



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

## **Technische en inhoudelijke beperkingen ten aanzien van SAFETI-NL 6.54**

RIVM Rapport 2018-0039

E.S. Kooi | P.A.M. Uijt de Haag





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

**Technische en inhoudelijke  
beperkingen ten aanzien van  
SAFETI-NL 6.54**

RIVM Rapport 2018-0039

## Colofon

© RIVM 2018

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.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0039

E.S. Kooi (auteur), RIVM  
P.A.M. Uijt de Haag (auteur), RIVM

Contact:  
Eelke Kooi  
Milieu en Veiligheid\Centrum Veiligheid  
eelke.kooi@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, in het kader van project M/260036/17/VR.

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
www.rivm.nl

## Publiekssamenvatting

### **Technische en inhoudelijke beperkingen ten aanzien van SAFETI-NL 6.54**

Met het rekenprogramma SAFETI-NL kunnen de externe veiligheidsrisico's van bedrijven en transportleidingen met gevaarlijke stoffen worden berekend. De uitkomsten van de risicoberekeningen worden gebruikt voor vergunningverlening en ruimtelijke ordening. Het rekenprogramma is ontwikkeld door het adviesbureau DNVGL. De huidige versie, 6.54, is zowel technisch als inhoudelijk verouderd. De berekende veiligheidsrisico's passen daardoor niet meer bij de actuele inzichten. In de nieuwe versie van SAFETI-NL, versie 8.1, zijn deze tekortkomingen weggenomen. Als beheerder van het rekenprogramma wil het RIVM daarom overgaan op de nieuwe versie.

Inhoudelijk zijn er meer dan 40 modelverbeteringen gerealiseerd. In sommige gevallen zijn oude modellen geheel vervangen door nieuwe. In andere gevallen zijn waarden geactualiseerd naar de huidige inzichten.

Technisch gezien is de belangrijkste tekortkoming dat versie 6.54 niet wordt ondersteund voor Windows 8 en Windows 10. Daardoor ervaren gebruikers steeds vaker installatieproblemen. Ook werkt het programma mogelijk niet meer met toekomstige versies van Windows. Andere tekortkomingen zijn de verouderde *look and feel* van het programma en dat actuele ICT-mogelijkheden die de rekencapaciteit ten goede komen, niet beschikbaar zijn.

Als SAFETI-NL 8.1 in gebruik genomen wordt, dan leidt dat tot andere uitkomsten van risicoberekeningen. De aard en omvang van de verschillen in uitkomsten en de ruimtelijke consequenties ervan zijn in een afzonderlijk rapport beschreven.

Kernwoorden: externe veiligheid, omgevingsveiligheid, effectgebied, veiligheidszone



## Synopsis

### **Technical and content-related limitations of SAFETI-NL 6.54**

The software program SAFETI-NL can be used to calculate the external safety risks of companies and transport pipelines using hazardous substances. The outcomes of the risk calculations are used for permit issuing and spatial planning purposes. The software program was developed by the DNVGL consultancy firm. The current version, 6.54, is outdated both technically and in terms of content. As a result, the calculated safety risks no longer match current insights. In the new version of SAFETI-NL, version 8.1, these shortcomings have been solved. Therefore, RIVM, as administrator of the program, wants to switch to the new version.

More than 40 model improvements have been realised in terms of content. In some cases, old models have been completely replaced by new ones. In other cases, values have been updated in accordance with current insights.

Technically, the most important shortcoming is that version 6.54 is not supported for Windows 8 and Windows 10. As a result, users are experiencing increasingly more installation problems. The program could also have compatibility issues with future versions of Windows. Other shortcomings are the outdated look and feel of the program and the unavailability of current ICT capabilities that benefit computing capacity.

When SAFETI-NL 8.1 is implemented, it will lead to different outcomes of risk calculations. The nature and extent of the differences in outcomes and their spatial consequences are described in a separate report.

Keywords: external safety, environmental safety, impact area, safety zone





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

#### **2 Chronologie van versies van SAFETI — 13**

#### **3 Beperkingen ten aanzien van het gebruik van versie 6.54 — 17**

3.1 Beperkingen ten aanzien van de gebruikte softwaretechnologie — 17

3.1.1 Besturingssystemen — 17

3.1.2 Overige technische aspecten — 17

3.2 Beperkingen ten aanzien van de validiteit van modellen — 18

3.2.1 Nieuw model voor instantane releases — 18

3.2.2 Along-wind diffusion en along-wind gravity spreading — 20

3.2.3 Plasvorming, -spreiding en -verdamping — 20

3.2.4 Dynamisch vuurbalmodel — 21

3.2.5 Effecten bij directe ontsteking bij het instantaan vrijkomen van ontvlambare stoffen — 21

3.2.6 Hoogte voor het bepalen van de kans op vertraagde ontsteking — 22

3.2.7 Blootstellingsduur voor brandscenario's korter dan 20 s — 23

3.2.8 Kans op overlijden ten gevolge van warmtestraling — 23

3.2.9 Verhoging maximale uitstroomsnelheid — 24

3.2.10 Berekening van de overlijdenskans binnen een gebouw voor toxische scenario's — 24

3.2.11 Oplosbaarheid in water — 25

3.2.12 Nieuw long pipeline risk model — 25

3.2.13 Kratereffecten voor uitstroming vanuit ondergrondse leidingen — 25

3.2.14 Robuustere algoritmes en verkleining van stapgroottes — 26

3.2.15 Fixed rate — 26

3.3 Gevolgen van de wijzigingen voor de rekentijd — 26

#### **4 Conclusies — 27**

#### **Referenties — 29**

#### **Bijlage 1 Overzicht van wijzigingen tussen versie 6.54 en versie 8 — 31**

#### **Bijlage 2 Reacties op het conceptrapport — 34**



## Samenvatting

RIVM beheert het rekenprogramma SAFETI-NL en is verantwoordelijk voor het monitoren van de bruikbaarheid en validiteit van dit rekenprogramma. SAFETI-NL wordt gebruikt om de externe veiligheidsrisico's te berekenen van bedrijven met gevaarlijke stoffen en van transportleidingen met gevaarlijke stoffen. Voor verschillende activiteiten die vallen onder het Besluit externe veiligheid inrichtingen of het Besluit externe veiligheid buisleidingen, is het gebruik van SAFETI-NL wettelijk verplicht. Daarbij is ook het versienummer gespecificeerd. De huidige voorgeschreven versie is versie 6.54. De uitkomsten van de risicoberekeningen worden gebruikt voor vergunningverlening en ruimtelijke ordening.

SAFETI-NL versie 6.54 is ontwikkeld door het adviesbureau DNVGL en is uitgebracht in 2009. Anno 2018 geldt SAFETI-NL 6.54 zowel technisch als inhoudelijk als verouderd. In dit rapport is beschreven op welke onderdelen het rekenprogramma achterloopt bij de huidige techniek en wat daarvan de gevolgen zijn. Daarbij wordt SAFETI 8, zijnde de huidige versie van het aanverwante internationale rekenprogramma, als referentie gebruikt.

Op technisch vlak is de belangrijkste tekortkoming dat versie 6.54 niet wordt ondersteund voor Windows 8, Windows 10 en mogelijke toekomstige versies van Windows. Daardoor ervaren gebruikers steeds vaker installatieproblemen. Andere tekortkomingen zijn de verouderde 'look and feel' van het programma en het feit dat actuele ICT-mogelijkheden die de rekencapaciteit ten goede komen, niet beschikbaar zijn.

Op inhoudelijk gebied zijn na het uitbrengen van versie 6.54 meer dan 40 verbeteringen gerealiseerd in het aanverwante internationale rekenprogramma SAFETI. Deze verbeteringen in SAFETI zijn voor de gebruikers van SAFETI-NL nog niet beschikbaar. In sommige gevallen zijn oude modellen geheel vervangen door nieuwe. In andere gevallen zijn parameters geactualiseerd naar de huidige inzichten. Een deel van de verbeteringen is doorgevoerd op verzoek van RIVM en op aanraden van Nederlandse gebruikers. Gezamenlijk hebben de wijzigingen betrekking op vrijwel alle onderdelen van de risicoberekening. Gezien het grote aantal wijzigingen en de significante aard ervan, is RIVM van mening dat SAFETI-NL 6.54 inhoudelijk gezien niet meer actueel is; de effecten en risico's die in versie 6.54 worden berekend, zijn in veel gevallen niet meer conform de huidige inzichten.

Eind 2017 heeft DNVGL versie 8.0 van SAFETI uitgebracht. In deze versie zijn de hierboven genoemde beperkingen weggenomen, met uitzondering van de rekensnelheid. In versie 8.1, uitgebracht in het voorjaar van 2018, wordt ook de rekensnelheid verbeterd. Voor beide versies kan een NL-editie worden uitgebracht. Als SAFETI-NL 8.0 of 8.1 in gebruik wordt genomen, dan leidt dat ten opzichte van versie 6.54 tot andere uitkomsten van risicoberekeningen. De aard en omvang van de

verschillen in uitkomsten en de ruimtelijke consequenties ervan worden in een afzonderlijk rapport beschreven.

## 1 Inleiding

Voor verschillende activiteiten met gevaarlijke stoffen die vallen onder het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) [1] of het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) [2] moeten de externe veiligheidsrisico's worden berekend. Op basis van de uitkomsten van deze berekening wordt bepaald of een vergunning voor de activiteit kan worden afgegeven en of de aanwezigheid van (al dan niet geprojecteerde) bebouwing in de omgeving van de activiteit toelaatbaar is. In de wet- en regelgeving is geborgd dat deze berekeningen op uniforme wijze worden uitgevoerd. In de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) [3] en de Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb) [4] is opgenomen welk rekenprogramma voor de risicoberekeningen gebruikt moet worden. Met uitzondering van hogedruk aardgastransportleidingen betreft het SAFETI-NL 6.54. Deze versie is in 2009 uitgebracht. RIVM beheert het rekenprogramma en de bijbehorende handleidingen voor het uitvoeren van risicoberekeningen [5],[6]. Daarmee is RIVM verantwoordelijk voor het monitoren van de validiteit van de rekenvoorschriften en -middelen. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is eindverantwoordelijk.

Anno 2018 is SAFETI-NL 6.54 technisch en inhoudelijk verouderd geraakt. Deze technische en inhoudelijke beperkingen worden in dit rapport besproken. Daarbij is versie 6.54 vergeleken met de beoogde nieuwe versie van het rekenprogramma: SAFETI-NL 8. SAFETI-NL 8 geldt momenteel als 'state of the art'. Op grond van de vergelijking kan het ministerie beoordelen hoe wenselijk het is om SAFETI-NL 6.54 te vervangen door SAFETI-NL 8.

Als SAFETI-NL 8 in gebruik wordt genomen, dan leidt dat tot andere uitkomsten van risicoberekeningen. De aan te houden afstanden kunnen zowel groter als kleiner worden. De aard en omvang van de verschillen en de ruimtelijke consequenties ervan worden in een afzonderlijk rapport beschreven [7].



## 2 Chronologie van versies van SAFETI

SAFETI is een softwareprogramma voor het berekenen van de effecten en risico's van scenario's waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen uit procesinstallaties, opslagtanks, buisleidingen en transporteenheden. SAFETI is ontwikkeld door het Noorse ingenieurbureau DNVGL en wordt wereldwijd gebruikt. SAFETI-NL is een 'spin-off' van SAFETI, en is specifiek ontwikkeld voor het berekenen van externe veiligheid volgens de Nederlandse richtlijnen. SAFETI bestaat sinds medio jaren 1980. SAFETI-NL is voor het eerst uitgebracht in 2006.

Het versienummer van SAFETI-NL dat voor het berekenen van externe veiligheid moet worden gebruikt, is voorgeschreven in de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) en de Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb). Vanaf 2006 zijn er drie verschillende versies voorgeschreven, zie Tabel 1. De meest recente versie van SAFETI-NL, versie 6.54, is ingevoerd in 2009.

Na de invoering van SAFETI 6.54 in 2009 heeft DNVGL voor internationale gebruikers verschillende nieuwe versies ontwikkeld en uitgebracht. In Nederland is sinds 2009 geen nieuwere versie van SAFETI-NL uitgebracht. Voor versie 6.6 en 6.7 zijn wel Nederlandse versies ontwikkeld door DNVGL. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (destijds Infrastructuur en Milieu) heeft destijds besloten om deze versies niet te gaan gebruiken c.q. aan te wijzen in de Revi en de Revb. Voor 7.2 is geen Nederlandse versie ontwikkeld omdat de focus toen al lag op het gaan gebruiken van versie 8. Tussen 2009 en 2015 zijn nog wel drie 'patches' uitgebracht voor SAFETI-NL 6.54. Met deze patches zijn enkele belangrijke fouten in het rekenprogramma hersteld en is het gebruik van Windows 7 mogelijk gemaakt.

De belangrijkste verbeteringen in verschillende versies van SAFETI zijn vermeld in Tabel 2. De verbeteringen die na de ontwikkeling van 6.54 hebben plaatsgevonden, zijn niet beschikbaar voor de gebruikers van SAFETI-NL. In hoofdstuk 3 wordt besproken wat voor gevolgen dat heeft voor de bruikbaarheid van versie 6.54.

*Tabel 1 Beschikbare versies van SAFETI en SAFETI-NL sinds 2006*

<b>Versie</b>	<b>Jaartal ingebruikname internationale versie (SAFETI)</b>	<b>Jaartal ingebruikname Nederlandse versie (SAFETI-NL)</b>
6.51	2006	2006
6.53	2007	2007
6.54	2009	2009
6.6	2010	niet uitgebracht
6.7	2012	niet uitgebracht
7.1	2013, beperkte scope	
7.2	2016	niet ontwikkeld
8	2017	
8.1	2018	

Tabel 2 Belangrijkste verbeteringen ten opzichte van de voorgaande versie

<b>Versie</b>	<b>Jaartal ingebruik- name</b>	<b>Belangrijkste verbetering(en)</b>
6.51	2006	De verschillen met de voorgaande versie (6.4) zijn niet beschreven in de release notes van 6.51. SAFETI-NL 6.51 is de eerste versie van SAFETI-NL.
6.53	2007	Mogelijkheid om invoergegevens te exporteren naar Excel. Aangepaste berekening van de explosieve massa voor de vertraagde gaswolkexplosie. In de NL-versie zijn diverse inputvelden verwijderd, omdat ze volgens de Nederlandse handleiding niet gebruikt mogen worden.
6.54	2009	Invoering PGS-15 loodsbrandmodel Nieuw 'summary report' voor effectafstanden. Upgrade naar Windows Vista en Geomedia 6.1. Gebruik van de feitelijke terreingrens voor de kans op vertraagde ontsteking. Meer mogelijkheden voor 'risk ranking reports'.
6.6	2010	Aangepaste correlatie voor initiële druppelgrootte. Upgrade van het UDM dispersiemodel ('version 2'): o.a. betere koppeling tussen de wolk en de plas. Long-pipeline: uitbreiding voor niet-ideale gassen. CO <sub>2</sub> : naast de fasen gas en vloeistof nu ook vast. GIS-input: nieuwe dialoog voor automatische invoer vanuit GIS-databases, incl. nationaal populatiebestand. Upgrade naar Windows 7.
6.7	2012	Aangepaste correlatie voor initiële druppelgrootte. Actualisatie stofgegevens voor oplosbaarheid in water. Nieuwe indeling ontvlambaar/toxisch voor zeven NL stoffen. Verbeterde modellering voor uitstroming van stoffen binnen een gebouw. Verbeterde ligging van de vloeistofplas. Verbeterde berekening van de explosieve massa voor de vertraagde gaswolkexplosie. Mogelijkheid om 'fractie van de mensen binnen' specifiek per bevolkingsobject in te voeren.
7.1	2013	Beperkte versie: alleen voor effectberekeningen.
7.2	2016	Nieuwe softwarearchitectuur en gebruikersinterface voor SAFETI, nieuwe visualisatie- en uitvoermogelijkheden. Automatische lekfrequenties per diameter (NB: voor internationale gebruikers). Upgrade naar Windows 8.



<b>Versie</b>	<b>Jaartal ingebruik- name</b>	<b>Belangrijkste verbetering(en)</b>
8	2017	<p>Nieuw model voor het instantaan falen van tanks.            Verbeterde modellering van de expansie naar atmosferische druk.            Verbeterde nauwkeurigheid voor het berekenen van tijdsafhankelijke uitstroming uit een vat of korte pijp.            Opheffen maximale uitstroomsnelheid 500 m/s.            Verbeterde modellering dispersie: meenemen 'along-wind diffusion' en 'along-wind gravity spreading'.            Nieuw, dynamisch, vuurbalmodel.            Kleine aanpassing fakkelbrandmodel.            Nieuw long-pipeline model: uitstroomdebiet afhankelijk van de positie in de leiding.            Nieuw kratermodel voor ondergrondse leidingen.            Upgrade risicomodel (van MPACT naar IRISK): efficiënter (sneller) en nauwkeuriger.            Nieuw release scenario: fixed release rate.            ICT: gebruik grafische processor (GPU).</p>
8.1	2018	<p>Verbetering gebruiksvriendelijkheid: zichtbaarheid en kleurcodering van objecten op basis van actieve runrow.            ICT: multicore effect- en risicoberekeningen.</p>



### 3 Beperkingen ten aanzien van het gebruik van versie 6.54

De huidige versie van SAFETI-NL, versie 6.54, is uitgebracht in 2009. Anno 2018 zijn er verschillende beperkingen ten aanzien van de gebruikte softwaretechnologie en ten aanzien van de inhoudelijke modellen. Deze beperkingen worden in de volgende paragrafen beschreven.

De beperkingen worden inzichtelijk gemaakt door SAFETI-NL 6.54 te vergelijken met SAFETI 8.0 en 8.1.<sup>1,2</sup> De in versie 8 toegepaste verbeteringen komen voort uit experimenteel onderzoek, literatuurstudie, incidentonderzoeken, onderzoeken naar nieuwe technologieën en voortschrijdende technische mogelijkheden.

#### 3.1 Beperkingen ten aanzien van de gebruikte softwaretechnologie

##### 3.1.1 *Besturingssystemen*

Versie 6.54 is ontwikkeld voor het besturingssysteem Windows XP. In 2013 is een 'patch' uitgebracht om het gebruik van SAFETI-NL onder Windows 7 te faciliteren. Windows 7 wordt door Microsoft uitgefaseerd en wordt sinds 2015 nog maar beperkt ondersteund: alleen beveiligingslekken worden nog hersteld. Volgens de laatste berichten wordt deze 'extended support' voor Windows 7 stopgezet in 2020. Windows 8 is uitgebracht in 2012 en Windows 10 in 2015.

DNVGL garandeert niet dat SAFETI-NL 6.54 werkt en blijft werken onder Windows 8, Windows 10 en mogelijke toekomstige versies van Windows. De ervaring is dat SAFETI-NL 6.54 vaak wel draait onder Windows 8 en Windows 10, maar dat bij het installeren fouten kunnen optreden die met maatwerk moeten worden opgelost. De verwachting is dat de installatieproblemen in de toekomst zullen toenemen. Een upgrade naar Windows 8 en 10 is in principe mogelijk maar is relatief duur, omdat alleen Nederlandse gebruikers daar belang bij hebben.

SAFETI-NL 8 draait op Windows 7, Windows 8 en Windows 10. Upgrades naar mogelijke nieuwe Windowsversies zijn vanwege de aansluiting met de internationale versie van de software (SAFETI) eenvoudiger te realiseren.

##### 3.1.2 *Overige technische aspecten*

Naast de Windowsversie is het rekenprogramma ook op andere vlakken verouderd geraakt:

1. Bij het uitvoeren van berekeningen wordt maar één processor gebruikt. De voordelen van 'multicore' computers en laptops blijven daardoor onbenut.
2. De grafische processor (GPU) wordt niet gebruikt voor de berekeningen. Grafische processoren zijn uitgesproken geschikt

<sup>1</sup> SAFETI 8.0 en 8.1 zijn inhoudelijk nagenoeg gelijk maar verschillen in technische aspecten zoals de mogelijkheden voor 'parallel computing'. Wanneer het onderscheid tussen versie 8.0 en 8.1 niet relevant is, wordt gesproken over versie 8.

<sup>2</sup> SAFETI 8.0 is uitgebracht in het najaar van 2017. SAFETI 8.1 is uitgebracht in het voorjaar van 2018.

- voor sommige onderdelen van de berekeningen, zoals gridberekeningen. Het gebruik van de grafische processor kan een aanzienlijke versnelling van de rekentijd opleveren.
3. De 'look and feel' van het programma sluit steeds minder aan bij actuele software; de gebruikersinterface oogt daardoor in toenemende mate gedateerd.

SAFETI-NL 8 heeft een gebruikersinterface met een moderne 'look and feel'. Het gebruik van de grafische processor wordt ondersteund. Effect- en risicoberekeningen kunnen nog niet parallel worden uitgevoerd. In versie 8.1 wordt de gebruikersinterface verder verbeterd. Zo wordt de kleurencodering en de weergave van scenario's weer afgestemd op de actieve runrow (zoals overigens ook in versie 6.54 het geval is). Verder kunnen effect- en risicoberekeningen in versie 8.1 parallel worden uitgevoerd. Beide verbeteringen in versie 8.1 zijn interessant voor Nederlandse gebruikers.

### **3.2 Beperkingen ten aanzien van de validiteit van modellen**

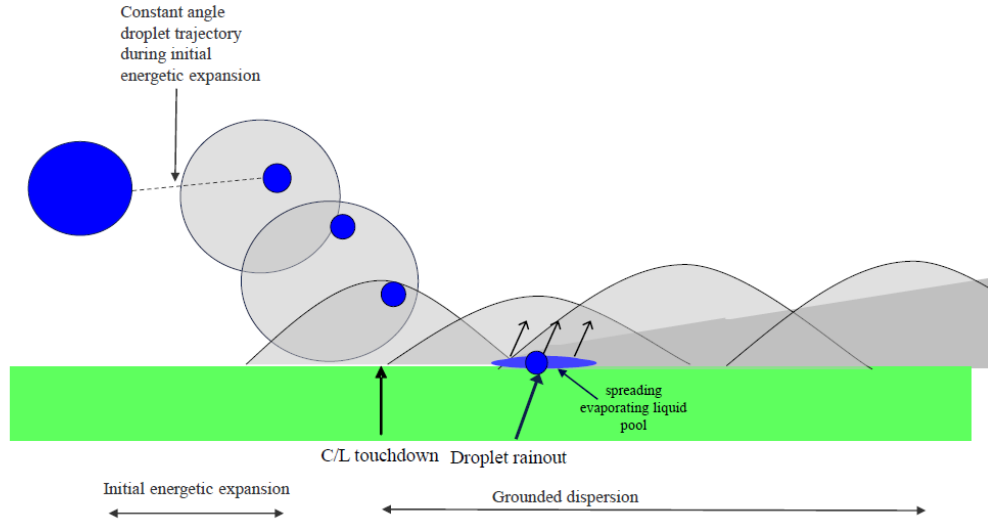
De inhoudelijke modellen van versie 6.54 dateren uit 2009. Anno 2018 kan geconstateerd worden dat deze modellen deels verouderd zijn. De beperkingen van de inhoudelijke modellen in versie 6.54 worden inzichtelijk gemaakt door ze te vergelijken met de modellen in SAFETI 8. Deze modellen gelden volgens RIVM als 'state of the art'.

Bijlage 1 bevat een overzicht van alle wijzigingen in de modellen van SAFETI tussen versie 6.54 en versie 8. In de volgende paragrafen worden de belangrijkste veranderingen genoemd, inclusief korte toelichting. De theoretische achtergrond en de uitkomsten van validatieberekeningen zijn uitgebreider beschreven in documentatie van DNVGL ([8], [9], [10]).

#### *3.2.1 Nieuw model voor instantane releases*

Versie 6.54 bevat een model voor het vrijkomen van gas en vloeistof bij het instantaan falen van een tank. Dit model ('pressurised instantaneous release') wordt gebruikt voor zowel druktanks als atmosferische tanks met een hydrostatische druk door toedoen van de vloeistofkolom. In het 6.54-model worden gas en vloeistof bij een instantane release in één vaste richting uitgeworpen, namelijk met de wind mee en 39,5° ten opzichte van de horizontale as (Figuur 1). Dit leidt er onder meer toe dat de vloeistof een relatief grote verplaatsing ondergaat, te veel verdampt en op de verkeerde locatie op de grond terechtkomt.

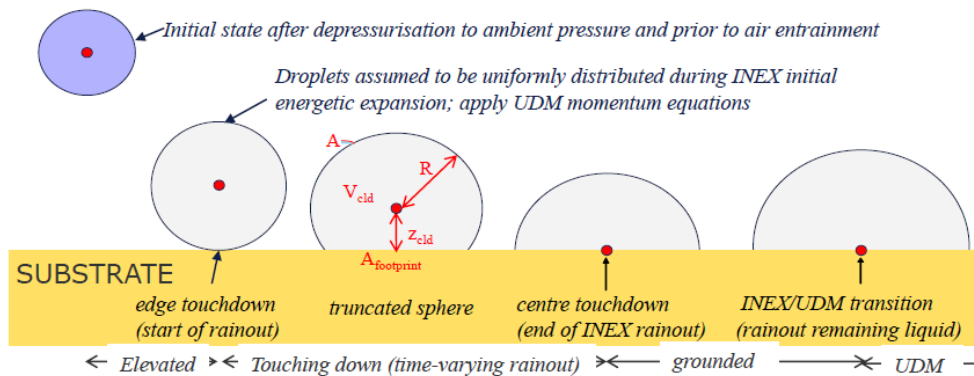
## Droplet evaporation – instantaneous – old UDM INEX model



Figuur 1 Weergave van het 6.54-model voor instantane releases (afbeelding van DNVGL)

In versie 8 is op initiatief van RIVM en naar aanleiding van de modevaluatie [11] voor het Buncefield-ongeval in het Verenigd Koninkrijk in 2005, een geheel nieuw model ontwikkeld (zie Figuur 2). In het nieuwe model vindt expansie in alle richtingen plaats en wordt de verplaatsing van damp en vloeistof bepaald door de wind en de zwaartekracht. Het deel van de bol dat de grond raakt, regent uit. Het nieuwe model is een fysisch realistischere weergave van de werkelijkheid. De dampwolk in het nieuwe model heeft een grotere straal en verplaatst zich aanvankelijk sneller dan in het oude model. Bij scenario's met vloeistoffen of tot vloeistof verdichte gassen regent er meer vloeistof uit. De uitkomsten van de validatie zijn voor het nieuwe model overwegend beter dan voor het huidige.

## New INEX dispersion stages (elevated, touching down, grounded)

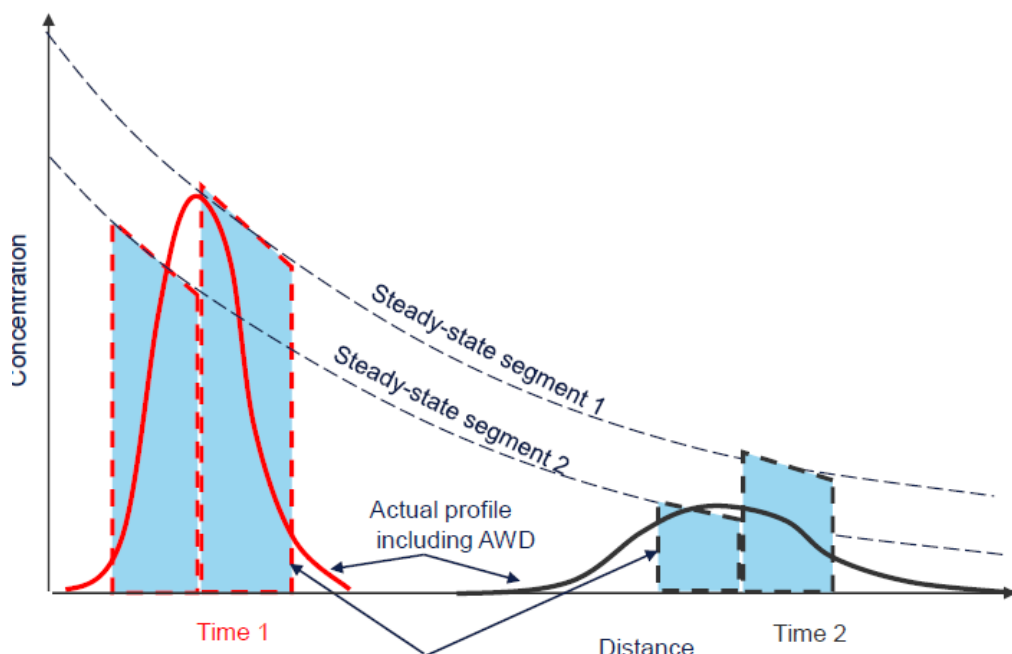


Figuur 2 Weergave van het model voor instantane releases in SAFETI 8 (openvolgende weergaves in de tijd) (afbeelding van DNVGL)

### 3.2.2 *Along-wind diffusion en along-wind gravity spreading*

In tegenstelling tot versie 6.54 houdt het dispersiemodel in SAFETI 8 voor continue uitstromingen rekening met diffusie langs de windrichting ('along-wind diffusion') en met zwaartekrachtseffecten langs de windrichting ('along-wind gravity spreading'). In versie 6.54 leidt het verwaarlozen van deze effecten tot te weinig verdunning en tot een wolk met een onrealistische breedte en een onrealistische maximale effectafstand. De tekortkomingen zijn vooral zichtbaar bij lage windsnelheden, bij scenario's met meerdere uitstroomsegmenten (plasverdamping en/of 'time varying release') en bij het vrijkomen van zware gassen. Verder is het effect van het meenemen van diffusie langs de windrichting vooral op grotere afstand van de bron zichtbaar. Hierdoor is het vooral relevant voor de toxische effectafstanden. Zwaartekrachtseffecten spelen alleen in de nabijheid van de bron een rol en zijn daardoor vooral van invloed op de afstand tot de LFL voor ontvlambare stoffen.

Het nieuwe model is een fysisch realistischere weergave van de werkelijkheid. Het nieuwe model is uitgebreid gevalideerd. De uitkomsten van de validatie zijn wisselend: voor sommige experimenten is het nieuwe model beter dan het huidige, voor andere niet. De beschrijving van de validatie wordt (standaard) meegeleverd met de installatie van SAFETI-NL.



Figuur 3 Verspreiding zonder along-wind diffusion (gestippelde lijnen) en met along-wind diffusion (doorgetrokken lijnen) voor een scenario met twee uitstroomsegmenten (afbeelding van DNVGL)

### 3.2.3 *Plasvorming, -spreiding en -verdamping*

De modellering van plasvorming, plasspreiding en plasverdamping is in versie 8 op verschillende punten gewijzigd ten opzichte van het model in versie 6.54:

- i. Voor continue releases wordt sinds versie 6.7 een nieuwe correlatie gebruikt voor de druppelgrootte; dit resulteert in een

grotere hoeveelheid uitgeregende vloeistof. De nieuwe correlatie is gebaseerd op recent experimenteel onderzoek en literatuuronderzoek.

- ii. De tankput ligt gecentreerd rond het uitstroompunt; in versie 6.54 ligt de tankput gecentreerd rond het uitregenpunt. De nieuwe modellering is fysisch gezien realistischer, hoewel ze in de toekomst verder kan worden verbeterd door de ligging van de bund op de kaart in te voeren.
- iii. De plasverdamping wordt in versie 8 bepaald en gemodelleerd met 'observers' in plaats van segmenten; dit geeft een meer continu verloop van de plasverdamping en voorkomt daarmee discontinuïteiten.
- iv. De observers worden bovenwinds van de plas losgelaten; dit geeft vooral boven en nabij de plas nauwkeurigere resultaten.
- v. Voor een vloeistofplas op land wordt de plasverdamping in versie 8 (weer) berekend met de oorspronkelijke correlatie van MacKay en Matsugu. Bij validatieberekeningen bleek dat deze correlatie de beste validatieuitkomsten gaf.

### 3.2.4 *Dynamisch vuurbalmodel*

In versie 6.54 is het vuurbalmodel statisch; het gaat uit van een vaste hoogte, diameter en oppervlaktewarmtestralingsintensiteit ('surface emissive power') van de vuurbal. In de praktijk groeit en stijgt de vuurbal, en neemt de oppervlaktewarmtestralingsintensiteit met de groei van de vuurbal af. In SAFETI 8 is daarom op verzoek van RIVM een dynamisch vuurbalmodel geïmplementeerd; het Martinsen en Marx-model [12]. In tegenstelling tot het huidige model, gaat het nieuwe model uit van veranderende eigenschappen van de vuurbal, namelijk het opstijgen, de toenemende straal, en de afnemende oppervlaktestralingsintensiteit. In de meeste gevallen worden effectafstanden kleiner met het nieuwe model. De validatieuitkomsten verbeteren.

### 3.2.5 *Effecten bij directe ontsteking bij het instantaan vrijkomen van ontvlambare stoffen*

Samenhangend met het nieuwe vuurbalmodel is de gebeurtenissenboom voor directe ontsteking bij het instantaan vrijkomen van ontvlambare producten in versie 8 veranderd. In SAFETI-NL 6.54 geeft directe ontsteking ofwel een vuurbal,<sup>3</sup> ofwel een directe wolkbrand ofwel een directe explosie.<sup>4</sup> Wolkbrand, vuurbal en explosie kunnen in de praktijk niet los van elkaar gezien worden, wat leidde tot discussie over de betekenis van 'directe wolkbrand' en 'directe explosie'. In versie 8.0 wordt directe ontsteking alleen geassocieerd met een vuurbal. Dit is volgens RIVM het realistische effect.

<sup>3</sup> Het instantaan vrijkomen met directe ontsteking van een gecompriëerd gas leidt tot een vuurbal; het instantaan vrijkomen met directe ontsteking van een tot vloeistof verdicht gas leidt tot een BLEVE gevolgd door een vuurbal (en plasbrand indien van toepassing). Zowel in SAFETI-NL 6.54 als in 8.0 worden alleen de effecten van een vuurbal (en plasbrand) meegenomen: de effecten van de overdruk worden niet meegenomen.

<sup>4</sup> Als er vloeistof uitregent, dan worden deze effecten vergezeld van een plasbrand.

*Tabel 3 Gebeurtenissenbomen voor directe ontsteking bij het instantaan vrijkomen van ontvlambare stoffen*

<b>Effect</b>	<b>Vervolgkans in versie 6.54</b>	<b>Vervolgkans in versie 8</b>
Vuurbal (+ plasbrand)	0,7	1
Directe wolkbrand (+ plasbrand)	0,18	0
Directe explosie (+ plasbrand)	0,12	0

### 3.2.5.1 Ondergrondse en ingeterpte tanks

Voor ondergrondse en ingeterpte tanks wordt de optie 'ignore fireball risk' gebruikt. In versie 6.54 wordt met deze optie bij directe ontsteking het vervolgeffect vuurbal buiten beschouwing gelaten, inclusief de bijbehorende plasbrand (zie Tabel 4). De achterliggende gedachte is dat ingeterpte en ondergrondse reservoirs een lagere faalfrequentie hebben en dat (warme) BLEVE door externe aanstraling niet mogelijk is. In versie 8 wordt met de optie 'ignore fireball risk' alleen de vuurbal buiten beschouwing gelaten. De eventuele plasbrand wordt wel meegenomen in de risicoberekening. Daarmee heeft de optie een ander effect: er is geen sprake van een lagere faalfrequentie, alleen van andere vervolgeffecten.

Als het interpen of ondergronds brengen van een tank wordt gezien als een maatregel die de kans op instantaan falen beperkt, onder meer omdat een warme BLEVE door externe aanstraling niet mogelijk is, dan is de meest logische modelleerwijze een lagere faalkans in combinatie met een vuurbal en eventueel plasbrand. Dit kan worden gemodelleerd met een vervolgkans van 0,3 voor vuurbal + plasbrand.

*Tabel 4 Gebeurtenissenbomen voor directe ontsteking bij het instantaan vrijkomen van ontvlambare stoffen in combinatie met de optie 'ignore fireball risk'*

<b>Effect</b>	<b>Vervolgkans in versie 6.54</b>	<b>Vervolgkans in versie 8</b>	<b>Nieuw voorstel</b>
Geen effect	0,7		0,7
Alleen plasbrand		1	
Vuurbal (+ plasbrand)			0,3
Directe wolkbrand (+ plasbrand)	0,18		
Directe explosie (+ plasbrand)	0,12		

### 3.2.6 Hoogte voor het bepalen van de kans op vertraagde ontsteking

De kans op vertraagde ontsteking hangt af van de aanwezigheid van ontstekingsbronnen in het gebied waar de wolk ontvlambaar is, c.q. waar de concentratie hoger is dan de 'lower flammability limit' (LFL) en lager dan de 'upper flammability limit' (UFL). In versie 6.54 werd gecontroleerd of de concentratie op 1 m hoogte hoger was dan de LFL.<sup>5</sup> Bovendien werd de vorm van de wolk (footprint) vereenvoudigd met een ellips. In versie 8 wordt gekeken of de concentratie van de wolk op de pluimas hoger is dan de LFL. De vereenvoudiging met ellipsen wordt niet meer gebruikt.

<sup>5</sup> Er wordt geen check op de UFL uitgevoerd. In het algemeen ligt de UFL dicht bij de uitstroomblocatie.



De aanpassing leidt tot een grotere kans op vertraagde ontsteking en is daarmee conservatief.

### 3.2.7 *Blootstellingsduur voor brandscenario's korter dan 20 s*

In versie 6.54 werd voor blootstelling aan warmtestraling van een plasbrand of fakkelbrand uitgegaan van een vaste blootstellingstijd van 20 s. In versie 8 wordt de werkelijke blootstellingsduur gebruikt met een maximum van 20 s. De aanpassing is relevant voor scenario's met een zeer korte duur: zoals het vrijkomen van ontvlambare gassen vanuit leidingen met zeer snel sluitende kleppen. Met het veranderen van de blootstellingstijd is ook het warmtestralingscriterium voor het berekenen van de overlijdenskans aangepast, zie paragraaf 3.2.8.

### 3.2.8 *Kans op overlijden ten gevolge van warmtestraling*

Met de gewijzigde blootstellingsduur voor fakkelbranden en plasbranden (zie paragraaf 3.2.7) zijn ook de criteria voor het berekenen van de overlijdenskans voor fakkelbranden en plasbranden aangepast.

In versie 6.54 is de overlijdenskans 1 zodra de warmtestraling hoger is dan  $35 \text{ kW/m}^2$ , zie Tabel 5. Deze waarde ( $35 \text{ kW/m}^2$ ) was gebaseerd op een blootstellingsduur van minimaal 20 s en werd zowel voor de berekening van het plaatsgebonden risico als voor de berekening van het groepsrisico gebruikt. Voor lagere stralingswaarden werd de kans op overlijden berekend met een probitrelatie. Voor de berekening van het groepsrisico werden correctiefactoren toegepast voor het mitigerende effect van kleding (buiten) en voor de bescherming van een gebouw (binnen).

*Tabel 5 Overlijdenskans voor warmtestraling in versie 6.54*

Gebied	Berekening PR	Berekening GR: personen buiten	Berekening GR: personen binnen
Vlamgebied of stralingsintensiteit $\geq 35 \text{ kW/m}^2$	1	1	1
Stralingsintensiteit $< 35 \text{ kW/m}^2$	$P_{\text{let}}(Q,t)$	$0,14 \times P_{\text{let}}(Q,t)$	0

In versie 8 is de minimale veronderstelde blootstellingsduur van 20 s voor fakkelbranden en plasbranden opgeheven. De berekening van de overlijdenskans is consistent gemaakt met die voor een vuurbal: binnen de vlam is de overlijdenskans 1 en daarbuiten wordt deze berekend met de probitrelatie. Om dit te realiseren, is de 'radiation level for fireball/jet/pool fire risk' verhoogd naar  $400 \text{ kW/m}^2$ , zie Tabel 6.

*Tabel 6 Overlijdenskans voor brand en warmtestraling in versie 8*

Gebied	Berekening PR	Berekening GR: personen buiten	Berekening GR: personen binnen
Vlamgebied of stralingsintensiteit $\geq 400 \text{ kW/m}^2$	1	1	1
Stralingsintensiteit $< 400 \text{ kW/m}^2$	$P_{\text{let}}(Q,t)$	$0,14 \times P_{\text{let}}(Q,t)$	0

De wijziging blijkt een onvoorziene impact te hebben op de berekening van het groepsrisico. Bij stralingswaarden beneden  $400 \text{ kW/m}^2$  is de overlijdenskans voor het groepsrisico voor mensen buiten maximaal 0,14 en voor mensen binnen altijd gelijk aan 0. Deze waarden zijn volgens RIVM, bij nader inzien, onrealistisch laag. RIVM onderzoekt nog of er een oplossing mogelijk is die neutraal is voor de berekening van het plaatsgebonden risico en meer realistisch voor de berekening van het groepsrisico.

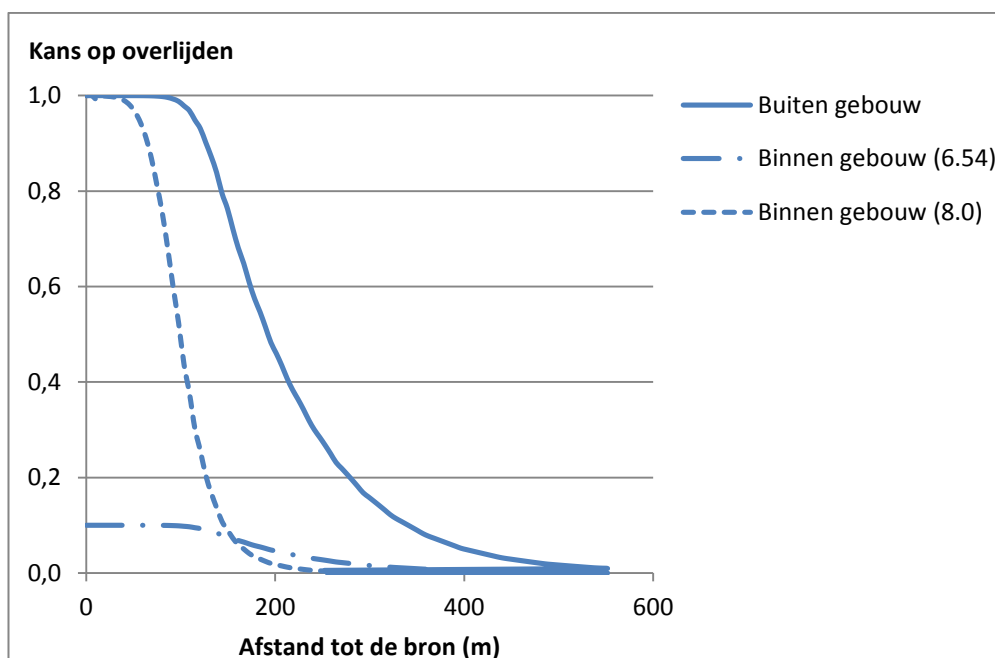
### 3.2.9 *Verhoging maximale uitstroomsnelheid*

In versie 6.54 is de uitstroomsnelheid na expansie tot atmosferische druk ('final release velocity') beperkt tot maximaal 500 m/s. Op initiatief van RIVM en op aanbeveling van Nederlandse gebruikers is deze waarde opnieuw beschouwd. Daarbij bleek dat de waarde 500 m/s in het verleden is aangenomen zonder goede onderbouwing en dat deze fysisch niet realistisch is. In versie 8 is daarom de beperking opgeheven. Vooral voor de uitstroming van lichte gassen, zoals waterstof en methaan, onder hoge druk, is de uitstroomsnelheid in versie 8 nu hoger dan 500 m/s. Als gevolg daarvan treedt er direct volgend op de uitstroming meer luchtinmenging op en wordt de opwaartse kracht ('buoyancy') van de gaswolk beperkt. De maximale afstand tot de LFL-concentratie kan daardoor toenemen.

### 3.2.10 *Berekening van de overlijdenskans binnen een gebouw voor toxische scenario's*

De overlijdenskans binnen een gebouw is van invloed op het berekende groepsrisico, en niet op het berekende plaatsgebonden risico. In SAFETI-NL 6.54 wordt de vereenvoudiging gebruikt dat de overlijdenskans binnen een gebouw voor toxische scenario's 10% is van de overlijdenskans buiten het gebouw. Verwacht werd dat met deze aanname de rekestijd kon worden verminderd. De manier waarop de overlijdenskans binnen een gebouw wordt berekend, bleek echter niet van invloed op de rekestijd. Daarom is de modelleerwijze aangepast. In de voorgestelde SAFETI-NL 8 wordt deze overlijdenskans berekend op basis van de concentraties die binnen het gebouw ontstaan ten gevolge van de concentratie buitenshuis en van het ventilatievoud van het gebouw.

Het effect van de wijziging is plaats- en scenarioafhankelijk, zie Figuur 4. Vooral in de omgeving van het uitstroompunt, waar de concentraties toxische stoffen relatief groot zijn, kan de nieuwe rekenwijze leiden tot een hogere berekende overlijdenskans. Verder weg kan de wijziging leiden tot een lagere berekende overlijdenskans.



Figuur 4 Voorbeeld van berekende overlijdenskansen binnen en buiten een gebouw met versie 6.54 en versie 8

### 3.2.11 Oplosbaarheid in water

In versie 6.54 zijn stofeigenschappen met betrekking tot de oplosbaarheid in water veelal onbekend en 'op nul gezet'. Op initiatief van RIVM en op aanbeveling van Nederlandse gebruikers is een literatuuronderzoek gedaan naar de oplosbaarheidsgegevens. Dit heeft geleid tot nieuwe waarden voor de oplosbaarheid van stoffen en de oplosenthalpie ervan. De wijziging heeft alleen effect op scenario's met uitstroming op water. De richting van het effect verschilt per stof. Voor sommige stoffen waar de oplosbaarheid voorheen 0 was en in versie 8 groter dan 0, neemt de plasverdamping toe. De oorzaak daarvan is dat de temperatuur van de plas kan toenemen door de positieve oplosenthalpie.

### 3.2.12 Nieuw long pipeline risk model

In versie 6.54 wordt voor de uitstroming vanuit een lange leiding één uitstroombesluit gebruikt. De gebruiker dient na te gaan of de invoergegevens voldoende representatief zijn voor de hele leiding. In versie 8 is de berekening van het uitstroomdebiet voor verschillende locaties in de leiding geautomatiseerd. Daarbij wordt de leiding opgedeeld in meerdere segmenten. Per segment wordt het uitstroomdebiet bepaald op basis van de ligging van het segment ten opzichte van het begin- en eindpunt van de leiding en ten opzichte van eventuele kleppen in de leiding. Het model in versie 8 is fysisch realistischer. De impact van de wijziging is sterk afhankelijk van de manier waarop het scenario in versie 6.54 is gemodelleerd.

### 3.2.13 Kratereffecten voor uitstroming vanuit ondergrondse leidingen

Bij een uitstroming vanuit een ondergrondse leiding ontstaat een krater. In de krater wordt additionele lucht ingemengd en wordt de snelheid van de uitstroming beperkt. Beide parameters hangen af van de positie van het lek en de omvang van de krater. In versie 6.54 wordt geen rekening

gehouden met deze invloed van de krater. In versie 8 kan de invloed van de krater wel worden meegenomen. RIVM zal dat in een aparte studie onderzoeken.

#### 3.2.14 *Robuustere algoritmes en verkleining van stapgroottes*

De nauwkeurigheid van verschillende algoritmes en modellen is tussen versie 6.54 en versie 8 verbeterd. Het betreft onder meer de algoritmes voor het berekenen van tijdsafhankelijke release, van uitstroming vanuit een lange leiding en van interacties tussen de vloeistofplas en de dampwolk. Voor het berekenen van de verspreiding van toxische stoffen is de stapgrootte verkleind. Voor de risicoberekening heeft het aftelbare aantal windrichtingen in versie 6.54 (default 12) plaatsgemaakt voor een continue distributie over alle mogelijke windrichtingen.

De genoemde veranderingen leiden tot een meer nauwkeurige berekening van effecten.

#### 3.2.15 *Fixed rate*

In versie 8 kan voor het uitstromen van gevaarlijke stoffen uit een korte leiding, inclusief laad- of loslang of laad- of losarm, worden aangegeven wat het uitstroomdebiet is. Dit is strikt genomen geen inhoudelijke wijziging, maar een vergroting van het bedieningsgemak.

### 3.3 **Gevolgen van de wijzigingen voor de rekentijd**

De inhoudelijke modellering is op verschillende onderdelen nauwkeuriger geworden, bijvoorbeeld doordat meer gegevens worden bijgehouden of doordat stapgroottes zijn verkleind. Hierdoor neemt de rekentijd toe. Andere algoritmen zijn juist efficiënter (sneller) gemaakt. In totaal zal de benodigde rekencapaciteit voor de meeste studies toenemen. Dit leidt in principe tot een toename van de rekentijd. De nieuwe ICT-mogelijkheden, zoals het gebruik van de grafische processor en het gebruik van meerdere processoren (vanaf versie 8.1), leiden juist tot een afname van de rekentijd.

De rekentijd is in versie 8.1 kleiner dan in versie 8.0 doordat het in versie 8.1 mogelijk is om berekeningen parallel uit te voeren. De totale rekentijd hangt af van de aard van de scenario's in de studie en van de gebruikte hardware. Op basis van een beperkte analyse voor 15 rekenbestanden is de verwachting dat het doorrekenen van een rekenbestand in versie 8.1 ten opzichte van versie 6.54 100% tot 200% langer duurt.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> De vergelijking geldt voor het doorrekenen van hetzelfde bestand op dezelfde computer. Sinds het verschijnen van versie 6.54 in 2009 zijn computers aanmerkelijk sneller geworden. Ten opzichte van de situatie in 2009 is de rekentijd niet toegenomen.

## 4 Conclusies

In dit rapport zijn verschillende technische en inhoudelijke beperkingen van het rekenprogramma SAFETI-NL 6.54 beschreven. SAFETI-NL 6.54 is anno 2018 zowel technisch als inhoudelijk verouderd. De versie is technisch verouderd omdat het gebruik van Windows 8, Windows 10 en mogelijke toekomstige versies van Windows niet wordt ondersteund en omdat actuele ICT-mogelijkheden voor het beperken van rekentijd niet worden benut. Ook inhoudelijk gezien is SAFETI-NL 6.54 verouderd. Sinds de release van 6.54 in 2009 zijn in de internationale versie meer dan 40 verbeteringen gerealiseerd. Gezamenlijk hebben deze wijzigingen betrekking op bijna alle onderdelen van de risicoberekeningen. Verschillende belangrijke modellen zijn vervangen door geheel nieuwe, fysisch realistischere, alternatieven. Vanwege het aantal modelveranderingen en de significante aard ervan, kan worden gesteld dat versie 6.54 inhoudelijk gezien niet meer actueel is.



## Referenties

- [1] Besluit van 27 mei 2004, houdende milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichtingen milieubeheer (Besluit externe veiligheid inrichtingen). Beschikbaar via <http://wetten.overheid.nl/BWBR0016767/2016-01-01> (ingezien op 3 november 2017).
- [2] Besluit van 24 juli 2010, houdende milieukwaliteitseisen externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen (Besluit externe veiligheid buisleidingen). Beschikbaar via <http://wetten.overheid.nl/BWBR0028265/2014-11-01> (ingezien op 3 november 2017).
- [3] Regeling van 8 september 2004, houdende regels met betrekking tot afstanden en de wijze van berekening van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico ter uitvoering van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Regeling externe veiligheid inrichtingen). Beschikbaar via <http://wetten.overheid.nl/BWBR0017168/2016-06-29> (ingezien op 5 januari 2018).
- [4] Regeling van 30 december 2010, houdende regels over de toepassing van het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Regeling externe veiligheid buisleidingen). Beschikbaar via <http://wetten.overheid.nl/BWBR0029356/2014-07-01> (ingezien op 5 januari 2018).
- [5] Handleiding risicoberekeningen Bevi, versie 3.3. RIVM. 1 juli 2015.
- [6] Handleiding risicoberekeningen Bevb, versie 2.0. RIVM. 1 juli 2014.
- [7] Consequentieonderzoek SAFETI-NL 8: verschillen tussen versie 6.54 en 8 en de impact daarvan. RIVM. 2018
- [8] SAFETI-NL Release notes for version 6.7. DNV Software. 2014 (alleen beschikbaar voor gebruikers van SAFETI-NL)
- [9] Release notes SAFETI™ – taking hazard and risk analysis one step further. DNVGL. November 2017.
- [10] Results differences between versions of Phast and Safeti. DNVGL. 2017 (alleen beschikbaar voor gebruikers van PHAST, SAFETI en SAFETI-NL).
- [11] Evaluation of the Dutch QRA directives for storage and transportation of flammable liquids. RIVM rapport 620550001. 2010.
- [12] An improved model for the prediction of radiant heat from fireballs. W.E. Martinsen en J.D. Marx. 1999 International conference and workshop on modeling consequences of accidental releases of hazardous materials. 1999.





## Bijlage 1 Overzicht van wijzigingen tussen versie 6.54 en versie 8

In deze bijlage worden alle belangrijke wijzigingen tussen versie 6.54 en versie 8 beschreven. In navolging van de manier waarop DNVLG de wijzigingen heeft bijgehouden ([8], [10]), maken we onderscheid naar wijzigingen tussen versie 6.54 en 6.7 enerzijds en tussen versie 6.7 en 8 anderzijds.

### Doorgevoerde wijzigingen in versie 6.7 ten opzichte van versie 6.54

#### 1. Stofeigenschappen:

- a. actualisatie van stofeigenschappen met betrekking tot de oplosbaarheid in water;
- b. gewijzigde indeling toxisch (T), ontvlambaar (F) of beide (T+F) voor zeven stoffen:

Stofnaam	CAS nummer	6.54	6.7
Chloorpropeen	107-05-1	T+F	F
Benzylchloride	1004-46-7	T+F	T
Dimethylamine	124-40-3	T+F	F
Trimethylamine	121-44-8	T+F	F
Formaldehyde	50-00-0	T+F	T
Styreen	100-42-5	T+F	F
Tolueen	108-88-3	T+F	F

#### 2. Uitstroming:

- a. Vessel/pipe source:
    - i. verbeterde modellering van het tijdsafhankelijke uitstroomdebiet (indien aangevinkt).
  - b. Long pipeline model voor gecompriemd gas (GASPIPE):
    - i. meenemen van niet-ideaal gaseffecten;
    - ii. verbeterde nauwkeurigheid van de choked-flow vergelijkingen;
    - iii. verbeterde nauwkeurigheid van de berekening van het uitstroomdebiet en de uitstroomduur;
    - iv. verbeterde berekening van het uitstroomdebiet in het laatste tijdsegment bij pompdebiet > 0.
  - c. Uitstroming binnen een gebouw (INBU):
    - i. meer consistentie in de berekeningen, onder andere met betrekking tot de verdamping, de ventilatie en de emissieduur.
- #### 3. Plasvorming en plasverdamping:
- a. verbeterde correlatie voor de druppelgrootte;
  - b. verbeterde druppelmodellering (temperatuur, verdamping, trajectorie).
- #### 4. Dispersie:
- c. efficiëntere programmering en betere aansluiting tussen submodellen;
  - d. kleinere default maximale stapgrootte voor instantane releases;
  - e. meenemen van vaste stof-effecten voor CO<sub>2</sub>.

5. Brand:
  - a. plasbrand: verbeterde locatie van de plasbrand bij aanwezigheid van een tankput: voorheen was de tankput gecentreerd rond het punt van uitregenen, nu is de tankput gecentreerd rond het uitstroompunt (m.b.t. plasbrand);
  - b. fakkelbrand: korte uitstroomduur (kleiner dan 20 s) relevant voor dosisberekening;
  - c. loodsbrand: verbeterde brontermberekening voor opslagen met fluor en broom.
6. Risicoberekening (MPACT):
  - a. kans op vertraagde ontsteking: in versie 6.54 werd voor het bepalen van de kans op vertraagde ontsteking gekeken naar de concentratie op 1 m hoogte, in versie 6.7 (en 8) naar de concentratie op willekeurige hoogte;
  - b. effectgebieden vertraagde explosie: de gebieden waar de overdruk groter is dan 0,1 bar en 0,3 bar worden berekend met een correlatie uit het multi-energiemodel in plaats van de Parse Boek-correlaties.
  - c. vertraagde plasbrand wordt, indien aanwezig, ook meegenomen bij vertraagde explosie (voorheen alleen bij vertraagde wolkbrand);
  - d. geen vertraagde ontsteking voor K2-, K3- en K4-vloeistoffen, in overeenstemming met de Handleiding risicoberekeningen Bevi.
7. Gebruikersinterface:
  - a. verbeterde mogelijkheden voor invoer van GIS-gegevens.
8. Overig:
  - a. bug fixes.

### **Doorgevoerde wijzigingen in versie 8 ten opzichte van versie 6.7**

1. Stofeigenschappen:
2. Uitstroming:
  - a. nieuw model voor het instantaan falen van een tank;
  - b. verbeterde nauwkeurigheid van de modellering van de expansie naar 'orifice conditions';
  - c. nieuwe correlaties voor de expansie naar atmosferische druk;
  - d. maximale uitstroomsnelheid niet langer (default) begrensd op 500 m/s;
  - e. verbeterde nauwkeurigheid van de berekening van tijdsafhankelijke releases;
  - f. line rupture model: ook de massa in het (korte) leidingdeel wordt berekend en meegenomen.
  - g. long Pipeline model:
    - i. automatische verdeling in segmenten met variabele uitstroomdebieten op basis van 'pumped inflow' en eventuele aanwezigheid en werking van kleppen in de leiding;
    - ii. automatische 'event spacing' voor risicoberekeningen
    - iii. mogelijkheid om rekening te houden met de invloed van de krater (beschikbaarheid in SAFETI-NL nog ter overweging);
3. Plasvorming en plasverdamping:
  - a. verbeterd model voor plasverspreiding en -verdamping;
  - b. ook voor plasverdamping en dispersie ligt de bund rondom het uitstroompunt (voorheen het uitregenpunt);
  - c. nieuwe correlatie voor plasverdamping op land (MacKay en Matsuga).

4. Dispersie:
  - a. nieuwe aanpak dispersieberekeningen: observers in plaats van segmenten;
  - b. meenemen van diffusie langs de windrichting;
  - c. meenemen van zwaartekrachtseffecten langs de windrichting.
5. Brand:
  - a. nieuw, dynamisch, vuurbalmodel;
  - b. fakkelbrand:
    - i. aanpassen hellingshoek van de vlam wanneer de gemodelleerde vlam deels onder maaiveldniveau komt;
    - ii. maximale oppervlaktestralingsintensiteit (surface emissive power) verlaagd tot 350 kW/m<sup>2</sup>.
6. Risicoberekening (MPACT):
  - a. ontvlambare stoffen: nieuwe gebeurtenissenboom voor instantaan falen: altijd vuurbal, eventueel in combinatie met plasbrand;
  - b. plasbrand, fakkelbrand en vuurbal: buiten de vlam wordt de overlijdenskans altijd met een probitrelatie berekend, ook als de warmtestraling groter is dan 35 kW/m<sup>2</sup>. Om dit te realiseren is de 'radiation level for fireball/jet/pool fire risk' verhoogd naar 400 kW/m<sup>2</sup>.
  - c. verspreiding ontvlambare stoffen: kleinere stappen voor het bepalen van de kans op vertraagde ontsteking;
  - d. verspreiding toxische stoffen:
    - i. stapgrootte voor verspreidingsberekening niet langer vaste waarde maar afhankelijk van de omvang van het effectgebied;
    - ii. berekening van de overlijdenskans in een gebouw (voor groepsrisico) op basis van de concentraties in het gebouw;
  - e. betere, analytische, oplossing voor de windroos;
  - f. default aantal gridcellen voor risicogrid verhoogd naar 160.000;
  - g. hogere resolutie in de bepaling van aantallen slachtoffers voor het groepsrisico.
7. Gebruikersinterface:
  - a. geheel vernieuwde gebruikersinterface:
    - i. equipment level en scenario level; eerst worden de installatie-eigenschappen ingevoerd, daarna de daarmee samenhangende uitstroombenamingen;
    - ii. grid view: mogelijkheid om invoerdata als een spreadsheet/tabel te bekijken;
    - iii. run rows: andere 'look and feel';
    - iv. rapporten en grafieken: meer mogelijkheden en andere aanpak om rapporten en grafieken aan te maken.
  - b. Fixed release rate scenario: nieuwe mogelijkheid om het uitstroomdebiet en de uitstroomduur als invoer te gebruiken.
8. Overig:
  - a. verschillende algoritmes sneller gemaakt;
  - b. mogelijkheid om meerdere processoren te gebruiken (parallel computing) en mogelijkheid om grafische processor (GPU) in te zetten voor berekeningen;
  - c. bug fixes.

## Bijlage 2 Reacties op het conceptrapport

Een conceptversie van dit rapport is voor inhoudelijk commentaar verstuurd naar alle betrokkenen. Zij konden aangeven welke belangrijke opmerkingen zij in deze bijlage wilden laten opnemen. Er waren geen personen of organisaties die van deze gelegenheid gebruik wilden maken.



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*