



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

Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor

Een actualisatie op basis van grote
ongevallen in Europa

Bij dit rapport hoort een bijlage

RIVM-rapport 2019-0208

P.A.M. Uijt de Haag et al.



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

Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor

Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa

Bij dit rapport hoort een [bijlage](#)

RIVM-rapport 2019-0208

Colofon

© RIVM 2020

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-2019-0208

P.A.M. Uijt de Haag (auteur), RIVM
H.G. Bos (auteur), AVIV
A.J.H. Schulenberg (auteur), AVIV
P.G.J. Timmers (auteur), RIVM
M. van de Ven (auteur), RIVM

Contact:

Paul Uijt de Haag
Milieu en Veiligheid, Centrum Veiligheid
omgevingsveiligheid@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van
Infrastructuur en Waterstaat, in het kader van project M/260109/19/TB

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

Publiekssamenvatting

Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor

Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa

Sommige grondstoffen en producten in de chemische industrie zijn brandbaar of giftig. Vervoer over het spoor van en naar de chemische industrie brengt risico's met zich mee voor de omgeving.

In het Nederlandse beleid voor veilig vervoer van gevaarlijke stoffen en omgevingsveiligheid wordt gebruikgemaakt van een rekenmethode om de risico's voor de omgeving in te schatten. De huidige methode is gemaakt in de jaren negentig van de vorige eeuw. Het RIVM heeft de rekenmethode geactualiseerd.

Het RIVM heeft voor dit onderzoek grote ongevallen in de afgelopen dertig jaar in Europa verzameld, geanalyseerd en vertaald naar de Nederlandse situatie. Op basis daarvan zijn kansen op een groot ongeval en de effecten daarvan bijgewerkt.

Met de aangepaste methode worden de risico's berekend op basis van recente ongevalsgegevens. Het RIVM adviseert het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat daarom om de aangepaste rekenmethode te gebruiken in het beleid voor veilig vervoer van gevaarlijke stoffen en omgevingsveiligheid.

Het RIVM heeft dit onderzoek gedaan in samenwerking met adviesbureau AVIV. Zij betrokken daarbij een aantal deskundigen van adviesbureaus, bedrijven, omgevingsdiensten en ProRail.

Kernwoorden: spoor, vervoer gevaarlijke stoffen, rekenmethode, externe veiligheid, omgevingsveiligheid, ongevallen

Synopsis

Method for calculating the risks of transporting dangerous goods by rail

An update based on major accidents in Europe

Some of the raw materials used in the chemical industry are inflammable or toxic, as are some of the products. Transport by rail of these dangerous goods to and from companies working in this field entails risks for the environment.

The Dutch policy for the safe transport of dangerous goods and a safe living environment uses a calculation method to estimate the risks for the living environment. The current method was developed in the 1990s and RIVM has now updated this calculation method.

For this research, RIVM collected data on, and analysed, major accidents in Europe in the last thirty years and applied this to the Dutch situation. The likelihood of a major accident and its potential effects were updated based on this data.

The modified calculation method uses recent data on accidents to calculate risks. RIVM therefore advises the Ministry of Infrastructure and Water Management (IenW) to use this modified method in its policy for the safe transport of dangerous goods and a safe living environment.

RIVM carried out this research in collaboration with consultancy firm AVIV. To this end, the two organisations involved a number of experts from other consultancy firms, companies, environment agencies and ProRail.

Keywords: rail, transport of dangerous goods, calculation method, external safety, safe living environment, accidents

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Ontwikkeling van de rekenmethode — 15

- 2.1 Globale beschrijving van de rekenmethode — 15
- 2.1.1 Doorgaand vervoer of emplacementshandelingen — 15
- 2.1.2 Type spoor — 16
- 2.1.3 Stofklasse voor risicoberekeningen — 16
- 2.2 Afleiding van de kans op een ongeval met EV-relevante uitstroming — 17
- 2.2.1 Methode — 17
- 2.2.2 Keuze van de onderzoeksperiode en -gebied — 18
- 2.2.3 Correctie voor de Nederlandse situatie — 21
- 2.2.4 Bepaling van de kans op een groot ongeval — 21

3 Rekenmethode doorgaand vervoer over spoor — 23

- 3.1 Kans op een groot ongeval en effecten — 23
- 3.1.1 Kans op een groot ongeval — 23
- 3.1.2 Effecten — 23
- 3.2 Waarderen van maatregelen — 24
- 3.3 Aandachtspunten bij de rekenmethode — 25
- 3.3.1 Baanvaksnelheid — 25
- 3.3.2 Impact meenemen stofklasse LF1 — 25

4 Verificatie, validatie, onzekerheid en monitoring — 27

- 4.1 Verwachtingswaarde aantal ongevallen in Nederland — 27
- 4.2 Vergelijking met de rekenmethode HART — 27
- 4.3 Onzekerheid — 28
- 4.4 Monitoring — 28

5 Conclusies en aanbevelingen — 29

6 Definities, afkortingen en symbolen — 31

7 Literatuur — 33

Samenvatting

Een deel van de grondstoffen en producten die per spoor vervoerd worden van en naar de chemische industrie is gevaarlijk door hun giftige of brandbare en explosieve eigenschappen. Bij het vervoer van deze stoffen is er een kleine kans op een groot ongeval met gevaar voor de mensen die in de omgeving wonen. Om het vervoer van gevaarlijke stoffen tussen belangrijke industriële clusters mogelijk te maken met bescherming voor de omwonenden, heeft de overheid het Basisnet ontwikkeld. Het risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen moet binnen de in Basisnet vastgelegde afstanden blijven, de zogenoemde risicoplafonds.

Om te bepalen of het risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen binnen de vastgestelde afstanden van het spoor blijft, wordt gebruikgemaakt van een rekenmethode. Daarnaast wordt de rekenmethode gebruikt om de risico's voor de omgeving te bepalen bij de aanleg of wijziging van spoorwegen en bij ontwikkelingen in de ruimtelijke ordening in de omgeving van spoorvervoer met gevaarlijke stoffen.

De huidige rekenmethode, de rekenmethode HART, is ontwikkeld in de jaren negentig op basis van de toen beschikbare informatie over ongevallen en het spoorstelsel. In samenwerking met adviesbureau AVIV en met betrokkenheid van een aantal deskundigen van adviesbureaus Antea Group en Arcadis, bedrijven, omgevingsdiensten en ProRail, heeft RIVM onderzocht of de rekenmethode kan worden geactualiseerd, gebaseerd op recente, representatieve ongevalsgegevens en de laatste ontwikkelingen in het spoorstelsel. Door een analyse van alle grote ongevallen in RID-Europa in de afgelopen dertig jaar en een correctie voor de Nederlandse situatie zijn nieuwe, actuele kansen op een groot ongeval voor Nederland afgeleid. Ook zijn de effecten die kunnen optreden beter bepaald en is een nadere differentiatie in spoortypen toegepast. Alle aannames en keuzes die nodig zijn om de kans op een groot ongeval af te leiden, zijn met dit onderzoek inzichtelijk gemaakt. Daarmee kan er nu ook een inschatting van de onzekerheid in de afgeleide ongevalskansen worden gegeven. Deze is in de orde van een factor tien.

Met de resultaten van dit onderzoek zijn de risico's van het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over spoor te baseren op recente en representatieve gegevens. Het RIVM beveelt aan om de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor te berekenen volgens de voorgestelde geactualiseerde rekenmethode.

De afgelopen jaren waren er op sommige plekken langs de spoorroute overschrijdingen van de risicoplafonds, en ook de komende jaren worden overschrijdingen van de risicoplafonds voorzien. Daarom vindt bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat onderzoek plaats of het haalbaar en wenselijk is om de risicoplafonds aan te passen. Met de geactualiseerde rekenmethode veranderen de berekende risico's van het Basisnet. Hoe groot de veranderingen voor het Basisnet zijn en wat de consequenties zijn, moet in een afzonderlijk onderzoek bepaald worden.

1 Inleiding

Waarom hebben we een rekenmethode?

De chemische industrie levert een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse economie. De grondstoffen die de chemische industrie nodig heeft moeten aangevoerd worden, en de producten van de chemische industrie moeten weer afgevoerd worden. Dit (internationale) vervoer gebeurt over water, over de weg en door buisleidingen, maar ook over het spoor.

Een deel van de grondstoffen en producten van de chemische industrie is gevaarlijk door hun giftige of brandbare en explosieve eigenschappen, zoals ammoniak, LPG en benzine. Bij het vervoer kan een ongeval gebeuren waarbij deze gevaarlijke stoffen vrijkomen. Dit kan leiden tot een brand, een explosie of een gifwolk, met gevaar voor de mensen die in de omgeving wonen.

Om het vervoer van gevaarlijke stoffen tussen belangrijke industriële clusters mogelijk te maken met bescherming voor de omwonenden, heeft de overheid het Basisnet ontwikkeld. Voor de bescherming van de omwonenden zijn voor elk traject afstanden vastgelegd tot de ligging van het plaatsgebonden risico van 1 op de miljoen per jaar, 1 op de 10 miljoen per jaar en 1 op de 100 miljoen per jaar. Het risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen moet binnen deze vastgelegde afstanden blijven, de zogenoemde risicoplafonds.

Om te bepalen of het risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen binnen de vastgestelde afstanden van een spoorroute blijft, wordt gebruikgemaakt van de Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over het spoor. Daarnaast wordt de rekenmethode gebruikt om de risico's voor de omgeving te bepalen bij de aanleg of wijziging van spoorwegen en bij ontwikkelingen in de ruimtelijke ordening in de omgeving van spoorvervoer met gevaarlijke stoffen.

Waarom willen we een geactualiseerde rekenmethode?

Het spoorstelsel is dynamisch, en continu in ontwikkeling. Er worden nieuwe veiligheidssystemen ontwikkeld en toegepast; ook wordt het spoor steeds drukker en wordt er met hogere snelheid gereden. Ook neemt onze kennis toe over de ongevallen die kunnen gebeuren en de effecten ervan. We willen deze nieuwe ontwikkelingen graag meenemen in de rekenmethode, om een zo goed mogelijke inschatting van de risico's te kunnen maken.

De huidige rekenmethode, de rekenmethode HART (RIVM, 2017), is ontwikkeld in de jaren negentig op basis van de toen beschikbare informatie over ongevallen. Het spoorstelsel is in de afgelopen dertig jaar sterk veranderd, zowel qua rollend materieel als qua veiligheidsvoorzieningen aan de infrastructuur. Er zijn bijvoorbeeld veiligheidssystemen toegevoegd zoals nieuwe versies van ATB en ERTMS, er zijn systemen geïntroduceerd om afwijkingen voortijdig te signaleren, zoals *hotbox*-detectie, en er zijn procedurele maatregelen

genomen om het rijden door rode seinen te verminderen. Ook is het spoor drukker geworden, met meer vervoerders.

Bij het ontwikkelen van de rekenmethode HART zijn keuzes gemaakt op basis van beperkte informatie, bijvoorbeeld voor de kans op lekkage van een gevaarlijke stof na een ontsporing of botsing en voor de kans op een vuurbal.

Uit eerdere onderzoeken bleek al dat een aantal keuzes niet meer in overeenstemming is met de beschikbare informatie van recente ongevallen (zie Wolting, 2011; Kok-Palma en Timmers, 2014). Zo wordt in de rekenmethode HART aangenomen dat de uitstroomkans bij een ongeval met een gasketelwagen een factor 200 lager is dan bij een ongeval met een vloeistofketelwagen. Uit de ongevallen blijkt echter dat deze uitstroomkansen in dezelfde orde van grootte liggen. Ook wordt in de rekenmethode HART aangenomen dat een derde van de grote ongevallen met ketelwagens met brandbaar gas leidt tot een vuurbal (BLEVE). In de verzamelde Europese casuïstiek is in 29 jaar echter geen enkel ongeval geregistreerd waarbij een dergelijke vuurbal is opgetreden.

Om de ontwikkelingen in het spoorstelsel en de nieuwe inzichten in ongevallen te kunnen gebruiken, is er behoefte aan een geactualiseerde rekenmethode.

Waarom willen we nu een geactualiseerde rekenmethode?

De afgelopen jaren waren er op sommige plekken langs de spoorroute overschrijdingen van de risicoplafonds, en ook de komende jaren worden overschrijdingen van de risicoplafonds voorzien. Daarom vindt onderzoek plaats of het haalbaar en wenselijk is om de risicoplafonds aan te passen. Naar verwachting zal na medio 2020 het kabinet een besluit nemen over het al dan niet aanpassen van de risicoplafonds (Infomil, 2019). Dit betekent dat een geactualiseerde rekenmethode tijdig beschikbaar moet zijn om zinvol gebruikt te kunnen worden bij het besluit over het al dan niet aanpassen van de risicoplafonds.

Wat is nieuw in de rekenmethode?

Voor de geactualiseerde rekenmethode is onderzoek gedaan naar de kans op een groot ongeval en naar de onderverdeling in effecten die daarbij kunnen optreden. Dit betekent dat andere onderdelen van de rekenmethode niet zijn onderzocht en dus ook niet zijn gewijzigd, zoals specifieke technische uitgangspunten in HART, de modellering van de effecten in het rekenpakket RBMII en de invloed van recente veiligheidsmaatregelen. Het is bekend dat er verschillen zijn in de modellering van effecten tussen het rekenpakket RBMII, dat gebruikt wordt voor doorgaand vervoer, en het rekenpakket Safeti-NL, dat gebruikt wordt voor emplacementen. Een onderzoek naar deze verschillen en de mogelijkheid tot harmonisatie wordt in 2020 gestart. Actualisatie van de modellering van effecten wordt hierin meegenomen.

Wat staat er in dit rapport?

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van de geactualiseerde rekenmethode voor het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. In hoofdstuk 2 is het onderzoek beschreven. Het resultaat, de geactualiseerde rekenmethode, is beschreven in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft een vergelijking tussen de huidige en de nieuwe rekenmethode. De

conclusies en aanbevelingen zijn beschreven in hoofdstuk 5. In bijlages zijn alle gebruikte data en de verwerking ervan beschreven. Hiermee zijn alle keuzes en aannames expliciet beschreven en verantwoord.

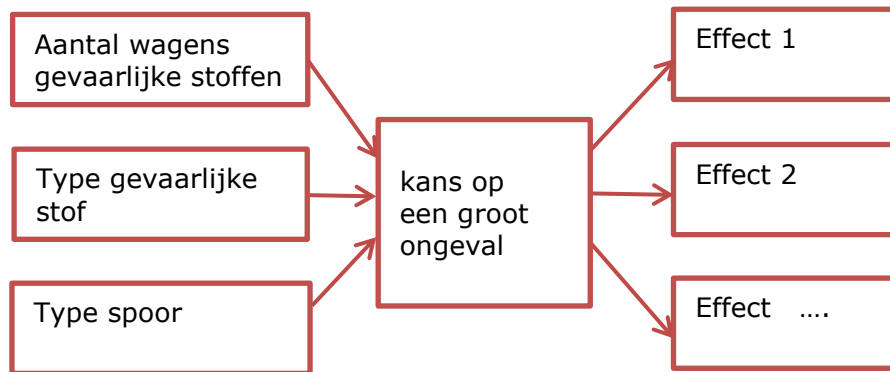
Wie heeft het onderzoek uitgevoerd?

De actualisatie van de rekenmethode is uitgevoerd in nauwe samenwerking tussen adviesbureau AVIV en RIVM als beheerder van de rekenmethode. AVIV heeft het concept van de rekenmethode ontwikkeld en de benodigde ongevalsanalyses uitgevoerd. Daarnaast is bij het onderzoek een projectgroep betrokken, met een aantal deskundigen van de adviesbureaus Antea Group en Arcadis, bedrijven, omgevingsdiensten en ProRail.

2 Ontwikkeling van de rekenmethode

2.1 Globale beschrijving van de rekenmethode

De rekenmethode voor het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor (hierna afgekort tot de Rekenmethode) is globaal weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Rekenmethode doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen per spoor.

Voor het berekenen van de risico's van het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over spoor wordt voor een bepaald spoortraject de vervoersprestatie (wagen.km/jaar) vermenigvuldigd met een kans op een groot ongeval (per wagen.km). Deze uitstroming kan leiden tot verschillende effecten, zoals een gifwolk, fakkel, plasbrand of vuurbal (BLEVE). Met deze effecten en de bijbehorende kansen kunnen we zowel het plaatsgebonden risico als het groepsrisico berekenen.

Een groot ongeval is hier gedefinieerd als een ongeval met een uitstroming van een gevaarlijke stof die relevant kan zijn voor de externe veiligheid, dat wil zeggen een uitstroming die aantoonbaar levensbedreigend kan zijn voor mensen in de omgeving. Dit betreft grote uitstromingen van giftige gassen en giftige vloeistoffen, en grote uitstromingen van brandbare gassen of brandbare vloeistoffen die tot ontsteking komen. Kenmerkend is dat het effectgebied zo omvangrijk is, dat deze uitstromingen in staat zijn om te resulteren in dodelijke slachtoffers buiten de spoorinfrastructuur.

De kans op een groot ongeval is afhankelijk van een aantal parameters. In het onderzoek is bekeken welke parameters bruikbaar zijn in de bepaling van de frequentie. In eerste instantie is alleen onderscheid gemaakt naar doorgaand vervoer en emplacementshandelingen, type spoor en stofklasse.

2.1.1 Doorgaand vervoer of emplacementshandelingen

In de analyse van de ongevallen is onderscheid gemaakt tussen doorgaand vervoer (inclusief alle aankomende en vertrekkende treinen op een emplacement) en treinen of treindelen die emplacementshandelingen ondergaan. De actualisering in dit rapport betreft alleen de rekenmethode voor doorgaand vervoer. Door ook de rekenmethode voor

emplacementshandelingen te actualiseren, ontstaat één integraal model voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over spoor op basis van dezelfde set gegevens.

2.1.2 *Type spoor*

De kans op een groot ongeval hangt af van de spoorinfrastructuur: op een vrije baan zonder wissels is de kans op een ongeval kleiner dan in een complexe situatie met veel wissels. De rekenmethode maakt daarom onderscheid in drie verschillende typen doorgaand spoor, namelijk:

- Type A vrije baan zonder wissels, dat wil zeggen dat er geen wissel gelegen is binnen 500 m.
- Type B vrije baan met wissels, dat wil zeggen dat er minimaal één wissel gelegen is binnen 500 m én het traject niet is ingedeeld als Type C.
- Type C complexe situaties. Uitgangspunt zijn situaties waarbij wissels gelegen zijn binnen 500 m én de breedte van de spoorbundel groter is dan 25 m. Deze situaties zijn nog eens apart beoordeeld of ze inderdaad complex zijn. Ook zijn er trajectdelen bij de totstandkoming van het Basisnet als complex aangemerkt.

De indeling van het Basisnet in type spoor is gegeven in Figuur 2. Een overzicht van de locaties van de type C-trajecten is opgenomen in de Bijlage.

2.1.3 *Stofklasse voor risicoberekeningen*

Voor het berekenen van de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt onderscheid gemaakt in vier stofklassen (zie Tabel 1).

Tabel 1 Stofklassen voor risicoberekeningen (RIVM, 2017).

	Omschrijving
GF	Brandbaar gas
GT	Giftig gas
LF	Brandbare vloeistof
LT	Giftige vloeistof

Dit onderscheid is gemaakt omdat voor de verschillende stofklassen andere effecten kunnen optreden en de sterkte van de ketelwagens, die van invloed is op de kans van een grote uitstroming, kan verschillen.



Figuur 2 Indeling van het Basisnet in type spoor.

2.2 Afleiding van de kans op een ongeval met EV-relevante uitstroming

2.2.1

Methode

Grote ongevallen zijn zeldzaam. In het verleden is de kans op een groot ongeval daarom afgeleid van de kans op een initieel ongeval (botsing, ontsporing) in combinatie met een aantal vervolgekansen, zoals de kans op een grote uitstroming en de kans op ontsteking. Omdat ongevallen (zonder uitstroming of met een kleine hoeveelheid uitstroming) vaker voorkomen, kan de kans op een ongeval goed bepaald worden. Het nadeel is dat er weinig informatie bekend is over de vervolgekansen, en deze vaak op basis van expertinschattingen bepaald moeten worden.

Er is nu voor gekozen om direct uit te gaan van grote ongevallen. In databases en op internet is gezocht naar alle ongevallen die hebben geleid tot een grote brand of een explosie. De aanname is dat dergelijke

ongevallen goed beschreven zijn in de media, en dus alle relevante ongevallen gevonden kunnen worden. Uitgaan van de grote ongevallen met een grote brand of explosie heeft als voordeel dat er geen vervolgcansen afgeleid hoeven te worden, omdat deze al zijn meegenomen in de kans op een groot ongeval. Nadeel is dat er veel minder grote ongevallen zijn, waardoor een statistische benadering gevolgd moet worden, of een groter onderzoeksgebied en langere tijdsperiode gekozen moet worden.

2.2.2 *Keuze van de onderzoeksperiode en -gebied*

Centraal in de rekenmethode is de kans per wagen.km op een groot ongeval, en de daarbij optredende effecten. Deze kans wordt bepaald door het aantal grote ongevallen in een bepaalde periode en in een bepaald gebied te delen door het transport (het totaal aantal wagen.km) in dezelfde periode en in hetzelfde gebied. Hierbij spelen twee tegengestelde overwegingen een rol:

- Om de ongevallen representatief te laten zijn voor het huidige Nederlandse spoorstelsel, wil je de tijdsperiode en het gebied liefst beperken tot de laatste tien tot vijftien jaar en tot Nederland.
- Om zoveel mogelijk ongevallen te verzamelen voor een betrouwbare statistiek, wil je juist de tijdsperiode en het gebied zo groot mogelijk maken.

In Nederland is er in de afgelopen dertig jaar geen groot ongeval geweest met een gevaarlijke stof¹. Het laatste ongeval in Nederland met een grote uitstroming was in Boxtel in 1989. Een mogelijkheid is dan om statistisch een ongevalskans af te leiden met een vooraf bepaalde betrouwbaarheid (Gooijer et al, 2012). Dit leidt tot een te conservatieve benadering nu er geen grote ongevallen zijn waargenomen. Er is daarom gekozen voor een andere benadering, namelijk het vergroten van de onderzoeksperiode en het onderzoeksgebied om meer ongevallen te vinden voor voldoende betrouwbare statistiek. Hierbij zijn de volgende keuzes gemaakt:

- Voor de geografische selectie van ongevallen (en transport) is gekozen voor landen in Europa die aangesloten zijn bij het internationale verdrag voor veilig vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor (afgekort tot RID-Europa), omdat het gebruikte materieel enigszins vergelijkbaar is.
- Voor de bepaling van de ongevalskans moet de periode lang genoeg zijn voor voldoende ongevallen en kort genoeg om voldoende representatief te zijn. Een dergelijke periode ligt in de orde van tien tot vijftien jaar. Er is (enigszins arbitrair) gekozen voor een tijdsperiode van twaalf jaar, de periode 2005 tot en met 2016 (het laatste volledige jaar bij de start van het onderzoek). Deze periode wordt als representatief beschouwd voor de huidige situatie. In deze periode waren er zes ongevallen in RID-Europa met een grote brand of explosie met in totaal 42 betrokken wagens.
- Zes ongevallen zijn onvoldoende voor het afleiden van de verdeling van de ongevallen over spoortypen en voor het bepalen

¹ Er zijn wel ongevallen in Nederland geweest waarbij wagens met gevaarlijke stoffen betrokken waren, maar deze voldoen niet aan de criteria voor een groot ongeval bij doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen.

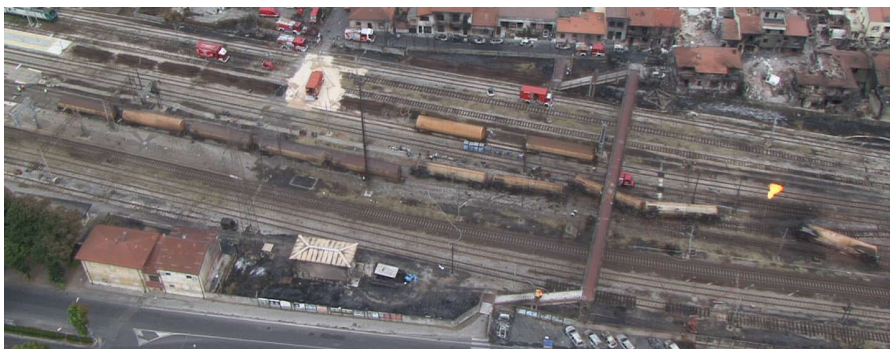
van de effecten. Hiervoor is daarom gebruik gemaakt van een langere tijdsperiode, namelijk 1988 tot en met 2016. Er zijn in deze periode 72 ongevallen gevonden in RID-Europa, waarvan 31 ongevallen met een grote brand of explosie met in totaal 145 betrokken wagens. Een overzicht van alle ongevallen is gegeven in de Bijlage.

2.2.3 Onderzochte ongevallen in RID-Europa, 2005 tot en met 2016.



Figuur 3 Ventspils (LV), 2008

Bij een kop-staart-botsing zijn in totaal zeventien wagens lekgeraakt, met als gevolg een grote brand



Figuur 4 Viareggio (I), 2009

Bij een ontsporing van een wagen met LPG ontstaat een grote wolkbrand, met uiteindelijk 32 doden en 50 zwaargewonden.



*Figuur 5 Bialystok (PL), 2010
Bij een flankbotsing zijn in totaal zeventien wagens lekgeraakt, met als gevolg een grote brand.*



*Figuur 6 Bleicherode (D), 2011
Bij een kop-staart-botsing is één wagen lekgeraakt, met als gevolg een grote brand.*



Figuur 7 Wetteren (B), 2016

Ontsporing van een trein leidt tot uitstroming uit vijf wagens acrylonitril. Er ontstaat een grote brand en één dodelijk slachtoffer door vergiftiging.



Figuur 8 Hitrino (BG), 2016

Een ontsporing leidt tot de uitstroming van een wagen met propyleen en een explosie/ brand. Er zijn zeven doden en dertig zwaargewonden.

2.2.4 Correctie voor de Nederlandse situatie

In de periode 2005 tot en met 2016 zijn er in RID-Europa zes grote ongevallen gebeurd in België, Bulgarije, Duitsland, Italië, Letland en Polen (zie hst 2.2.2). De spoorinfrastructuur en veiligheidsvoorzieningen in deze landen kunnen afwijken van de Nederlandse situatie. Daarom is voor elk van de zes ongevallen detailinformatie bestudeerd, om te bepalen of de situatie bij het ongeval vergelijkbaar is met de situatie in Nederland. Het blijkt dat in Nederland veiligheidsmaatregelen aanwezig zijn, zoals ATB, die bij een aantal ongevalslocaties niet aanwezig waren. Er is daarom een inschatting gemaakt van de invloed van deze veiligheidsmaatregelen op de kans op een groot ongeval.

2.2.5 Bepaling van de kans op een groot ongeval

Op basis van de zes grote ongevallen in de periode 2005 tot en met 2016, de vervoersprestatie (wagen.km) in deze periode en de correctie voor de Nederlandse situatie is de kans op een groot ongeval vastgesteld voor

wagens met brandbare gassen en wagens met brandbare vloeistoffen. De effecten die kunnen optreden en de bijbehorende kansen zijn afgeleid op basis van de 31 relevante ongevallen in de periode 1988 tot en met 2016. Vervolgens is aangenomen dat de kans op een groot ongeval voor wagens met giftige gassen en wagens met giftige vloeistoffen gelijk is aan de kans op een groot ongeval voor wagens met brandbaar gas. Een volledige beschrijving van de afleiding van de kans op een groot ongeval en de effecten is gegeven in de Bijlage.

3 Rekenmethode doorgaand vervoer over spoor

Uit de analyse van de ongevallen uit het voorgaande hoofdstuk zijn nieuwe kansen op een groot ongeval en effecten afgeleid voor het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor in Nederland. Deze kansen zijn in paragraaf 3.1 beschreven als de kans op een ongeval (per wagen.km), samen met de effecten die kunnen optreden met een vervolgcans. Er zijn ook veiligheidsmaatregelen die specifiek zijn voor Nederland en daarom niet zijn meegenomen in de analyse van de ongevallen. De verlaging van de kans op een groot ongeval van deze maatregelen is beschreven in paragraaf 3.2. Ten slotte wordt een aantal aandachtspunten beschreven die uit de analyse naar voren zijn gekomen.

3.1 Kans op een groot ongeval en effecten

3.1.1 *Kans op een groot ongeval*

De kans op een groot ongeval is gegeven in Tabel 2 voor wagens met brandbaar gas (GF), giftig gas (GT) en giftige vloeistof (LT), en in Tabel 3 voor wagens met brandbare vloeistof.

Tabel 2 Kans op een groot ongeval voor een wagen met brandbaar gas (GF), giftig gas (GT) en giftige vloeistof (LT).

Spoortype	Kans op een groot ongeval (per wagen.km)
A (spoor zonder wissels)	$6,2 \times 10^{-11}$
B (spoor met wissels)	$2,8 \times 10^{-10}$
C (complexe situatie)	$7,4 \times 10^{-10}$

Tabel 3 Kans op een groot ongeval voor een wagen met brandbare vloeistof (LF).

Spoortype	Kans op een groot ongeval (per wagen.km)
A (spoor zonder wissels)	$1,4 \times 10^{-10}$
B (spoor met wissels)	$6,1 \times 10^{-10}$
C (complexe situatie)	$1,6 \times 10^{-9}$

Deze kansen zijn de gemiddelde waarden. Paragraaf 4.3 geeft de kans op een groot ongeval op basis van de statistische benadering conform het 'Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid' (Gooijer et al, 2012).

3.1.2 *Effecten*

De effecten die kunnen optreden bij een groot ongeval en de vervolgcans daarop zijn gegeven in Tabel 4 voor wagens met brandbaar gas (GF), in Tabel 5 voor wagens met giftig gas (GT), in Tabel 6 voor wagens met giftige vloeistof (LT), in Tabel 7 voor wagens met brandbare vloeistof met een vlammpunt lager dan 23 °C (LF2), en in Tabel 8 voor wagens met brandbare vloeistof met een vlammpunt hoger dan 23 °C (LF1).

Tabel 4 Effecten en vervolgcansen voor een wagen met brandbaar gas (GF).

Uitstroming	Ontsteking	Effect	Vervolgkans
Continu 75 mm gat	direct	fakkel	0,73
Continu 75 mm gat	vertraagd	explosie	0,07
Continu 75 mm gat	vertraagd	wolkbrand	0,07
Instantaan	direct	Warme BLEVE (vuurbal)	0,007*
Instantaan	direct	Koude BLEVE (vuurbal)	0,03
Instantaan	vertraagd	explosie	0,07
Instantaan	vertraagd	wolkbrand	0,03

* zie opmerking na Tabel 8

Tabel 5 Effecten en vervolgcansen voor een wagen met giftig gas (GT).

Effect	Vervolgkans
Instantaan falen (warme BLEVE)	0,007
Instantaan falen	0,08
Continue uitstroming 75 mm gat	0,92

* zie opmerking na Tabel 8

Tabel 6 Effecten en vervolgcansen voor een wagen met giftige vloeistof (LT).

Effect	Vervolgkans
Giftige plas 600 m ²	0,08
Giftige plas 300 m ²	0,92

Tabel 7 Effecten en vervolgcansen voor een wagen met brandbare vloeistof LF2.

Effect	Vervolgkans
Warme BLEVE	0,06
Plasbrand 600 m ²	0,38
Plasbrand 300 m ²	0,56

Tabel 8 Effecten en vervolgcansen voor een wagen met brandbare vloeistof LF1.

Effect	Vervolgkans
Warme BLEVE	0,03
Plasbrand 600 m ²	0,39
Plasbrand 300 m ²	0,58

Opmerking

De warme BLEVE bij brandbaar gas en giftig gas is een extra scenario, waardoor deze vervolgcansen niet meer optellen tot één. De kans op een warme BLEVE hangt af van het aantal *warme-BLEVE-combinaties*² en is generiek gegeven over alle trajecten en voor peiljaar 2012. De kans op een warme BLEVE is afhankelijk van de vervoerssamenstelling, die per traject kan verschillen. Indien recentere en/of traject-specifieke informatie aanwezig is, kan de waarde hierop aangepast worden.

3.2 Waarden van maatregelen

In Nederland zijn in de loop der jaren maatregelen genomen. Deze maatregelen zijn ingevoerd vanaf een bepaalde tijd en in bepaalde gebieden. De maatregelen die specifiek zijn voor Nederland en waarvan het aannemelijk is dat deze niet in de casuïstiek (en de correctie hierop,

² *Warme-bleve-combinaties*: aantal situaties waarbij een lading met brandbare gassen zich bevindt naast een lading met brandbare vloeistoffen

zie paragraaf 2.2.4) naar voren komen, kunnen in rekening worden gebracht door een verlaging van de kans op een groot ongeval.

Er is geen nieuw onderzoek gedaan naar de kansverlaging van deze maatregelen. Er zijn weinig grote ongevallen geweest, en deze ongevallen vonden plaats in een groot gebied en in een grote tijdsperiode. Dit geeft minder inzicht in de ongevalsoorzaken en de invloed van nieuwe maatregelen. Daarom wordt voor de kansverlaging van nieuwe maatregelen aangesloten bij de rekenmethode HART³. Uitzondering hierop vormt de maatregel *Hot Box en Quo Vadis*. Voor *Hot Box*-detectiesystemen en *Quo Vadis* geldt nu geen kansverlaging meer. De aanwezigheid van *Hot Box*-detectiesystemen en *Quo Vadis* is al meegenomen in de afleiding van de kans op een groot ongeval.

3.3 Aandachtspunten bij de rekenmethode

3.3.1 *Baanvaksnelheid*

De snelheid van de trein kan belangrijk zijn, enerzijds voor de effectiviteit van maatregelen als ATB, anderzijds voor de beschikbare energie. In de afleiding van de ongevalskansen is snelheid niet beschouwd als onderscheidende parameter omdat:

- de snelheid van de trein is niet per definitie de baanvaksnelheid;
- twee tot drie ongevallen waren het gevolg van een overschrijding van de lage baanvaksnelheid;
- snelheidsbeperking is wettelijk nog geen toegestane veiligheidsmaatregel;
- er zijn maar weinig baanvakken met lage snelheid, en door de drukte op het spoor zal dit eerder minder worden.

Als differentiatie in snelheid gewenst is, is een aanvullend onderzoek nodig om te bepalen of dit mogelijk is.

3.3.2 *Impact meenemen stofklasse LF1*

Het meenemen van LF1 in de risicoberekeningen heeft consequenties. Naast de risico's van een plasbrand en warme BLEVE van LF1 zijn er ook consequenties voor het optreden van een warme BLEVE van brandbaar gas: het warme-BLEVE-convenant (InfoMil, 2019) geldt namelijk alleen voor LF2. Dit betekent dat door het meenemen van LF1 het aantal *warme-BLEVE-combinaties* toeneemt. Het verdient daarom aanbeveling te onderzoeken of het warme-BLEVE-convenant kan worden uitgebreid met LF1-stoffen.

³ Er is daarmee aangenomen dat de afgeleide kansverlaging in de rekenmethode HART ook geldt voor de nieuwe rekenmethode, ondanks de verschillen in de onderliggende ongevalsdata en hun ongevalsindeling.

4 Verificatie, validatie, onzekerheid en monitoring

De geactualiseerde rekenmethode leidt tot andere kansen op een groot ongeval. In dit hoofdstuk verkennen we of deze kansen realistisch zijn en hoe ze zich verhouden tot de tot nu toe gebruikte kansen op een groot ongeval. Ook wordt verkend hoe de bepaling van de kans op een groot ongeval actueel kan worden gehouden.

4.1 Verwachtingswaarde aantal grote ongevallen in Nederland

Met de kans op een groot ongeval en de vervoersstroom in Nederland kunnen we bepalen hoe vaak we een groot ongeval in Nederland verwachten. Het blijkt dat er ongeveer eens in de vijfhonderd jaar een groot ongeval te verwachten is in Nederland. Dit is niet strijdig met de waarneming dat er in de onderzochte periode van twaalf jaar geen grote ongevallen hebben plaatsgevonden. Het laatste grote ongeval in Nederland was in Boxtel in 1989, dertig jaar geleden. Sindsdien zijn er nog veiligheidsmaatregelen genomen op het spoor, maar zijn ook de snelheid en het aantal treinen toegenomen.

Wanneer we kijken naar de verdeling over spoortype en vervoerde stof (zie Tabel 9), dan blijkt dat de kans op een groot ongeval het grootst is voor het vervoer van brandbare vloeistof op doorgaand spoor met wissels (spoortype B).

Tabel 9 Verdeling van het aantal verwachte grote ongevallen in Nederland per spoortype en per stofcategorie.

Spoortype	Verdeling
Doorgaand spoor zonder wissels (type A)	22%
Doorgaand spoor met wissels (type B)	52%
Complexe situaties (type C)	25%

Stofklasse	Verdeling
Brandbaar en giftig gas (GF, GT)	36%
Brandbare vloeistof (LF1)	56%
Giftige vloeistof (LT)	7%

4.2 Vergelijking met de rekenmethode HART

De kansen op een groot ongeval waarmee nu gerekend wordt, zijn beschreven in de Handleiding risicoanalyse Transport, HART (RIVM, 2017). Een vergelijking van de kansen is gegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Vergelijking met rekenmethode HART.

Type	GF			LF		
	Nieuw	HART	factor	nieuw	HART	factor
A	$6,2 \times 10^{-11}$	$7,8 \times 10^{-11}$	0,8	$1,4 \times 10^{-10}$	$3,9 \times 10^{-9}$	0,03
B	$2,8 \times 10^{-10}$	$1,7 \times 10^{-10}$	1,6	$6,1 \times 10^{-10}$	$8,5 \times 10^{-9}$	0,07
C	$7,4 \times 10^{-10}$	$1,7 \times 10^{-10}$	4,3	$1,6 \times 10^{-9}$	$8,5 \times 10^{-9}$	0,19

Uit de vergelijking blijkt dat de kans op een groot ongeval vergelijkbaar is of groter is geworden voor het vervoer van gassen en giftige vloeistoffen, en kleiner is geworden voor brandbare vloeistoffen. Dit is in lijn met eerdere analyses (Wolting, 2011; Kok-Palma en Timmers, 2014).

4.3 Onzekerheid

De kansen op een groot ongeval zijn gemiddelde waarden, afgeleid door het aantal waargenomen uitstromingen te delen door de vervoersprestatie. Het 'Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid' (Gooijer et al, 2012) beschrijft dat met de statistische onzekerheid rekening gehouden kan worden door gebruik te maken van de betrouwbaarheid (percentielwaarden). Wanneer in plaats van de gemiddelde waarde gekozen wordt voor een betrouwbaarheid (95-percentielwaarde), dan wordt de kans op een groot ongeval een factor 3 groter voor brandbaar gas en een factor 1,5 voor brandbare vloeistof.

Het onderzoek leidt tot een beste schatting van de gemiddelde kans op een groot ongeval. In de afleiding moeten aannames en keuzes gemaakt worden die een belangrijke invloed hebben op de kans op een groot ongeval. In het bijlagerapport zijn deze inzichtelijk gemaakt. Dat geeft een inschatting van de onzekerheid in de afgeleide ongevalskansen. Deze is in de orde van een factor tien.

4.4 Monitoring

Het spoorstelsel is dynamisch, en continu in ontwikkeling. Er worden nieuwe veiligheidssystemen ontwikkeld en toegepast; ook wordt het spoor steeds drukker en wordt er met hogere snelheid gereden. Deze ontwikkelingen kunnen invloed hebben op de kans op een groot ongeval, zoals hier afgeleid voor de huidige situatie.

Het aantal grote ongevallen is zowel in Nederland als in RID-Europa te klein om voor een periode korter dan tien jaar trends te bepalen en de invloed van ontwikkelingen op de kans op een groot ongeval snel te kwantificeren. Om hier toch een uitspraak over te kunnen doen, zijn veiligheidsindicatoren nodig. Deze veiligheidsindicatoren dienen (i) frequent genoeg te zijn om jaarlijks te worden gekwantificeerd en (ii) een betrouwbare indicatie voor de kans op een groot ongeval te zijn.

Mogelijke veiligheidsindicatoren kunnen gevonden worden in de jaarlijkse incidentmeldingen. Het verdient aanbeveling te onderzoeken welke veiligheidsindicatoren gebruikt kunnen worden voor het monitoren van het verloop van de kans op een groot ongeval.

5 Conclusies en aanbevelingen

De kans op een groot ongeval op het spoor, waarbij brandbare of giftige stoffen vrijkomen, is belangrijke invoer voor de risicoberekeningen van het Basisnet. Grote ongevallen zijn zeldzaam, en het is daarom lastig om de kans op een groot ongeval in Nederland te bepalen aan de hand van alleen Nederlandse data. In dit rapport zijn nieuwe, meer actuele kansen op een groot ongeval voor Nederland afgeleid door een analyse van alle grote ongevallen in RID-Europa in de afgelopen dertig jaar. Ook zijn de effecten die kunnen optreden beter bepaald en is een nadere differentiatie in spoortypen toegepast.

Met de resultaten van dit onderzoek kunnen de risico's van het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over spoor beter berekend worden. Het wordt dan ook aanbevolen de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor te berekenen volgens deze nieuwe rekenmethode.

De analyse laat zien dat in vergelijking met de rekenmethode HART:

- de kans op een groot ongeval met giftige stoffen en brandbare gassen hoger is;
- de kans op een groot ongeval met brandbare vloeistoffen lager is;
- de kans op een vuurbal (BLEVE) voor brandbaar gas lager is;
- de kans op een vuurbal (BLEVE) voor brandbare vloeistof reëel is en meegenomen moet worden in de risicoberekeningen;
- ook brandbare vloeistoffen zoals diesel kunnen leiden tot een groot ongeval en meegenomen moeten worden in de risicoberekeningen.

Deze nieuwe inzichten leiden tot veranderingen in de berekende risico's van het Basisnet. Hoe groot de veranderingen voor het Basisnet zijn en wat de consequenties zijn, moet in een afzonderlijk onderzoek bepaald worden.

Alle aannames en keuzes die belangrijk zijn om de kans op een groot ongeval en bijbehorende effecten af te leiden, zijn met dit onderzoek inzichtelijk gemaakt. Dat geeft ook een inschatting van de onzekerheid. Deze is in de orde van een factor tien. Om de onzekerheid te verkleinen is beter inzicht in het vervoer van gevaarlijke stoffen en de ongevallen die er plaatsvinden noodzakelijk. De belangrijkste onzekerheden zijn:

- Er is onzekerheid of de risico's van het vervoer van giftige stoffen goed zijn ingeschat door uit te gaan van de ongevallen met ontstoken brandbare gassen, en er geen ongevallen gemist zijn.
- Er is onzekerheid in de verdeling van het transport over de spoortypen in RID-Europa. Als er in RID-Europa relatief meer vervoer over type A en type B gaat door de grotere afstanden tussen de steden, zal de kans op een groot ongeval voor type C groter zijn dan nu is afgeleid.
- Er is onzekerheid in de vertaling van de kans op een ongeval in RID-Europa naar het Nederlandse spoorstelsel, waarbij een factor 5 tot 10 reductie is toegepast.

Het onderzoek laat ook zien waar op gerelateerde onderwerpen nog verbetering mogelijk is:

- Een deel van de verzamelde ongevallen kan, gecombineerd met andere informatie, ook gebruikt worden voor het afleiden van de kansen op een groot ongeval op een spoorwegemplacement. Het spoorstelsel, emplacementen en doorgaand vervoer, heeft dan een consistentere risicobenadering.
- Monitoring helpt om trends in de veiligheid te kunnen bepalen. Het verdient aanbeveling te onderzoeken welke veiligheidsindicatoren gebruikt kunnen worden voor het monitoren van de veiligheid van het spoorstelsel.
- Het warme-BLEVE-convenant (Infomil, 2019) geldt alleen voor zeer brandbare vloeistof (LF2). Ook brandbare vloeistof (LF1) kan leiden tot een langdurige plasbrand en een BLEVE. Het verdient daarom aanbeveling te onderzoeken of het warme-BLEVE-convenant kan worden uitgebreid met LF1-stoffen.

6 Definities, afkortingen en symbolen

GF	Zeer brandbaar gas (Gas Flammable)
GT	Giftig gas (Gas Toxic)
LF	Brandbare of zeer brandbare vloeistof (Liquid Flammable)
LF1	Brandbare vloeistof (Liquid Flammable)
LF2	Zeer brandbare vloeistof (Liquid Flammable)
LT	Giftige vloeistof (Liquid toxic)
ATB	Automatische Trein Beïnvloeding
Basisnet	Het Basisnet is een routenetwerk voor het transport van gevaarlijke stoffen over spoorwegen, vaarwegen en (rijks)wegen, waarin een duidelijke keuze tussen het spanningsveld van transport, economie en ruimtelijke ordening is aangebracht. Aan elke route/elk traject is daartoe een risicoplafond voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico toegekend met het daarbij behorende vervoersplafond.
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
EV-relevante uitstroming	Uitstromingen van gevaarlijke stoffen, die aantoonbaar levensbedreigend zijn
Explosie	Plotseling vrijkomen van energie, waardoor een drukgolf wordt veroorzaakt
Fakkel	Verbranding van materiaal dat met grote impuls uit een opening stroomt
Plaatsgebonden risico	De kans dat gedurende een periode van een jaar een persoon dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval met gevaarlijke stoffen
RID	Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses

Stofcategorie (-indeling) / stofklassen	Specifieke indeling van stoffen in een beperkt aantal categorieën welke een voor de externe veiligheid vergelijkbaar risico opleveren en per stofcategorie met één voorbeeldstof gemodelleerd kunnen worden. Uitgangspunt voor deze indeling zijn de voor externe risico's relevante stoffeigenschappen, zoals vluchtigheid, brandbaarheid en toxiciteit.
Wolkbrand	Snelle verbranding van een brandbare gaswolk na vertraagde ontsteking, zonder drukopbouw

7 Literatuur

Gooijer L., Laheij G.M.H., Wolting A.G. Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid. RIVM rapport 620550009, 2012

Infomil, Informatie op website over Basisnet spoor, <https://www.infomil.nl/onderwerpen/veiligheid/basisnet-0/spoor/>, 2019

Kok-Palma Y.S., Timmers P.G.J. *Towards a new risk-calculation method for rail transport of dangerous materials: Technical report: failure frequencies for Dutch freight wagons based on incident cases*. RIVM Rapport 620550010. 2014

RIVM, Handleiding Risicoanalyse Transport, versie 1.2 van 11 januari 2017

Wolting, A.G. Faalcijfers en faalmechanismen vervoer gevaarlijke stoffen per spoor: Fase 1 – tussenrapportage actualisatie uitstroomfrequenties. RIVM Rapport 601038001, 2011

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag