiding	
– Gegevens buisleiding:	Openbaar
• naam van de buisleidingexploitant (volgens Bevb)	
• stof	
• diameter	
• druk: maximale werkdruk	
• diepteligging	
• staalsoort	
• wanddikte	
• eventuele mitigerende maatregelen	
• ontwerpnorm incl. ontwerpfactor	

<ul style="list-style-type: none"> – Ligging van de buisleiding, aan de hand van kaart(en) op schaal. <ul style="list-style-type: none"> • leiding • noordpijl en schaalindicatie – Beschrijving specifieke situaties (leidingstrook, kunstwerken, buisleidingtunnels e.d.) 	<p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p>
3 Beschrijving omgeving	
<ul style="list-style-type: none"> – Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties <ul style="list-style-type: none"> • bestemmingsplannen al dan niet gedeeltelijk binnen de 10^{-6}-contour • (beperkt) kwetsbare objecten binnen de 10^{-6}-contour – Actuele topografische kaart. – Een beschrijving van de bevolking rond de buisleiding onder opgave van de wijze waarop deze beschrijving tot stand is gekomen (o.a. incidentele bebouwing, lintbebouwing). Een nadere differentiatie in detailering kan worden overwogen. – Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding die effect kunnen hebben op de (faalfrequentie van de) buisleiding (buurbedrijven/activiteiten, vliegroutes, windturbines, hoogspanningsmasten). – Gebruikte ruwheidslengte en weerstation. 	<p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p>
4 Beschrijving van mogelijke risico's voor de omgeving	
<p>Samenvattend overzicht van de resultaten van de QRA, waarin tenminste is opgenomen:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> – Kaart met berekend plaatsgebonden risico, met contouren voor 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7} en 10^{-8} (indien aanwezig). – FN-curve met het groepsrisico per buisleiding voor de worstcase kilometer buisleiding. – Motivatie van de bepaling van de worstcase kilometer. – FN-datapunt waarbij de maximale overschrijding van de oriëntatiewaarde optreedt, inclusief de factor van de overschrijding. – Schadeafstanden voor weerklasse F1.5 en D5 (1% en 100% overlijdenskans bij blootstelling). – Voorgestelde preventieve en repressieve maatregelen die in de QRA zijn meegenomen. 	<p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p> <p>Openbaar</p> <p>Vertrouwelijk</p> <p>Openbaar</p>

Opmerking:

- Wanneer afgeweken wordt van de standaard faalfrequenties en/of wanneer een scenario gemodelleerd wordt als een UDS-model, anders dan aangegeven in de methodiek, dient dit expliciet vermeld te worden.

6 Verantwoording

In deze bijlage is een toelichting opgenomen bij de verschillende hoofdstukken van Module D van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb. Deze bijlage is een integraal onderdeel van die handleiding.

6.1 § 2.1 - Uitstroombesnoeiing

Lekken kunnen op diverse manieren ontstaan en daarom ook variëren in grootte. Een lek wordt volgens het Paarse Boek gemodelleerd als uitstroming uit een 20 mm gat. Omdat de meeste chemicaliënleidingen een veel kleinere afmeting hebben dan de buisleidingen waardoor aardgas of aardolieproducten worden getransporteerd, verschillen de scenario's breuk en lek maar weinig van elkaar bij een gatgrootte van 20 mm. Om die reden is aansluiting gezocht bij lekscenario's voor bovengrondse buisleidingen in de Handleiding Risicoberekeningen Bevb (HRB), waarbij wordt uitgegaan van een lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, met een maximum tot 20 mm. In de rekenmethodiek is geen verder onderscheid in gatgrootte gemaakt. De reden hiervoor is dat er weinig informatie beschikbaar is over gatgroottes en hun onderlinge verdeling. Hierdoor is ook de faalfrequentieverdeling niet te bepalen.

Voor vloeistoffen die alleen brandbaar zijn, wordt in navolging van module C van de Handleiding Risicoberekening Bevb het scenario lek niet meegenomen. Voor buisleidingen met formaldehyde-oplossing wordt het scenario lek eveneens niet meegenomen, omdat dit scenario niet bepalend is voor het risico.

6.2 § 2.3 - Modelleren van de scenario's

De optie User Defined Source (UDS) moet worden toegepast bij waterstof om daarmee de verlaagde uitstroomsnelheid ten gevolge van kratervorming in beschouwing te kunnen nemen. Zie verder § 6.4.

Vanwege het vluchtige karakter van de brandbare vloeistoffen in deze methodiek moet ook rekening worden gehouden met effecten anders dan plasbrand. In combinatie met het gegeven dat het gebruik van het Long Pipeline model niet mogelijk is voor vloeistoffen, kan gebruik worden gemaakt van het Vessel scenario in SAFETI-NL. Hierbij wordt breuk van een buisleiding met brandbare vloeistof gemodelleerd als het instantaan falen van een atmosferisch vat met een inhoud gelijk aan V_1+V_2 . Zie verder § 6.6.1.

6.3 § 2.4 - Gebeurtenissenbomen

Gassen - Naast aardgas wordt er maar één ander brandbaar gas door buisleidingen getransporteerd, nl. waterstof. Voor deze stof is een hogere ontstekingskans van toepassing vanwege de zeer lage ontstekingsenergie van waterstof. In de literatuur is veel informatie te vinden over de ontstekingskansen van waterstof, waarbij de conclusie is dat er geen eenduidigheid bestaat als het gaat om de kans op ontsteking en om de verhouding directe en vertraagde ontsteking [14]. Gezien de zeer lage ontstekingsenergie van waterstof⁸ wordt aangenomen

⁸ De ontstekingsenergie voor waterstof is 0,02 mJ, voor methaan 0,29 mJ.

dat bij breuk en lek van een waterstofleiding de uitstroom dusdanig turbulent zal zijn dat dit voldoende is om het waterstof te doen ontsteken en dat dit plaatsvindt in de eerste 20 seconden na het vrijkomen van het gas. Dit is tevens een veilige (conservatieve) aanname.

Tot vloeistof verdichte gassen – Voor de tot vloeistof verdichte gassen geldt dat een plasbrand niet als scenario wordt meegenomen. Berekeningen aan butaan, buteen en etheen laten zien dat er geen sprake is van uitregenen, waardoor er geen plasbrand zal ontstaan.

Bij de ontwikkeling van de methodiek is door de exploitanten voor de ontstekingskansen de methodiek van UKOOA ingebracht [15]. In Tabel 23 wordt voor enkele (realistische) buisleidingen de ontstekingskansen gegeven op basis van deze methode. Hieruit blijkt dat de UKOOA-methode met name voor butaan, buteen en vinylchloride lager uitkomt in vergelijking met aardgas. Waarschijnlijk komt dit door de extra toeslag van 0,1 die voor aardgas wordt toegepast voor buisleidingen tot 16 inch. Daarnaast is de UKOOA-methode gebaseerd op de bepaling van een ontvlambaar oppervlak en wordt in samenhang met een veronderstelde hoeveelheid ontstekingsbronnen de kans op ontsteking bepaald. Deze methode lijkt voor jets minder toepasbaar omdat (omgevings-)ontstekingsbronnen minder van belang zijn.

Tabel 23 Ontstekingskansen voor enkele betrokken tot vloeistof verdichte gassen.

Stof	Debiet (kg/s)	P (UKOOA)	P (aardgas)
Propeen, 6", 40 bar	140	0,23	0,19
Butaan, 4", 13,5 bar	24	0,06	0,17
Butaan, 8", 40 bar	98	0,18	0,20
Buteen, 6", 19 bar	65	0,13	0,18
Etheen, 8", 100 bar	367	0,48	0,24
Vinylchloride, 4", 64 bar	33	0,08	0,18

Op basis hiervan wordt uitgegaan van een kans op ontsteken van 0,3 die het Paarse Boek geeft, waarbij een verhouding $P_{\text{direct}}:P_{\text{vertraagd}}$ wordt aangehouden van 1:0. De reden hiervoor is dat op basis van berekeningen met SAFETI-NL aangetoond kan worden dat t.g.v. de verticale uitstroming de pluim van het tot vloeistof verdichte gas geen ontstekingsbronnen op 1 meter hoogte tegen kan komen die kunnen leiden tot vertraagde ontsteking. Berekeningen voor vinylchloride en propeen hebben aangetoond dat een verhouding zoals die gebruikt wordt voor aardgas ($P_{\text{direct}}:P_{\text{vertraagd}}$ is 0,75:0,25) voor de risicocontouren nauwelijks van invloed is.

Om ervoor te zorgen dat géén vertraagde ontsteking optreedt ten gevolge van de aanwezigheid van ontstekingsbronnen, moet de parameter *probability of immediate ignition* niet op 0,3 maar op 1 worden gezet. De factor 0,3 voor directe ontsteking moet worden verwerkt in de kans op de gebeurtenis. Het Paarse Boek hanteert voor lek een lagere ontstekingskans, namelijk 0,14. Voorlopig wordt in de methodiek voor Chemicaliënleidingen deze waarde aangehouden.

Vloeistoffen – Voor de ontstekingskansen is aansluiting gezocht bij de rekenmethodiek voor aardolieleidingen. Deze gaat voor vloeistoffen van categorie I uit van een ontstekingskans van 1 met een verhouding $P_{\text{direct}}:P_{\text{vertraagd}}$ van 0,065:0,935. Het UKOOA-rapport geeft daarentegen voor brandbare vloeistoffen

een ontstekingskans van 0,07, maar de verhouding $P_{\text{direct}}:P_{\text{vertraagd}}$ kan hierbij variëren van 30:70 tot 50:50 [15] en waardoor er ook sprake kan zijn van geen ontsteking. Gekozen is om de conservatieve benadering van de rekenmethodiek voor aardolieleidingen aan te houden. Voor het scenario lek zijn deze ontstekingskansen ook aangehouden.

6.4 § 2.5 - Modelling gassen

Luchtinmenging bij toxische en inerte gassen blijkt beperkt van invloed te zijn op de effectafstanden. Gevoeligheidsberekeningen laten zien dat de verschillen in 1% letaliteitsafstand bij weertype F1.5 minder dan 10% bedragen (Tabel 24). Om die reden wordt luchtinmenging voor toxische en inerte stoffen niet meegenomen.

Tabel 24 Luchtinmenging en uitstroomsnelheden bij diverse toxische gassen.*

	Release rate (kg/s)	Discharge velocity (m/s)	Pre-dilution air rate (kg/s)	1% letaliteit F1.5 (m)
CO (70 bar 168 mm)	155	500	0	26
	155	100	50	28
HCl (25 bar 219 mm)	125	440	0	39
	125	100	50	42
N ₂ (64 bar, 324 mm)	740	500	0	0
	740	100	100	0
Cl ₂ (22 bar, 104 mm)	40	65	0	3600
	40	10	10	3400

* Release rate en discharge velocity gelden voor het eerste segment bij gebruik van time varying release.

Modelling waterstof

De uitstroming van gas uit ondergrondse buisleidingen gaat bij breuk gepaard met de vorming van een krater. Hierbij wordt een extra hoeveelheid lucht in het uitstromend gas gemengd, waardoor de uitstroomsnelheid van het gas aanzienlijk lager wordt in vergelijking met uitstroming bij een bovengrondse buisleiding en de concentratie afneemt. Dit is van invloed op de omvang en oriëntatie van de fakkel en dus ook op de effectafstanden.

Zowel de hoeveelheid ingemengde lucht als de uitstroomsnelheid van het gas zijn afhankelijk van de buisleidingdruk en -diameter. SAFETI-NL houdt echter geen rekening met luchtinmenging ten gevolge van de aanwezigheid van de krater [16]. Wel neemt SAFETI-NL andere componenten van luchtinmenging mee [17].

De waarden in Tabel 9 en Tabel 10 zijn gebaseerd op berekeningen met PIPE-SAFE. De waarden hebben alleen betrekking op directe ontsteking. Luchtinmenging bij vertraagde ontsteking wordt niet meegenomen, omdat voor brandbare gassen een kans op directe ontsteking van 1 wordt gehanteerd.

De vlam van waterstof roet niet waardoor de warmteoverdracht minder groot is dan bij de meeste andere brandbare stoffen aangezien die wel roeten. Waterstofvlammen zijn over het algemeen dan ook heter dan andere vlammen. SAFETI-NL zou om die reden bij waterstof tot een overschatting van de effecten komen. Gebleken is echter dat bij grote waterstoffakkels de warmte-overdracht

overeenkomt met stoffen als propaan en methaan vanwege de aanwezigheid van water in de fakkels [18]. Dit zorgt alsnog voor een aanzienlijke warmtestraling, waardoor het niet nodig is om de modellering in SAFETI-NL aan te passen.

6.5 § 2.6 - Modellering tot vloeistof verdichte gassen

Net als bij gassen gaat de uitstroming van een tot vloeistof verdicht gas uit ondergrondse buisleidingen bij breuk gepaard met de vorming van een krater en een verticale uitstroming van het tot vloeistof verdichte gas. In hoeverre er bij het vrijkomen van tot vloeistof verdichte gassen sprake is van luchtinmenging in de krater, is niet bekend. Tijdens het flashen van tot vloeistof verdichte gas, expandeert de stof sterk zeer sterk en verwacht wordt dat door deze uitdijende beweging er geen sprake zal kunnen zijn van toevoer van extra lucht in de krater. Om die reden wordt bij een breuk van een ondergrondse buisleiding met een tot vloeistof verdicht gas geen luchtinmenging en geen verlaagde uitstroomsnelheid meegenomen. Een gevoeligheidsanalyse met SAFETI-NL is niet uitgevoerd, omdat de modellen niet geschikt zijn voor een dergelijke analyse.

De kritische temperatuur en druk van etheen zijn 9,19°C en 50,4 bar(a). De fase in de transportleiding is vloeistof wanneer de temperatuur lager is 9,19°C en superkritisch wanneer de temperatuur hoger is dan 9,19°C. Voor de vloeistoffase gebruikt SAFETI-NL het model PIPEBREAK, voor de gasfase en de superkritische fase het model GASPIPE.

Tabel 25 Etheen: PIPEBREAK vs GASPIPE⁹.

	Uitstroomtijd (s)	Debiet (kg/s)	1% lethaal m (fakkel)
PIPEBREAK (T=9°C)	0	2700	248
	60	260	100
	600	130	79
GASPIPE (T=10°C)	0	3460	250
	60	300	105
	600	135	73

Het modelleren van de uitstroom nabij het superkritisch punt is moeilijk, omdat de vloeistof-, gas- en superkritische fasen naast elkaar kunnen optreden waardoor de expansiezone niet homogeen is. Om de verschillen tussen PIPEBREAK en GASPIPE te onderzoeken, zijn verkennende berekeningen uitgevoerd. Gebleken is dat beide modellen overeenkomstige effectafstanden geven (zie Tabel 25) en vanwege de grotere modelmatige robuustheid is gekozen om het model PIPEBREAK toe te passen.

6.6 § 2.7 - Modellering vloeistoffen

Stoffen die bij atmosferische druk en bij kamertemperatuur vloeibaar zijn, kunnen niet met het *Long Pipeline* model in SAFETI-NL doorgerekend worden. Het *Line Rupture* model is niet geschikt en niet bedoeld voor transportleidingen, waardoor voor vloeistofleidingen een alternatieve modellering nodig is. Getracht is zoveel als mogelijk de methodiek voor de aardolieleidingen aan te houden (Module C).

Het scenario lek wordt voor vloeistoffen die alleen brandbaar of alleen toxisch zijn, niet meegenomen. Zie § 6.1.

⁹ LP-model, leiding 98 bar en 10", lengte 50 km, uitstroom bij 'rate at given time', D5.

6.6.1 § 2.7.1 - Brandbare vloeistof

Bij breuk van een ondergrondse vloeistofleiding, zal een fontein van vloeistof ontstaan (Module C), maar dit is van korte duur omdat de druk in de vloeistofleiding snel weg zal vallen. Het grootste deel van de vrijgekomen vloeistof zal op de grond terechtkomen en een klein deel zal verdampen voordat het de grond raakt. Bij directe ontsteking van een brandbare vloeistof zal daarom sprake zijn van een wolkbrand met daarbij een plasbrand, terwijl in geval van vertraagde ontsteking alleen een plasbrand ontstaat. Wanneer het een vloeistof betreft die naast brandbaar ook toxisch is, zal er bij afwezigheid van directe ontsteking sprake zijn van plasverdamping.

Beide effecten (wolkbrand + plasbrand danwel wolkbrand + plasverdamping) kunnen met behulp van 1 scenario in SAFETI-NL worden ingevoerd. Dit is het instantaan falen scenario dat normaal gesproken voor opslagtanks wordt gebruikt. De aan te houden druk is atmosferische druk of een hele lage overdruk. Op deze manier wordt gegarandeerd dat de gevormde plas ter hoogte van de buisleiding komt te liggen en niet tientallen meters ernaast. Eerst wordt de uitgestroomde hoeveelheid vloeistof uit de buisleiding bepaald en dit vormt de inhoud van de 'tank' bij atmosferische druk. Bij instantaan falen stroomt de vloeistof met kracht uit in een bund. De grootte van deze bund komt overeen met het oppervlak van de gevormde plas. Door de kracht van de uitstroming zal een deel van de vloeistof verdampen en bij directe ontsteking een wolkbrand geven. Wanneer er geen sprake is van directe ontsteking, berekent SAFETI-NL ofwel de plasbrand ofwel de plasverdamping, afhankelijk van de gevaarseigenschappen van de vloeistof.

De afslagtijd of afslagtijd van de pomp wordt bepaald door de benodigde tijd voordat de pomp automatisch afslaat (t.g.v. het wegvallen van de druk), door de duur van de detectie of - indien ingrijpen door een operator noodzakelijk is - door de reactietijd van de operator vermeerderd met de tijd die nodig is voor het sluiten van een klep in de transportleiding. De afslagtijd van de pomp moet door de gebruiker worden verantwoord.

Omdat gegevens omtrent de compressibiliteit van de betrokken vloeistoffen ontbreken, is de compressibiliteit als gebruikt in Module C aangehouden [19].

Als gevolg van een breuk in een ondergrondse buisleiding met vloeistof, zal een plas worden gevormd. In landelijk gebied zal de ondergrond waarop de uitstroming plaatsvindt anders zijn dan in bebouwd gebied. Effectberekeningen tonen echter aan dat de ondergrond waarop de uitstroming plaatsvindt nauwelijks van invloed is op de berekende letale effectafstanden.

Voor vloeistoffen is het oppervlak van de ontstane plas een belangrijk gegeven. De grootte van de plas wordt door een aantal parameters bepaald, zoals de bronsterkte en de ondergrond. De methodiek voor aarolieleidingen gaat uit van een plasdiepte van 0,05 m (Module C). Voor de chemicaliënleidingen wordt hierbij aangesloten. Op basis van het berekende uitgestroomde volume en deze plasdiepte kan vervolgens de plasmogte worden bepaald.

6.6.2 § 2.7.2 - Brandbare en toxische vloeistof - breuk

Etheenoxide (EO) heeft een kookpunt van 10,7°C. Aangezien in de modellering een temperatuur van 9,8°C wordt aangehouden, wordt EO standaard als vloeistof gezien. Echter, gezien het kookpunt van 10,7°C is ook onderzocht wat de risico's zijn wanneer uitgegaan wordt van een tot vloeistof verdicht gas bij 12°C.

Wanneer EO gemodelleerd wordt als een vloeistof (§ 2.7.1) blijkt het risico sterk gedomineerd te worden door het lekscenario. Het scenario breuk geeft bij directe ontsteking een wolkbrand en een plasbrand waarvan de effecten beperkt zijn tot de directe omgeving van de plas. Wanneer geen sprake is van directe ontsteking, zal SAFETI-NL de verdamping vanuit de plas beschouwen. Omdat hierbij sprake is van passieve verspreiding, zijn de toxische effecten bij het breuksce- nario relatief beperkt van omvang. Bij het scenario lek daarentegen komen de vloeistofdruppeltjes met hoge snelheid vrij. Wanneer geen sprake is van directe ontsteking, reiken de toxische effecten van het scenario lek verder dan bij het scenario breuk, omdat de initiële wolk bij aanvang al groot is.

Wanneer EO gemodelleerd wordt als een tot vloeistof verdicht gas, kan voor het breuksce- nario de standaard modellering met het Long Pipeline model worden toegepast. Om in de pas te blijven lopen met de ontstekingskansen voor tot vloeistof verdichte gassen, zijn voor EO de bijbehorende ontstekingskansen ge- hanteerd¹⁰.

De resultaten van de verkennende berekeningen staan in Tabel 26 weergege- ven. Modellering van EO als tot vloeistof verdicht gas geeft grotere PR 10^{-6} - contouren en leidt tot een groter aandeel van het scenario breuk. Omdat de modellering van EO als een tot vloeistof verdicht gas eenduidiger en robuuster is, is ervoor gekozen om EO als zodanig te modelleren.

Tabel 26 Resultaten verkennende berekeningen aan een EO-leiding (15 bar, 8").

	P_{direct}	PR × 10⁻⁶ (m)	PR_{max}	% breuk
Modellering als vloeistof	0,065	345	$5,0 \times 10^{-6}$	2
Modellering als tot vloeistof verdicht gas	0,065	425	$8,5 \times 10^{-6}$	48
	0,3	405	$7,7 \times 10^{-6}$	45

6.6.3 § 2.7.4 - Toxische vloeistof

De hoeveelheid formaldehyde dat uit een waterige plas verdampt, is mede af- hankelijk van de windsnelheid. Hoe hoger de windsnelheid, hoe meer formal- dehyde er zal verdampen. Er is gekozen om een windsnelheid van 5 m/s aan te houden, omdat deze snelheid het meeste voorkomt in Nederland (weertype D5 en E5).

6.7 § 2.8 - Groepsrisico

De opsteller van een QRA moet voor de worstcase kilometer de maximale (over- schrijdings)factor van de oriëntatiewaarde geven en bij welk aantal slachtoffers N dit maximum optreedt. Dit kan als volgt worden bepaald.

1. In SAFETI-NL moet bij een studie de optie 'Run basic diagnostics' worden gekozen via Options > Preferences > Risk > tab General > venster Model and Diagnostic Control > optie F/N curve > optie Run Basic Diagnostics.
2. De FN-punten worden weergegeven in het bestand 'fn Combined_Col1.csv' dat te vinden is in de folder Results > subdirectory Combined Risk Results.
3. Per N (vanaf N=10) moet worden berekend wat de verhouding is tussen de frequentie van het FN-punt en de frequentie van de oriëntatiewaarde bij

¹⁰ Omdat EO een hoog reactieve stof is (groot explosiegebied (3-100 %) i.c.m. lage ontstekingsenergie ($\approx 0,06$ mJ)), zijn de grotere ontstekingskansen gerechtvaardigd.

deze N. De maximale positieve overschrijding moet worden vermeld en de bijbehorende aantal slachtoffers.

6.8 § 3.2 - QRA specifieke parameters

6.8.1 § 3.2.1 - Standaard te gebruiken instellingen

De uitstroomrichting voor ondergrondse buisleidingen is standaard verticaal. Aangenomen wordt dat na breuk of lek de twee horizontale jets vanuit de beide buisleidinghelften elkaar geheel raken waarna uitstroming in verticale richting plaatsvindt.

Een uitstroombuigtheet van 0,01 cm in plaats van 0 m heeft geen consequenties voor de resultaten, maar voorkomt in een beperkt aantal gevallen foutmeldingen of onrealistische resultaten.

De ruwheidslengte van een oppervlak is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. De gebruikte ruwheidslengte voor de bepaling van het windprofiel is standaard 0,1 meter en geldt voor een omgeving met lage gewassen met hier en daar grote obstakels ($x/h > 20$). Hierbij is x de afstand tussen obstakels bovenwinds en h de typische hoogte van de obstakels.

De parameter *Free Field Modeling of delayed ignition* wordt gebruikt voor het berekenen van de plaatsgebonden risicocontouren waarbij populatie niet wordt beschouwd als een ontstekingsbron. Standaard wordt in SAFETI-NL de vrije veld methode gebruikt (*Free Field*) waarbij vertraagde ontsteking geacht wordt altijd plaats te vinden in het vrije veld wanneer a) de brandbare wolk de terreingrens heeft gepasseerd en b) wanneer de omvang van de brandbare wolk op basis van de LFL maximaal is op 1 meter hoogte. De kans op vertraagde ontsteking is hierbij $(1-P_{\text{direct}})$. Bij buisleidingen is echter geen sprake van een terreingrens zodat de parameter op *No Free Field* moet staan, met uitzondering voor brandbare vloeistoffen. Een tweede argument is dat voor brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen vertraagde ontsteking niet wordt meegenomen.

Voor het berekenen van het plaatsgebonden risico voor buisleidingen die brandbare vloeistoffen vervoeren, moet de vrije veld methode wel worden toegepast, met de parameter *distance to site boundary* op 0 m. De eerste reden om de vrije veld methodiek te gebruiken, is dat in de risicoberekening anders alleen met de wolkbrand zal worden gerekend. De plasbrand zal dan namelijk alleen ontstaan wanneer de vrijkomende wolk een ontstekingsbron tegenkomt. De tweede reden is dat voor brandbare vloeistoffen de totale kans op ontsteken 1 dient te zijn. Bij afwezigheid van de vrije veld methodiek zal daar geen sprake van zijn, omdat vertraagde ontsteking niet optreedt bij afwezigheid van ontstekingsbronnen. Merk op dat voor het berekenen van het groepsrisico altijd de vrije veld methodiek uitgezet dient te worden. Voor het groepsrisico is het dus mogelijk dat, bij afwezigheid van ontstekingsbronnen, een brandbare wolk niet ontsteekt.

6.8.2 § 3.2.2 - Locatie van de uitstroming

In navolging van Module B wordt voor chemicaliënleidingen de locatie van de uitstroming halverwege de buisleiding gezet. De bronsterkte behorende bij deze faallocatie wordt vervolgens gesuperponeerd over de gehele buisleiding waarbij de onderlinge afstand tussen de faallocaties gekozen moet worden door de ge-

bruiker. Deze moet dusdanig zijn dat een vloeiende PR-contour verkregen wordt. Over het algemeen ligt deze afstand tussen de 10 en 50 m.

6.8.3 § 3.2.4 - Tijdsafhankelijke uitstroming

In SAFETI-NL kan gekozen worden voor een debiet op een bepaald tijdstip, een debiet gemiddeld over een bepaald tijdsinterval en een tijdsafhankelijk debiet. In het laatste geval wordt de uitstroming verdeeld in een aantal te kiezen tijdssegmenten met gelijke massa en wordt voor elk segment een gemiddeld debiet berekend.

Voor transportleidingen die gevaarlijke stoffen vervoeren, kan de uitstroming gemodelleerd worden als een tijdsafhankelijke uitstroming met (bijvoorbeeld) vijf segmenten. Hierbij mag de totale 'duration of interest' niet langer zijn dan 1800 seconden.

Risicoberekeningen voor buisleidingen die toxische stoffen vervoeren, hebben aangetoond dat de verschillen tussen tijdsafhankelijke uitstroming en een gemiddelde uitstroming (0-1800 s) desalniettemin in veel gevallen minimaal zijn. Vanwege aanzienlijk kortere rekentijden mag daarom van een gemiddelde uitstroming gedurende het eerste half uur worden uitgegaan:

Tabel 27 Invloed van tijdsafhankelijke uitstroming van toxische stoffen bij breuk van de leiding (LP-model, verticale uitstroming). Afstanden zijn op basis van 1%-letaliteit.

	Gemiddelde uitstroom (0-1800 s)			Time varying release (5 segments)		
	D9	D5	F1.5	D9	D5	F1.5
Chloor	1060	1590	5350	1085	1625	5280
Koolmonoxide	45	10	60	45	10	60
Waterstofchloride	40	45	250	40	45	250

6.8.4 § 3.2.6 - Verdeling aanwezigheid binnenshuis en buitenshuis

Een voorbeeld hoe om kan worden gegaan met een afwijkende verdeling binnen/buiten:

Op een recreatieterrein zijn overdag 100 mensen aanwezig, die allen buiten zijn. De risico's worden bepaald door blootstelling aan toxische stoffen en op het terrein is voor het bepalende scenario de (gemiddelde) sterftekans buiten gelijk aan P_{letaal} . Het aantal slachtoffers op het recreatieterrein is dus gelijk aan $100 \times P_{\text{letaal}}$ personen. De populatie op het recreatieterrein kan dan ingevoerd worden als N_{eff} personen met de standaard verdeling 0,93 binnen en 0,07 buiten, waarbij N_{eff} berekend wordt uit het berekende aantal slachtoffers op het recreatieterrein:

$$100 \times P_{\text{letaal}} \text{ personen} = (0,93 \times 0,1 \times P_{\text{letaal}} + 0,07 \times 1 \times P_{\text{letaal}}) \times N_{\text{eff}} \text{ personen}$$

Dit geeft $N_{\text{eff}} = 600$.

6.8.5 § 3.2.7 - Het modelleren van personen bij evenementen

Een voorbeeld hoe personen bij evenementen gemodelleerd kunnen worden: In de omgeving van een bedrijf ligt een woonwijk en een recreatieplas. Bij de recreatieplas zijn in de drie zomermaanden overdag gemiddeld 200 personen aanwezig gedurende acht uur; 's nachts en buiten de zomermaanden zijn er (vrijwel) geen bezoekers.

In SAFETI-NL wordt dit gemodelleerd door uit te gaan van drie rijen, namelijk:

- Eén dagrij met factor 0,08. De aanwezige populatie is de woonwijk (dag) en de recreanten.
- Eén dagrij met factor 0,36. De aanwezige populatie is de woonwijk (dag).

- Eén nachtrij met factor 0,56. De aanwezige populatie is de woonwijk (nacht).

De factor 0,08 voor de dagrij wordt berekend uit de periode dat de personen aanwezig zijn bij de recreatieplas, namelijk drie maanden per jaar (3/12) en acht uur per dag (8/24).

6.9 § 3.3 - Parameters specifiek voor een QRA in Nederland

6.9.1 § 3.3.1 - Tijdsduur

Indien kan worden aangetoond dat de uitstromingsduur bij een ondergrondse buisleiding waardoor toxische stoffen worden getransporteerd korter is dan 30 minuten als gevolg van aanwezige veiligheidsvoorzieningen, mag met een afwijkende uitstromingsduur en hoeveelheid worden gerekend. Hierbij moet rekening worden gehouden met de tijdsduur voordat de breuk door eventuele aanwezige instrumentatie wordt opgemerkt, de responsetijd van een operator (indien van toepassing) en de sluitduur van eventuele kleppen etc. (inclusief nalevering vanuit de ingeblokte buisleiding).

Bij buisleidingen waardoor brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen worden getransporteerd is een afwijkende uitstromingsduur niet van belang, omdat bij die categorie alleen de gemiddelde bronsterkte over de eerste 20 seconden relevant is.

6.9.2 § 3.3.3 - Letaliteit - Probits

De waarden voor a, b en n (eenheden mg/m³ en minuten) zijn overgenomen uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [2]. Het rekenpakket SAFETI-NL rekent in de eenheden ppm en minuten. Daarom zijn ook de waarden voor a, b en n in de eenheden ppm en minuten gegeven. Deze zijn berekend met de volgende formule:

$$a_{ppm} = a_{mg/m^3} + b \times \ln \left(\frac{M}{22,4 \times \frac{282}{273}} \right)^n \quad (18)$$

met M de molmassa (in g/mol).

6.9.3 § 3.4 - Stofspecifieke parameters

Voor kooldioxide is geen eenduidige probitrelatie voorhanden. De redenen hiervoor staan beschreven in [20]. Hierin worden wel semi-kwantitatieve schattingen gegeven op basis waarvan een probit afgeleid zou kunnen worden.

Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

Een bij een maatregel behorende reductiefactor mag pas worden toegepast wanneer de maatregel voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven. Uitgangspunt is dat de buisleiding voor aardolieproducten voldoet aan de stand der techniek. De daarvoor geldende randvoorwaarden worden als eerste beschreven.

Randvoorwaarden voor leidingen die aan 'stand der techniek' voldoen

De belangrijkste voorwaarde voor het mogen toepassen van de faalfrequentie voor het scenario breuk wanneer de buisleiding voldoet aan stand der techniek, is het toepassen van een effectief veiligheidsbeheerssysteem (VBS) conform artikel 4, lid 1 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). De 'stand der techniek'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 28. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 4 genoemde bijpassende faalfrequentie te worden gebruikt.

Tabel 28 Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek.

Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, conform artikel 4, lid 1, van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en NEN3650/NTA-8000.
Beschadiging door derden	<ul style="list-style-type: none"> • Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels. • Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding. • Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.
Mechanisch	<ul style="list-style-type: none"> • Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding. • Leidingen aangelegd vanaf 1980: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.
Inwendige corrosie	<p>Corrosiemanagementsysteem bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bepaling van product corrosiviteit; • toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit; (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner"); • effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.

<p>Operationeel en overige faaloorzaken</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gespecificeerde werkgebied m.b.t debiet, druk, temperatuur, trip settings. • Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen. • Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren. • Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).
--	--

Randvoorwaarden 'graafschade door derden'

Ten aanzien van faaloorzaak '*graafschade door derden*' zijn een aantal maatregelen geformuleerd met bijbehorende reductiefactoren. In deze paragraaf worden de randvoorwaarden voor de verschillende maatregelen gegeven.

Cluster 1

Actief rappel

- De exploitant dient binnen 10 werkdagen na de melding met de grondroerder contact op te nemen indien deze dat nog niet heeft gedaan.

Cluster 2

Het betreft de maatregelen *waarschuwingsslint*, *beschermplaten* en de combinatie *waarschuwingsslint + beschermplaten*.

- De minimumafstand tussen een buisleiding en het beschermende materiaal en de breedte van de afdekking moet in een standaarddocument worden vastgelegd. De combinatie van beide factoren (beschermend materiaal en de afstand tussen het materiaal en de buisleiding) moet dusdanig zijn dat ook bij toepassing van de grootste graafmachines die op dat moment worden gehanteerd, de afdekking effectief is en de buisleiding niet wordt geraakt.
- De sterkte en geschiktheid van afwijkende materialen of constructies dient te worden aangetoond door middel van veldtesten. Uitgangspunt is dat veldtesten op dezelfde wijze worden uitgevoerd als de veldtesten die zijn uitgevoerd voor bepaling van de reductiefactor voor beschermplaten [21]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid¹¹.
- Indien door de afdekking van een buisleiding ook andere buisleidingen worden afgedekt, zal hierover met de andere buisleidingexploitanten moeten worden overlegd.
- Deze maatregel kan alleen worden toegepast wanneer de buisleidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze maatregel. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

Cluster 3

Het betreft de maatregel waarbij een beheerovereenkomst is afgesloten die een bepaalde berking bevat.

¹¹ Indien in alle experimenten de maatregel effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de maatregel voor één experiment niet effectief was. Deze aanname is nodig omdat met een beperkt (n) aantal testen niet kan worden uitgesloten dat de (n+1)^{de} test tot falen leidt.

Overeenkomst met 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 (helikopter)inspecties moet het buisleidingdeel 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 buisleidingdeel 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 (zie maatregel '*Overeenkomst, graven/boren verboden*').

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, mits 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 (helikopter)inspecties moet het buisleidingdeel 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 buisleidingdeel 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 (zie maatregel '*Overeenkomst, beperkte restricties*').

Overeenkomst, beperkte restricties:

- Bij een overeenkomst met beperkte restricties zijn grondroerende activiteiten niet helemaal uitgesloten, maar worden wel beperkingen opgelegd ten aanzien van 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 (helikopter)inspecties moet het buisleidingdeel waarvoor de overeenkomst geldt specifiek aandacht krijgen.

Cluster 4

Hekwerk

- Een hekwerk moet voorkomen dat de directe omgeving rond de buisleiding kan worden betreden. Indien een hekwerk alleen het gebied in de nabijheid van de buisleiding omsluit, maar dat het gebied verder vrij eenvoudig kan worden betreden, moet een hekwerk worden gezien als markering.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

Dijklichaam

- De ophoging ten opzichte van het maaiveld is minimaal één meter hoog en deze hoogte moet ook worden onderhouden. Een andere optie is om een dijklichaam van 50 cm hoog te creëren maar dan moet het dijklichaam worden omsloten door een (metalen) net dat genoeg weerstand kan bieden indien er toch gegraven mocht worden.
- De ophoging moet aaneengesloten zijn over het buisleidingstuk waarvoor de maatregel wordt toegepast. Omdat niet kan worden voorkomen dat er toch wegen etc. moeten worden gekruist, wordt als richtwaarde aangehouden dat minimaal 98% van het betreffende buisleidingstuk door een dijklichaam moet worden beschermd. Als minder dan 98% van het buisleidingstuk wordt beschermd, moet in een QRA specifiek rekening worden gehouden met de onderbrekingen. Het deel dat niet door het dijklichaam wordt beschermd, moet op een andere manier worden beschermd, bijvoorbeeld door een wegverharding. Ook moet aan het begin en eind van de onderbreking extra markering worden geplaatst.
- De maatregel moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de buisleiding.
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

Barrière op maaiveld

- De afstand tussen de barrière en de buisleiding moet beperkt zijn tot één à twee meter van de buisleiding.
- Losstaande paaltjes mogen maximaal 20 cm van elkaar geplaatst worden .
- Deze maatregel moet in combinatie met markering worden toegepast
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

Cluster 5

Strikte begeleiding werkzaamheden

- Bij een melding neemt de buisleidingexploitant 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 buisleidingexploitant dagelijks de situatie ter plekke controleren.
- Indien er tussen de melding en de aanvang van de werkzaamheden meer dan een week zit, moet de buisleidingexploitant 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 buisleidingexploitant.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.

- Het moet voor degene die bij de buisleidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende buisleidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.

Cameratoezicht

- Het toezicht moet continu zijn.
- Het toezicht moet mogelijk zijn over het gehele buisleidingstuk waarvoor de reductiefactor wordt toegepast.
- Bij constatering van (voorbereidingen van) werkzaamheden nabij de buisleiding moet binnen enkele minuten ingegrepen kunnen worden om de werkzaamheden stil te leggen.
- Er moet een terugkoppeling zijn van gemelde werkzaamheden richting de toezichthouder, zodat er geen valse alarmen ontstaan.

Cluster 6

Randvoorwaarde bij deze maatregel is dat de dekking aan weerszijden van de leiding effectief moet zijn. De dekking moet zodanig zijn aangebracht dat verwacht mag worden dat een grondroerder die loodrecht op de leiding graaft, het maaiveld blijft volgen en niet de extra gronddekking negeert door het niveau op graafdiepte aan te houden. Als leidraad geldt dat bij een extra gronddekking tot 20 centimeter de extra dekking over minimaal 10 meter aan weerszijden van de leiding moet worden aangebracht. Bij een extra gronddekking groter dan 20 centimeter moet de extra dekking minimaal over de belemmerde strook worden aangebracht.

Randvoorwaarden 'In-line inspectie (ILI)'

De meetprestatie van de ILI moet voldoen aan de volgende eisen:

1. De kans op detectie van potentieel kritische defecten is minimaal 90%;
2. Detectiegrens materiaalverlies 10% (algemene wanddikte) en 15% (pitting) voor Magnetic Flux leakage (MFL) en 1,5 mm voor Ultrasonische Testing (UT);
3. Detectie van defecten van 20 x 20 mm of meer in oppervlakte;
4. ILI moet in staat zijn deuken dieper dan 2% van de Interne Diameter te identificeren.

Het inspectie-interval moet gebaseerd zijn op een gedegen en genormeerde risicoanalyse met een fit-for-purpose (FFP) demonstratie. Het maximum ILI-interval bedraagt 10 jaar.

Voor het waarden van ILI als maatregel zijn verdere randvoorwaarden ten aanzien van algemene normen en procedures opgesteld.

Algemeen

Welke industriële norm wordt toegepast voor het hanteren van ILI hangt af van diverse afwegingen, zolang deze er a) op gericht zijn om het falen van een buisleiding ten gevolge van bijvoorbeeld inwendige en/of uitwendige corrosie te voorkomen en b) zolang de "Fitness for Purpose" (FFP) c.q. "Fit for Service" (FFS) wordt bevestigd volgens industriële Integrity Management (IM) principes. De exploitant dient te kunnen laten zien wat men met eventuele geconstateerde gebreken doet en wat de afwegingen zijn die men hierbij hanteert. Relevante features dienen tijdig te worden gerepareerd en rapportage daarvan vastgelegd. Een gedegen effectanalyse volgt dezelfde methodologie als een gedegen risicoanalyse.

Beschikbare normen

Aangesloten dient te worden bij de "Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines, Version 2009, Appendix I" (zie beneden) en de bovengrenzen die hierin worden genoemd.

Exploitanten die de reductiefactoren voor ILI hanteren moeten over passende procedures beschikken voor het uitvoeringsproces ILI/FFP/FFS/RBI/IM en acceptatiecriteria voor geconstateerde afwijkingen ("features"). Voor ILI wordt daartoe aangesloten bij recente specificaties zoals opgesteld door het POF (Pipeline Operator Forum):

1. Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines: versie 2009,
2. Guidance documents to achieve In-Line-Inspection first run success:
 - Guidance on achieving ILI First Run Success, december 2012,
 - ILI Pipeline Questionnaire, december 2012,
 - ILI Check Lists, december 2012,
 - ILI Data Feedback Form, december 2012,
 - Guidance on Field Verification Procedures for In-Line-Inspection, december 2012,
 - ILI Field Verification Form, december 2012.

Voor de normen voor fitness-for-purpose analyse (FFP) kunnen de volgende codes of richtlijnen als referentie worden gebruikt:

- NEN-3650:2012 hoofdstuk 10. Norm voor transportleidingen,
- NTA-8000. Risicomanagement eisen voor transportleidingen,
- API 579 -1 / ASME FFS-1. Recommended Practices for Fitness for Service,
- API 1160. Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines,
- ASME B31G. Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines,
- ASME 9909A-RPT-001. Pipeline Defect Assessment Manual,
- BS 7910. Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures,
- PD 8010-4:2012. Pipeline systems. Steel pipelines on land and subsea pipelines. Code of practice for integrity management.
- Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects, British Energy Generation, Report R/H/R6, Nuclear Electric.
- SINTAP. Fitness Structural INTegrity Assessment Procedures for European Industry,
- DNV-RP-F116. Integrity Management Systems of submarine pipeline systems, 2009,

Specifiek voor de beoordeling van corrosiedefecten m.b.v. ILI zijn onder andere de volgende normen als referentie te gebruiken:

- ASME B31G + Modified B31G. methode voor sterkteberekeningen/ restlevensduurberekeningen),
- RSTRENG. Computer programma voor berekenen van corrosie aan pijpen,
- DNV-RP-F101. Corroded Pipelines · Pipeline Field Joint Coating and Field Repair of Linepipe Coating, 2010.

Voor een transparante werkwijze en waardering van de reductiefactoren is het gewenst dat de sector een complete richtlijn ontwikkelt voor het gehele proces op basis van bestaande normen.

N.B.: er is een aantal "non-piggable leidingen", waarbij vanzelfsprekend ILI niet gebruikt kan worden. Wel zijn er ontwikkelingen om met behulp van bestaande technieken (CIPS/DCVG) en nieuwe analyse- en evaluatietechnieken de integri-

teitstatus op indirecte wijze vast te kunnen stellen. Bij onderbouwing door de sector kunnen dergelijke beoordelingstechnieken mogelijk voor waardering in aanmerking komen.

RBI - optie

De exploitant moet aantonen dat de integriteit van zijn buisleiding gewaarborgd is. Hij kan daarvoor kiezen voor de RBI-aanpak (Risk Based Inspection). Daartoe moet worden vastgelegd hoe het RBI is ingericht. Wanneer defecten worden geconstateerd, moet een gedegen analyse leiden tot hypothesen over mogelijke oorzaken. De fout/faal-hypothesen moeten gekoppeld worden aan de consequenties voor integriteit en gebruik van de buisleiding (bijv. duur, condities). Dit bepaalt het inspectieregime en de daaruit voortvloeiende acties (bijv. restricties in het gebruik, meetfrequentie, bewaking kwaliteit van het medium enz.).

Elementen die de basis moeten vormen van een RBI-aanpak:

1. Opstellen prestatie-eisen en criteria, planning en selectietool;
2. Data verzamelen en integreren: bedoeld om een risicobenadering te faciliteren. Er moet reeds data aanwezig zijn en een evaluatie van een eerste pijsrun, en er zijn geen wijzigingen in de operationele bedrijfsvoering of omstandigheden (MoC);
3. Het verdelen van de buisleiding (of het leidingnetwerk) in secties: het leidingstelsel wordt verdeeld in secties waar bedreigingen of gevolgen verschillen van de bedreigingen of gevolgen in andere secties;
4. Identificatie van bedreigingen: de gevaren die kunnen resulteren in een breuk, lekkage of onderbreking van levering zijn geïdentificeerd. Features worden allen geanalyseerd;
5. Risicoanalyse: de kans op falen als gevolg van een bedreiging en de gevolgen van dit falen worden geëvalueerd en vermenigvuldigd en vormen een risico voor elke bedreiging (en sectie);
6. Risicobeoordeling: het berekende risico wordt vergeleken met een geaccepteerd risiconiveau voor een bedreiging/sectie/buisleiding;
7. Mitigatie: er is een plan gemaakt om de risico's te beheersen, gekoppeld aan de relevante bedreigingen. Alle features worden gedocumenteerd;
8. Evaluatie en verbetering: het proces is continu en onderdeel van een verbetercyclus.

Randvoorwaarden 'Inwendige corrosie – corrosiviteit medium'

De corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de kwaliteit van het medium dient gemonitord te worden.

Opname onderbouwing "inherent niet-corrosief medium" c.q. "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

Randvoorwaarden 'Uitwendige corrosie – corrosiviteit buismateriaal'

Het ontbreken van corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de omgeving (verzuring, bacteriën, wortels, grondroeren, interferentie) dient gemonitord te worden.

Opname onderbouwing "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist.

Randvoorwaarden 'natuurlijke oorzaken'

Ontoelaatbare zettingen/spanningen kunnen vergaand worden uitgesloten

Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten:

- Door nagaan van de bodemgesteldheid, met inventarisatie van kritische gebieden (b.v. mijnbouw, kunstwerken, veengebieden),
- Bij kritische gebieden een beheerste situatie te creëren, bijvoorbeeld meten/berekeningen van spanningen, meten met zet-/zakbakens, uitvoeren met rekstrookjes, onderheien, overdimensionering constructief ontwerp, ontbreken van koppelingen en overige appendages, spanningsvrije ligging.

Rapportage van de evaluatie dient binnen 1 jaar na het claimen van de reductiefactor beschikbaar te zijn.

Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten

Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten wanneer een onderbouwende rapportage het bewijs levert van een dichte en stabiele ondergrond (bijvoorbeeld zandgronden).

- Door nagaan van de bodemgesteldheid op basis waarvan kritische gebieden kunnen worden uitgesloten (b.v. stabiele klei, zand),
- Ontoelaatbare zettingen c.q. spanningen zijn aantoonbaar uitgesloten (b.v. op basis van langjarige casuïstiek).

Randvoorwaarden 'operationeel en overig falen'

1. Implementatie van een overdrukbeveiligingssysteem op basis van de van toepassing zijnde Safety Integrity Level (SIL) overeenkomstig IEC 61511 die is afgeleid van een hazard assessment van faalmechanismes inclusief druk/temperatuur reliëf èn:
2. Implementatie van een testregime van het overdruk beveiligingssysteem en adequate training van de operators op de bediening van het systeem èn:
3. Borging van het niet overschrijden van de *operating envelope* van de buisleiding.

Randvoorwaarden: adequate inbedrijfstelling met waar mogelijk hydrotesten bij ingebruikname en periodiek functioneel testen (onderdeel van SIL).

N.B.: hoewel *onderdruk*beveiliging op zich geen onderdeel uitmaakt van de faalkansbeperking, wordt verwacht dat het SIL-niveau van deze beveiliging overeenkomt met de *overdruk*beveiliging.

Referenties

- [1] Committee for the Prevention of Disasters (CPR), *Guidelines for quantitative risk assessment ("Purple Book")*, PGS18 (1999).
- [2] RIVM, *Handleiding Risicoberekeningen Bevi*, versie 3.2 (2009).
- [3] Det Norske Veritas (DNV), de Nederlandse versie van *Software for the Assessment of flammable, explosive and toxic impact* (SAFETI-NL) versie 6.54 (2009).
- [4] Regeling externe veiligheid buisleidingen, artikel 6, lid 2.
- [5] De diverse modellen staan beschreven in de folder *Documentation > Technical Reference*. Deze folder wordt verkregen wanneer SAFETI-NL wordt gedownload van de beveiligde SAFETI-NL pagina. Voor het openen van de beveiligde pagina van SAFETI-NL en voor het openen van de beschrijvingen zijn wachtwoorden nodig die kunnen worden opgevraagd bij de Helpdesk van SAFETI-NL.
- [6] Register risicosituaties gevaarlijke stoffen (RRGS), situatie maart 2010.
- [7] I&M-brief *Aanvullende mitigerende maatregelen buisleidingen*, referentienummer IENM/BSK-2014/74036, d.d. 28 maart 2014. Deze brief is als bijlage aan de Handleiding Risicoberekeningen Bevb toegevoegd. De in deze brief aangehaalde PIE-rapporten zijn beschikbaar via www.velin.nl.
- [8] RIVM-brief, *Analyse faalkans CONCAWE-database*, referentienummer 099-08/CEV Rik/mjd, d.d. 11 april 2008.
- [9] De gegevens zijn afkomstig van berekeningen die de Gasunie voor het RIVM heeft uitgevoerd. De gegevens gelden alleen voor waterstof.
- [10] Committee for the Prevention of Disasters (CPR), *Methods for the calculation of physical effects ("Yellow Book")*, PGS 2 (2005).
- [11] Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico, te vinden op www.groepsrisico.nl
- [12] AgentschapNL, *Handboek Risicozonering Windturbines*, KEMA-rapport, versie 3 (mei 2013).
- [13] RIVM-brief, *Invloed diepteligging en wanddikte op de faalfrequentie voor leidingen met aardolieproducten en overige leidingen*, referentienummer 165/11 CEV Vli/sij-3063, d.d. 26 juni 2011.
- [14] Hysafe, *An ignition probability model methodology for hydrogen risk analysis*, Deliverable No 71, Contract No SES6-CT-2004-502630 (2007).
- [15] Energy Institute for UKOOA (United Kingdom Offshore Operators Association), *Ignition probability review, model development and look-up correlations*, IP research Report, London (2006).
- [16] N.V. Nederlandse Gasunie, *Pipesafe vs SAFETI-NL*, rapport DEI 2009.R.0325 (2009)
- [17] DNV, *JFSH (Jet Fire) Theory Document*, (technische documentatie behorende bij SAFETI-NL) (2005).
- [18] Acton, M.R. et al., *Large scale experiments to study hydrogen pipeline fires*, Proceedings of the International Pipeline Conference (IPC), Calgary Canada, paper IPC2010-31391 (2010).
- [19] Werkgroep Risico Analyse VELIN, *Bronsterkteberekeningen vlakke leidingen* (1986)
- [20] www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Probits/Technical_support_documents/Kooldioxide

- [21] Corder I. *The application of risk techniques to the design and operation of Pipelines*, IMechE. C502/016. 00 113 – 125 (1995).



> Retouradres Postbus 20901 2500 EX Den Haag

RIVM
t.a.v. mw. C. Stom
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

**Directoraat-Generaal
Milieu en Internationaal**

Veiligheid en Risico's
Plesmanweg 1-6
Den Haag
Postbus 20901
2500 EX Den Haag
www.rijksoverheid.nl

Contactpersoon

C.J. Theune M.Sc
T 070 - 456 6638
kees.theune@minienm.nl

Ons kenmerk

IENM/BSK-2014/74036

Bijlage(n)

2

Datum **28 MAART 2014**
Betreft Aanvullende mitigerende maatregelen buisleidingen

Geachte mevrouw Stom,

Zoals in mijn brief van 6 maart jl. aan de buisleidingexploitanten al vermeld, heb ik besloten het VELIN-voorstel voor aanvullende mitigerende maatregelen onder een aantal voorwaarden beleidsmatig te volgen. In aansluiting op dit besluit doe ik u hierbij de verdere invulling van faalkansen en van de waardering van aanvullende risicoreducerende maatregelen voor niet-aardgasleidingen volgens het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) toekomen.

Het gaat hierbij om buisleidingen met aardolieproducten en de nog aan te wijzen chemische stoffen overeenkomstig de Handleiding Risicoberekeningen Bevb Module C respectievelijk de in ontwikkeling zijnde Handleiding Risicoberekeningen Bevb Module D.

Ik ga hier nader op de aanleiding en op de uitwerking in.

Per 1 januari 2011 is het Bevb in werking getreden. Belangrijk onderdeel is dat wordt voldaan aan de kwaliteitseisen voor externe veiligheid. Exploitanten van buisleidingen met aardolieproducten, die vallen onder het Bevb, dienen per 1 januari 2014 te voldoen aan de gestelde norm voor het plaatsgebonden risico (PR). Het PR van de betreffende leiding dient te worden bepaald en waar nodig dienen mitigerende maatregelen te worden getroffen om het PR te verlagen wanneer niet aan die norm wordt voldaan.

Door het RIVM werd in samenspraak met de branchevereniging VELIN en voorafgaand aan het aanwijzen van de buisleidingen voor het transport van aardolieproducten een consequentieonderzoek uitgevoerd. Tevens werd daartoe een (beperkte) set met mitigerende maatregelen ontwikkeld. Dit werd destijds voldoende geacht om op een haalbare en betaalbare wijze te kunnen voldoen aan de grenswaarde PR 10^{-6} per jaar, zoals vastgelegd in het Bevb.

Inmiddels heeft de praktijk geleerd dat deze beperkte set van mitigerende maatregelen op een aantal locaties niet voldoende is om alle knelpunten op te kunnen lossen. Om die reden heeft de branchevereniging VELIN aanvullende mitigerende maatregelen onderzocht, nader gekwantificeerd en voorgesteld. Het RIVM heb ik gevraagd deze voorstellen te beoordelen op relevante aspecten zoals juistheid, doeltreffendheid en uitvoerbaarheid.

**Directoraat-Generaal
Milieu en Internationaal
Veiligheid en Risico's**

Datum

Ons kenmerk
IENM/BSK-2014/74036

Ik heb zowel de voorstellen van de branche (het VELIN-voorstel) alsook de adviezen van het RIVM ontvangen en beoordeeld.

Het RIVM kan een aantal voorstellen uit de Velin-brief niet geheel ondersteunen. Om die reden heb ik bij mijn besluit over het VELIN-voorstel en na overleg met de branche voor een aantal parameters nadere randvoorwaarden gesteld of deze (vooralnog) gelimiteerd.

Er gebeuren gelukkig relatief weinig ongevallen met buisleidingen waardoor echter de statistische kwantificering m.b.t. voorkomende faalmechanismen en recente mitigerende maatregelen beperkt is. Een diepgaander statistische analyse en beoordeling van maatregelen leidt wetenschappelijk gezien niet tot betere inzichten vanwege de beperkte dataset. Het moet immers wel mogelijk zijn die maatregelen te kwantificeren. Ook voor nieuwe of verbeterde mitigerende maatregelen is het om deze reden helaas veelal niet mogelijk een statistische beoordeling uit te voeren, alhoewel de maatregelen voor de hand liggend zijn en er "toe doen".

Zowel de buisleidingexploitanten, de toezichthouders als het bevoegde gezag Wro hebben desalniettemin dringend behoefte aan aanvullingen op de bestaande set van kwantificeerbare mitigerende maatregelen. Om pragmatische redenen is daarom een beleidsmatige aanvulling wenselijk. Hierbij staat natuurlijk wel voorop dat maatregelen die "er toe doen" in de praktijk daadwerkelijk worden toegepast en kunnen worden gewaardeerd, zodat extra inspanningen op de betreffende locaties daadwerkelijk leiden tot een hoger veiligheidsniveau.

Het VELIN-voorstel bevat daartoe concrete maatregelen, die door buisleidingexploitanten kunnen worden toegepast voor het oplossen van knelpunten van bestaande leidingen. De basis van het voorstel wordt gevormd door het waarden van (recente) verbeteringsmogelijkheden tijdens de beheersfase. Een relatief nieuwe techniek hierbij is het uitvoeren van zogenaamde "Inline Inspections" ("ILI"-techniek). Daarbij wordt een computergestuurd apparaat voorzien van sensoren ("intelligent pig") door de buisleiding gestuurd waarbij de integriteit van de buiswand in detail wordt bekeken. Deze relatief kostbare techniek wordt in Nederland steeds meer toegepast.

Met de gekozen insteek en de genoemde maatregelen wordt de kans op falen van een buisleiding kleiner. Dit concept leidt tevens tot een verdergaande ontwikkeling in inherent veilig ontwerpen en in de operatie en het beheer van buisleidingen. Uiteraard dienen hierbij ook effectbeperkende maatregelen, zoals snelle detectie en snel ingrijpen bij uitstroming te worden beschouwd waardoor het externe veiligheidsrisico verder wordt beperkt.

Bijlage 1 bij deze brief geeft de beleidsmatige invulling van de paragraaf in de handleiding risicoberekeningen Bevb.

In bijlage 2 bij deze brief zijn de overwegingen opgenomen welke tot mijn besluit hebben geleid.

Met de nu beleidsmatig gekozen methodiek in bijlage 1 kan worden voldaan aan de PR grenswaarde uit het Bevb voor bestaande buisleidingen met aardolie-producten. Tevens kan ook uitgebreider invulling worden gegeven aan de externe veiligheidseisen volgens het Bevb bij de aanleg en exploitatie van nieuwe buisleidingen. Daar waar buisleidingen met zware PR-knelpunten "niet-piggable" zijn (dus niet inwendig kunnen worden geïnspecteerd volgens de voorgestelde maatregel), zouden dergelijke knelpunten mogelijk niet tijdig kunnen worden opgelost om te kunnen voldoen aan het Bevb. Ik heb bij navraag bij de branchevereniging echter niet vernomen dat dit type knelpunten zouden kunnen bestaan. Met de aanvullende set van maatregelen kan maximaal een risicoreductie van circa een factor 40 worden bereikt.

De gekozen insteek is afgestemd met de branchevereniging VELIN en het RIVM, en sluit ook aan bij de praktijk zoals toegepast in het Verenigd Koninkrijk en de voorgestane rekenmethodiek in Vlaanderen.

Mijn besluit geeft niet alleen de buisleidingexploitanten maar ook de ILT bij de uitvoering van haar taak als toezichthouder en het bevoegd gezag Wro de gewenste duidelijkheid en oplossingsmogelijkheden.

Enigszins los van het vorenstaande merk ik nog op dat het falen van aardgas-transportleidingen ten gevolge van natuurlijke oorzaken niet is opgenomen in de rekenmethodiek, omdat destijds werd aangenomen dat hierdoor geen bijdrage in het falen speelde. Op basis van de huidige kennis is het uit een oogpunt van "best practice" echter juist om gebieden met deze mogelijke faaloorzaak te identificeren en passende maatregelen te nemen. Dit overigens zonder dat daarvoor de QRA behoefte te worden aangepast.

Ik dank de VELIN voor haar constructieve bijdrage. Uiteraard kunnen bij voortschrijdend inzicht aanpassingen in reductiefactoren van mitigerende maatregelen en additionele mitigerende maatregelen ter toetsing worden ingebracht. Verdere verbreding, verdieping en borging van mitigerende (bron)maatregelen in richtlijnen door de sector moedig ik aan.

Ik verzoek het RIVM om mijn besluit te verwerken in de Handleiding risicoberekeningen Bevb. Het is de taak van de toezichthouder om op de juiste toepassing c.q. invulling van de beschreven maatregelen in de praktijk toe te zien.

**Directoraat-Generaal
Milieu en Internationaal**
Veiligheid en Risico's

Datum

Ons kenmerk
IENM/BSK-2014/74036

Overigens zullen de onderhavige aanvullende mitigerende maatregelen deel uitmaken van de evaluatie van het Bevb over 5 jaar.

Een afschrift van deze brief stuur ik aan de NOGEPA, VNCI, ILT, SodM.

Hoogachtend,

DE DIRECTEUR VEILIGHEID EN RISICO'S,

drs. ing. Peter Torbijn

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned to the right of the name 'drs. ing. Peter Torbijn'.

**Directoraat-Generaal
Milieu en Internationaal**
Veiligheid en Risico's

Datum

Ons kenmerk
IENM/BSK-2014/74036

Bijlage 1: Aanvullende mitigerende maatregelen voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen en voor buisleidingen met chemische stoffen.

Deze bijlage bevat de beleidsmatig bepaalde aanvullende faalkans reducerende maatregelen. De aanvullende set mitigerendemaatregelen zijn gebaseerd op voorstellen van de VELIN en de adviezen van RIVM. Het onderstaande dient te worden opgenomen in de "handleiding risicoberekeningen Bevb". De achtergronden bij deze aanvullende maatregelen zijn te vinden in bijlage 2.

Inleiding

Voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen en voor buisleidingen met chemische stoffen is reeds een beperkte set met mitigerende maatregelen beschikbaar, overeenkomstig de methodiek voor aardgastransportleidingen. Deze maatregelen richten zich met name op beperking van extern falen (beïnvloeding van buitenaf; vooral graafschades). Voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen en buisleidingen met chemische stoffen zijn daarnaast ook andere faaloorzaken van belang zoals mechanisch falen, corrosie en operationeel falen. De aanvullende set van mitigerende maatregelen richt zich op deze faaloorzaken.

De voorgestelde aanvullende mitigerende maatregelen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met brandbare vloeistoffen en buisleidingen met chemische stoffen. Uitgezonderd zijn:

- Bovengrondse buisleidingen;
- "Hot Lines" met een bedrijfstemperatuur boven de 100 °C. Hieronder vallen zware 'crude olie' en producten zoals was, lubricants en bitumen waarbij de producten worden verwarmd en worden vervoerd in zwaar geïsoleerde buisleidingen of waarbij het leidingstelsel externe warmtebronnen heeft om de viscositeit van het product te verlagen of waarbij als gevolg van exploratie de gewonnen producten een temperatuur bezitten boven de 100 °C;
- Kunststofleidingen.

Allereerst met betrekking tot effectbeperking

De in deze bijlage beschreven maatregelen beperken de kans op falen. Maatregelen die de effecten beperken, worden hierna in de faalkans beperkende maatregelen niet beschreven maar dienen wel op passende en overeenkomstige wijze beschouwd te worden in de berekeningsmethodiek. Het betreft met name maatregelen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt.

De systematiek:

De aanvullende set maatregelen is gebaseerd op een benadering in drie niveaus:

- Niveau 1: Het toepassen van de algemene basisfaalfrequentie voor niet nader onderzochte buisleidingen overeenkomstig de Handleiding risicoberekeningen Bevb;
- Niveau 2: Onder generieke technische voorwaarden is het gebruik van een lagere algemene basisfaalfrequentie volgens de *stand der techniek* toegestaan.
- Niveau 3: Aanvullende maatregelen kunnen voor specifieke buisleidingen en specifieke omstandigheden worden toegepast om de faalfrequentie te verlagen¹.

Op de volgende pagina's wordt ingegaan op de drie niveaus, op de diverse maatregelen en op de bijbehorende voorwaarden.

¹ Hierdoor kunnen lokale PR-knelpunten of GR-aandachtspunten worden opgelost. Te denken valt bijvoorbeeld aan maatregelen in het ontwerp (zoals een grotere wanddikte of diepere ligging) en maatregelen in de beheerfase (zoals in-line inspectie, ILI).

Niveau 1: Basisfaalfrequentie voor niet nader onderzochte buisleidingen.

Voor buisleidingen welke onder het Bevb vallen kan onderstaande faalkansverdeling in tabel 1 worden gehanteerd indien voor de externe veiligheidsrisico's geen onderzoek naar 'state-of-the-art'-voorwaarden volgens tabel 2 noodzakelijk is. Er wordt reeds voldaan aan het basisbeschermingsniveau volgens het Bevb.

Tabel 1: Faalkansverdeling voor niveau 1-leidingen.

Faaloorzaak	Faalfrequentie [km.jaar ⁻¹]		
	Lek (chemische stoffen) ²	Breuk (brandbare vloeistoffen en chemische stoffen)	Totaal
Beschadiging door derden ("External interference")	9,86E-05	7,19E-05	1,71E-04
Mechanisch	1,45E-04	3,23E-05	1,77E-04
Inwendige corrosie	4,40E-05	5,71E-06	4,97E-05
Uitwendige corrosie	1,32E-04	1,72E-05	1,49E-04
Natuurlijke oorzaken	1,35E-05	9,15E-06	2,27E-05
Operationeel/overigen	1,71E-05	1,38E-05	3,09E-05
Totaal	4,50E-04	1,50E-04	6,00E-04

Op deze buisleidingen van niveau 1 kunnen maatregelen als beschreven voor niveau 3 worden toegepast. Deze maatregelen worden verderop in de bijlage besproken.

Voor het berekenen van de externe veiligheidsrisico's, hoeft bovenstaande faalkansverdeling niet te worden toegepast voor de volgende situaties:

- QRA's voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen (aardolieleidingen) die nog voor het bekend worden van de handleiding rekenmethodiek versie 2.0 zijn opgesteld en waarbij geen sprake (meer) is van PR-knelpunten en/of GR-aandachtspunten;
- QRA's die al passend (geen PR-knelpunten/GR-aandachtspunten) in vastgestelde bestemmingsplannen zijn opgenomen.

² Het lekscenario wordt voor buisleidingen met aardolieproducten en andere brandbare vloeistoffen niet meegenomen in de QRA.

Niveau 2: Faalfrequentie voor selecte buisleidingen op basis van 'state-of-the-art'-voorwaarden.

Voor buisleidingen die aan 'state-of-the-art'-voorwaarden voldoen, kan onderstaande faalkansverdeling worden gehanteerd (Tabel 2).

Tabel 2: Faalkansverdeling voor niveau 2-leidingen.

Faaloorzaak	Faalfrequentie [km.jaar ⁻¹]		
	Lek (chemische stoffen) ³	Breuk (brandbare vloeistoffen en chemische stoffen)	Totaal
Beschadiging door derden	2,63E-05	1,77E-05	4,40E-05
Mechanisch	3,86E-05	7,96E-06	4,66E-05
Inwendige corrosie	1,17E-05	1,41E-06	1,31E-05
Uitwendige corrosie	3,52E-05	4,25E-06	3,95E-05
Natuurlijke oorzaken	3,60E-06	2,26E-06	5,86E-06
Operationeel en overigen	4,56E-06	3,40E-06	7,96E-06
Totaal	1,20E-04	3,70E-05	1,57E-04

Voorwaarden voor gebruik van de niveau 2 basisfaalkans

De eerste en meest belangrijke voorwaarde voor het mogen toepassen van niveau 2 is het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, conform artikel 4, lid 1, van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Andere 'state-of-the-art'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 3. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in niveau 1 genoemde bijpassende faalkans te worden gebruikt.

³ Het lekscenario wordt voor buisleidingen met aardolieproducten en andere brandbare vloeistoffen niet meegenomen in de QRA.

Tabel 3: 'state-of-the-art'-voorwaarden voor toepassing niveau 2.

Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, conform artikel 4, lid 1, van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en NEN3650/NTA-8000.
Beschadiging door derden	<ul style="list-style-type: none"> • Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels. • Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding. • Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.
Mechanisch	<ul style="list-style-type: none"> • Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding. • Leidingen aangelegd vanaf 1980: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.
Inwendige corrosie	<p>Corrosie management systeem bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bepaling van product corrosiviteit; • toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit; (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner"); • effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.
Operationeel en overigen	<ul style="list-style-type: none"> • Gespecificeerde werkgebied m.b.t debiet, druk, temperatuur, trip settings. • Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen. • Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren. • Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).

Niveau 3: Faalfrequentie op basis van aanvullende mitigerende maatregelen.

Voor verdergaande faalkansreductie moet de leidingexploitant aanvullende maatregelen implementeren en hierover informatie overleggen aan het bevoegd gezag. De aanvullende maatregelen en bijbehorende reductiefactoren zijn gegeven in tabel 4.

Deze factoren mogen op de faalkansen worden toegepast van de buisleidingen vallend onder de niveaus 1 en 2. Voor de in tabel 4 gegeven reductiefactoren wordt –voor zover het faalscenario niet expliciet is gemeld- geen onderscheid gemaakt tussen kans op 'lek' en kans op 'breuk'. Binnen een categorie faaloorzaak (mechanisch, inwendige corrosie, uitwendige corrosie, natuurlijke oorzaken, operationeel/overigen) kan maar 1 maatregel worden gewaardeerd.

Tabel 4: mitigerende maatregelen en reductiefactoren behorend bij niveau 3

	'Best Practice' risico reducerende maatregelen	Factor
Beschadiging door derden	Binnen het faaloorzaak onderdeel "beschadiging door derden" kunnen de maatregelen in analogie met de rekenmethodiek Bevb module B (aardgas leidingen) worden toegepast. De diepteligging van de leiding kan als volgt worden verdisconteerd: Correctiefactor = $\exp[-2.4*(z1-z0)]$, waarbij: z1 = referentiediepte van 0,84 m z0 = werkelijke diepteligging.	Zie Bevb reken Methodiek module B
	De wanddikte exclusief corrosietoeslag is minimaal 15 mm. De reductie in faalkans voor het scenario breuk wordt toegevoegd aan de faalkans voor het scenario lek. De totale faalkans blijft daardoor gelijk ⁴ .	10 voor breuk
Mechanisch	Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defectanalyse en indien benodigd reparatie. De meetprestatie van de ILI moet voldoen aan de volgende eisen: 1. De kans op detectie van potentieel kritische defecten is minimaal 90%; 2. Detectiegrens materiaalverlies 10% (algemene wanddikte), 15% (pitting) voor Magnetic Flux leakage (MFL) en 1,5 mm voor Ultrasonische Testing (UT); 3. Detectie van defecten van 20 x 20 mm of meer in oppervlakte; 4. ILI moet in staat zijn deuken dieper dan 2% van de interne diameter te identificeren. Het inspectie interval moet gebaseerd zijn op een gedegen en genormeerde risicoanalyse met een fit-for-purpose (FFP) demonstratie. Het maximum ILI-interval bedraagt 10 jaar. Voor het waarden van ILI als maatregel zijn verdere randvoorwaarden ten aanzien van algemene normen en procedures opgesteld. Deze staan aan het eind van de bijlage beschreven.	10
	Het verlagen van de maximaal toegestane operatie druk tot een niveau waarbij de operational stress beneden 30% SMYS (Specified Minimum Yield Stress) komt. Het effect van deze maatregel is dat falen nagenoeg alleen kan optreden door lek en bijna niet door breuk.	10 voor breuk

	De reductie in faalkans voor het scenario breuk wordt toegevoegd aan de faalkans voor het scenario lek. De totale faalkans blijft daardoor gelijk ⁴ .	
Inwendige corrosie	<ul style="list-style-type: none"> • Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding (en vice versa). • Het ontbreken van corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de kwaliteit van het medium dient gemonitord te worden. • Opname onderbouwing "inherent niet-corrosief medium" c.q. "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist. 	Oneindig
	<ul style="list-style-type: none"> • Het te transporteren medium is afdoende niet corrosief gemaakt ten opzichte van het materiaal van de buisleiding, maar voorzorgsmaatregelen en bewaking/beveiligingen zijn noodzakelijk. Deze kunnen mogelijk falen. • De niet-corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de kwaliteit van het medium dient gemonitord te worden. • Opname onderbouwing "afdoende niet-corrosief medium" c.q. "afdoende niet-corrosief buismateriaal" vereist in de rapportage. 	10
	<p>Uitvoeren van een passende high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defect analyse en indien benodigd reparatie. De meetprestatie van de ILI moet voldoen aan de volgende eisen⁵⁾:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. De kans op detectie van potentieel kritische defecten is minimaal 90%; 2. Detectiegrens materiaalverlies 10% (algemene wanddikte) en 15% (pitting) voor Magnetic Flux leakage (MFL) en 1,5 mm voor Ultrasonische Testing (UT); 3. Detectie van defecten van 20 x 20 mm of meer in oppervlakte; 4. Medium is niet corrosief met betrekking tot het materiaal van de buisleiding en er vindt een goede kwaliteitscontrole op het te verpompen medium plaats. <p>Het inspectie interval moet gebaseerd zijn op een gedegen en genormeerde risicoanalyse met een fit-for-purpose (FFP) demonstratie. Het maximum ILI-interval bedraagt 10 jaar. Voor het waarden van ILI als maatregel zijn verdere randvoorwaarden ten aanzien van algemene normen en procedures opgesteld. Deze staan aan het eind van de bijlage beschreven.</p>	10
Uitwendige corrosie	<ul style="list-style-type: none"> • Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving. • Het ontbreken van corrosiviteit dient onderbouwd te worden en de omgeving (verzuring, bacteriën, wortels, grondroeren, interferentie) dient gemonitord te worden. • Opname onderbouwing "inherent niet-corrosief medium" c.q. "inherent niet corrosief buismateriaal" in de rapportage is vereist. 	Oneindig
	<p>Uitvoeren van een high-resolution metal loss In-Line Inspectie (ILI) gecombineerd met gedegen defect analyse en indien benodigd reparatie. De meetprestatie van de ILI moet voldoen aan de volgende eisen⁵⁾:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. De kans op detectie van potentieel kritische defecten is minimaal 90%; 2. Detectiegrens materiaalverlies 20% van de wanddikte voor MFL en 1.5 mm voor UT; 3. Detectie van defecten van 20 x 20 mm of meer in oppervlakte; 	10

⁴ Dit geldt niet voor brandbare vloeistoffen en andere brandbare vloeistoffen, want daar wordt lek niet meegenomen.

	<p>4. ILI moet in staat zijn deuken dieper dan 2% van de Interne Diameter te identificeren.</p> <p>Het inspectie interval moet gebaseerd zijn op een gedegen en genormeerde risicoanalyse met een fit-for-purpose (FFP) demonstratie. Het maximum ILI-interval bedraagt 10 jaar.</p> <p>Voor het waarderen van ILI als maatregel zijn verdere randvoorwaarden ten aanzien van algemene normen en procedures opgesteld. Deze staan aan het eind van de bijlage beschreven.</p>	
Natuurlijke oorzaken	<p><i>Ontoelaatbare</i> zettingen c.q. spanningen kunnen door middel van een evaluatie redelijkerwijs vergaand worden uitgesloten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagaan van de bodemgesteldheid, met inventarisatie van kritische gebieden (b.v. mijnbouw, kunstwerken, veengebieden), • Bij kritische gebieden een beheerste situatie te creëren, bijvoorbeeld meten/berekeningen van spanningen, meten met zet/zakbakens, uitvoeren met rekstrookjes, onderheien, overdimensionering constructief ontwerp, ontbreken van koppelingen en overige appendages, spanningsvrije ligging. <p>Rapportage van de evaluatie dient binnen 1 jaar na het claimen van de reductiefactor beschikbaar te zijn.</p>	10
	<p>Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten. Een onderbouwende rapportage bewijst levert het bewijs van dichte en stabiele ondergrond (bijvoorbeeld zandgronden).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nagaan van de bodemgesteldheid op basis waarvan kritische gebieden kunnen worden uitgesloten (b.v. stabiele klei, zand), • <i>Ontoelaatbare</i> zettingen c.q. spanningen zijn aantoonbaar uitgesloten (b.v. op basis van langjarige casuïstiek). 	100
Operationeel/ overigen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementatie van een overdruk beveiligingssysteem op basis van de van toepassing zijnde Safety Integrity Level (SIL) overeenkomstig IEC 61511 die is afgeleid van een hazard assessment van faalmechanismes inclusief druk/temperatuur relief èn: 2. Implementatie van een testregime van het overdruk beveiligingssysteem en adequate training van de operators op de bediening van het systeem èn: 3. Borging van het niet overschrijden van de <i>operating envelope</i> van de buisleiding. <p>Randvoorwaarden: adequate inbedrijfstelling met waar mogelijk hydrotesten bij ingebruikname en periodiek functioneel testen (onderdeel van SIL).</p> <p>N.b.: hoewel <i>onderdruk</i>beveiliging op zich geen onderdeel uitmaakt van de faalkansbeperking, wordt verwacht dat het SIL-niveau van deze beveiliging overeenkomt met de <i>overdruk</i>beveiliging.</p>	<p>10 (berekende SIL +1)</p> <p>100 (berekende SIL +2)</p>

Randvoorwaarden voor het waarden van In Line Inspectie (ILI)

Algemeen

Welke industriële norm wordt toegepast voor het hanteren van ILI hangt af van diverse afwegingen, zolang deze er a) op gericht zijn om het falen van een buisleiding ten gevolge van bijvoorbeeld inwendige en/of uitwendige corrosie te voorkomen en b) zolang de "Fitness for Purpose" (FFP) c.q. "fit for service" (FFS) wordt bevestigd volgens industriële Integrity Management (IM) principes. De exploitant dient te kunnen laten zien wat men met eventuele geconstateerde gebreken doet en wat de afwegingen zijn die men hierbij hanteert. Relevante features dienen tijdig te worden gerepareerd en rapportage daarvan vastgelegd. Een gedegen effectanalyse volgt dezelfde methodologie als een gedegen risicoanalyse.

Beschikbare normen

Aangesloten dient te worden bij de "Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines, Version 2009" Appendix I (zie beneden) en de bovengrenzen die hierin worden genoemd. Exploitanten die de reductiefactoren voor ILI hanteren moeten over passende procedures beschikken voor het uitvoeringsproces ILI/FFP/FFS/RBI/IM en acceptatiecriteria voor geconstateerde afwijkingen ("features"). Voor ILI wordt daartoe aangesloten bij recente specificaties zoals opgesteld door het POF (Pipeline Operator Forum):

1. Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines: versie 2009,
2. Guidance documents to achieve In-Line-Inspection first run success:
 - Guidance on achieving ILI First Run Success, december 2012,
 - ILI Pipeline Questionnaire, december 2012,
 - ILI Check Lists, december 2012,
 - ILI Data Feedback Form, december 2012,
 - Guidance on Field Verification Procedures for In-Line-Inspection, december 2012,
 - ILI Field Verification Form, december 2012.

Voor de normen voor fitness-for-purpose analyse (FFP) kunnen de volgende codes of richtlijnen als referentie worden gebruikt:

- NEN-3650:2012 hoofdstuk 10. Norm voor transportleidingen,
- NTA-8000. Risicomanagement eisen voor transportleidingen,
- API 579 -1 / ASME FFS-1. Recommended Practices for Fitness for Service,
- API 1160. Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines,
- ASME B31G. Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines,
- ASME 9909A-RPT-001. Pipeline Defect Assessment Manual,
- BS 7910. Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures,
- PD 8010-4:2012. Pipeline systems. Steel pipelines on land and subsea pipelines. Code of practice for integrity management.
- Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects, British Energy Generation, Report R/H/R6, Nuclear Electric.
- SINTAP. Structural INTegrity Assessment Procedures for European Industry.
- DNV-RP-F116. Integrity Management Systems of submarine pipeline systems, 2009.

Specifiek voor de beoordeling van corrosiedefecten m.b.v. ILI zijn onder andere de volgende normen als referentie te gebruiken:

- ASME B31G + Modified B31G. methode voor sterkteberekeningen/ restlevensduurberekeningen),
- RSTRENG. Computer programma voor berekenen van corrosie aan pijpen,
- DNV-RP-F101. Corroded Pipelines · Pipeline Field Joint Coating and Field Repair of Linepipe Coating, 2010.

Voor een transparante werkwijze en waardering van de reductiefactoren is het gewenst dat de sector een complete richtlijn ontwikkelt voor het gehele proces op basis van bestaande normen.

Nota bene: er zijn een aantal "non-piggable leidingen", waarbij uit de aard der zaak ILI niet gebruikt kan worden. Wel zijn er ontwikkelingen om met behulp van bestaande technieken (CIPS/DCVG) en nieuwe analyse- en evaluatietechnieken de integriteitstatus op indirecte wijze vast te kunnen stellen. Bij onderbouwing door de sector kunnen dergelijke beoordelingstechnieken mogelijk voor waardering in aanmerking komen.

RBI - optie

De exploitant moet aantonen dat de integriteit van zijn buisleiding gewaarborgd is. Hij kan daarvoor kiezen voor de RBI (Risk Based Inspection) aanpak. Daartoe moet worden vastgelegd hoe het RBI is ingericht. Wanneer defecten worden geconstateerd, moet een gedegen analyse leiden tot hypothesen over mogelijke oorzaken. De fout/faal-hypothesen moeten gekoppeld worden aan de consequenties voor integriteit en gebruik van de buisleiding (bijv. duur, condities).

Dat bepaalt het inspectieregime en de daaruit voortvloeiende acties (bijv. restricties in het gebruik, meetfrequentie, bewaking kwaliteit van het medium enz.).

Elementen die de basis moeten vormen van een RBI-aanpak:

1. Opstellen prestatie-eisen en criteria, planning en selectie tool,
2. Data verzamelen en integreren: bedoeld om een risicobenadering te faciliteren. Er moet reeds data aanwezig zijn en een evaluatie van een eerste pigrun, en er zijn geen wijzigingen in de operationele bedrijfsvoering of omstandigheden (MoC),
3. Het verdelen van de buisleiding (of het leidingnetwerk) in secties: het leidingsysteem wordt verdeeld in secties waar bedreigingen of gevolgen verschillen van de bedreigingen of gevolgen in andere secties,
4. Identificatie van bedreigingen: de gevaren die kunnen resulteren in een breuk, lekkage of onderbreking van levering zijn geïdentificeerd. Features worden allen geanalyseerd,
5. Risicoanalyse: de kans op falen als gevolg van een bedreiging en de gevolgen van dit falen worden geëvalueerd en vermenigvuldigd en vormen een risico voor elke bedreiging (en sectie).
6. Risicobeoordeling: het berekende risico wordt vergeleken met een geaccepteerd risiconiveau voor een bedreiging/sectie/buisleiding,
7. Mitigatie: er is een plan gemaakt om de risico's te beheersen, gekoppeld aan de relevante bedreigingen. Alle features worden gedocumenteerd.
8. Evaluatie en verbetering: het proces is continu en onderdeel van een verbetercyclus.

Bijlage 2: Achtergrond. Overwegingen bij de besluitvorming.

Aanvullende mitigerende maatregelen Buisleidingen met brandbare vloeistoffen en met chemische stoffen

Toelichting bij de conclusies bij de voorgestelde aanvullende maatregelen

Deze bijlage is bedoeld ter verantwoording van de verwerking van het VELIN-voorstel alsook de wijze van het rekening houden met de RIVM adviezen.

Voor de complete teksten met tabellen met faalcijfers en reductiefactoren zie de originele teksten van het VELIN voorstel en RIVM-advies overeenkomstig de referenties op de laatste pagina.

Deze bijlage is tot stand gekomen door bundeling en verwerking van de aangeleverde informatie. De resulterende concept methodiek voor aanvullende mitigerende maatregelen is te vinden in bijlage 1.

Voorafgaand aan de methodiek: aangaande effectbeperking

RIVM wijst in haar advies er op dat in het VELIN voorstel onderbelicht is gebleven dat er ook mogelijke maatregelen genomen kunnen worden om de uitstroomduur te beperken.

Overweging en besluit: IenM acht het van belang dat voldoende aandacht wordt geschonken aan effectbeperking bijvoorbeeld door tijdig insluiten. Hoewel de handleiding Bevb er in voorziet, dient dit aspect in de handleiding te worden benadrukt.

Totstandkoming van het voorstel

Door IenM is in 2010 aan de VELIN gevraagd het voortouw te nemen voor de identificatie en waardering van mitigerende maatregelen, omdat de sector er belang bij heeft en over de meeste kennis kan beschikken. Voor de uitwerking en besluitvorming zijn daartoe vervolgens studies uitgevoerd voor/door de werkgroep Faalkansen van de VELIN (Vereniging van Leidingsgeenaren in Nederland), met een uitvoerige analyse door PIE Ltd UK. Dit heeft geresulteerd in het voorliggende voorstel.

Het RIVM is door het ministerie van IenM (IenM) gevraagd om advies over het VELIN voorstel. Vervolgens heeft IenM aan VELIN om reactie en aanvullingen verzocht, en daarop in overleg met beide partijen besluiten genomen. Deze besluiten worden hieronder wordt toegelicht.

Deze bijlage richt zich achtereenvolgens op het VELIN voorstel (april 2013), het advies van RIVM (oktober 2013), aanvullende informatie door VELIN (periode mei 2013 - december 2013) en de overwegingen en besluit van IenM als bevoegd gezag voor de buisleidingen volgens het Bevb. De aanvullende set mitigerende maatregelen voor aardolieleidingen wordt hiermee beleidsmatig vastgesteld, en dient integraal te worden verwerkt in de "handleiding rekenmethodiek Bevb".

Effectbeperking

De aanvullende set mitigerende maatregelen richt zich uit de aard der zaak (voorkomingbeleid) op *faalkansbeperking*. *Effectbeperking*, even belangrijk, is een repressieve maatregel en daarom in de set voorkomende maatregelen niet meegenomen. In principe voorziet de handleiding rekenmethodiek Bevb reeds in effectbeperking.

Echter, terecht wijst RIVM er op dat met goede detectie en ingrijpen bij een eventuele lekkage de uitstroomduur en daarmee de plasgrootte en risicocontour aanzienlijk beperkt kan worden.

Besluit: De bestaande rekenmethodiek voorziet weliswaar reeds in de mogelijkheid tot het adequaat in rekening brengen van effectbekering, maar het is –in lijn met het RIVM advies- wenselijk dit aspect beter te benadrukken in zowel de handleiding rekenmethodiek alsook bij (toezicht op) de operationele uitvoeringspraktijk.

De voorgestelde systematiek:

De aanvullende set is overeenkomstig het VELIN voorstel gebaseerd op een benadering in drie niveaus voor de basisfaalfrequentie en aanvullende maatregelen:

- Niveau 1: De algemene basisfaalfrequentie voor niet nader onderzochte buisleidingen overeenkomstig handleiding risicoberekeningen Bevb 1.0,
- Niveau 2: Een lagere algemene basisfaalfrequentie onder generieke technische voorwaarden. Per faaloorzaak worden *stand der techniek* voorwaarden gegeven. Aan deze voorwaarden moet worden voldaan om de lagere algemene basisfaalfrequentie te kunnen gebruiken.
- Niveau 3: Aanvullende specifieke maatregelen.
Deze maatregelen kunnen voor specifieke buisleidingen en specifieke omstandigheden worden toegepast om lokale PR-knelpunten of GR-aandachtspunten te kunnen oplossen. Hierbij worden bijvoorbeeld maatregelen in het ontwerp (bijvoorbeeld een grotere wanddikte) en beheer zoals in-line inspectie (ILI) voorgesteld.

Overwegingen met betrekking tot de voorgestelde systematiek:

RIVM concludeert dat de onderzoeken door VELIN in zijn algemeenheid voldoen aan de eisen van transparantie, verifieerbaarheid, robuustheid en validiteit.

De niveau 1 aanpak is gebaseerd op de faalkansen zoals voorgeschreven door de RIVM handleiding rekenmethodiek van de Bevb/ Revb. De daarin opgenomen maatregelen zijn onvoldoende om in alle gevallen te kunnen voldoen aan het basisveiligheidsniveau.

De voorgestelde niveau 2 en niveau 3 benaderingen met maatregelen die "er toe doen" tot een reductiefactor 40 zijn een *stimulans* voor exploitanten om verdergaande maatregelen te onderzoeken, nemen en te borgen. En daarmee de veiligheid op een hoger niveau te brengen c.q. te waarderen en als zodanig lokaal de externe veiligheid op een hoger niveau te brengen. De maatregelenset dient iets uitgebreider te zijn dan om een keuzemogelijkheid te houden van type en lokaal toepasbare toepasbare maatregelen.

Besluit:

De niveaubenadering is een passende benadering voor buisleidingen met brandbare stoffen, gericht op het nemen van maatregelen "die er toe doen".

Deze benadering kan daarom overeenkomstig ook voor buisleidingen met chemische stoffen worden toegepast.

BASISNIVEAU 1 faalkans

Overwegingen IenM

De Bevb/Revb, met de vastgestelde 'handleiding rekenmethodiek Bevb' is het uitgangspunt en de door de Bevb/Revb bepaalde faalkans voor buisleidingen met brandbare vloeistoffen welke reeds onder de werking vallen van het Bevb (2010). Aan deze berekende faalkansen ligt Nederlandse CONCAWE casuïstiek uit de periode 1971-2004 ten grondslag (memo "analyse faalkans CONCAWE-database", kenmerk 099-08/CeV/Rik/mjd, RIVM, 2008).

Vele buisleidingen dateren uit de periode 1960-1980, waarbij verschillende ontwerpnormen leidend waren (achtereenvolgens PijpleidingCode, NEN1091, NEN3650:1991, API etc.). Latere buisleidingen voldoen aan de normen NEN3650:2003 en NEN3650:2012. De basisfaalkans in relatie tot de norm(en), het gebruik en (informatie over) integriteitstatus is nog niet altijd duidelijk. Voor vele buisleidingen is deze conservatieve benadering passend.

Deze basisfaalkans blijft in de rekenmethodiek van kracht als "niveau 1" ("Tier 1").

Het is een benadering die kan worden toegepast voor het bepalen van de risicocontour van een buisleiding waarbij weinig aanvullende buisleiding karakteristieken voorhanden zijn, of daar waar de risicocontour geen (kwetsbare) bestemming raakt of dreigt te raken.

Aanvullend aan deze basisfaalkans kunnen specifieke niveau-3 maatregelen getroffen worden.

Voor deze buisleidingen wordt door VELIN een breakdown in faaloorzaken vastgesteld (tabel 1 VELIN voorstel). Door RIVM werd echter geadviseerd de door VELIN voorgestelde breakdown in tabel 3 van PIE rapport R0260 niet te 'herschalen' naar de Bevb/Revb basis faalfrequentie, maar te herleiden op basis van CONCAWE.

Overwegingen IenM met betrekking tot basisniveau 1:

De CONCAWE database met incidenten is voor zowel VELIN alsook RIVM de basis. Een onderverdeling in faaloorzaken is noodzakelijk voor de toepassing van niveau-3 maatregelen. Daarmee is tevens ook als gevolg van voortschrijdend inzicht een nieuwe faaloorzaak "natuurlijke oorzaken" bekend geworden.

Besluit: overname van het RIVM voorstel met onderverdeling volgens CONCAWE. Waarbij de verdeling tussen inwendige corrosie en uitwendige corrosie wordt overgenomen van het VELIN voorstel. De faaloorzaak "natuurlijke oorzaken", en de voorgesteld faaloorzaakverdeling waren ten tijde van de introductie van het Bevb niet bekend. Daarom behoeven buisleidingen die reeds onder het Bevb vallen niet met terugwerkende kracht te worden herberekend voor zover er geen knelpunten zijn.

NIVEAU 2 faalkans

VELIN

De Niveau 2 aanpak kan worden toegepast op buisleidingen die aan 'state-of-the-art' voorwaarden voldoen. Het VELIN-voorstel voor niveau 2 voldoet volgens het RIVM advies aan de uitgangspunten en randvoorwaarden van haar RIVM-protocol en constateert dat ten opzichte van de huidige faalcijfers voor de aardolieleidingen en overige buisleidingen een robuustere koppeling met de onderliggende faaloorzaken wordt verkregen.

Tabel: Door VELIN voorgestelde faalfrequenties voor niet-aardgasleidingen

Breukfrequentie km ⁻¹ jaar ⁻¹	Lekfrequentie km ⁻¹ jaar ⁻¹
95-percentiel	95-percentiel
$3,21 \times 10^{-5}$	$1,36 \times 10^{-4}$

RIVM

Het voorstel tot aanpassing van de algemene basisfaalfrequentie op basis van de Europese dataset acht het RIVM voldoende onderbouwd, met een advies om een aantal punten nog te verwerken. In lijn met de gemaakte afspraken ten aanzien van het protocol tussen het ministerie van I&M en RIVM worden zowel de 50- als de 95-percentielwaarde gegeven. RIVM adviseert uit te gaan van de data zoals weergegeven in de onderstaande tabel:

Tabel: Door RIVM voorgestelde faalfrequenties voor niet-aardgasleidingen (NIVEAU 2)

Breukfrequentie km ⁻¹ jaar ⁻¹	Breukfrequentie km ⁻¹ jaar ⁻¹	Lekfrequentie* km ⁻¹ jaar ⁻¹	Lekfrequentie* km ⁻¹ jaar ⁻¹
50-percentiel	95-percentiel	50-percentiel	95-percentiel
$3,0 \times 10^{-5}$	$3,7 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-4}$

Overwegingen IenM met betrekking tot basisniveau 2:

Er blijven –bij onvoldoende van verdergaande maatregelen- een aantal buisleidingen over met bestaande PR-knelpunten en/of bestaande GR-aandachtpunten, alsook nieuw aan te leggen buisleidingen met een PR-contour 10⁻⁶ van 5 meter. Voor deze buisleidingen zijn verdergaande maatregelen noodzakelijk dan momenteel voorhanden in de RIVM handleiding rekenmethodiek Bevb.

Besluit: overname van het VELIN voorstel voor een niveau 2 benadering onder randvoorwaarden na verwerking van de meeste adviezen van RIVM (zie details hierna). Gekozen wordt voor de 95-percentiel waarde, in overeenstemming met het VELIN voorstel, en in lijn met de eerdere Bevb-keuzes voor aardgas en brandbare vloeistoffen. Deze benadering is voor breuken iets conservatiever dan de 50-percentiel waarde, zoals waarvoor wordt geopteerd voor mijnbouwinstallaties. Dit laat mogelijk een iets minder stringente kwantitatieve beoordeling van aanvullende maatregelen in niveau 3 toe.

Bij NIVEAU 2 moet volgens RIVM nog een correctie op de faalkans voor external interference worden toegepast voor de dekking van de buisleiding. Deze bestaat uit de correctiefactor = exp[-2.4*(z1-z0)]. RIVM geeft aan dat de voorgestelde relatie voor de diepteligging-afhankelijkheid voor external interference gebaseerd is op het RRGs. RIVM adviseert bij de exploitanten na te gaan of de relatie klopt.

Beoordeling en besluit: de diepteliggingen zijn door exploitanten zelf aangegeven voor het RRGs, en zijn als zodanig de best beschikbare gegevens. Het beter inbrengen is een langdurige kwestie. Verwacht kan worden dat de informatie in de loop der tijd steeds accurater wordt. Bij verdere toepassing van de maatregel zal mogelijkserwijs op bepaalde locaties de diepteligging ietwat anders zijn. Dit zal zichzelf uitwijzen. Een actie is vooralsnog niet voorzien.

Het RIVM advies om een correctie voor de WION op de diepteligging wordt overgenomen. Met dien verstande dat in tegenstelling tot de methodiek voor aardgastransportleidingen - waar een breukmechanicamodel voorhanden is - een referentiediepte noodzakelijk is voor de berekening. De dekking wordt gekozen op 0,84 meter op basis van een eerder RIVM onderzoek op het RRG in relatie tot CONCAWE-leidingen. N.b.: voor een beperkter contingent buisleidingen met chemische stoffen is destijds in hetzelfde onderzoek een gemiddelde dekking van 0,97 m berekend¹. Echter, er is geen directe relatie met de CONCAWE database. De waarde van 0,84 meter dekking boven de buisleiding komt overeen met de NEN3650:2003 standaard.

RIVM concludeert dat VELIN de voorgestelde basisfaalkansen voor niveau 2 mede ontleent aan een recente herziening van het CONCAWE incidentenrapport. RIVM wijst er daarbij op CONCAWE voor het eerst een aparte faaloorzaak "natuurlijke oorzaken" zoals verzakking vermeldt. Het VELIN voorstel heeft deze faaloorzaak niet overgenomen. Door op voorhand "natural causes" uit te sluiten of eventueel in een andere categorie onder te brengen, resteert hiervoor slechts de categorie "operational/other".

RIVM pleit er daarom voor dezelfde onderverdeling te hanteren als in de gebruikte CONCAWE database met twee CONCAWE faaloorzaken operational/other en natural, om waardering op elke aparte faaloorzaak mogelijk te maken.

Beoordeling en besluit: Het aspect *natural* (zettingen, landverschuivingen, verzakkingen, overstromingen) is een nieuw aspect dat tot heden niet eerder door de branche of RIVM is opgebracht, en daarom in de handleiding rekenmethodiek voor aardgas en brandbare vloeistoffen nog niet verwerkt.

Dit voortschrijdend inzicht is voor niveau 1 (bestaande Bevb methodiek) en reeds vastgestelde contouren daarom nu niet opportuun.

Wel wordt verder het advies van RIVM in principe overgenomen voor niveau 2 omdat het een aspect is dat zich kan voordoen. Natuurlijke oorzaken kunnen zich voordoen bij bijvoorbeeld verzakkingen in veengebieden, zettingen bij overgangen naar rigide kunstwerken, in mijnbouwgebieden, recent bij een dijkval en bij overstromingen.

Omdat voordien geen onderzoek is verricht naar de (kwantificering van) mitigerende maatregelen voor de categorie "natural causes" is in overleg met VELIN daarom pragmatisch invulling gegeven aan dit type maatregelen.

Ook voor aardgastransportleidingen is er geen aparte categorie natuurlijke oorzaken in de rekenmethodiek. Impliciet werd destijds geacht eventuele bijdrage van "natural" oorzaken onder controle te hebben. Met het nieuwe inzicht dienen dergelijke mogelijke probleemgebieden ook voor aardgastransportleidingen wel te worden geïdentificeerd en kwalitatief (niet in de QRA) passende mitigerende maatregelen te worden genomen op basis van *best practice*.

Bij de beoordeling door RIVM zijn twee restpunten naar voren gekomen, waarvoor RIVM adviseert om ze nader te onderzoeken op de middellange termijn:

- Het is niet zeker of ook ruimtelijk gezien de volledige CONCAWE database representatief is voor de faaloorzaak *external interference* voor de Nederlandse situatie. Hoewel statistisch gezien er geen significant verschil kan worden aangetoond tussen de Nederlandse en Europese dataset voor de faaloorzaak *external interference*, stellen we voor dit aspect nader te onderzoeken. De verwachte maximale toename van de faalfrequentie bedraagt 35%.
- Het kan niet worden uitgesloten dat er een extra scenario tussen het huidige lek- en breukscenario moet worden geïntroduceerd.

Beoordeling en besluit:

Het is niet zeker dat Nederland op het gebied van external interference slechter presteerde dan de andere landen in Europa; er is ook geen statistische significantie aangetoond. Het invoeren van een extra scenario voor brandbare vloeistoffen vergt geheel nieuwe berekeningen voor alle reeds onder

¹ Invloed van de diepteligging en wanddikte op de faalfrequentie van voor leidingen met aardolieproducten en overige leidingen, 165/11 CEV VII/sij-3063, RIVM, 26-06-2011.

de werking vallende buisleidingen met brandbare vloeistoffen, met de daarbij voortvloeiende administratieve lasten, en onzekerheid voor exploitanten en in de ruimtelijke ordening. Deze 2 punten kunnen niet nu worden ingebracht, maar kunnen bij de 5-jaarlijkse beleidsevaluatie in 2016 worden meegewogen. In lijn met het RIVM advies kan de representativiteit van de volledige CONCAWE database in het traject van de evaluatie van de WION worden meegenomen.

De voorgestelde herijking door RIVM van de faalmechanismen bijdragen volgens de CONCAWE database wordt overgenomen. Echter, deze geeft geen onderverdeling voor inwendige corrosie en uitwendige corrosie, belangrijk voor de maatregelen. Uit pragmatische overweging is gekozen voor de een onderverdeling volgens het VELIN voorstel.

Voorwaarden voor gebruik van de Niveau 2 basisfaalkans

De eerste en meest belangrijke voorwaarde voor het mogen toepassen van niveau 2 is het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, conform artikel 4, lid 1, van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb).

Andere 'State-of-the-art' voorwaarden voor de verschillende faalmechanismen zijn gegeven in Tabel 3. Indien aan één van de 'state-of-the-art' voorwaarden voor een specifiek faalmechanisme niet wordt voldaan kan voor dit faalmechanisme de in niveau 1 genoemde faalkans voor dat mechanisme-onderdeel worden gebruikt.

Overwegingen en besluit: de prestaties voor buisleidingen zijn in ontwikkeling. Per 1 januari 2011 is de Bevb van kracht geworden. NEN-3650 als norm voor transportleidingen is in 2012 herzien. NTA8000 (RMS voor transportleidingen) wordt momenteel herzien. Deze recente (Nederlandse) aanscherpingen zijn nog niet geheel in de casuïstiek zichtbaar, noch is duidelijk of reeds alle buisleidingen hieraan (kunnen) voldoen. Daarmee is met het voldoen aan onderstaande aanvullende randvoorwaarden, en waarvan toepassing geborgd in het RMS, sprake van een extra inspanning dan vereist in het Bevb (niveau 1 basisfaalkans).

Het positief advies van RIVM om deze faalfrequentie toe te passen wordt overgenomen.

Opmerking: door de toevoeging van "natuurlijke oorzaken", is door VELIN ten opzichte van haar oorspronkelijke voorstel een 'State-of-the-art' randvoorwaarde toegevoegd voor deze nieuwe toegepaste faaloorzaak.

Niveau 3: aanvullende mitigerende maatregelen

Voor nog verdergaande faalkansreductie dient de leidingexploitant aanvullend onderzoek te verrichten, maatregelen te implementeren en daaromtrent aanvullende informatie te overleggen. Hiervoor is door VELIN een voorstel gedaan voor niveau 3 maatregelen.

Voorname­lijk uit statistisch oogpunt kan RIVM een aantal door VELIN voorgestelde reductiefactoren van maatregelen in niveau 3 niet ondersteunen. De wel door RIVM gewaar­deerde reductiefactoren zijn slechts gebaseerd op aanpassing van faalkansen (casuïstiek) in het verleden.

Daarmee zou het nemen van maatregelen die er toe doen niet kunnen worden gehonoreerd, terwijl VELIN daar wel concrete voorstellen voor doet.

Dit levert een beleidsmatig ongewenst dilemma op: er is weinig statistiek voor de kwantitatieve beoordeling van maatregelen die nieuw/verbeterd en goed zijn, en zouden op die basis dreigen te worden afgewezen.

Volgens nageleverd onderzoek door VELIN (november 2013) is voor het oplossen van bestaande knelpunten tot een geschatte reductiefactor van 20 noodzakelijk. Voor nieuw aan te leggen buisleidingen wordt een factor van dezelfde orde grootte ingeschat, mogelijk tot een iets hogere factor gezien de beperkte PR 10-6 afstand van 5 meter.

Op basis van het volledig volgen van alle RIVM adviezen zou de maximale reductiefactor ten opzichte van de nu in de Handleiding Risicoberekeningen Bevb voorgeschreven faalfrequenties slechts ongeveer een factor 8 bedragen.

Dit is onvoldoende om de knelpunten rond de buisleidingen met aardolieproducten op te lossen en aanleg van nieuwe buisleidingen met de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar op de buisleiding mogelijk te maken.

Vele buisleidingen dateren uit de periode 1960-1980, waarbij verschillende ontwerp­normen leidend waren (achtereenvolgens PijpleidingCode, NEN1091, NEN3650:1991, API etc.). Latere buisleidingen voldoen aan de normen NEN3650:2003 en NEN3650:2012.

Daarmee is een continue verbetering mogelijk, hetgeen in de casuïstiek voorschrijdend tot uitdrukking wordt gebracht (neergaande trend van de faalkans in tijd).

Echter, ook het VELIN voorstel is gebaseerd op langdurige CONCAWE casuïstiek voor buisleidingen in Europa (1981-2010). De voortschrijdende verbetering is daarmee (slechts) gedeeltelijk verwerkt in het basisfaalkanscijfer, en geeft niet geheel de stand der techniek weer anno 2014.

Een voorbeeld hiervan is Inline inspections (ILI): al in gebruik sinds de jaren '90, maar steeds verder ontwikkeld zowel qua techniek (type tools), als dataverzameling (kleinere computers, grotere harde schijven, grotere resoluties) alsook standaards/procedures voor analyse en interventie.

In het Verenigd Koninkrijk worden maatregelen zoals ILI in de QRA gewaar­deerd, en ook in Vlaanderen is men in die richting werkend. Voor Nederland geldt dat het belangrijk is op gelijk niveau te blijven met de (stimulering van de) stand der techniek in de ons omliggende landen. Voor een schets van ontwikkelingen wordt verwezen naar een aantal beschikbare "papers", zie referenties hierna.

Besluit: Verdergaan dan alleen overname van het RIVM advies aangaande honorering van (slechts) statistische verbeteringen, maar daarnaast ook de door VELIN vrijwillig voorgestelde maatregelen die er toe doen te stimuleren, beleidsmatig te waarderen en met randvoorwaarden te borgen en overeenkomstig in de rekenmethodiek Bevb te integreren. Een aantal detailadviezen van RIVM kan daarbij worden opgevolgd na extra informatie en door extra randvoorwaarden / beperkingen. Bij de beleidsmatige evaluatie van het Bevb en de daarbij behorende rekenmethodiek zal de ervaringen met deze maatregelen door experts worden geëvalueerd.

De niveau 3 maatregelen in detail

VELIN stelt voor een verdergaande risicomitigatie te bereiken door gebruik te maken van 'best practice' maatregelen en de bijbehorende reductiefactor(en) voor het betreffende faalmechanisme. Deze factoren kunnen volgens VELIN zowel op de Niveau 1 als op de Niveau 2 faalkansen worden toegepast. Voor de reductiefactoren wordt geen onderscheid gemaakt tussen kans op 'lek' en kans op 'breuk'.

Een aanvullende risicoreducerende maatregel voor de faalmechanismen Mechanisch, Inwendige corrosie en Uitwendige corrosie is het verlagen van de maximaal toegestane operatie druk tot een niveau waarbij de operational stress beneden 30% SMYS (Specified Minimum Yield Stress) komt. Het effect van deze maatregel is dat falen enkel kan optreden middels lek en niet middels breuk²⁾. De totale faalkans blijft volgens VELIN hetzelfde, echter deze wordt geheel toebedeeld aan de lekfaalkans waarbij de breukfaalkans verwaarloosbaar wordt. Dit is een conservatieve aanname.

RIVM adviseert positief dat de constructiefactor van invloed is op de kans van falen, maar dat of een nadere onderbouwing noodzakelijk is of dat geyopteerd kan worden voor een ondergrens in de faalfrequentie. Dit advies wordt voor het laatste punt overgenomen.

RIVM wijst er daarbij op dat het om een relatief groot aantal buisleidingen kan gaan.

IenM heeft daarom VELIN om een aanvullende onderbouwing / informatie gevraagd. Hiervoor is het volgende door VELIN toegeleverd voor de 30% SMYS regel voor een generieke faalkansreductie (p. 372 Pipeline Defect Assessment Manual):

PIPELINE DEFECT ASSESSMENT MANUAL LEAK AND RUPTURE PREDICTING THE FAILURE BEHAVIOUR OF A PART-WALL DEFECT

35.10 THE 30 PERCENT SMYS RULE

1. The length of a defect that will fail as a rupture increases as the stress decreases. This implies that a rupture is less likely in a lower stressed pipeline. This principle has been called the '30 percent SMYS rule'. This rule states that a rupture is very unlikely in a pipeline operating at a hoop stress of 30 percent SMYS or less. It does not imply that a rupture is impossible.
2. The 30 percent SMYS rule is empirical. It is based on an approximate lower bound to the full scale test data for longitudinal, flat-bottomed, part-wall defects (machined notches) conducted by Battelle and British Gas (see Figure 35.3). The 30 percent SMYS rule is also based on the assumption that there is a low probability of a defect of the length required to cause a rupture at this low stress level being present in a pipeline. The 30 percent SMYS assumes flow stress dependent behaviour.
3. Consequently, a method for reducing the probability of a rupture is to reduce the hoop stress to 30 percent SMYS.
4. The 30 percent SMYS rule has been adopted in the gas transmission design code IGE/TD1¹¹⁾.

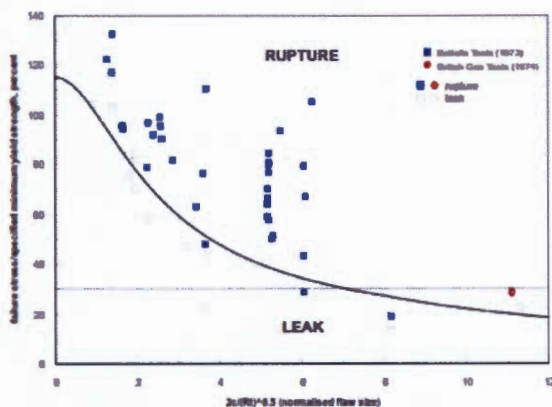


Figure 35.3 – Experimental background to the 30 percent SMYS rule

De faalkans afname wordt volgens VELIN o.a. verder door onderstaande figuur gedemonstreerd (Final Report on Criteria for Reinspection Intervals for Low-Stress Steel Pipelines, American aardgas Association, January 8 2002, Kiefner and Associates fig. 3):

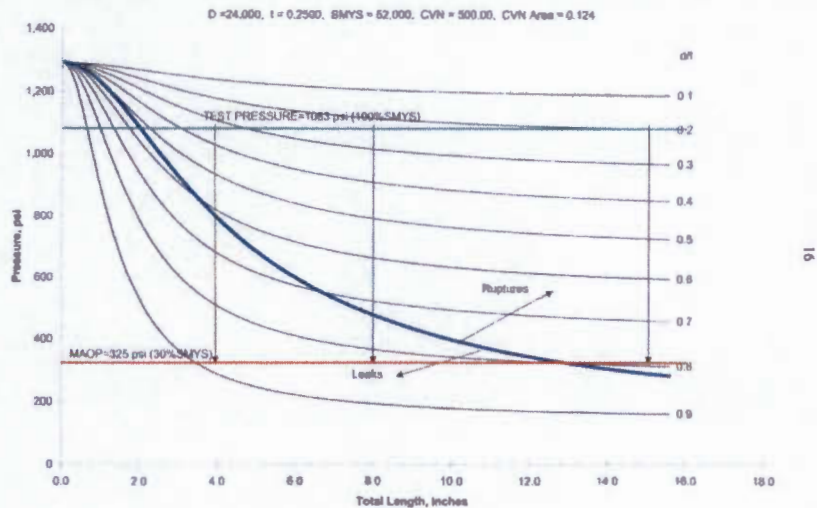


Figure 3. Example Used to Calculate Times to Failure for a Low-Stress Pipeline

Deze figuur uit de betreffende referentie toont volgens VELIN een voorbeeld hoe de kans op falen door breuk sterk afneemt bij afnemende druk waarbij "length" (X-as) de lente van het defect is. Er zijn diverse faalcurves aangegeven als functie van de druk (Y-as) en lengte van het defect (X-as) bij verschillende defect dieptes (d) (aangegeven als verhouding t.o.v. de wanddikte t (d/t)). De blauwe lijn geeft de scheiding aan tussen falen als gevolg van breuk en lek. De voorgestelde risico reducerende maatregel (reductiefactor oneindig) is volgens VELIN op basis hiervan goed te verdedigen.

Verder wordt de faalkans door *External Interference* door VELIN verwaarloosbaar geacht voor pijpleidingen met een wanddikte van 15 mm of meer, overeenkomstig het PIE rapport p. 42 (EGIG statistiek).³⁾

Overwegingen IenM: Een drukverlaging werkt hetzelfde als een ontwerpdruk verhoging. Buisleidingen worden (bij mijnbouwproductie) bij het leeg raken van het veld onder lagere druk geopereerd. Buisleidingen met een kleine diameter (LPG, etheen, EO etc.) hebben vaak een lage constructiefactor uit mechanische overwegingen. Hierdoor kan een buisleiding die bedreven wordt op 10 tot 40 bar een ontwerpdruk van circa 100 bar hebben.

Het is van belang een op deze wijze gecreëerde veiligheidsfactor (overmaakt aan wanddikte, ook voor corrosietoeslag) positief te kunnen waarderen.

Echter, Pipeline Defect Assessment Manual geeft aan "This rule states that a rupture is very unlikely in a pipeline operating at a hoop stress of 30 percent SMYS or less. *It does not imply that a rupture is impossible.*" Hieruit volgt dat breuk niet volledig is uit te sluiten bij een operationele druk < 30% SMYS; de kans op een breuk neemt aanzienlijk af als gevolg van deze maatregel. Een breukmechanicamodel zoals wordt toegepast bij aardgastransportleidingen lijkt echter op korte termijn niet implementeerbaar.

Besluit: Een reductiefactor wordt toegekend voor external interference bij een wanddikte exclusief corrosietoeslag van minimaal 15 mm is redelijk bij gebrek aan het gebruik van een goed breukmechanicamodel en doorponsberekingsmodel. EGIG casuïstiek ondersteunt de observatie, zoals dat ook is toegepast bij de specificatie van de minimum wanddikte bij de herziening van de NEN3650 in 2012.

Ook een (beperkte dan door VELIN geopperde) reductiefactor voor breuken bij maximaal 30% SMYS is te honoreren onder beperkende voorwaarden. Zonder verdere onderbouwende berekeningen- wordt de reductie beperkt tot een factor 10, waarbij de faalkans voor lekkage overeenkomstig wordt verhoogd (totale faalkans blijft hetzelfde).

De maatregel wordt tevens beperkt tot de categorie mechanische faaloorzaak, omdat die er voor zorgt er voor dat het buismateriaal ver onder de vloeigrens blijft en daardoor de buis niet breekt.

De maatregel kan niet worden gewaardeerd voor de faaloorzaak corrosie omdat die alleen opgaat voor een integere, niet sterk gecorrodeerde buiswand.

Opmerking: bij aanlevering van een gedegen onderzoek kan mogelijk de factor aangepast worden.

Volgens *VELIN* voorstel kan de faalkans door corrosie verwaarloosbaar worden geacht wanneer afdoende corrosiebestendige staallegeringen zijn toegepast als buisleidingmateriaal.

RIVM adviseert positief omtrent het uitsluiten van de faaloorzaak corrosie (in- en extern) indien afdoende corrosiebestendige staallegeringen zijn toegepast.

Het *RIVM* adviseert tevens het 'gebruik niet-corrosief medium' voor de faaloorzaak *interne corrosie* als een factor in de basisfaalfrequentie mee te nemen, en de definitie van een niet-corrosief medium nader te laten uitwerken.

Overwegingen IenM: Definities van "afdoende corrosiebestendige staallegering" en "niet-corrosief medium" zijn lastig vast te stellen en te gebruiken bij toezicht en handhaving. Daarnaast zijn er verschillende type corrosie en invloeden (inwendig t.o.v. product en t.o.v. onreinheden, uitwendig t.o.v. grondtype en AC/DC beïnvloedingen) en typen corrosie (stress corrosie, bacteriën, MIC, galvanische corrosie). Er bestaan buisleidingen van duplex en super duplex materiaal.

Besluit: gedeeltelijke honorering van het *VELIN* voorstel, met overname van het *RIVM* advies.

Als het buismateriaal (inwendig) en/of de te transporteren stof *inherent* geheel niet corrosief is, en dit kan worden aangetoond, kan een reductiefactor oneindig worden toegepast overeenkomstig *VELIN* voorstel. De definitie van "niet-corrosief medium" moet in de verantwoording voor de berekening worden ten genoegen van het bevoegd gezag worden verantwoord. In het geval er bewakings- en voorzorgsmaatregelen nodig zijn ter voorkoming van enige vorm van corrosie welke mogelijkzoudens zouden kunnen falen, dan is de factor maximaal 10.

Een verantwoording van "afdoende niet-corrosief medium" moet worden uitgewerkt en toegevoegd aan de rapportage bij de berekeningen.

Het falen van een buisleiding ten gevolge van een natuurlijke oorzaak, kan zich voordoen bij bijvoorbeeld veengebieden, overgangen bij rigide kunstwerken, mijnbouwgebieden en dijken. De nieuwe categorie is ontleend aan recente Europese *CONCAWE* casuïstiek, en is voor Nederland nog niet (vergaand) onderzocht, met uitzondering recent van aardbevingsgevoelige gebieden. Daarom is voornamelijk in overleg met partijen pragmatisch invulling gegeven aan dit aspect.

Details In Line Inspectie (ILI)

Het *VELIN* voorstel gaat uit van gebruikmaking van tools en procedures voor inspectie van de buiswanden, welke continue verbeterd worden.

RIVM stelt dat 10-20% van de buisleidingen reeds jaarlijks met behulp van ILI worden geïnspecteerd. Met een voorgesteld inspectie interval van 5-20 jaar betekent dit dat alle buisleidingen reeds worden geïnspecteerd, en dus geen maatregel zou zijn.

Daarnaast adviseert *RIVM* het voorstel voor wat betreft de randvoorwaarden bij deze maatregel te expliciteren. In het voorstel staat onder meer dat er een gedegen defect analyse moet worden uitgevoerd. Echter hieraan worden geen randvoorwaarden gesteld, zodat de maatregel moeilijk handhaafbaar en te controleren is. Minimaal moet worden opgenomen dat de analyse op basis van een vastgestelde en beschreven richtlijn/norm wordt uitgevoerd. Bovenstaande geldt ook voor het uitvoeren van een gedegen Risk Based Inspection (RBI).

Het *RIVM* stelt verder dat de voorgestelde detectiecriteria voldoen aan de eisen van stand der techniek en beschrijven de huidige in Nederland toegepaste praktijk. Zo wordt voor MFL-tools een detectielimiet van 20% van de wanddikte voorgesteld. Het door het Pipeline Operators Forum opgestelde standaarddocument², geeft echter een standaard detectielimiet van 5%. Op basis van het Protocol kan een maatregel pas worden gewaardeerd als de maatregel aanvullend op stand der techniek is.

VELIN is hierop door IenM om een reactie gevraagd. De *VELIN* stelt:

- Het inspectie interval hoort 5- 20 jaar te zijn gebaseerd op risico m.a.w. de bevindingen en een gedegen analyse daarvan (zie bijv. onder RBI). Dat is hier het kernpunt. Het gaat hier dus niet om eens in de zoveel tijd inspecteren en eventueel repareren maar ook om de analyse van de resultaten en de gevolgen van de bevindingen. Het *VELIN* voorstel behelst de aanwezigheid van een methodiek voor het vaststellen van de frequentie en regime voor analyse van resultaten en indien nodig reparatie. De trend zal zich in de toekomst naar lagere faalfrequenties gaan. Wat dan nu "best practices zijn" wordt dan "state of the art" of zelfs "basic", maar dan ook met de daarbij lagere faalfrequenties in die tijd.

- De voorgestelde reductiefactor 10 is onderbouwd door de analyse van de trends in fig. 10 van R260, en wordt aangesloten bij de British Standard (BSI, Code of Practice for Pipelines Part 3: Steel pipelines.....supplement to PD 8010-1:2004 versie 2008), B6 "Pipeline failure frequency due to corrosion":

Review of UKOPA data confirms that the incidence of internal corrosion in MAHPs in the UK to date is low. The likelihood of occurrence of internal corrosion depends upon the fluid transported, and needs to be assessed on a pipeline specific basis, and the failure frequency needs to be assessed taking into account corrosion control procedures and use and frequency of in-line inspection.

procedures have been used. Based on analysis of UKOPA pipeline fault and failure data [35], for pipelines of wall thickness up to 15 mm commissioned after 1980 and with corrosion control procedures applied, the corrosion failure frequency rate can be assumed to reduce by a factor of 10. For pipelines of any age with wall thicknesses greater than 15 mm and with corrosion control procedures in place, the corrosion failure frequency can be assumed to be negligible. The UKOPA data indicates that corrosion failures occur as leaks, and that no ruptures have been recorded to date in the UK.

- Elke tool heeft zijn eigen mogelijk- en onmogelijkheden. Ook in de API standard 1160 staat ook een hele opsomming van mogelijkheden en onmogelijkheden van de diverse inspectie technieken (p24). Er zit in de technieken beweging, echter gaat het om het detecteren van zaken die wel van materieel belang zijn. De voorgestelde 20% materiaalverlies als ondergrens is adequaat. Het gaat er namelijk ook om hoe de 20% materiaal verlies moet interpreteren. De API geeft o.a. op pag 22 de volgende definitie:

² Pipeline Operators Forum. Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines. Version 2009.

This tool reports likely corrosion anomalies as light, moderate, or severe based on estimated depth of the anomaly, e.g., light being 10% to 30% of wall thickness, moderate 30% to 50%, and severe being over 50%.

20% wordt dus gezien als een lichte vorm van corrosie. Als lichte vormen van corrosie kunnen worden gedetecteerd, dan is dat voldoende zijn om tijdig te kunnen ingrijpen c.q. verdere ontwikkelingen te kunnen monitoren. Dat is waar het om gaat, en niet zo zeer een harde ondergrens.

Defect analyse koppelen aan een norm ach VELIN niet zinvol.

Waar het om gaat is of het geconstateerde effect de integriteit van de buisleiding aantast of kan gaan aantasten. Dat is ook wat de buisleiding eigenaar moet kunnen laten zien. Het gaat dus om een gedegen analyse conform bijv. het in de eerder genoemde API 1160 standaard genoemde High Impact Identification methode.

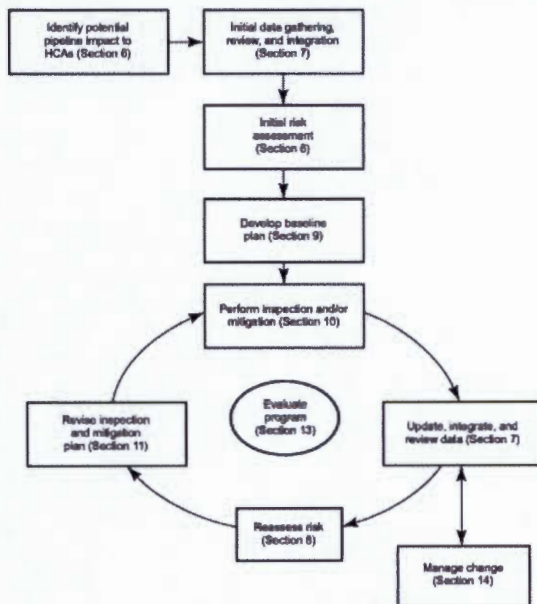


Figure 5-1—Framework for an Integrity Management Program

Maar er zijn ook andere richtlijnen en afspraken zoals de NTA 8000. Daarin is het volgende opgenomen t.a.v. defectbeoordeling, zonder referentie naar specifieke normen:

4.4.6.9 Beschadigingen aan het buisleidingsysteem

Geconstateerde beschadigingen aan het buisleidingsysteem moeten worden onderzocht en beoordeeld en het buisleidingsysteem moet worden getoetst op bedrijfsgeschiktheid ("fit for purpose"), waarbij rekentechnisch moet worden aangetoond dat de te verwachten optredende spanningen ter plaatse van de beschadiging(en) toelaatbaar zijn, respectievelijk grenswaarden niet worden overschreden, dan wel wordt vastgesteld op welke wijze de beschadiging moet worden hersteld.

Bij dreigende, mogelijke aantasting van de integriteit van het buisleidingsysteem moet de eerste verklaring door de geaccrediteerde deskundige worden herzien of opnieuw bekrachtigd alvorens het buisleidingsysteem weer in bedrijf te stellen.

In de NEN 3650-2:2012 (pagina 56) staat hierover:

Voor inspectie- en monitoringsmethoden moeten procedures worden vastgesteld waarbij de toetsingscriteria, eventuele frequenties, benodigde middelen en vakdeskundigheid van de desbetreffende inspecteur of onderzoeker zijn beschreven. Tevens moet er een kwaliteitsborging ('plan-do-check-act') binnen de uitvoering van inspectie- en monitoringsmethoden zijn gedefinieerd.

Na het verkrijgen van inspectie- en monitoringsresultaten moet een risicobeoordeling worden uitgevoerd om te bepalen of er correctieve maatregelen (onderhoud, herstel of modificatie) nodig zijn. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een risicomatrix, kwalitatieve of kwantitatieve risicoanalysemethoden.

Wanneer er sprake is van interne en/of externe corrosie moeten, zo nodig op basis van de opgetreden of te verwachten defecten, controleberekeningen volgens 10.2 worden gemaakt, om de invloed van het defect op de levensduur van de leiding bepalen.

Welke norm precies wordt toegepast hangt volgens VELIN af van afwegingen die elke operator voor zich moet maken, zolang deze erop gericht zijn om het falen van een buisleiding ten gevolge van bijv. inwendige en/of uitwendige corrosie te voorkomen. Hiermee wenst VELIN niet een bepaalde norm voor te schrijven. Het gaat er om dat men kan laten zien wat men met eventuele geconstateerde gebreken doet en wat de afwegingen zijn die men hierbij hanteert. Een gedegen effect analyse volgt eigenlijk dezelfde methodologie als een gedegen risico analyse.

Een gedegen analyse ingeval van RBI van bijv. gevonden inspectie resultaten zoals bijv. defecten moet leiden tot hypothesen over mogelijke oorzaken. Dat bepaalt het inspectie regime c.q. acties (bijv. restricties in het gebruik, meetfrequentie, bewaking kwaliteit van het medium enz.) Die fout/faal-hypothesen moeten gekoppeld worden aan de consequenties voor integriteit en gebruik van de buisleiding (bijv. duur, condities). Of een exploitant hiervan delen of het geheel uitbesteedt maakt eigenlijk niet uit. Hij is en blijft verantwoordelijk en zal dus ook moeten aantonen dat de integriteit van zijn buisleiding gewaarborgd is en hij zal dus ook moeten uitleggen hoe zijn RBI is ingericht. Voor installaties is dat niet anders. Voor zover bekend bestaat er geen internationaal geaccepteerde RBI-methodiek ontwikkeld voor (onshore) buisleidingen. RBI-methodieken zijn in het algemeen ontwikkeld voor een breed scala aan apparatuur/installaties (veelal inclusief leidingwerk, maar exclusief buisleidingen). De API "Recommended Practice on Risk Based Inspection API RP 580" noemt buisleidingen niet (niet in de tabel "Equipment covered" en niet in de tabel "Equipment not covered"). In een publicatie door R. Palmer Jones et al (a new approach to risk based pipeline integrity management, IPC06-10535) worden wel een aantal elementen genoemd die de basis zouden moeten vormen van een RBI-aanpak:

- Data verzamelen en integreren: om een risicobenadering te faciliteren.
 - Identificatie van bedreigingen: de gevaren die kunnen resulteren in een breuk, lekkage of onderbreking van levering zijn geïdentificeerd.
 - Identificatie van consequenties: de gevolgen van een breuk, lekkage of onderbreking van levering zijn geëvalueerd.
 - Het verdelen van de buisleiding (of het leidingnetwerk) in secties: het leidingsysteem wordt verdeeld in secties waar bedreigingen of gevolgen verschillen van de bedreigingen of gevolgen in andere secties.
 - Risico-analyse: de kans op falen als gevolg van een bedreiging en de gevolgen van dit falen worden geëvalueerd en vermenigvuldigd en vormen een risico voor elke bedreiging (en sectie).
 - Risicobeoordeling: het berekende risico wordt vergeleken met een geaccepteerd risiconiveau voor een bedreiging/sectie/buisleiding.
 - Mitigatie: er is een plan gemaakt om de risico's te beheersen, gekoppeld aan de relevante bedreigingen.
 - Evaluatie en verbetering: het proces is continu en onderdeel van een verbetercyclus
- Volgens VELIN is dit een goede samenvatting van een "gedegen RBI-proces", los van het feit of een exploitant alle hieronder genoemde activiteiten zelf uitvoert of alles uit besteedt. Volgens VELIN biedt e.e.a. voldoende aanknopingspunten voor een controle c.q. handhaving.

Overweging en besluit: De aanvullende VELIN voorstellen geven voldoende basis voor invulling. De door VELIN voorgestelde reductiefactor van 10 voor ILI wordt gehonoreerd overeenkomstig de in het Verenigd Koninkrijk opgestelde norm BS PD 8010-1. De adviezen van RIVM worden hierbij zover mogelijk overgenomen.

De maatregel heeft zich in het verleden ook bij de aardgasleidingen als aanvullende maatregel reeds bewezen: na het van kracht worden van het Bevb zijn aanvullende ILI-activiteiten op het HTL leidingnet van Gasunie opgenomen.

Ten opzichte van het oorspronkelijke voorstel zijn met VELIN op basis van het RIVM advies stringenter randvoorwaarden overeengekomen:

- * Verdergaand dan de door VELIN voorgestelde 20%: detectiegrens materiaalverlies 10% (algemene corrosie) en 15% (pitting) van de wanddikte voor Magnetic Flux leakage (MFL) en 1,5 mm voor Ultrasonic Testing (UT).
- * Stringenter dan de door VELIN voorgestelde 5%: ILI moet in staat zijn deuken dieper dan 2% van de interne diameter te identificeren.
- * Aangaande het door VELIN voorgestelde maximum interval van 20 jaar is deze voor de toekenning van de reductiefactor voornamelijk beperkt tot 10 jaar, waarbij er data aanwezig moet zijn en een evaluatie van een eerste pigrun, en er geen wijzigingen in de bedrijfsvoering, omstandigheden zijn (MoC). Dit is in lijn met de praktijk in het Verenigd Koninkrijk.

- * Aansluiten bij de "Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines, Version 2009" Appendix I (zie beneden) en de bovengrenzen die hierin worden genoemd. Dit zijn tevens de "eisen" die de VELIN leden in het algemeen stellen aan hun pigging contractors. Exploitanten die de reductiefactoren hanteren dienen over een procedure/standaard/richtlijn te beschikken van hun ILI/FFP/RBI/ acceptatiecriteria/documentatie omgaan features te beschikken.

Voor ILI wordt aangesloten bij recente specificaties zoals opgesteld door het POF (Pipeline Operator Forum):

- Specifications and requirements for intelligent pig inspection of pipelines: Version 2009
- Guidance documents to achieve In-Line-Inspection first run success:
 1. Guidance on achieving ILI First Run Success, December 2012 ILI Pipeline Questionnaire, December 2012
 2. ILI Check Lists, December 2012
 3. ILI Data Feedback Form, December 2012
 4. Guidance on Field Verification Procedures for In-Line-Inspection – December 2012
 5. ILI Field Verification Form – December 2012

Voor de normen voor fitness-for-purpose analyse (FFP) kunnen de volgende codes of richtlijnen als referentie worden gebruikt:

- NEN-3650:2012 hoofdstuk 10 (transportleidingen)
- NTA-8000 (RMS voor transportleidingen)
- API 579 -1/ASME FFS-1 (Recommended Practice for Fitness for Service)
- API 1160- Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines
- ASME B31G
- BS 7910 (Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures)
- R5, R6 (uit de NEN3650:2012)
- SINTAP (Fitness Structural INTEgrity Assessment Procedures for European Industry)
- DNV-RP-F116 (Integrity Management Systems of submarine pipeline systems, 2009)
- PD 8010-4:2012 Pipeline systems. Steel pipelines on land and subsea pipelines. Code of practice for integrity management.

Specifiek voor de beoordeling van corrosie defecten zijn o.a. de volgende normen voorhanden:

- ASME B31G + Modified B31G (methode voor sterkteberekeningen/ restlevensduurberekeningen),
- RSTRENG (computer programma voor berekenen van corrosie aan pijpen,
- DNV-RP-F101 (Corroded Pipelines · Pipeline Field Joint Coating and Field Repair of Linepipe Coating), 2010.

Overweging en besluit:

Hiermee is in principe een voldoende normenkader geschapen voor uitvoering, toezicht en handhaving.

Gezien de hoeveelheid van beschikbare industrierichtlijnen zou het voor de uitvoeringspraktijk wenselijk zijn dat er een eenduidige beoordelingsvolgorde / samenvatting door de sector wordt opgesteld op basis van de in Nederlands beoogde uitvoeringspraktijk. VELIN wordt verzocht ten behoeve van een goede uitvoering van de reductiefactoren hier het voortouw te nemen.

Nota bene: er zijn een aantal "non-piggable leidingen", waarbij door bestaande beperkingen de ILI techniek niet kan worden toegepast. Wel zijn er ontwikkelingen om met behulp van bestaande technieken (CIPS/DCVG en nieuwe analyse- en evaluatietechnieken indirect de integriteitstatus vast te kunnen stellen. Bij voldoende onderbouwing kan wellicht dergelijke technieken overeenkomstig worden gewaardeerd voor een aantal reductiefactoren.

Other/Operational

VELIN stelt voor om bij drukbewaking als maatregel te erkennen.

Bij inherent safe design conform VELIN voorstel zou op dit punt een factor oneindig denkbaar zijn (d.w.z. de buisleiding kan nooit op een hogere druk dan de ontwerpdruk komen).

RIVM stelt dat een overdruk beveiliging een standaard voorziening is, en in het huidige faalcijfer is opgenomen. RIVM adviseert om voor opname als aanvullende maatregel een minimum, extra, SIL-niveau te hanteren, dat aanvullend is op de huidige praktijk.

Overwegingen en besluit: De categorie "other/operational" bevat meer dan alleen de parameter overdruk. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld een "hottap" of vibraties door cyclisch bedrijven. Deze factoren zijn geborgd in het RMS. Een factor "oneindig" is om die reden zonder aanvullende gegevens onhaalbaar.

Het RIVM advies op het punt van overdruk wordt overgenomen. Waar het om gaat is dat verdergaand wordt geborgd dat een systeem ook werkt en wordt gecontroleerd, naar analogie van beveiligingssystemen in inrichtingen.

Na aanvullend overleg op basis van dit advies wordt door *VELIN* voorgesteld: SIL 1 geen reductie factor, SIL 2 factor 10 en SIL 3 factor 100.

Voor buisleidingen is op voorhand het SIL-niveau niet vastgelegd. Gekozen wordt daarom voor instrumentele en mechanische buisleiding beveiligingen: Berekend SIL-niveau: geen reductie factor, 1 SIL niveau extra: reductiefactor 10, 2 SIL-niveaus extra: reductiefactor 100. N.b. veelal zal dit opleveren: SIL 2 factor 10 en SIL 3 factor 100.

Nota bene: Wanneer verschillende maatregelen doorwerken op dezelfde faaloorzaak zal in de praktijk de totale reductiefactor lager zijn dan de som der delen, op een wijze als aangegeven in de rekenmethodiek Bevb. Echter, doordat de onderlinge afhankelijkheden niet bekend zijn, is voorsnag slechts 1 maatregel per faaloorzaak categorie toegekend.

Overige RIVM adviezen

Om het VELIN voorstel volledig in lijn te brengen met het protocol aanpassing rekenmethodieken³ en de beleidsuitgangspunten adviseert RIVM de volgende wijzigingen in het VELIN-voorstel door te voeren:

1. In de lekfrequentie geen bijdrage van de categorieën *no-hole* en *pinhole* mee te nemen. Deze scenario's worden niet EV-relevant geacht.
2. Incidenten als gevolg van de faaloorzaak *external interference – intentional* niet mee te nemen in de analyse. Dit omdat moedwillige incidenten niet binnen het EV-beleid worden meegenomen.
3. De inventarisatieperiode niet te beperken tot de periode 1981-2010 maar uit te gaan van de periode 1971 -2010. Op deze wijze blijft de koppeling tussen de faalfrequentie en de verdeling van faaloorzaken in stand.
4. De verwerking van de WION in de faalcijfers en de afleiding van breuk- en lekfrequentie vanuit de totale faalfrequentie te baseren op de door RIVM voorgestelde toelichting op deze punten in het protocol³.

Overweging en besluit: overname van deze RIVM adviezen. Het effect van deze voorgestelde wijzigingen is verwerkt in de tabellen.

RIVM adviseert de consequenties van de toepassing van de mitigerende maatregelen in beeld te brengen omdat het lokaal ook tot verhogingen zou kunnen leiden.

Overweging en besluit: Mitigerende maatregelen worden door de exploitant zelf op zijn keuze toegepast. Uit de aard der zaak (maatregelen) zullen de consequenties voor het risico overwegend positief zijn. Ook al omdat de niveau-2 basisfaalkans een factor 4 lager is dan de huidige Bevb-faalkans. Daarnaast is bij aardgas een dergelijk onderzoek ook niet nodig geweest. Gezien de positieve verwachting van maatregelen wordt besloten geen aanvullend consequentieonderzoek uit te voeren.

Tot Slot

Door RIVM is in 2011 een onderzoek verricht naar de verdeling van faaloorzaken van buisleidingen voor stoffen anders dan aardgas en brandbare vloeistoffen (RIVM Rapport 620550003/2011). Deze bevindingen zijn in lijn met het VELIN-voorstel.

Het is de verwachting dat door stimulering en waardering van de mitigerende maatregelen na invoering verdere verbetering optreedt van de uitvoeringspraktijk.
Het wordt aanbevolen het effect van de maatregelen over 5 jaar te evalueren.

³ DORA. Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid. RIVM rapport 620550009/2012, DORA 11-04. 2012 met aanvullend memo "Verdeling faalfrequenties over modelscenario's".

Referenties

1. VELIN Voorstel 'Tier' aanpak faalkansen en aanvullende risico mitigerende maatregelen voor niet-aardgasleidingen, VELIN, nr 341 versie 3 d.d. 24-04-2013,
2. Bijlage bij VELIN voorstel: PIE rapport R0249 (versie 9.0),
3. Bijlage bij VELIN voorstel: PIE rapport R0260 (versie 3.0),
4. Specifications and requirements for intelligent pig inspections of pipelines', version 2009, Pipeline Operators Forum,
5. Pipeline Defect Assessment Manual 9909A-RPT-001, hoofdstuk 35,
6. High Resolution Ultrasonic In-Line Inspection: Added Value and Special Applications, A. Barbian et al, 6th Pipeline Technology Conference 2011,
7. Report to the National Transportation Safety Board on Historical and Future Development of Advanced In-Line Inspection Platforms for Use in Gas Transmission Pipelines. Interstate Natural Gas Association of America. March 23, 2012,
8. Response to NTSB Recommendation: Historical and Future Development of Advanced In-line Inspection (ILI) Platforms for Natural Gas Transmission Pipelines, Interstate Natural Gas Association of America, April 2012,
9. Invloed van de diepteligging en wanddikte op de faalfrequentie van voor leidingen met aardolieproducten en overige leidingen, brief met kenmerk 165/11 CEV VII/sij-3063, RIVM, 26-06-2011,
10. Beoordeling VELIN voorstel maatregelen niet-aardgasleidingen, brief met kenmerk 20130290 VLH Lah/mst, RIVM, 29-10-2013.