



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

Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid

Module V – Buisleidingen
Versie juli 2025

Colofon

© RIVM 2025

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
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Helpdesk Omgevingsveiligheid
omgevingsveiligheid@rivm.nl

Inhoudsopgave

Module V, deel 1: Hogedruk aardgasleidingen 10

1 Inleiding 11

1.1 Leeswijzer 11

2 Kaders 12

2.1 Leidingtypen 12

2.1.1 Drooggasleidingen 12

2.1.2 Natgasleidingen 12

2.1.3 Hoogcalorisch gas 13

2.1.4 Zuurgasleidingen 13

3 Modelparameters 14

3.1 Inleiding 14

3.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage 14

3.3 Uitstroomscenario's 14

3.4 Gebeurtenissenbomen 14

3.5 Modelleren van de scenario's 15

3.6 Rapportagespecifieke parameters 15

3.6.1 Voorgescreven parameters 15

3.6.2 Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten 16

3.6.3 Meteorologisch weerstation en parameters 16

3.6.4 Invloed windturbines 17

3.6.5 Ruwheidslengte van de omgeving 17

3.7 Projectspectifieke parameters 17

3.7.1 Interessesgebied 17

3.7.2 Kenmerken leidingenbestand 17

3.7.3 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden 19

3.7.4 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie 22

4 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren 23

4.1 Modelparameters (Hoofdstuk 3) 23

4.1.1 Extra gronddekking 23

4.1.2 Cluster 1 23

4.1.3 Cluster 2 23

4.1.4 Cluster 3 24

4.1.5 Cluster 4 25

4.1.6 Cluster 5 25

Module V, deel 2: Buisleidingen met aardolieproducten 27

5 Inleiding 28

5.1 Leeswijzer 28

6 Kaders 29

6.1 Leidingtypen 29

7 Modelparameters 30

7.1	Inleiding	30
7.2	Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage	30
7.3	Rapportagespecifieke parameters	30
7.3.1	Positie van de uitstroming	30
7.3.2	Uitstroombesonderheden	30
7.3.3	Faalfrequenties	31
7.3.4	Modellering van de scenario's	32
7.3.5	Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten	33
7.3.6	Ruwheidslengte van de omgeving	33
7.3.7	Meteorologische weerstation en parameters	33
7.3.8	Voorbeeldstoffen	33
7.3.9	Invloed windturbines	34

8 Risicoreducerende voorzieningen 35

8.1	Inleiding	35
8.2	Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden	35
8.3	Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden	36
8.3.1	Cluster 1 – Actief rappel	36
8.3.2	Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal	37
8.3.3	Cluster 3 – Beheervoorzieningen	37
8.3.4	Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld	37
8.3.5	Cluster 5 – Overige voorzieningen	37
8.3.6	Cluster 6 - Extra gronddekking	38
8.3.7	Cluster 7 - Wanddikte	38
8.4	Risicoreducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken	38
8.4.1	Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie	38
8.4.2	Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie	38

9 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren 39

9.1	Randvoorwaarden voor leidingen die aan 'stand der techniek' voldoen	39
9.2	Randvoorwaarden 'graafschade door derden'	40
9.2.1	Cluster 1	40
9.2.2	Cluster 2	40
9.2.3	Cluster 3	40
9.2.4	Cluster 4	41
9.2.5	Cluster 5	42
9.2.6	Cluster 6	43
9.3	Randvoorwaarden 'Inwendige corrosie – corrosiviteit medium'	43
9.4	Randvoorwaarden 'Uitwendige corrosie – corrosiviteit buis-materiaal'	43

Module V, deel 3: Chemicaliënleidingen 44

10 Inleiding 45

10.1	Leeswijzer	45
------	------------	----

11 Kaders 46

11.1	Stoffen	46
------	---------	----

12 Rekenmethode 48

12.1	Uitstroombesonderheden	48
12.2	Faalfrequenties	48

12.3	Modellering van de scenario's	49
12.4	Gebeurtenissenbomen	51
12.5	Modellering gassen	52
12.6	Modellering tot vloeistof verdichte gassen	52
12.6.1	Brandbare, niet toxische stoffen	52
12.6.2	Etheen	52
12.6.3	Etheenoxide	52
12.6.4	Dense phase koolstofdioxide	52
12.7	Modellering vloeistoffen	53
12.7.1	Brandbare vloeistof	53
12.7.2	Etheenoxide	54
12.7.3	Formaldehyde	54
13	Modelparameters	55
13.1	Inleiding	55
13.2	Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage	55
13.3	Rapportagespecifieke parameters	55
13.3.1	Standaard te gebruiken instellingen	55
13.3.2	Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten	55
13.3.3	Tijdsafhankelijke uitstroming	56
13.3.4	Meteorologisch weerstation en parameters	56
13.3.5	Invloed windturbines	56
13.4	Stofspecifieke parameters	56
13.4.1	Probitrelaties toxische stoffen	56
14	Risicoreducerende voorzieningen	57
14.1	Inleiding	57
14.2	Buisleidingen die voldoen aan stand-der-techniek-voorwaarden	57
14.3	Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden	58
14.3.1	Cluster 1 – Actief rappel	58
14.3.2	Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal	59
14.3.3	Cluster 3 – Beheervoorzieningen	59
14.3.4	Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld	59
14.3.5	Cluster 5 – Overige voorzieningen	59
14.3.6	Cluster 6 – Extra gronddekking	60
14.3.7	Cluster 7 - Wanddikte	60
14.4	Risicoreducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken	60
14.4.1	Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie	60
14.4.2	Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie	60
15	Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren	61
15.1	Randvoorwaarden voor leidingen die aan 'stand der techniek' voldoen	61
15.2	Randvoorwaarden 'graafschade door derden'	62
15.2.1	Cluster 1	62
15.2.2	Cluster 2	62
15.2.3	Cluster 3	62
15.2.4	Cluster 4	63
15.2.5	Cluster 5	64
15.2.6	Cluster 6	65
15.3	Randvoorwaarden 'Inwendige corrosie – corrosiviteit medium'	65
15.4	Randvoorwaarden 'Uitwendige corrosie – corrosiviteit buis-materiaal'	65

**16 Bijlage Randvoorwaarden gebruik faalfrequentie en modellering
chemicaliënleidingen dense phase koolstofdioxide 66**

Module V, deel 4: Waterstofleidingen 67

17 Inleiding 68

17.1 Leeswijzer 68

18 Rekenmethode 69

18.1 Stof 69

18.2 Uitstroomscenario's 69

18.3 Faalfrequentie 69

18.3.1 Diepteligging 69

18.3.2 Exploitant specifieke reductiefactor 70

18.3.3 Externe corrosie 70

18.4 Kenmerken leidingenbestand 70

18.5 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden
71

18.5.1 Cluster 1 – Regelgeving en casuïstiek 72

18.5.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal 73

18.5.3 Cluster 3 – Beheervoorzieningen 73

18.5.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld 73

18.5.5 Cluster 5 – Overige voorzieningen 74

18.5.6 Cluster 6 - Extra gronddekking 74

18.6 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie
75

18.7 Modellering van de scenario's 75

18.8 Gebeurtenissenbomen 75

19 Modelparameters 76

19.1 Inleiding 76

19.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage 76

19.3 Rapportagespecifieke parameters 76

19.3.1 Voorgeschreven parameters 76

19.3.2 Uitstroommodellering 77

19.3.3 Drukverlies ten gevolge van afsluiters en bochten 77

19.3.4 Modellering waterstof 78

19.3.5 Diepteligging en grondsoort 78

19.3.6 Tijdsafhankelijke uitstroming 78

19.3.7 Meteorologisch weerstation en parameters 78

19.3.8 Invloed windturbines 78

19.3.9 Ruwheidslengte van de omgeving 78

20 Bijlage randvoorwaarden reductiefactoren 79

20.1 Modelparameters (Hoofdstuk 19) 79

20.1.1 Extra gronddekking 79

20.1.2 Cluster 1 79

20.1.3 Cluster 2 79

20.1.4 Cluster 3 80

20.1.5 Cluster 4 81

20.1.6 Cluster 5 81

**21 Bijlage randvoorwaarden gebruik faalfrequentie aardgasleidingen voor
waterstof 83**

**22 Bijlage faalfrequenties aardgasleidingen ten behoeve van module V,
deel 4: Waterstofleidingen 85**

Inleiding

Deze module bevat rekenvoorschriften voor het opstellen van risico- en effectberekeningen voor milieubelastende activiteiten, onderdeel D.2.: Buisleiding met gevaarlijke stoffen, uit Bijlage VII van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl).

De voorschriften leggen de minimale eisen vast voor de berekeningen van het plaatsgebonden risico en aandachtsgebieden (groepsrisico), die aansluiten bij de reële en (in het omgevingsplan of de vergunning) geborgde situatie. De invoer en de berekeningen zijn waar mogelijk gestandaardiseerd, en zijn naast de motivaties en uitvoer beschikbaar voor de afweging in het participatieproces.

De rekenvoorschriften gaan ervan uit dat een activiteit altijd conform de actuele beste beschikbare technieken wordt verricht. Daarnaast bieden de rekenmethoden op enkele plekken keuzemogelijkheden en moet de opsteller van de risicoanalyse soms uitgangspunten kiezen als de rekenmethode voor een specifieke situatie onvolledig is. Het is aan te bevelen keuzes en onderbouwingen af te stemmen met het bevoegd gezag en te rapporteren in de risicoanalyse. In de rapportage moet inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre de keuzes invloed hebben op de resultaten van de berekeningen.

In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden, probitrelaties en rekenmodellen.

Deze module bestaat uit 4 delen waarin de rekenvoorschriften voor diverse typen ondergrondse buisleidingen zijn opgenomen. In deel 1 zijn de rekenvoorschriften voor hogedruk aardgasleidingen beschreven. In deel 2 zijn de voorschriften voor buisleidingen met aardolieproducten opgenomen. In deel 3 zijn de voorschriften voor chemicaliënleidingen en in deel 4 zijn de voorschriften voor waterstofleidingen beschreven.

In de toelichting op het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid is aanvullende informatie te vinden.



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

Module V, deel 1: Hogedruk aardgasleidingen

1 Inleiding

In dit deel wordt voor het transport van aardgas onder hoge druk door ondergrondse buisleidingen beschreven op welke wijze een risicoberekening moet worden uitgevoerd. Hiervoor wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt.

1.1 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de verschillende leidingtypen beschreven. Hoofdstuk 3 gaat dieper in op de parameters benodigd voor de berekening. In paragraaf 3.6 staat welke parameters terugkomen in de rapportage. In paragraaf 3.7 wordt verder ingegaan op de projectspecifieke parameters. Daarnaast worden in paragraaf 3.7.3 voorzieningen genoemd die gebruikt kunnen worden voor het reduceren van het risico bij bestaande leidingen. Voor het gebruik van deze voorzieningen gelden randvoorwaarden welke in Hoofdstuk 4 worden gegeven.

2 Kaders

2.1 Leidingtypen

Met het rekenpakket Safeti-NL kunnen risicoberekeningen worden uitgevoerd voor ondergrondse hogedruk aardgasleidingen. Het aardgas moet kunnen worden gekwalificeerd als één van de hieronder genoemde gassen: drooggas, natgas, hoog calorisch gas, en zuurgas (tot 4,3 vol-% H₂S). Wanneer dat niet het geval is, kunnen de risico's van de betreffende leidingen mogelijk niet worden bepaald met dit deel van module V.

2.1.1 Drooggasleidingen

Drooggasleidingen bevatten behandeld aardgas. Drooggas wil zeggen dat er bij -20 °C onder atmosferische druk geen vloeistoffractie meer afscheidt van het gas en de calorische onderwaarde ten hoogste 36,4 MJ/m³ bedraagt.

2.1.2 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 [1].

Voor het uitvoeren van risicoberekeningen voor leidingen met natgas met een CGR groter dan 80 moet specifiek worden onderzocht of de methode beschreven in deel 1 hiervoor geschikt is. Als dit niet het geval blijkt, moet de berekeningen, afhankelijk van de eigenschappen van het natgas, worden uitgevoerd volgens deel 2 van deze Module: Buisleidingen met aardolieproducten of deel 3 van deze Module Buisleidingen met chemicaliën.

Voor drooggasleidingen wordt in de risicoberekening rekening gehouden met de faaloorzaken "beschadiging door derden" en "corrosie". Voor natgasleidingen is daarnaast de bijdrage "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 voorzieningen 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 Aardolie Maatschappij BV heeft dit voor haar leidingen inmiddels aangetoond [2, 3].

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

2.1.3 *Hoogcalorisch gas*

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

2.1.4 *Zuurgasleidingen*

Zuurgasleidingen bevatten naast aardgas ook waterstofsulfide (H_2S). Om te bepalen of voor zuurgasleidingen ook een giftige component in de risicoberekeningen moet worden beschouwd, moet het percentage H_2S bekend zijn. Indien het getransporteerde gas meer dan 12 vol-% H_2S bevat moeten ook de giftige eigenschappen worden beschouwd.

3 Modelparameters

3.1 Inleiding

Een risicoberekening met Safeti-NL sluit aan bij de vastgestelde rekenmethodiek [1, 4]. Bij de uitvoering van de berekeningen moet een aantal keuzes worden gemaakt en een aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Deze parameters zijn van belang in de risicoberekeningen. Er wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

Categorie 1: Algemene parameters die de leidingexploitant en de gebruiker niet kunnen wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening voor ondergrondse buisleidingen. Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald, staat beschreven in paragraaf 3.6.4 en in module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.

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 3.7.

3.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

3.3 Uitstroombomen

De gebeurtenissenbomen in Safeti-NL hangen af van de gekozen milieubelastende activiteit. Kies voor de berekening in Safeti-NL voor hogedruk aardgasleidingen als nieuwe 'workspace': pipeline – natural gas. Gebruik het scenario 'Route for imported pipeline' voor het importeren van leidingenbestanden. Selecteer bij het importeren de juiste operator en invoerwaarden. De toevoer van aardgas aan de buisleiding dient te worden meegenomen in de berekening door deze in te vullen bij 'Pumped inflow'. Bij een ringleiding wordt gekozen voor een pumped inflow van 0 kg/s, hiermee wordt drukval in de leiding niet meegenomen, dit is een conservatieve aanname.

Voor ondergrondse hogedruk aardgasleidingen wordt ten minste het volgende scenario meegenomen [4], zie Tabel 3.1.

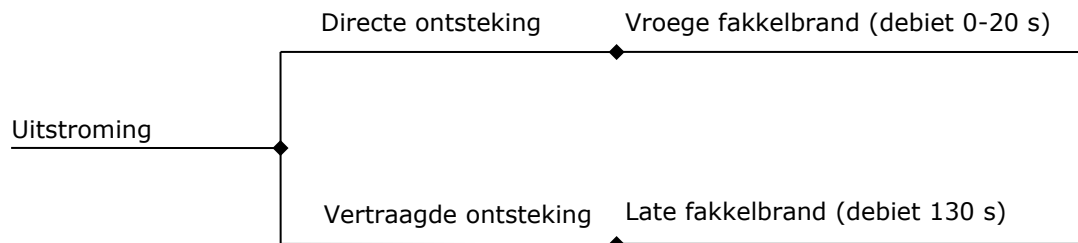
Tabel 3.1 Scenario hogedruk aardgasleidingen.

Scenario
Breuk van de buisleiding

3.4 Gebeurtenissenbomen

Voor de ontstekingskans moet gebruik worden gemaakt van het model 'High pressure natural gas' bij 'Activity ignition probabilities'.

Het moment van ontsteking bepaalt het uitstroomdebiet, dit is schematisch weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Gebeurtenissenboom voor hogedruk aardgasleidingen.

Het uitstroomdebiet bij directe ontsteking wordt berekend door het gemiddelde debiet te nemen gedurende de eerste 20 seconden na de breuk. Het uitstroomdebiet bij vertraagde ontsteking is het debiet 130 seconden na de breuk. In beide gevallen wordt alleen het scenario fakkelbrand (jet fire) meegenomen.

3.5 Modelling van de scenario's

Voor berekeningen moet gebruik worden gemaakt van de standaard modellering in Safeti-NL zoals gegeven in Tabel 3.2. In paragrafen 3.6 en 3.7 wordt ingegaan op de verschillende parameters en keuze mogelijkheden van dit scenario.

Tabel 3.2 Scenario's en modellering hogedruk aardgasleidingen in Safeti-NL.

Scenario	Safeti-NL
Leidingbreuk	Route for imported pipeline

3.6 Rapportagespecifieke parameters

3.6.1 Voorgeschreven parameters

In Tabel 3.3 wordt een overzicht gegeven van de standaard te gebruiken instellingen voor diverse rapportagespecifieke parameters. In de paragrafen hierna volgt voor enkele parameters een korte beschrijving van de parameter en de in te vullen waarde.

De parameters benoemd in Tabel 3.3 kunnen weliswaar door een gebruiker worden aangepast, maar de gegeven instellingen worden in deze methodiek voorgeschreven.

Tabel 3.3 Diverse parameterinstellingen Safeti-NL hogedruk aardgasleidingen.

Parameter	Safeti-NL-instelling
Materiaal	H-gas
Temperatuur	9,8 °C
Druk	Zie paragraaf 3.7.2
Failure frequency specified	Per supplied length
Failure frequency	Zoals automatisch bepaald tijdens importeren leiding
Supplied length	1000 m
Kans scenario	1 voor breuk
Ontstekingskans	Zie paragraaf 3.4
Entire pipeline length	64000 m
Distance to break	32000 m
Elevation	0,01 m
Pipe internal diameter	Interne diameter van de buisleiding
Pipe roughness	0,045 mm
Pipeline surrounding	Buried
Depth of soil cover	1,5 m
Relatieve gatgrootte bij breuk	1 voor breuk
Scheurpropagatie	Standaard 12 m

Opmerkingen:

- De default waarde voor de parameter 'event spacing method' in het long pipeline model wordt automatisch gegenereerd. Als er geen nette contour gegenereerd wordt, moet gekozen worden voor 'user defined' met een geschikte waarde voor de 'event spacing'. De 'spacing of events' moet in dat geval zodanig klein gekozen worden dat een representatieve risicocontour ontstaat.
- Bij het weergeven van het risico dient maximaal 10 km leiding per keer te worden gebruikt. Voor grotere gebieden worden de risicocontouren onnauwkeurig.
- Voor aardgas wordt gerekend met het kratermodel. De juiste ondergrond van de buisleiding moet worden geselecteerd.
- De 'outdoor release direction' is verticaal, deze wordt automatisch ingevuld wanneer in Long pipeline de optie 'Buried' is geselecteerd.
- De relatieve gatgrootte ('*rel. aperture*') voor breuk is gelijk aan 1. De corresponderende gatgrootte is dan $\sqrt{2}$ x de leidingdiameter i.v.m. de uitstroming van twee kanten.

3.6.2 *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.

3.6.3 *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 3.4.

Tabel 3.4 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	

Aangenomen wordt dat de temperatuur van de te transporteren stof gelijk is aan de gemiddelde jaartemperatuur van de bodem, te weten 9,8 °C.

3.6.4 *Invloed windturbines*

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. De methode om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in module IV van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale effectafstand van de windturbine bevindt.

3.6.5 *Ruwheidslengte van de omgeving*

De ruwheidslengte is niet van invloed op de effecten en risico's van een fakkel. Een standaard waarde van 0,1 m kan gebruikt worden.

3.7 **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.

3.7.1 *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. Voor het aanvragen van een leidingenbestand bij een leidingexploitant dient een tekstbestand te worden aangeleverd met daarin de vier rijksdriehoekcoördinaten die het gebied begrenzen.

Het tekstbestand bestaat uit 4 rijen met coördinaten uit het rijksdriehoekcoördinatenstelsel die het interessegebied begrenzen. De X en Y coördinaat worden gescheiden door een puntkomma teken.

3.7.2 *Kenmerken leidingenbestand*

In een leidingenbestand is informatie over een leiding opgenomen. Een leidingenbestand kan in Safeti-NL worden ingeladen waardoor de leiding niet handmatig hoeft te worden ingevoerd.

Het leidingenbestand is opgebouwd uit rijen waarin de relevante leidingkenmerken zijn opgenomen. Deze kenmerken met hun bijbehorende toegestane waarden zijn gegeven in Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Opbouw leidingenbestand hogedruk aardgasleidingen.

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 voorziening uit cluster 2		20 – 29
Nummer van voorziening uit cluster 3		30 – 39
Nummer van voorziening uit cluster 4		40 – 49
Nummer van voorziening uit cluster 5		50 – 59

Opmerkingen:

- Als decimaalteken wordt in het leidingenbestand een punt (.) gebruikt, als scheidingsteken tussen de kolommen met kenmerken moeten komma's 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:

$$S_{i+1} = S_i + \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (3.1)$$

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

- Het PR van een leiding met in de tijd afnemende druk wordt 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).;
 - 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 voorziening '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 4.1). Deze voorziening 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 berekeningen wordt 0,05 meter als minimum en 2,0 meter als maximum gehanteerd, ongeacht eventuele

afwijkende waarden in het leidingenbestand. De diepteligging die in de berekening wordt gebruikt, is een combinatie van de diepteligging en de extra diepteligging die als voorziening kan worden opgenomen, waarbij bovenstaande maximum wordt gehanteerd.

- 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.
- 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 bestand. Het bestand bevat tevens een specificatie van het interessegebied. Het bestand wordt gebruikt als invoer voor het rekenpakket.

Het is van belang dat de leiding in kaart wordt gebracht. Hierbij moet aandacht besteed worden aan de specifieke ligging van het tracé (x- en y-coördinaten) en de parametrisering van de leiding per coördinaat (diameter, druk, wanddikte, staal soort, dekking, etc.).

De benodigde (x,y)-coördinaten van een leiding worden door de leidingexploitant aangeleverd. Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met de variërende locatiespecifieke leidingkenmerken over een leiding. Wanneer er een verandering optreedt in diameter, druk, wanddikte, staal soort 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 voorzieningen 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 opvolgende coördinaten niet geïnterpoleerd.

3.7.3 *Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden*

Voor nieuwe leidingen mag het risico van de leiding alleen worden gebaseerd op de parameters diameter, druk, wanddikte, rekgrens, diepteligging en Charpy energie. De invloed van eventueel toegepaste voorzieningen uit cluster 2, 3, 4 en 5 mogen niet in de berekeningen worden verdisconteerd.

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

De voorzieningen zijn onderverdeeld in clusters. Voor cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster. Reden hiervoor is dat er sprake kan zijn van een onderlinge afhankelijkheid². Sommige voorzieningen uit verschillende clusters kunnen niet met elkaar gecombineerd worden:

- 'Overeenkomst vergaande restricties' uit cluster 3 mag niet gecombineerd worden met 'barrière op maaiveld' uit cluster 4 of 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5'.
- 'Overeenkomst, graven/boren verboden' uit cluster 3 mag niet worden gecombineerd met 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5.
- De hoogte van een 'dijklichaam' uit cluster 4 mag niet ook nog als extra gronddekking worden meegeteld.

3.7.3.1 Cluster 1 – Regelgeving en casuïstiek

De voorzieningen in cluster 1 betreffen de grondroerdersregeling (A), de reductie in de basisfaalfrequentie op basis van casuïstiek (B) en actief rappel (C). De grondroerdersregeling betreft de wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken (WIBON) en geeft een factor 0,4 [5]. De totale factor voor een leidingexploitant op basis van mitigerende voorzieningen uit cluster 1 is het product van A, B en C.

Bij het aanmaken van het leidingenbestand moet de juiste exploitant gekozen worden. In Tabel 3.6 worden per leidingexploitant de waarden weergegeven. De waarden uit de tabel zijn opgenomen in Safeti-NL vanaf versie 9.2.

Tabel 3.6 Overzicht van exploitantspecifieke factoren voor verschillende leidingexploitanten voor hogedruk aardgasleidingen.

Exploitant	Cluster 1B Casuïstiek	Cluster 1C Actief rappel	Voorziening en corrosie
Alliander	1,000	1,000	1,000
BBL Company VOF	0,357	0,833	0,000
DELTA Netwerkbedrijf 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
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV – ONEGas	1,000	0,833	0,000
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
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 Zo kan bijvoorbeeld de voorziening 'vergaande restricties' ook het verbieden van graven en boren inhouden.

3.7.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

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

- 20. geen
- 21. waarschuwingslint
- 22. beschermplaten
- 23. waarschuwingslint + beschermplaten
- 27. waarschuwingslint + beschermplaten | voorgesteld
- 28. beschermplaten | voorgesteld
- 29. waarschuwingslint | voorgesteld

3.7.3.3 Cluster 3 – Beheervoorzieningen

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

- 30. geen
- 31. overeenkomst, vergaande restricties
- 32. overeenkomst, graven/boren verboden
- 33. overeenkomst, beperkte restricties
- 37. overeenkomst, beperkte restricties | voorgesteld
- 38. overeenkomst, grondroeren verboden | voorgesteld
- 39. overeenkomst, vergaande restricties | voorgesteld

3.7.3.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd. Een 'barrière op het maaiveld' (43) mag niet worden toegepast indien al sprake is van 'overeenkomst vergaande restricties' (31). De hoogte van het dijklichaam mag niet als extra gronddekking worden verdisconteerd.

- 40. geen
- 41. hekwerk
- 42. dijklichaam
- 43. barrière op het maaiveld
- 47. barrière op het maaiveld | voorgesteld
- 48. dijklichaam | voorgesteld
- 49. hekwerk | voorgesteld

3.7.3.5 Cluster 5 – Overige voorzieningen

De risicoreducerende voorzieningen in cluster 5 betreffen voorzieningen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd. De factoren voor de voorziening in cluster 5 zijn afhankelijk van de parameterwaarden voor A en C, zoals benoemd in cluster 1. Deze afhankelijkheid wordt in Safeti-NL automatisch meegenomen. Het toepassen van 'strikte begeleiding werkzaamheden' (51) is niet toegestaan in het geval van overeenkomst vergaande restricties (31) en overeenkomst graven/boren verboden (32).

- 50. geen
- 51. strikte begeleiding werkzaamheden
- 52. cameratoezicht
- 58. cameratoezicht | voorgesteld
- 59. strikte begeleiding werkzaamheden | voorgesteld

3.7.4 *Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie*

De standaard faalfrequenties voor corrosie worden gecorrigeerd gegeven de leidingexploitant.

Wanneer er specifieke risicoreducerende voorzieningen genomen worden qua onderhoud en inspectie en door de exploitant kan worden aangetoond dat er geen externe corrosie plaatsvindt, hoeft de bijdrage van corrosie niet meegenomen te worden in de berekeningen. Dit kan bijvoorbeeld door coatinginspecties 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.

4 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

4.1 Modelparameters (Hoofdstuk 3)

Risicoreducerende voorzieningen beschadiging door derden

Hieronder worden de randvoorwaarden bij de verschillende risicoreducerende voorzieningen gegeven.

4.1.1 *Extra gronddekking*

Randvoorwaarde bij deze risicoreducerende voorziening 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.

4.1.2 *Cluster 1*

1A WIBON wetgeving

- De randvoorwaarden worden in de WIBON gegeven [5].

1B Casuïstiek

De procedure hiervoor wordt beschreven in [6].

1C Actief rappel

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

4.1.3 *Cluster 2*

21 Waarschuwingsslint, 22 Beschermplaten, 23 Waarschuwingsslint 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 [7]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid³.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt moet hierover met de andere leidingexploitanten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze

³ Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening 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.

voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

4.1.4

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.

4.1.5 *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 voorziening 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 voorziening 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 risico- en effectrapportage 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 voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze voorziening 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 voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

4.1.6 *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 aanvang van de werkzaamheden) contact opnemen met de uitvoerder van de werkzaamheden.

- Als de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de leidingexploitant.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
- Het moet voor degene die bij de leidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.

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.



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

Module V, deel 2: Buisleidingen met aardolieproducten

5 Inleiding

In dit deel van deze Module wordt voor het transport van aardolieproducten en brandbare vloeistoffen door ondergrondse buisleidingen beschreven op welke wijze een risico- en effectberekening moet worden uitgevoerd. Voor de berekeningen wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt.

De leidingen in dit deel van de Module worden aangeduid als '*buisleidingen met aardolieproducten*'. Niet alle brandbare vloeistoffen vallen onder module V, deel 2, aangezien sommige brandbare vloeistoffen op basis van hun vlampunt en kookpunt onder module V, deel 3 vallen (chemicaliënleidingen, zie paragraaf 6.1).

5.1 Leeswijzer

In Hoofdstuk 6 wordt beschreven voor welke leidingtypen de rekenmethode van toepassing is. Hoofdstuk 7 gaat dieper in op de parameters benodigd voor de berekening. In dit hoofdstuk staan onder andere welke scenario's moeten worden doorgerekend (Paragraaf 7.2) en wat de basis faalfrequenties zijn (Paragraaf 7.3.3). In Hoofdstuk 8 wordt ingegaan op risicoreducerende voorzieningen. Voor het gebruik van deze voorzieningen gelden randvoorwaarden welke in Hoofdstuk 9 worden gegeven.

6 Kaders

6.1 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 berekeningen 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 dusdanige hoeveelheden dat giftige of explosieve effecten relevant zijn voor het risico.

In dit rekenvoorschrift worden aardolieproducten op basis van hun vlampunt onderverdeeld in de volgende drie categorieën:

- Categorie I - Aardolieproducten waarbij de brandbare vloeistof een vlampunt heeft tot 296 K (23 °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 296 K (23 °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 V, deel 3.

7 Modelparameters

7.1 Inleiding

De gebeurtenissenbomen in Safeti-NL hangen af van de gekozen milieubelastende activiteit. Kies voor de berekening in Safeti-NL voor leidingen met aardolieproducten als nieuwe 'workspace': pipeline – other.

Er wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

- Rapportagespecifieke parameters: parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de leiding- en locatiespecifieke omstandigheden. Deze zijn beschreven in paragraaf 7.3. Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald staat beschreven in paragraaf 7.3.9 en module IV van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.
- Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening in Nederland. Deze zijn niet opgenomen in deze Module. Deze parameters zijn vastgelegd in het softwarepakket.

7.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

7.3 Rapportagespecifieke parameters

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

7.3.1 *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 met aardolieproducten een representatieve risicocontour te krijgen, wordt gebruik gemaakt van het route model.

7.3.2 *Uitstroombesonderheden*

Voor ondergrondse leidingen met vloeibare aardolieproducten worden twee typen uitstroombesonderheden onderscheiden, namelijk breuk van een leiding en lekkage uit een leiding. Ten minste dient het scenario 'breuk' te worden meegenomen in de berekeningen.

7.3.2.1 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 leiding specifiek te worden vastgesteld. Hierbij kan rekening worden gehouden met de aanname dat na 1800 seconden ingrijpen succesvol is.

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:

$$V_e = \pi/4 \times D^2 \times L \times P \times C_e \quad (7.1)$$

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).

Voor de compressibiliteit van het product dient de stof specifieke waarde gebruikt te worden. Indien deze niet bekend is, kan uitgegaan worden van $0,88 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{N}$.

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 opslagtanks.

7.3.3

Faalfrequenties

De faalfrequenties voor een leiding gelden voor de leiding inclusief flenzen, lassen en kleppen en exclusief pompen. De scenario's en frequenties voor ondergrondse aardolieleidingen zijn gegeven in Tabel 7.1. De verdeling in faaloorzaken is gegeven in Tabel 7.2 [9].

Tabel 7.1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.

Scenario	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)
Breuk van de leiding	$1,5 \times 10^{-4}$

Tabel 7.2 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	$1,5 \times 10^{-4}$	100

Opmerkingen:

- De breukfrequentie is generiek bepaald voor alle relevante buisleidingen met aardolieproducten in Nederland.
- De diepteligging mag worden verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [9, 10]. De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} \times \text{factor} \quad (7.2)$$

$$\text{factor} = e^{2,4 \times (0,84 - z)} \quad (7.3)$$

waarbij:
 z = diepteligging (m).

Voor de diepteligging voor de berekeningen van de faalfrequentie wordt 0,05 meter als minimum en 2,0 meter als maximum gehanteerd, ongeacht eventuele afwijkende waarden. De maximum diepteligging van 2,0 meter is inclusief de extra gronddekking die als risicoreducerende voorziening kan worden toegepast in paragraaf 8.3.6.

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.

De faalfrequentie voor leidingen die voldoen aan de 'stand der techniek' zijn te vinden in Tabel 8.1. De voorwaarden hiervoor zijn te vinden in Hoofdstuk 9.

7.3.4 Modelling van de scenario's

Voor de berekening moet gebruik worden gemaakt van de standaard modellering in Safeti-NL zoals gegeven in Tabel 7.1 en Tabel 7.3.

Tabel 7.3 Scenario's en modellering in Safeti-NL voor buisleidingen met aardolieproducten.

Scenario	Safeti-NL
Leidingbreuk	Route → Standalone Pool fire → Pool fire

Voor de berekening van risico's en effecten dient een *Pool fire* model gebruikt te worden. De buisleiding dient als route ingevoerd te worden. Vervolgens moet een *Standalone Pool fire* worden toegevoegd. Het volume van de plas wordt bepaald aan de hand van de bijdragen zoals genoemd in paragraaf 7.3.2. 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:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{V}{\pi \times h}} \quad (7.4)$$

waarbij:

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

Tabel 7.4 Totale ontstekingskansen voor buisleidingen met aardolieproducten.

Vloeistof categorie	P _{totaal}
I	1
II	0,01
III	0,01

Opmerkingen:

- Voor de mee te nemen frequentie voor de Pool fire geldt dat de frequentie uit Tabel 7.1 (of Tabel 8.1 indien de leiding voldoet aan de stand der techniek) moet worden vermenigvuldigd met de van toepassing zijnde totale ontstekingskansen uit Tabel 7.4.
- De default waarde voor de parameter 'event spacing method' wordt automatisch gegenereerd. Als er geen nette contour gegenereerd wordt, moet gekozen worden voor 'user defined' met een geschikte waarde voor de 'event spacing'. De 'spacing of events' moet in dat geval zodanig klein gekozen worden dat een representatieve risicocontour ontstaat.
- De combinatie van de frequentie uit Tabel 7.1 (of Tabel 8.1) en de ontstekingskansen uit Tabel 7.4 leidt voor vloeistoffen categorie II en III in de regel niet tot een PR 10-6 risicocontour.

7.3.5 *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.

7.3.6 *Ruwheidslengte van de omgeving*

De ruwheidslengte is niet van invloed op de effecten en risico's van een plasbrand. Een waarde van 0,1 m kan gebruikt worden.

7.3.7 *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 7.5.

Tabel 7.5 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	

7.3.8 *Voorbeeldstoffen*

Wanneer de getransporteerde vloeibare aardolieproducten een samenstelling zijn van meerdere stoffen kan bij de berekeningen een voorbeeldstof worden gebruikt. In Tabel 7.6 wordt voor de verschillende categorieën 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 7.6 Keuze voorbeeldstoffen voor vloeibare aardolieproducten.

Vloeistof categorie	Vlampunt (°C)	Represen- tatieve stof	Voorbeeld- stof	Dichtheid voorbeeldstof (kg/m³)	Vlampunt voorbeeldstof (°C)
I	0 – 23	Benzine	n-octaan	703	12
II	23 – 55	Kerosine	n-nonaan	718	31
III	> 55	Gasolie			

Opmerking:

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

7.3.9

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 module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale effectafstand van de windturbine bevindt.

8 Risicoreducerende voorzieningen

8.1 Inleiding

Risicoreducerende voorzieningen bieden de mogelijkheid om de risico's van een buisleiding te verlagen. De in dit hoofdstuk beschreven aanvullende risicoreducerende voorzieningen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met aardolieproducten. Uitgezonderd zijn⁴:

- "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 productie 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 Hoofdstuk 9. In overleg met het bevoegd gezag dient bepaald te worden welke overige voorzieningen getroffen worden en welke factoren aan deze voorzieningen worden toegekend.

De risicoreducerende voorzieningen 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 voorzieningen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt (bijvoorbeeld drukbeveiligingen).

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

Voor buisleidingen die aan de stand-der-techniek-voorwaarden voldoen (zie Tabel 9.1), mogen de faalfrequentie en faaloorzaakverdeling van Tabel 8.1 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 7.2 genoemde faalfrequentie te worden gebruikt.

⁴ Voor deze leidingen zijn de in deze module opgenomen faalfrequenties ook niet van toepassing.

Tabel 8.1 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 paragraaf 7.3.3.

8.3 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden

De faalfrequentie voor beschadiging door derden kan worden verlaagd door middel van de formule:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (8.1)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster 1}} \times \text{factor}_{\text{cluster 2}} \times \text{factor}_{\text{cluster 3}} \times \text{factor}_{\text{cluster 4}} \times \text{factor}_{\text{cluster 5}} \times \text{factor}_{\text{cluster 6}} \times \text{factor}_{\text{cluster 7}} \quad (8.2)$$

De voorzieningen zijn onderverdeeld in clusters. Voor cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster. Reden hiervoor is dat er sprake kan zijn van een onderlinge afhankelijkheid⁵. Sommige voorzieningen uit verschillende clusters kunnen niet met elkaar gecombineerd worden:

- 'Overeenkomst vergaande restricties' uit cluster 3 mag niet gecombineerd worden met 'barrière op maaiveld' uit cluster 4 of 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5'.
- 'Overeenkomst, graven/boren verboden' uit cluster 3 mag niet worden gecombineerd met 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5.
- De hoogte van een 'dijklichaam' uit cluster 4 mag niet ook nog als extra gronddekking worden meegeteld.

8.3.1 Cluster 1 – Actief rappel

Geen voorziening uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden (zie paragraaf 8.2).	factor: 1
Actief rappel	factor: 1,2

⁵ Zo kan bijvoorbeeld de voorziening '*vergaande restricties*' ook het verbieden van graven en boren inhouden. De toegestane factor is dan 100 en niet 100 × 10 = 1000.

8.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

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

Geen voorziening uit cluster 2	factor: 1
Waarschuwingsslint	factor: 1,67
Beschermplaten	factor: 5
Waarschuwingsslint + beschermplaten	factor: 30

8.3.3 Cluster 3 – Beheervoorzieningen

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

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

8.3.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd. Een 'barrière op het maaiveld' (cluster 4) mag niet worden toegepast indien al sprake is van 'overeenkomst vergaande restricties' (cluster 3). De hoogte van het dijklichaam mag niet als extra gronddekking worden verdisconteerd.

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

8.3.5 Cluster 5 – Overige voorzieningen

Voor de voorziening in cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd. Het toepassen van 'strikte begeleiding werkzaamheden' (cluster 5) is niet toegestaan in het geval van overeenkomst vergaande restricties (cluster 3) en overeenkomst graven/boren verboden (cluster 3).

Geen voorziening uit cluster 5	factor: 1
<i>Indien geen voorziening 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 die worden genoemd bij 'Bij toepassing van actief rappel uit cluster 1' gebruikt worden.

8.3.6 Cluster 6 - Extra gronddekking

Extra gronddekking kan gebruikt worden om het risico te reduceren. Zie paragraaf 7.3.3 voor de formules voor het bepalen van de faalfrequentie afhankelijk van de diepteligging van de leiding. De hoogte van een dijklichaam (cluster 4) mag niet worden verdisconteerd als extra gronddekking. De totale diepteligging (diepteligging + extra gronddekking) voor de berekening van de faalfrequentie is maximaal 2,0 m (paragraaf 7.3.3).

8.3.7 Cluster 7 - Wanddikte

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

8.4 Risicoreducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken

Voor de overige faaloorzaken kan per faaloorzaak maar één voorziening worden gewaardeerd.

8.4.1 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie

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

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

Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding.	factor ∞
--	-----------------

8.4.2 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie

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

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

Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving	factor ∞
--	-----------------

9 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

Een bij een risicoreducerende voorziening behorende reductiefactor mag pas worden toegepast wanneer de voorziening voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven. De voor 'stand der techniek' geldende randvoorwaarden worden als eerste beschreven.

9.1 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). De 'stand der techniek'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 9.1. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 7.2 genoemde bijpassende faalfrequentie te worden gebruikt.

Tabel 9.1 Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek.

Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, Artikel 4.1111 van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)) en NEN3655.
Beschadiging door derden	• 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/WIBON systeem met actief rappel.
Mechanisch	• Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assessment 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	Corrosiemanagementsysteem bestaande uit: • 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 voorzieningen getroffen.

Operationeel en overige faaloorzaken	• 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).
---	--

9.2 Randvoorwaarden 'graafschade door derden'

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

9.2.1 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.

9.2.2 Cluster 2

Het betreft de voorzieningen *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 [11]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid⁶.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt zal hierover met de andere leidingexploitanten moeten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

9.2.3 Cluster 3

Het betreft de voorziening 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.

⁶ Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening 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.

- 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, zal de overeenkomst hooguit de reductiefactor opleveren van een overeenkomst waarbij graven/boren verboden is (zie voorziening '*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 voorziening '*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.

9.2.4 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 voorziening 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 voorziening 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 risico- en effectrapportage 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 voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze voorziening 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 voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

9.2.5

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.

9.2.6 *Cluster 6*

Randvoorwaarde bij deze voorziening 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.

9.3 **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.

9.4 **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.



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

Module V, deel 3: Chemicaliënleidingen

10 Inleiding

In dit deel van deze module wordt voor ondergrondse buisleidingen met chemicaliën beschreven op welke wijze een risico- en effectrapportage moet worden uitgevoerd. Bij dit deel van deze Module wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt.

10.1 Leeswijzer

In Hoofdstuk 11 wordt aangegeven voor welke stoffen dit rekenvoorschrift van toepassing is. In Hoofdstuk 12 staan onder andere de uitstroombesonderheden (Paragraaf 12.1), de basisfaalfrequenties (Paragraaf 12.2), de verschillende scenario's en wanneer deze moeten worden meegenomen (Paragraaf 12.3), de gebeurtenisbomen (12.4) en extra voorschriften voor het modelleren van gassen (12.5), tot vloeistof verdichte gassen (12.6) en vloeistoffen (12.7).

Hoofdstuk 13 gaat dieper in op de parameters benodigd voor de berekening. In Hoofdstuk 14 wordt ingegaan op risicoreducerende voorzieningen, die kunnen worden toegepast voor het verlagen van de basisfaalfrequentie. Voor het gebruik van deze voorzieningen gelden randvoorwaarden welke in Hoofdstuk 15 en/of Hoofdstuk 16 worden gegeven.

11 Kaders

11.1 Stoffen

In Tabel 11.1 zijn de gevaarlijk stoffen gegeven die zijn aangemerkt als stoffen die door buisleidingen worden getransporteerd en die in deze methodiek als relevant worden beschouwd voor de externe veiligheid. Deze was initieel gebaseerd op de inventarisatie van het RRG⁷ [13]. De tabel is aangevuld met nieuwe ontwikkelingen, zoals dense phase koolstofdioxide. Ook voor andere (gevaarlijke) stoffen dan genoemd in Tabel 11.1 kan de rekenmethode van toepassing zijn. Daarbij moet worden nagegaan of deze nog andere model- of gevaaraspecten hebben dan die in de rekenmethode worden beschouwd. Voor waterstof is een aparte rekenmethode beschikbaar, deze staat beschreven in deel 4 van deze module.

Tabel 11.1 Overzicht van gevaarlijke stoffen in de categorie chemicaliënleidingen.

Eigenschap	Aggregatietoestand van de stof tijdens transport		
	Vloeistof	Tot vloeistof verdicht gas	Gas
Brandbaar	Isopreen	Etheen	
	1,2-propeenoxide	Butaan	
	Ongestabiliseerd	Buteen	
	condensaat	Propeen	
		Vinylchloride	
		LPG	
Giftig	Formaldehyde (46%)	Chloor	Koolstofmonoxide
		Ammoniak	Waterstofchloride
Brandbaar en giftig	Etheenoxide		Synthesegas (H ₂ en CO)
Inert en overig		Koolstofdioxide (dense phase)	Koolstofdioxide
			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 11.1 is niet limitatief. Zo kan bijvoorbeeld aardgas, dat niet voldoet aan de omschrijving als gegeven in deel 1 van deze module onder dit rekenvoorschrift komen te vallen.
- Voor probitrelaties van toxische stoffen dient bij Module I aangesloten te worden.
- De vloeistoffen aniline, MDI en natronloog zijn niet (acuut) giftig of hebben een vlampunt groter dan 60 °C. Voor dergelijke buisleidingen bepaalt het bevoegd gezag of een analyse moet worden uitgevoerd.
- Mocht de aggregatietoestand van een stof anders zijn dan beschreven in Tabel 11.1, dan dient exploitant een voorstel te doen bij het bevoegd gezag hoe de stof te modelleren.

⁷ Het Risico Register Gevaarlijke Stoffen (RRGS) is met de komst van de Omgevingswet vervangen door het Register Externe Veiligheidsrisico's (REV).

- Koolstofdioxide (CO_2) kan door buisleidingen getransporteerd worden in de gasfase, de vloeistoffase (tot vloeistof verdicht gas) of de superkritische fase. De vloeistof- en superkritische fasen worden samen aangeduid als 'dense phase'. De randvoorwaarden voor het transport van dense phase CO_2 staan in Hoofdstuk 16.
- Etheenoxide wordt op basis van zijn kookpunt gezien als een vloeistof, maar wordt als tot vloeistof verdicht gas gemodelleerd (zie paragraaf 12.6.3).

12 Rekenmethode

12.1 Uitstroomscenario's

De volgende scenario's dienen ten minste te worden beschouwd:

Tabel 12.1 Scenario's voor ondergrondse buisleidingen in de categorie chemicaliënleidingen.

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

Let op: voor brandbare vloeistoffen en formaldehyde mag het scenario lek onderbouwd weggelaten worden.

12.2 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 12.2, de bijbehorende faaloorzakenverdeling in Tabel 12.3 [9]. Zie verder Hoofdstuk 14.

Tabel 12.2 Scenario's en faalfrequenties voor ondergrondse buisleidingen met chemicaliën.

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 12.3 Faaloorzaakverdeling voor buisleidingen met chemicaliën.

Faaloorzaak	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)			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:

- Voor het transport van dense phase CO₂ kunnen dezelfde faalfrequenties als voor andere chemicaliënleidingen gebruikt worden, indien aan de vijf aanvullende randvoorwaarden in Hoofdstuk 16 wordt voldaan. Wanneer niet wordt voldaan aan de genoemde randvoorwaarden dan moet de exploitant in afstemming met het bevoegd gezag zelf een faalfrequentie afleiden.
- Bij de faalfrequentie voor het breukscenario is de invloed van de grondroerdersregeling (WIBON) verdisconteerd door de breukfrequentie als gevolg van

beschadiging door derden (external interference) te reduceren met een factor 2,5 [14].

- Indien er aan de voorwaarden in Hoofdstuk 15 wordt voldaan, kunnen de faalfrequenties in Tabel 14.1 gebruikt worden voor de leidingen die voldoen aan de 'stand der techniek'.

De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak '*Beschadiging door derden*' [9]. De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} \times \text{factor} \quad (12.1)$$

$$\text{factor} = e^{2,4 \times (0,84 - z)} \quad (12.2)$$

waarbij:

z = diepteligging (m).

Voor de diepteligging voor de berekeningen van de faalfrequentie wordt 0,05 meter als minimum en 2,0 meter als maximum gehanteerd, ongeacht eventuele afwijkende waarden. De maximum diepteligging van 2,0 meter is inclusief de extra gronddekking die als risicoreducerende voorziening kan worden toegepast in paragraaf 14.3.6. Voor berekening van het kratermodel in Safeti-NL moet de daadwerkelijke diepteligging worden gebruikt.

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 onderbouwd worden afgeweken bij gebruikmaking van een conservatief gekozen diepteligging. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor buisleidingen in landelijk gebied zonder objecten, waar een pragmatische benadering kan volstaan.

12.3 Modelling van de scenario's

De gebeurtenissenbomen in Safeti-NL hangen af van de gekozen milieubelastende activiteit. Kies voor de berekening in Safeti-NL voor chemicaliënleidingen als nieuwe 'workspace': pipeline – other.

Voor de berekening moet gebruik worden gemaakt van de standaard modellering in Safeti-NL zoals gegeven in Tabel 12.4. Hierbij dienen de instellingen van Tabel 12.5 gehanteerd te worden.

Tabel 12.4 Scenario's en modellering in Safeti-NL voor buisleidingen met chemicaliën.

Scenario	Safeti-NL
Gas	
Leidingbreuk	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach
Leidinglek	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach
Vloeistof	
Leidingbreuk	Route – Pressure Vessel – Catastrophic rupture
Formaldehyde	Route –Pressure Vessel - UDS ⁸ (release scenario: Pool source (radius))
Leidingbreuk	
Vloeistof verdicht gas	
Leidingbreuk	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach
Leidinglek	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach

Opmerkingen:

- Het Long Pipeline model biedt de mogelijkheid om de leiding in verschillende secties te verdelen en de effecten en risico's per sectie te berekenen.
- De default waarde voor de parameter '*event spacing method*' in het long pipeline model wordt automatisch gegenereerd. Als er geen nette contour gegenereerd wordt, moet gekozen worden voor '*user defined*' met een geschikte waarde voor de '*event spacing*'. De '*spacing of events*' moet in dat geval zodanig klein gekozen worden dat een representatieve risicocontour ontstaat.

⁸ Zie paragraaf 12.7.3 voor de berekening van de bronterm.

Tabel 12.5 Diverse parameterinstellingen Safeti-NL voor buisleidingen met chemicaliën.

Parameter	Safeti-NL-instelling
Temperatuur	9,8 °C m.u.v. etheen (zie § 12.6.2) en etheenoxide (zie § 12.6.3)
Druk	Maximale werkdruk van de buisleiding
Kans scenario	0,25 voor breuk en 0,75 voor lek [9]
Kans op directe ontsteking ⁹	Zie Tabel 12.6
Uitstroomhoogte	0,01 m (zie § 13.3.1)
Uitstroomrichting	Verticaal (zie § 13.3.1)
Method for calculating average rate	Brandbare stoffen: average between two times, 0-20 sec. Giftige stoffen: up to ten rates, expected number of average rates: 10
Pipeline surrounding	Modellering zonder kratermodel: Above ground Modellering met kratermodel: Buried
Afstand tot breuk	De afstand tot breuk wordt automatisch bepaald bij de keuze voor Auto-generated Sections.
Relatieve gatgrootte bij breuk	1 voor breuk
Absolute gatgrootte bij lek	Diameter van het lek in mm (max 20 mm)
Scheurpropagatie	Standaard 12 m

Opmerkingen:

- De relatieve gatgrootte (*rel. aperture*) voor breuk is gelijk aan 1. De corresponderende gatgrootte is dan $\sqrt{2}$ x de leidingdiameter i.v.m. de uitstroming van twee kanten.
- De temperatuur van het medium is gelijk aan de gemiddelde jaartemperatuur van de bodem (9,8 °C). Voor buisleidingen die deels op de zeebodem liggen wordt ook 9,8 °C gebruikt.
- Voor het gebruiken van de standaard scheurpropagatie bij buisleidingen voor transport van dense phase CO₂ dient te worden voldaan aan een extra randvoorwaarde, zie hiervoor Hoofdstuk 16.

12.4 Gebeurtenissenbomen

Bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit ondergrondse buisleidingen zijn verschillende vervolgeffecten mogelijk. Het optreden van deze effecten hangt onder meer af van de gevaarsaspecten van de transporteren stof en in hoeverre directe dan wel vertraagde ontsteking optreedt.

Bij stoffen die zowel brandbaar als giftig zijn, worden de brandbare effecten beschouwd bij directe ontsteking en de giftige effecten in geval er geen directe ontsteking plaatsvindt. Giftige 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 giftige effecten meer veroorzaakt.

De te gebruiken ontstekingskansen voor de betreffende scenario's zijn gegeven in Tabel 12.6. Bij brandbare vloeistoffen moet er in Safeti-NL een boundary aangegeven worden als de directe ontstekingskansen minder dan 1 is. Voor deze

⁹ 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).

ontvlambare/brandbare vloeistoffen ligt de boundary op 5 meter van de buisleiding.

Tabel 12.6 Ontstekingskansen bij breuk en lek voor buisleidingen met chemicaliën.

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

12.5 Modelleren gassen

Voor alle gassen wordt aanbevolen het kratermodel te gebruiken. Voor de *pipeline surrounding characteristics* wordt de optie *buried* geselecteerd en de bodemtype en diepteligging van de buisleiding ingevoerd. Voor het lek scenario wordt de optie *puncture at the top* gekozen.

12.6 Modelleren tot vloeistof verdichte gassen

De standaard modellering van de tot vloeistof verdichte gassen is beschreven in paragraaf 12.3 en paragraaf 12.4. Aanbevolen wordt het kratermodel te gebruiken; voor de *pipeline surrounding characteristics* wordt de keuze *buried* geselecteerd.

12.6.1 Brandbare, niet toxische stoffen

Voor tot vloeistof verdichte gassen die alleen brandbaar zijn dient de directe ontstekingskans in Safeti-NL op 1 gezet te worden (zie voetnoot 9). De ontstekingskans conform Tabel 12.6 moet vervolgens in de faalfrequentie verdisconteerd worden.

12.6.2 Etheen

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.

12.6.3 Etheenoxide

Alhoewel etheenoxide bij 9,8 °C een vloeistof is wordt deze stof niet als vloeistof maar als vloeistof verdichte gas gemodelleerd. Dit gebeurt door in de modellering een temperatuur van 12 °C te hanteren.

In het geval van een breuk is de aan te houden ontstekingskans 0,3, overeenkomstig de ontstekingskans van tot vloeistof verdichte gassen.

In het geval van een lek is de aan te houden ontstekingskans 0,14, overeenkomstig de ontstekingskans van tot vloeistof verdichte gassen.

12.6.4 Dense phase koolstofdioxide

Vanaf Safeti-NL 8.8 kan bij de modellering van een ondergrondse buisleiding met dense phase koolstofdioxide een aangepast model worden gebruikt. Zie

hiervoor paragraaf 2.2.2.5 van Module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.

In Safeti-NL worden de risico's van CO₂ altijd berekend op basis van de pure stof CO₂. Als overige componenten (onzuiverheden) in een CO₂ stroom relevant zijn voor de risicoberekening, dan moet de invloed daarvan met extra scenario's uitgewerkt worden. Overige componenten moeten worden meegenomen indien het risico van het transport significant toeneemt door de giftigheid van deze componenten. Zie ook paragraaf 2.2.2.7 van Module I van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid.

12.7 Modelleren vloeistoffen

Voor de modellering van vloeistoffen is zoveel als mogelijk aansluiting gezocht bij de methodiek voor de aardolieleidingen (deel 2 van deze module).

12.7.1 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:

$$V_1 = F_{\text{pomp}} \cdot t \quad (12.3)$$

waarbij:

F_{pomp} = maximaal pompdebiet (m³/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:

$$V_2 = p/4 \cdot D^2 \cdot L \cdot P \cdot C_e \quad (12.4)$$

waarbij:

V_2 = volume toename van het product (m³);
 D = inwendige diameter van de buisleiding (m);
 L = totale buisleidinglengte (m);
 P = werkdruk ter plaatse van de breuk (N/m²);
 C_e = compressibiliteit van de vloeistof (m²/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).

Voor de compressibiliteit van het product dient de stof specifieke waarde gebruikt te worden. Indien deze niet bekend is, kan uitgegaan worden van $0,88 \times 10^{-9}$ m²/N.

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 opslagtanks (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 (deel 2 van deze Module). Deze plas wordt als een tankput ingevoerd.

12.7.2 *Etheenoxide*

Etheenoxide (EO) wordt als tot vloeistof verdicht gas gemodelleerd, zie paragraaf 12.6.3.

12.7.3 *Formaldehyde*

Formaldehyde wordt getransporteerd als een formaldehydeoplossing, waarvoor een afwijkende modellering geldt. Voor het bepalen van de effecten en risico's van de formaldehydeoplossing moet eerst het oppervlak van de gevormde plas worden bepaald. Op basis hiervan kan de plasverdamping worden berekend.

1. Bepaal het oppervlak van de plas.
Het oppervlak van de plas bij breuk kan worden berekend m.b.v. formules die in paragraaf 12.7.1 staan. De aan te houden plasdikte 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 [15]. De parameters en enkele in te voeren waarden staan gegeven in Tabel 12.7.

$$q_v = C_{m\&m} \times u_{w,10}^{0,78} \times (2 \times r)^{-0,11} \times Sc^{-0,67} \times P_v \times A \times m / (R \times T_{ps}) \quad (12.5)$$

Vervolgens dient de verdampingssnelheid als bronterm te worden ingevoerd in een UDS-scenario, type Pool Source (Radius).

Tabel 12.7 Parameters ter bepaling plasverdamping formaldehydeoplossing.

Parameter	Beschrijving	Waarde
$C_{m\&m}$	Constante	0,004786 ($m^{0,33} s^{-0,22}$)
P_v	Partiële dampspanning formaldehyde ¹⁰ [16]	56 N m ⁻²
r	Straal vloeistofplas	(m)
R	Gasconstante	8,314472 J mol ⁻¹ K ⁻¹
Sc	Schmidt getal ¹¹	0,8
T_{ps}	Temperatuur vloeistofplas	283 K
$u_{w,10}$	Windsnelheid op 10 meter hoogte	5 m s ⁻¹
m	Molecuulgewicht	30,0 kg mol ⁻¹
A	Plasoppervlak	m ²

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

¹¹ 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.

13 Modelparameters

13.1 Inleiding

In een berekening met het 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 risico- en effectberekeningen voor chemicaliënleidingen. Er 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 (Rapportagespecifieke parameters, paragraaf 13.3). Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald staat beschreven in paragraaf 13.3.5 en module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid;
- Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening in Nederland (Deze parameters zijn vastgelegd in het softwarepakket en niet in deze Module beschreven.);
- Parameters die stofs specifiek zijn (paragraaf 13.4 en Module I).

13.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

13.3 Rapportagespecifieke parameters

13.3.1 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 13.1 wordt een overzicht gegeven van de standaard te gebruiken instellingen voor diverse rapportagespecifieke parameters. Voor de ruwheidslengte dient aangesloten te worden bij Module I.

Tabel 13.1 Standaard te gebruiken instellingen in Safeti-NL voor buisleidingen met chemicaliën¹².

Parameter	Standaardinstelling
Richting van de uitstroming ondergronds	Verticaal
Hoogte van de uitstroming	0,01 m
Ruwheidslengte van de buisleiding	45 µm
Ruwheidslengte van de omgeving	Zie Module I

13.3.2 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.

¹² Deze parameters kunnen weliswaar door een gebruiker worden aangepast, maar de gegeven instellingen worden in deze methodiek voorgeschreven.

13.3.3 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 giftige (tot vloeistof verdichte) gassen wordt bij breuk gerekend met een tijdsafhankelijke uitstroming, met 10 tijdsegmenten (*expected number of average rates*). Bij breuk van een buisleiding met een brandbare en/of giftige vloeistof wordt een plas gemodelleerd en is qua modellering geen sprake van een tijdsafhankelijke uitstroming.

13.3.4 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 13.2.

Tabel 13.2 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	

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 paragraaf 12.6) en etheenoxide (zie paragraaf 12.6.3). De temperatuur van de te transporteren stof kan hoger zijn dan de bodemtemperatuur. Hier dient rekening mee gehouden te worden bij de berekening.

13.3.5 Invloed windturbines

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. De methode om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale effectafstand van de windturbine bevindt.

13.4 Stofspecifieke parameters

13.4.1 Probitrelaties toxische stoffen

Voor probitrelaties van toxische stoffen dient bij Module I aangesloten te worden.

14 Risicoreducerende voorzieningen

14.1 Inleiding

Risicoreducerende voorzieningen bieden de mogelijkheid om de risico's van een buisleiding te verlagen. De in dit hoofdstuk beschreven aanvullende risicoreducerende voorzieningen zijn geldend voor alle ondergrondse buisleidingen met brandbare vloeistoffen en buisleidingen met chemische stoffen. Uitzonderd zijn¹³:

- "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 productie de gewonnen producten een temperatuur bezitten boven de 100 °C;
- Kunststofleidingen.

De genoemde voorzieningen 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 Hoofdstuk 15. In overleg met het bevoegd gezag dient bepaald te worden welke overige voorzieningen getroffen worden en welke factoren aan deze voorzieningen worden toegekend.

De risicoreducerende voorzieningen 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 voorzieningen die het falen van de leiding detecteren en daarop ingrijpen, waardoor de uitstroomduur kan worden beperkt (bijvoorbeeld drukbeveiligingen).

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

Voor buisleidingen die aan de stand-der-techniek-voorwaarden voldoen (zie Hoofdstuk 15), mogen de faalfrequentie en faaloorzaakverdeling van Tabel 8.1 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 paragraaf 12.2 genoemde faalfrequentie te worden gebruikt.

¹³ Voor deze leidingen zijn de in deze module opgenomen faalfrequenties ook niet van toepassing.

Tabel 14.1 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	$1,77 \times 10^{-5}$	$2,63 \times 10^{-5}$	$4,40 \times 10^{-5}$	47,9	21,9
Mechanisch	$7,96 \times 10^{-6}$	$3,86 \times 10^{-5}$	$4,66 \times 10^{-5}$	21,5	32,2
Inwendige corrosie	$1,41 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-5}$	$1,31 \times 10^{-5}$	3,8	9,8
Uitwendige corrosie	$4,25 \times 10^{-6}$	$3,52 \times 10^{-5}$	$3,95 \times 10^{-5}$	11,5	29,3
Natuurlijke oorzaken	$2,26 \times 10^{-6}$	$3,60 \times 10^{-6}$	$5,86 \times 10^{-6}$	6,1	3,0
Operationeel	$3,40 \times 10^{-6}$	$4,56 \times 10^{-6}$	$7,96 \times 10^{-6}$	9,2	3,8
Totaal	$3,70 \times 10^{-5}$	$1,20 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$	100	100

Opmerking:

- De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [9, 10]. De wijze waarop dat gedaan moet worden, staat beschreven in paragraaf 12.2.

14.3 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden

De faalfrequentie voor beschadiging door derden kan worden verlaagd door middel van de formule:

$$\text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \frac{\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}}}{\text{factor}} \quad (14.1)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster 1}} \times \text{factor}_{\text{cluster 2}} \times \text{factor}_{\text{cluster 3}} \times \text{factor}_{\text{cluster 4}} \times \text{factor}_{\text{cluster 5}} \times \text{factor}_{\text{cluster 6}} \times \text{factor}_{\text{cluster 7}} \quad (14.2)$$

De voorzieningen zijn onderverdeeld in clusters. Voor cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster. Reden hiervoor is dat er sprake kan zijn van een onderlinge afhankelijkheid¹⁴. Sommige voorzieningen uit verschillende clusters kunnen niet met elkaar gecombineerd worden:

- 'Overeenkomst vergaande restricties' uit cluster 3 mag niet gecombineerd worden met 'barrière op maaiveld' uit cluster 4 of 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5'.
- 'Overeenkomst, graven/boren verboden' uit cluster 3 mag niet worden gecombineerd met 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5.
- De hoogte van een 'dijklichaam' uit cluster 4 mag niet ook nog als extra gronddekking worden meegeteld.

14.3.1 Cluster 1 – Actief rappel

Geen voorziening uit cluster 1 of buisleiding die voldoet aan stand-der-techniek-voorwaarden (zie paragraaf 14.2).	factor: 1
Actief rappel.	factor: 1,2

¹⁴ Zo kan bijvoorbeeld de voorziening 'vergaande restricties' ook het verbieden van graven en boren inhouden. De toegestane factor is dan 100 en niet $100 \times 10 = 1000$.

14.3.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

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

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

14.3.3 Cluster 3 – Beheervoorzieningen

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

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

14.3.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd. Een 'barrière op het maaiveld' (cluster 4) mag niet worden toegepast indien al sprake is van 'overeenkomst vergaande restricties' (cluster 3). De hoogte van het dijklichaam mag niet als extra gronddekking worden verdisconteerd.

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

14.3.5 Cluster 5 – Overige voorzieningen

Voor de voorziening in cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. De voorzieningen in cluster 5 betreffen voorzieningen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd. Het toepassen van 'strikte begeleiding werkzaamheden' (cluster 5) is niet toegestaan in het geval van overeenkomst vergaande restricties (cluster 3) en overeenkomst graven/boren verboden (cluster 3).

Geen voorziening uit cluster 5.	factor: 1
<i>Indien geen voorziening 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'.

14.3.6 Cluster 6 – Extra gronddekking

Extra gronddekking kan gebruikt worden om het risico te reduceren. Zie paragraaf 12.2 voor de formules voor het bepalen van de faalfrequentie afhankelijk van de diepteligging van de leiding. De hoogte van een dijklichaam (cluster 4) mag niet worden verdisconteerd als extra gronddekking. De totale diepteligging (diepteligging + extra gronddekking) voor de berekening van de faalfrequentie is maximaal 2,0 m (paragraaf 12.2).

14.3.7 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.

14.4 Risicoreducerende voorzieningen voor de overige faaloorzaken

Voor de overige faaloorzaken kan per faaloorzaak maar één voorziening worden gewaardeerd.

14.4.1 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van inwendige corrosie

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

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

Het te transporteren medium is inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief ten opzichte van het materiaal van de buisleiding.	factor ∞
--	----------

14.4.2 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie

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

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

Het buismateriaal is inherent volledig niet-corrosief ten opzichte van de omgeving.	factor ∞
---	----------

15 Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren

Een bij een risicoreducerende voorziening behorende reductiefactor mag pas worden toegepast wanneer de voorziening voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven. De voor 'stand der techniek' geldende randvoorwaarden worden als eerste beschreven.

15.1 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). De 'stand der techniek'-voorwaarden voor de verschillende faaloorzaken zijn gegeven in Tabel 15.1. Wanneer voor een specifieke faaloorzaak niet wordt voldaan aan één van de bijbehorende voorwaarden, dient voor deze faaloorzaak de in Tabel 12.3 genoemde bijpassende faalfrequentie te worden gebruikt.

Tabel 15.1 Randvoorwaarden voor buisleidingen voor stand der techniek.

Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheerssysteem, Artikel 4.1111 van het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)) en 0/NEN3655.
Beschadiging door derden	• 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/WIBON systeem met actief rappel.
Mechanisch	• Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assessment 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	Corrosiemanagementsysteem bestaande uit: • 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 voorzieningen getroffen.

Operationeel en overige faaloorzaken	• 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).
---	--

15.2 Randvoorwaarden 'graafschade door derden'

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

15.2.1 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.

15.2.2 Cluster 2

Het betreft de voorzieningen *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 [11]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid¹⁵.
- Indien door de afdekking van een buisleiding ook andere buisleidingen worden afgedekt, zal hierover met de andere buisleidingexploitanten moeten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de buisleiding-exploitant toestemming geeft voor het nemen van deze voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

15.2.3 Cluster 3

Het betreft de voorziening 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.

¹⁵ Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening 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.

- 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 voorziening '*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 voorziening '*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.

15.2.4 *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 voorziening 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 voorziening 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 risico- en effectrapportage 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 voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de buisleiding.
- Deze voorziening 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 voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de buisleiding mag niet worden belemmerd.

15.2.5 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.

15.2.6 Cluster 6

Randvoorwaarde bij deze voorziening 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.

15.3 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.

15.4 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.

16 Bijlage Randvoorwaarden gebruik faalfrequentie en modellering chemicaliënleidingen dense phase koolstofdioxide

De faalfrequenties van Tabel 12.3 kunnen ook voor het transport van dense phase CO₂ worden toegepast als aan de randvoorwaarden van Tabel 16.1 wordt voldaan. De exploitant zal in afstemming met het bevoegd gezag zelf een faalfrequentie moeten afleiden als de dense phase CO₂ buisleiding niet voldoet aan genoemde randvoorwaarden.

Tabel 16.1 Randvoorwaarden voor het gebruik van standaard faalfrequenties voor dense phase CO₂

Faalfrequenties	1. Bestaande buisleidingen die worden hergebruikt moeten voorafgaand aan het gebruik worden geëvalueerd en ge(her)kwalificeerd voor het transport van dense phase CO₂ en worden geïnspecteerd op wanddefecten. 2. Voordat een leiding voor het transport van dense phase CO₂ in gebruik wordt genomen moet de leiding worden gedroogd tot een dauwpunt van -40 tot -45 °C. 3. Er moet geborgd worden dat alle materialen en componenten die in de buisleiding gebruikt zijn, geschikt zijn voor het transport van alle toestanden van de CO₂ stroom, waarbij ook rekening gehouden wordt met eventuele onzuiverheden die de CO₂ stroom kan bevatten. 4. De maximale concentratie water in de dense phase CO₂ stroom moet gebaseerd worden op het waterdauwpunt voor transport van gasvormig CO₂. Hierbij moet ook rekening gehouden worden met de invloed van onzuiverheden in de CO₂ stroom op het waterdauwpunt. 5. De maximale stroomsnelheid van dense phase CO₂ moet afgestemd zijn op het voorkomen van stromingsgeïnduceerde pulsaties.
Modellering	6. De scheurstopcapaciteit van de buisleiding voor het transport van dense phase CO₂ voldoet aan de eisen van NEN-3650 [17].



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

Module V, deel 4: Waterstofleidingen

17 Inleiding

In dit deel van deze module wordt voor het transport van waterstof door ondergrondse buisleidingen beschreven op welke wijze een risico- en effectberekening moet worden uitgevoerd. Hiervoor wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt.

Indien wordt voldaan aan alle later benoemde randvoorwaarden (Hoofdstuk 21) kan worden gerekend met de faalfrequenties voor aardgasleidingen, beschreven in module V deel 1, met uitzondering van de exploitant specifieke reductiefactor (Paragraaf 18.3.2). Indien niet wordt voldaan aan één van de randvoorwaarden dient de hoogste faalfrequentie uit deel 1 of deel 3 van deze module te worden gebruikt. Bovendien wordt in dit geval aanbevolen om te onderzoeken of het niet voldoen aan een of meerdere randvoorwaarden van invloed is op faaloorzaken of faalfrequenties. De effect- en risicoberekeningen dienen volgens deel 4 van deze module te worden uitgevoerd.

17.1 Leeswijzer

In Hoofdstuk 18 wordt het rekenvoorschrift beschreven met daarin de uitstroombesonderheden (paragraaf 18.2). De faalfrequentie (paragraaf 18.3) voor deze scenario's wordt bepaald door de basisfaalfrequentie (Hoofdstuk 22) te corrigeren voor de diepteligging (paragraaf 18.3.1) en de genomen voorzieningen tegen beschadiging door derden (paragraaf 18.5). De informatie over de diepteligging en de genomen voorzieningen kan worden verkregen uit een leidingenbestand (paragraaf 18.4). Daarnaast worden risicoreducerende voorzieningen tegen corrosie beschreven in paragraaf 18.6. Ten slotte volgt een beschrijving van de modellering van de scenario's (paragraaf 18.7) en de gebeurtenissenbomen (paragraaf 18.8).

Hoofdstuk 19 gaat dieper in op de parameters benodigd voor de berekening. De voorgeschreven parameters en de beschrijving en uitleg van deze parameters zijn te vinden in paragraaf 19.2. In Hoofdstuk 20 volgen de randvoorwaarden voor de reductiefactoren die worden beschreven in paragraaf 18.5. In Hoofdstuk 21 volgen de randvoorwaarden voor het gebruik van de faalfrequentie van aardgasleidingen voor waterstofleidingen.

18 Rekenmethode

18.1 Stof

Deel 4 van module V is enkel geschikt voor het berekenen van veiligheidsrisico's van buisleidingen met puur waterstof met eventuele toevoegingen als odorant of corrosie bescherming voor zover toevoegingen geen componenten bevatten in dusdanige hoeveelheden dat giftige of explosieve effecten relevant zijn voor het risico. Voor mengsels van waterstof met een andere stof, bijvoorbeeld aardgas, is dit deel niet geschikt.

18.2 Uitstroombesnoeiing

Het volgende scenario dient ten minste te worden beschouwd:

Tabel 18.1 Scenario's voor waterstofleidingen.

Scenario
Breuk van de buisleiding

18.3 Faalfrequentie

Om te bepalen welke faalfrequentie kan worden gebruikt moet gekeken of er wordt voldaan aan de Hoofdstuk 21 benoemde randvoorwaarden. Indien aan deze randvoorwaarden wordt voldaan mogen de faalfrequenties voor hogedruk aardgasleidingen, beschreven in module V deel 1, worden gebruikt. Indien niet kan worden aangetoond dat aan alle randvoorwaarden wordt voldaan, moet uit oogpunt van conservatisme worden uitgegaan van de hoogste faalfrequentie uit deel 1 en deel 3 van deze module.

Om berekeningen in Safeti-NL uit te voeren dienen deze faalfrequenties ingevoerd te worden. Voor het gebruik van de faalfrequentie van deel 3 moet de methode beschreven in deel 3 gevolgd worden.

Voor de faalfrequentie uit deel 1 geldt het volgende: De faalfrequenties bestaan uit twee delen, de basisfaalfrequentie voor beschadiging door derden, ook wel external interference (basis FF EI), en de faalfrequentie voor corrosie. De basisfaalfrequentie voor beschadiging door derden is gebaseerd op de leidingparameters: diameter, wanddikte, druk, rekgrens en Charpy energie. De faalfrequentie voor corrosie is in deze module niet opgenomen, zie Paragraaf 18.3.3. De basisfaalfrequentie beschadiging door derden (basis FF EI) per leidingtype is opgenomen in hoofdstuk 22. Alvorens deze in te voeren in Safeti-NL dienen de correcties voor zowel de diepteligging (18.3.1) als de genomen voorzieningen (18.5) te worden uitgevoerd. Indien een buisleidingcombinatie niet in hoofdstuk 22 is opgenomen dan kan deze worden opgevraagd bij de helpdesk Omgevingsveiligheid. Als hulpmiddel voor het berekenen van de faalfrequentie volgens de hierboven genoemde methode kan gebruik worden gemaakt van de 'Invoermodule H2 buisleidingen', te vinden op de website van het RIVM.

18.3.1 Diepteligging

De diepteligging wordt verdisconteerd in de faaloorzaak 'Beschadiging door derden' [9]. De gecorrigeerde faalfrequentie is:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} \times \text{factor} \quad (18.1)$$

$$\text{factor} = e^{2,4 \times (0,84 - z)} \quad (18.2)$$

waarbij:

z = diepteligging (m).

Voor de diepteligging voor de berekeningen van de faalfrequentie wordt 0,05 meter als minimum en 2,0 meter als maximum gehanteerd, ongeacht eventuele afwijkende waarden in het leidingenbestand. De maximum diepteligging van 2,0 meter is inclusief de extra gronddekking die als risicoreducerende voorziening kan worden toegepast in paragraaf 18.5.6. Bij gebruik van het kratermodel in Safeti-NL moet de daadwerkelijke diepteligging worden gebruikt.

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 onderbouwd worden afgeweken bij gebruikmaking van een conservatief gekozen diepteligging. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn voor buisleidingen in landelijk gebied zonder objecten, waar een pragmatische benadering kan volstaan.

18.3.2 *Exploitant specifieke reductiefactor*

De exploitant specifieke reductiefactor op basis van casuïstiek (Cluster 1B) is voor alle operators 1, zie ook paragraaf 18.5.1 en Tabel 18.3.

18.3.3 *Externe corrosie*

De faalfrequenties voor externe corrosie zijn momenteel niet opgenomen in deze module. Deze faalfrequenties zijn opvraagbaar bij de helpdesk Omgevingsveiligheid. Zie paragraaf 18.6 en Tabel 18.3 voor het toepassen van deze faalfrequentie.

18.4 **Kenmerken leidingenbestand**

In een leidingenbestand is informatie over een leiding opgenomen. Een leidingenbestand kan in Safeti-NL worden ingeladen waardoor de leiding niet handmatig hoeft te worden ingevoerd.

Het leidingenbestand is opgebouwd uit rijen waarin de relevante leidingkenmerken zijn opgenomen. Deze kenmerken met hun bijbehorende toegestane waarden zijn gegeven in Tabel 18.2. De voorzieningen beschadiging door derden (Cluster 1 t/m 5) worden toegelicht in hoofdstuk 18.5. De randvoorwaarden voor deze voorzieningen zijn weergegeven in hoofdstuk 20.

Tabel 18.2 Opbouw leidingenbestand waterstofleidingen.

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 voorziening uit cluster 2		20 – 29
Nummer van voorziening uit cluster 3		30 – 39
Nummer van voorziening uit cluster 4		40 – 49
Nummer van voorziening uit cluster 5		50 – 59

Opmerkingen:

- Voor nieuw aan te leggen leidingen mag het risico van de leiding alleen worden gebaseerd op de parameters diameter, druk, wanddikte, rekgrens, diepteligging en Charpy energie. De invloed van eventueel toegepaste voorzieningen uit cluster 2, 3, 4 en 5 mogen niet in de berekeningen worden verdisconteerd.
- De diepteligging en de extra gronddekking hebben een positieve waarde voor ondergrondse leidingen.
- De voorziening 'extra gronddekking' wordt aangegeven door de leidingexploitant in meters en moet worden meegenomen in de berekening van de faalfrequentie (voor de randvoorwaarden, zie paragraaf 20.1).

Het is van belang dat de leiding in kaart wordt gebracht. Hierbij moet aandacht besteed worden aan de specifieke ligging van het tracé (x- en y-coördinaten) en de parameters van de leiding per coördinaat (diameter, druk, wanddikte, staalsoort, dekking, etc.).

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met de variërende locatiespecifieke leidingkenmerken over de lengte van 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 voorzieningen 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 opvolgende coördinaten dus niet geïnterpoleerd.

18.5 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van beschadiging door derden

Voor waterstofleidingen kan een aantal voorzieningen worden toegepast om het risico terug te brengen. De voorzieningen uit deze paragraaf grijpen in op de

voornaamste faaloorzaak van aardgasleidingen, namelijk 'beschadiging door derden'. De bijbehorende randvoorwaarden zijn te vinden in Hoofdstuk 20 van deze Module. Hieraan moet worden voldaan wil de reductiefactor voor een voorziening kunnen worden toegepast. De leidingexploitant is verantwoordelijk voor het opnemen van eventuele voorzieningen in het leidingenbestand en zijn Veiligheidsbeheersysteem (VBS) en Risico Managementsysteem (RMS).

De faalfrequentie voor beschadiging door derden kan worden verlaagd door middel van de formule:

$$\text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} \times \text{factor} \quad (18.3)$$

waarbij:

$$\text{factor} = \text{factor}_{\text{cluster1}} \times \text{factor}_{\text{cluster2}} \times \text{factor}_{\text{cluster3}} \times \text{factor}_{\text{cluster4}} \times \text{factor}_{\text{cluster5}} \quad (18.4)$$

De voorzieningen zijn onderverdeeld in clusters. Voor cluster 5 geldt een afhankelijkheid van cluster 1. Voor clusters 2 tot en met 5 kan slechts één voorziening gekozen worden per cluster. Reden hiervoor is dat er sprake kan zijn van een onderlinge afhankelijkheid¹⁶. Sommige voorzieningen uit verschillende clusters kunnen niet met elkaar gecombineerd worden:

- 'Overeenkomst vergaande restricties' uit cluster 3 mag niet gecombineerd worden met 'barrière op maaiveld' uit cluster 4 of 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5'.
- 'Overeenkomst, graven/boren verboden' uit cluster 3 mag niet worden gecombineerd met 'strikte begeleiding werkzaamheden' uit cluster 5.
- De hoogte van een 'dijklichaam' uit cluster 4 mag niet ook nog als extra gronddekking worden meegeteld.

18.5.1 Cluster 1 – Regelgeving en casuïstiek

De voorzieningen in cluster 1 betreffen de grondroerdersregeling (A), de reductie in de basisfaalfrequentie op basis van casuïstiek (B) en actief rappel (C). De grondroerdersregeling betreft de wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken (WIBON) en geeft een factor 0,4 [5]. Zoals benoemd in paragraaf 18.3.2 is de reductiefactor op basis van casuïstiek (B) voor alle leiding exploitanten 1,000. De totale factor voor een leidingexploitant op basis van mitigerende voorzieningen uit cluster 1 is het product van A, B en C.

¹⁶ Zo kan bijvoorbeeld de voorziening 'vergaande restricties' ook het verbieden van graven en boren inhouden. De toegestane factor is dan 0,010 en niet $0,010 \times 0,100 = 0,001$.

Tabel 18.3 Overzicht van exploitantspecifieke factoren voor verschillende leidingexploitanten voor waterstofleidingen.

Exploitant	Cluster 1B Casuïstiek	Cluster 1C Actief rappel	Voorziening en corrosie
Alliander	1,000	1,000	1,000
BBL Company VOF	1,000	0,833	0,000
DELTA Netwerkbedrijf 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
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV – ONEGas	1,000	0,833	0,000
Noordgastransport BV	1,000	1,000	1,000
Northern Petroleum Nederland BV	1,000	0,833	1,000
NV Nederlandse Gasunie	1,000	0,833	0,000
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

18.5.2 Cluster 2 – Afdekking met beschermend materiaal

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

20. geen	factor: 1,000
21. waarschuwingsslint	factor: 0,599
22. beschermplaten	factor: 0,200
23. waarschuwingsslint + beschermplaten	factor: 0,033
27. waarschuwingsslint + beschermplaten voorgesteld	factor: 0,033
28. beschermplaten voorgesteld	factor: 0,200
29. waarschuwingsslint voorgesteld	factor: 0,599

18.5.3 Cluster 3 – Beheervoorzieningen

Beheervoorzieningen 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
37. overeenkomst, beperkte restricties voorgesteld	factor: 0,625
38. overeenkomst, grondroeren verboden voorgesteld	factor: 0,100
39. overeenkomst, vergaande restricties voorgesteld	factor: 0,010

18.5.4 Cluster 4 – Fysieke barrières op maaiveld

Dit betreffen voorzieningen die ertoe dienen dat het bij graafwerkzaamheden duidelijk is dat de werkzaamheden niet mogen worden uitgevoerd. Een 'barrière

op het maaiveld' (43) mag niet worden toegepast indien al sprake is van 'overeenkomst vergaande restricties' (31). De hoogte van het dijklichaam mag niet als extra gronddekking worden verdisconteerd.

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

18.5.5 Cluster 5 – Overige voorzieningen

De risicoreducerende voorzieningen in cluster 5 betreffen voorzieningen die afhankelijk van de grondroerdersregeling doorwerken. Voor cluster 5 kan één voorziening worden geselecteerd. Het toepassen van 'strikte begeleiding werkzaamheden' (51) is niet toegestaan in het geval van overeenkomst vergaande restricties (31) en overeenkomst graven/boren verboden (32).

De factoren voor de voorziening in cluster 5 zijn afhankelijk van de parameterwaarden voor A en C, zoals benoemd in cluster 1. De volgende formule geldt:

$$\text{factor}_{\text{cluster5}} = (A \times C)^{-1} / \text{factor}_{\text{geselecteerde maatregel, cluster 5}} \quad (18.5)$$

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 $\text{factor}_{\text{cluster5}} = 1,0$.

50. geen	-
51. strikte begeleiding werkzaamheden	factor: 7,5
52. cameratoezicht	factor: 6,5
58. cameratoezicht voorgesteld	factor: 6,5
59. strikte begeleiding werkzaamheden voorgesteld	factor: 7,5

18.5.5.1.1 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

18.5.6 Cluster 6 - Extra gronddekking

Extra gronddekking kan gebruikt worden om het risico te reduceren. Zie paragraaf 18.3.112.2 voor de formules voor het bepalen van de faalfrequentie afhankelijk van de diepteligging van de leiding. De hoogte van een dijklichaam (cluster 4) mag niet worden verdisconteerd als extra gronddekking. De totale diepteligging (diepteligging + extra gronddekking) voor de berekening van de faalfrequentie is maximaal 2,0 m (paragraaf 18.3.1).

18.6 Risicoreducerende voorzieningen ter voorkoming van uitwendige corrosie

De standaard faalfrequenties voor corrosie worden gecorrigeerd gegeven de leidingexploitant.

Wanneer er specifieke risicoreducerende voorzieningen genomen worden qua onderhoud en inspectie en door de exploitant kan worden aangetoond dat er geen externe corrosie plaatsvindt, hoeft de bijdrage van corrosie niet meegenomen te worden in de berekeningen. Dit kan bijvoorbeeld door coatinginspecties 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.

18.7 Modelling van de scenario's

De gebeurtenissenbomen in Safeti-NL hangen af van de gekozen milieubelastende activiteit. Kies voor de berekening in Safeti-NL voor leidingen met waterstof als nieuwe 'workspace': pipeline – other.

Voor de berekening moet gebruik worden gemaakt van de standaard modellering in Safeti-NL zoals gegeven in Tabel 18.1 en Tabel 18.4. In Hoofdstuk 19 wordt ingegaan op de verschillende parameters en keuze mogelijkheden van deze scenario's.

Tabel 18.4 Scenario's en modellering in Safeti-NL voor waterstofleidingen.

Scenario	Safeti-NL
Leidingbreuk	Long Pipeline → Auto-generated sections → Section Breach

Opmerkingen:

- Het Long Pipeline model biedt de mogelijkheid om de leiding in verschillende secties te verdelen en de effecten en risico's per sectie te berekenen.
- De default waarde voor de parameter '*event spacing method*' in het long pipeline model wordt automatisch gegenereerd. Als er geen nette contour gegenereerd wordt, moet gekozen worden voor '*user defined*' met een geschikte waarde voor de '*event spacing*'. De '*spacing of events*' moet in dat geval zodanig klein gekozen worden dat een representatieve risicocontour ontstaat.

18.8 Gebeurtenissenbomen

Bij het vrijkomen van stoffen uit ondergrondse buisleidingen zijn verschillende vervolgeffecten mogelijk. Het optreden van deze effecten hangt onder meer af van de gevaarsaspecten van de te transporteren stof en in hoeverre directe dan wel vertraagde ontsteking optreedt. Waterstof kan zowel direct als vertraagd ontsteken. Voor transport van waterstof door ondergrondse buisleidingen wordt gezien de lage ontstekingsenergie een directe ontstekingskans van 1 gehanteerd.

Tabel 18.5 Ontstekingskansen bij breuk voor waterstofleidingen.

	P _{direct}	P _{vertraagd}
Gassen		
- breuk	1	0

19 Modelparameters

19.1 Inleiding

In een berekening met het rekenpakket Safeti-NL moet een aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft de parameters die van belang zijn in de risico- en effectberekeningen voor waterstof in buisleidingen. Er wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

- Parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de buisleidingspecifieke en locatiespecifieke omstandigheden (Rapportagespecifieke parameters, paragraaf 19.3). Hoe de invloed van windturbines moet worden bepaald staat beschreven in paragraaf 19.3.8 en module IV van het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid;
Parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die kenmerkend zijn voor een berekening in Nederland. Deze parameters zijn vastgelegd in het softwarepakket en niet in deze Module beschreven.

19.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Voor de selectie van scenario's dient bij Module I aangesloten te worden.

19.3 Rapportagespecifieke parameters

19.3.1 *Voorgeschreven parameters*

In Tabel 19.1 en Tabel 19.2 wordt een overzicht gegeven van de standaard te gebruiken instellingen voor diverse rapportagespecifieke parameters. In de paragrafen hierna volgt voor enkele parameters een korte beschrijving van de parameter en de in te vullen waarde.

De parameters benoemd in Tabel 19.1 en Tabel 19.2 kunnen weliswaar door een gebruiker worden aangepast, maar de gegeven instellingen worden in deze methodiek voorgeschreven.

Tabel 19.1 Diverse parameterinstellingen van Long pipeline in Safeti-NL voor waterstofleidingen.

Parameter	Safeti-NL-instelling
Material	Hydrogen
Temperature	9,8 °C
Pressure	Maximale werkdruk van de buisleiding
Failure frequency model	User specified input
Failure frequency specified	Per supplied length
Failure frequency	Hoogste faalfrequentie van alle segmenten
Supplied length	1000 m
Probability of immediate ignition	Specify directly
Immediate ignition probability	1
Supply pipeline length	Gebruik indien leiding langer is dan alle segmenten samen
Pipe internal diameter	Interne diameter van de buisleiding
Pipe roughness	0,045 mm
Pipeline surrounding	Buried
Variations from default	Variaties van buisleidingparameters per segment
Method for calculating average rate	Brandbare stoffen: average between two times, 0-20 sec.

Opmerking:

- De afstand tot breuk ('Distance to break') wordt automatisch bepaald bij de keuze voor Auto generated sections.

Tabel 19.2 Diverse parameterinstellingen van Section breach in Safeti-NL (scenario breuk) voor waterstofleidingen.

Parameter	Safeti-NL-instelling
Breach sizing method	Relative size
Relative branch aperture	1
Elevation	0,01 m
Accident type for buried sections	Full bore rupture
Event probability	1
Fracture length	12

Opmerkingen:

- De relatieve gatgrootte ('rel. aperture') voor breuk is gelijk aan 1. De corresponderende gatgrootte is dan $\sqrt{2}$ x de leidingdiameter i.v.m. de uitstroming van twee kanten.
- De 'outdoor release direction' is verticaal, deze wordt automatisch ingevuld wanneer in Long pipeline de optie 'Buried' is geselecteerd.

19.3.2 Uitstroommodellering

De toevoer van waterstof aan de buisleiding dient te worden meegenomen in de berekening door deze in te vullen bij 'Pumped inflow', te vinden in Long pipeline. Bij een ringleiding wordt gekozen voor een pumped inflow van 0 kg/s, hiermee wordt drukval in de leiding niet meegenomen, dit is een conservatieve aanname.

19.3.3 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.

19.3.4 *Modellering waterstof*

Voor waterstof wordt gerekend met het kratermodel. Voor de *pipeline surrounding characteristics* wordt de keuze *buried* geselecteerd en de bodemtype en diepteligging van de buisleiding ingevoerd.

19.3.5 *Diepteligging en grondsoort*

In het tabblad Long pipeline moet ook een diepteligging, grondsoort en faalfrequentie worden ingevuld. Vul hier de maximale faalfrequentie, een representatieve grondsoort en de minimale diepteligging in, dit is conservatief. Let op, de diepteligging mag niet worden afgekapt op 2,00 m, deze afkapping geldt alleen voor de bepaling van de faalfrequentie. Voor de diepteligging dient de daadwerkelijke diepteligging van de leiding of het segment te worden aangehouden.

19.3.6 *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 waterstof wordt bij breuk uitgegaan van het uitstroomdebiet dat gemiddeld is over de periode 0 - 20 seconden.

19.3.7 *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 19.3.

Tabel 19.3 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	

Aangenomen wordt dat de temperatuur van de te transporteren stof gelijk is aan de gemiddelde jaartemperatuur van de bodem, te weten 9,8 °C.

19.3.8 *Invloed windturbines*

De invloed van windturbines moet in de vaststelling van het risico worden meegenomen. De methode om de invloed van windturbines te bepalen wordt gegeven in module IV van het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid. De invloed van windturbines op buisleidingen dient meegenomen te worden wanneer de buisleiding zich binnen de maximale effectafstand van de windturbine bevindt.

19.3.9 *Ruwheidslengte van de omgeving*

De ruwheidslengte is niet van invloed op de effecten en risico's van een fakkel. Een waarde van 0,1 m kan gebruikt worden.

20 Bijlage randvoorwaarden reductiefactoren

20.1 Modelparameters (Hoofdstuk 19)

Risicoreducerende voorzieningen beschadiging door derden

Hieronder worden de randvoorwaarden bij de verschillende risicoreducerende voorzieningen gegeven.

20.1.1 *Extra gronddekking*

Randvoorwaarde bij deze risicoreducerende voorziening 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.

20.1.2 *Cluster 1*

1A WIBON wetgeving

- De randvoorwaarden worden in de WIBON gegeven [5].

1B Casuïstiek

De procedure hiervoor wordt beschreven in [6].

1C Actief rappel

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

20.1.3 *Cluster 2*

21 Waarschuwingsslint, 22 Beschermplaten, 23 Waarschuwingsslint 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 [7]. De reductiefactor kan dan op dezelfde wijze worden afgeleid¹⁷.
- Indien door de afdekking van een leiding ook andere leidingen worden afgedekt moet hierover met de andere leidingexploitanten worden overlegd.
- Deze voorziening kan alleen worden toegepast wanneer de leidingexploitant toestemming geeft voor het nemen van deze

¹⁷ Indien in alle experimenten de voorziening effectief is gebleken, moet voor het afleiden van de reductiefactor worden aangenomen dat de voorziening 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.

voorziening. In de afweging zijn vooral de invloed op de kathodische bescherming en de bereikbaarheid voor bijvoorbeeld coatinginspecties van belang.

20.1.4 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.

20.1.5 *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 voorziening 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 voorziening 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 risico en effectrapportage 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 voorziening moet in combinatie met markering plaatsvinden.
- De ophoging mag geen invloed hebben op de integriteit van de leiding.
- Deze voorziening 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 voorziening moet in combinatie met markering worden toegepast.
- De bereikbaarheid van de leiding mag niet worden belemmerd.

20.1.6 *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 aanvang van de werkzaamheden) contact opnemen met de uitvoerder van de werkzaamheden.

- Als de werkzaamheden langer dan een week duren, moet wekelijks (totdat de werkzaamheden zijn afgerond) een extra inspectie ter plaatse plaatsvinden door de leidingexploitant.
- Er wordt tijdens de werkzaamheden extra markering toegepast.
- Het moet voor degene die bij de leidingexploitant de melding van de werkzaamheden afhandelt direct duidelijk zijn dat voor het betreffende leidingdeel een strikte begeleiding van toepassing is. Dit zal in de procedure voor de afhandeling van de meldingen moeten worden geborgd.

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.

21 Bijlage randvoorwaarden gebruik faalfrequentie aardgasleidingen voor waterstof

De faalfrequentie van aardgasleidingen mogen pas worden toegepast voor het transport van waterstof wanneer de waterstofleiding voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. In dit hoofdstuk worden die randvoorwaarden beschreven.

Randvoorwaarden gebruik faalfrequentie aardgasleidingen voor waterstof.

De belangrijkste voorwaarde voor het mogen toepassen van de faalfrequenties van aardgasleidingen is het voldoen aan alle hieronder benoemde randvoorwaarden. Indien niet wordt voldaan aan één van de randvoorwaarden dient de hoogste faalfrequentie uit deel 1 of deel 3 van deze module te worden gebruikt. Bovendien wordt in dit geval aanbevolen om te onderzoeken of het niet voldoen aan een of meerdere randvoorwaarden van invloed is op faaloorzaken of faalfrequenties. De effect- en risicoberekeningen dienen volgens deel 4 van deze module te worden uitgevoerd.

Tabel 21.1 Randvoorwaarden gebruik faalfrequentie aardgasleidingen voor waterstofleidingen.

Algemeen	1. De temperatuur van het medium bedraagt maximaal 50 °C en de druk is maximaal 80 barg. Bij een hogere temperatuur of druk moet de invloed op de faalfrequentie worden onderzocht omdat de bijdrage van verbrossing en/of andere faaloorzaken beïnvloed kan worden. 2. Lekkagegevoelige leidingonderdelen, zoals afsluiters en flensverbindingen, moeten voldoende lekdicht zijn voor het transport van waterstof. 3. De buisleiding voldoet voor de faaloorzaken inwendige corrosie, mechanisch falen, natuurlijke oorzaken en operationeel/overig falen aan de randvoorwaarden van een Stand der Techniek leiding zoals gesteld in Tabel 9.1.
Buismateriaal	4. Het staal bevat geen Ni-toevoegingen van meer dan 0,5%. 5. Geen gebruik van staalsoorten met een rekgrens groter dan L485 (X70). Bij een grotere sterkte moet de invloed op de faalfrequentie worden onderzocht omdat de bijdrage van verbrossing en/of andere faaloorzaken beïnvloed kan worden.
Beschadiging door derden	6. Het transport van waterstof mag niet leiden tot een te grote aantasting van de trekeigenschappen en de breuktaaiheid van de buisleiding. Ten opzichte van een aardgasleiding mag de kans dat een lek zich ontwikkelt tot breuk niet groter worden.
Inwendige corrosie	7. Het waterdauwpunt van het waterstof in de buisleiding moet altijd kleiner dan 60% relatieve vochtigheid zijn en er mag geen vloeistoffractie van het gas afscheiden bij een temperatuur van -20 °C en atmosferische druk. 8. Microbiologisch geïnduceerde corrosie kan worden uitgesloten.
Vermoeiing als gevolg van cyclische belasting	9. De scheurgroei snelheid mag niet groter zijn dan 0,01 µm per cyclus of er moet worden aangetoond dat er geen kritische wanddefecten aanwezig zijn die kunnen leiden tot het falen van de buisleiding.

Laswerkzaamheden	10. Bij een in gebruik zijnde waterstofleiding mogen geen laswerkzaamheden worden uitgevoerd tenzij aangetoond wordt dat deze geen substantiële invloed hebben op het ontstaan van waterstofverbrossing.
Metallurgische voorwaarden	11. Gebruik van legeringen met homogene fijnkorrelige microstructuren heeft de voorkeur • Vermijd gebruik van te harde of zeer sterke legeringen, max. X70. • Vermijd gebruik van staal met niet-metalen insluitsels, die de taaiheid en weerstand tegen waterstofverbrossing verminderen. 12. Gebruik componenten vrij van significante oppervlakte- en interne defecten.
Erosie	13. Voorafgaand aan het gebruik van de buisleiding voor het transport van waterstof, moet de buisleiding dusdanig gereinigd worden dat <u>geen extra erosie aan de binnenzijde van de buisleiding kan optreden.</u>
Trillingen en pulsaties	14. Aangetoond moet worden dat stroming geïnduceerde pulsaties, turbulentie en akoestisch geïnduceerde trillingen bij aftakkingen en insteekhuizen niet bijdragen aan het falen.
Inspecties bij ingebruikname	15. Een bestaande buisleiding die wordt omgezet naar waterstof wordt voorafgaand aan het gebruik geïnspecteerd op wanddefecten.

22 Bijlage faalfrequenties aardgasleidingen ten behoeve van module V, deel 4: Waterstofleidingen

De faalfrequentie van aardgasleidingen mogen pas worden toegepast voor het transport van waterstof wanneer de buisleiding voldoet aan de daarvoor geldende randvoorwaarden. Zie paragraaf 18.3 voor meer informatie en hoofdstuk 21 voor de randvoorwaarden.

De onderstaande faalfrequentie betreft de basis faalfrequentie beschadiging door derden (basis FF EI). Correcties voor genomen maatregelen en diepteligging dienen op deze basis FF EI te worden toegepast. Indien een buisleidingcombinatie niet in de tabel is opgenomen dan kan de faalfrequentie worden opgevraagd bij de helpdesk Omgevingsveiligheid.

Tabel 22.1 Basis faalfrequentie voor waterstofleidingen voor external interference op basis van leidingparameters

Diameter	Wanddikte	Druk	Rekgrens	Charpy energie	Basis FF EI
(mm, uitwendig)	(mm)	(barg)	(N/mm ²)	(J)	
114,3	6,0	40,0	245,0	40,0	1,655E-05
114,3	6,0	66,2	245,0	40,0	3,963E-05
159,0	4,5	40,0	241,0	40,0	1,460E-04
168,3	4,8	40,0	241,0	40,0	1,260E-04
168,3	6,3	40,0	241,0	40,0	2,290E-05
168,3	6,3	40,0	245,0	40,0	2,202E-05
168,3	6,3	66,2	245,0	40,0	6,165E-05
168,3	7,1	40,0	245,0	40,0	1,058E-05
168,3	7,1	66,2	245,0	40,0	3,229E-05
212,0	5,5	40,0	241,0	40,0	7,480E-05
219,1	6,3	40,0	241,0	40,0	3,590E-05
219,1	6,3	40,0	245,0	40,0	3,463E-05
219,1	6,3	66,2	245,0	40,0	1,031E-04
219,1	7,9	40,0	245,0	40,0	8,351E-06
219,1	7,9	66,2	245,0	40,0	2,967E-05
219,1	7,9	40,0	241,0	40,0	8,610E-06
219,1	9,5	40,0	245,0	40,0	1,975E-06
219,1	9,5	66,2	245,0	40,0	8,038E-06
273,0	6,3	40,0	245,0	40,0	5,588E-05
273,0	7,8	40,0	245,0	40,0	1,445E-05
273,0	7,8	66,2	245,0	40,0	5,466E-05
273,0	9,3	40,0	245,0	40,0	3,841E-06
273,0	9,3	66,2	245,0	40,0	1,671E-05
273,0	11,1	40,0	245,0	40,0	7,421E-07
273,0	11,1	66,2	245,0	40,0	3,378E-06

Diameter	Wanddikte	Druk	Rekgrens	Charpy energie	Basis FF EI
323,8	7,1	40,0	241,0	40,0	4,190E-05
323,9	5,2	40,0	415,0	40,0	7,773E-05
323,9	5,2	66,2	415,0	40,0	2,016E-04
323,9	6,0	40,0	415,0	40,0	3,444E-05
323,9	6,0	66,2	415,0	40,0	1,088E-04
323,9	6,0	80,0	415,0	40,0	1,595E-04
323,9	7,1	40,0	241,0	40,0	4,329E-05
323,9	7,1	40,0	245,0	40,0	4,153E-05
323,9	7,1	40,0	415,0	40,0	1,146E-05
323,9	7,1	66,2	415,0	40,0	4,219E-05
323,9	9,5	66,2	241,0	40,0	2,388E-05
406,4	6,2	40,0	415,0	40,0	4,797E-05
406,4	6,2	66,2	415,0	40,0	1,457E-04
406,4	6,6	40,0	415,0	40,0	3,000E-05
406,4	6,6	66,2	415,0	40,0	1,067E-04
406,4	6,6	80,0	414,0	40,5	1,380E-04
406,4	7,4	40,0	415,0	40,0	1,381E-05
406,4	7,4	66,2	415,0	40,0	5,633E-05
406,4	8,7	40,0	245,0	40,0	1,943E-05
406,4	8,9	40,0	415,0	40,0	3,243E-06
406,4	8,9	66,2	415,0	40,0	1,642E-05
457,0	6,3	66,2	415,0	40,0	1,448E-04
457,0	7,0	66,2	415,0	40,0	1,016E-04
457,0	7,2	66,2	415,0	40,0	8,614E-05
457,0	7,2	80,0	414,0	40,5	1,128E-04
457,0	8,3	66,2	414,0	40,0	3,644E-05
457,0	8,3	66,2	415,0	40,0	3,625E-05
457,0	9,9	66,2	415,0	40,0	8,352E-06
457,2	6,0	66,2	414,0	40,0	2,180E-04
457,2	6,3	66,2	414,0	40,0	1,470E-04
457,2	7,0	66,2	414,0	40,0	1,000E-04
457,2	8,5	66,2	414,0	40,0	3,110E-05
508,0	6,8	66,2	415,0	40,0	1,204E-04
508,0	7,8	66,2	415,0	40,0	6,943E-05
508,0	9,2	66,2	415,0	40,0	2,421E-05
508,0	11,2	66,2	415,0	40,0	3,672E-06
609,6	7,9	66,2	414,0	24,0	1,160E-04
609,6	9,3	66,2	414,0	24,0	4,655E-05
610,0	7,5	66,2	386,0	14,0	2,298E-04
610,0	7,7	66,2	415,0	40,0	9,327E-05
610,0	7,9	66,2	386,0	14,0	1,877E-04

Diameter	Wanddikte	Druk	Rekgrens	Charpy energie	Basis FF EI
610,0	7,9	66,2	414,0	24,0	1,160E-04
610,0	8,6	66,2	386,0	14,0	1,280E-04
610,0	8,6	66,2	386,0	14,0	1,296E-04
610,0	9,3	66,2	386,0	14,0	8,790E-05
610,0	9,3	66,2	414,0	24,0	4,478E-05
610,0	9,3	66,2	414,0	40,0	2,955E-05
610,0	9,3	66,2	415,0	40,0	2,931E-05
610,0	9,3	80,0	415,0	40,0	5,311E-05
610,0	11,1	66,2	415,0	40,0	6,738E-06
610,0	11,1	79,9	414,0	40,0	1,100E-05
610,0	13,3	66,2	415,0	40,0	1,423E-06
610,0	13,3	79,9	414,0	40,0	2,700E-06
762,0	8,3	66,2	485,0	40,0	8,731E-05
762,0	9,8	66,2	485,0	40,0	3,032E-05
762,0	10,0	66,2	485,0	40,0	1,996E-05
762,0	11,9	66,2	485,0	40,0	4,671E-06
762,0	12,0	66,2	485,0	40,0	4,343E-06
762,0	14,4	66,2	485,0	40,0	7,280E-07
914,0	9,9	66,2	485,0	40,0	4,351E-05
914,0	11,2	66,2	386,0	14,0	4,215E-05
914,0	11,8	66,2	386,0	14,0	3,060E-05
914,0	11,8	66,2	483,0	40,0	9,281E-06
914,0	11,8	66,2	485,0	40,0	9,157E-06
914,0	12,1	66,2	485,0	40,0	7,304E-06
914,0	12,1	80,0	480,0	40,0	1,595E-05
914,0	12,9	66,2	386,0	14,0	1,730E-05
914,0	12,9	66,2	386,0	14,0	1,730E-05
914,0	14,1	66,2	485,0	40,0	1,711E-06
914,0	14,3	66,2	485,0	40,0	1,514E-06
914,0	17,1	66,2	485,0	40,0	1,229E-07
914,4	11,8	66,2	414,0	24,0	1,900E-05
1066,8	13,7	66,2	414,0	24,0	1,025E-05
1066,8	16,1	66,2	414,0	24,0	1,478E-06
1066,8	19,6	66,2	414,0	24,0	1,184E-07
1067,0	11,7	66,2	485,0	40,0	1,732E-05
1067,0	13,7	66,2	386,0	14,0	1,950E-05
1067,0	13,7	66,2	414,0	24,0	1,031E-05
1067,0	13,7	66,2	485,0	40,0	4,020E-06
1067,0	14,0	66,2	485,0	40,0	3,152E-06
1067,0	14,0	80,0	480,0	40,5	8,316E-06
1067,0	16,4	66,2	485,0	40,0	4,225E-07

Diameter	Wanddikte	Druk	Rekgrens	Charpy energie	Basis FF EI
1067,0	16,6	66,2	485,0	40,0	3,624E-07
1067,0	16,1	66,2	414,0	24,0	1,480E-06
1067,0	19,9	66,2	485,0	40,0	2,672E-08
1219,0	13,3	66,2	483,0	40,0	9,490E-06
1219,0	13,3	66,2	485,0	40,0	9,374E-06
1219,0	14,1	66,2	414,0	24,0	1,429E-05
1219,0	15,6	66,2	483,0	40,0	1,390E-06
1219,0	15,6	66,2	485,0	40,0	1,386E-06
1219,0	15,9	66,2	485,0	40,0	1,089E-06
1219,0	15,9	80,0	480,0	40,0	3,199E-06
1219,0	18,7	66,2	485,0	40,0	1,317E-07
1219,0	18,7	80,0	483,0	40,0	4,377E-07
1219,0	18,9	66,2	485,0	40,0	1,148E-07
1219,0	22,7	66,2	485,0	40,0	6,493E-09

Referenties

1. G.M.H. Laheij, *Risicomethodiek nat- en zuurgasleidingen*. RIVM-briefrapport 076/09, 2009.
2. *Toepassing reductiefactoren aardgastransportleidingen NAM*, brief EP201009306728JA 2010, NAM.
3. *Bevb-rekenmethodiek en rekenmodel buisleidingen met nat aardgas*, Directie Risicobeleid, brief RB/2010029497 2010, Ministerie van IenM.
4. G.M.H. Laheij, A.A.C. van Vliet, en E.S. Kooi, *Achtergronden bij de vervanging van zoneringafstanden hogedruk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie*, RIVM-rapport 620121001/2008, 2008.
5. *Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken*. Beschikbaar via <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040728/2024-01-01>.
6. Ministerie van VROM, *Levering gegevens registratiebesluit*. Directie Risicobeleid, brief RB/2009015955. 2009.
7. RIVM-brief, *Consequentieonderzoek hogedruk aardgastransportleidingen overige exploitanten*, kenmerk 004/10 2010.
8. Det Norske Veritas (DNV), *Software for the Assessment of flammable, explosive and toxic impact*. (SAFETI-NL) versie 8, 2019.
9. I&M Brief, *Aanvullende mitigerende maatregelen buisleidingen*, referentienummer IENM/BSK 2014/74036. 28 maart 2014.
10. RIVM-brief, *Invloed diepteligging en wanddikte op de faalfrequentie voor leidingen met aardolieproducten en overige leidingen*, referentienummer 165/11 CEV Vli/sij-3063. 26 juni 2011.
11. I. Corder, *The application of risk techniques to the design and operation of Pipelines*, in *Conference on pressure systems: operation & risk management*. 1995, Institution of Mechanical Engineers: London. p. 113-125.
12. *Regeling externe veiligheid buisleidingen*, artikel 6, lid 2.
13. *Register risicosituaties gevaarlijke stoffen (RRGS)*, situatie maart 2010.
14. RIVM-brief, *Analyse faalkans CONCAWE-database*, referentienummer 099-08/CEV Rik/mjd. 11 april 2008.
15. Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen 2, *Methods for the calculation of physical effects* ('Gele boek'), 2005.
16. F. Ullmann, *Ullmann's Encyclopedia of industrial Chemistry*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2001.
17. *3650-2:2020 (NL) Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 2: Aanvullende eisen voor leidingen van staal*, 2020.