



Themarapportage zware ongevallen

Deze themarapportage is
onderdeel van de Rijksbrede
Risicoanalyse Nationale
Veiligheid

Analistennetwerk Nationale Veiligheid

Themarapportage zware ongevallen

Deze themarapportage is onderdeel
van de Rijksbrede Risicoanalyse
Nationale Veiligheid

Analistennetwerk Nationale Veiligheid

Colofon

Deze themarapportage is gemaakt door het Analistennetwerk Nationale Veiligheid in opdracht van de NCTV.

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO)
Stichting Nederlands Instituut voor Internationale Betrekkingen `Clingendael' (Clingendael)
SEO Economisch Onderzoek (SEO)
Algemene Inlichtingen- en Veiligheidsdienst (AIVD)
Militaire Inlichtingen- en Veiligheidsdienst (MIVD)
Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum (WODC)

© RIVM 2022

Contactpersoon: ir. L. Gooijer (leendert.gooijer@rivm.nl)

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: ANV (2022), Themarapportage zware ongevallen, Analistennetwerk Nationale Veiligheid.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
1.1 Leeswijzer	7
2. Dreigingscategorieën & aanpak	9
2.1 Dreigingscategorieën	9
2.2 Aanpak	9
2.2.1 Methodiek nationale veiligheid	9
2.2.2 Bouwstenen en sluimerende dreigingen	11
2.2.3 Overzicht van ontwikkelingen	12
2.2.4 Vitale processen	12
3. Stralingsongevallen	13
3.1 Relevante ontwikkelingen	13
3.2 Relevante factoren	13
3.3 Scenario's	15
3.3.1 Scenario Ongeval kerncentrale Borssele	15
3.3.2 Scenario: ongeval bij een kerncentrale in Europa	19
4. Chemische ongevallen	23
4.1 Relevante ontwikkelingen	23
4.2 Factoren	24
4.3 Scenario's	24
4.3.1 Scenario falen van opslagtank ammoniak	25
4.3.2 Scenario treinramp met gaswolkbrand	27
5. Transportongevallen	31
5.1 Inleiding	31
5.2 Grote aantallen slachtoffers	31
5.3 Cascade-effecten	32
6. Sluimerende dreiging: energietransitie	33
7. Slotbeschouwing	35
8. Bronnenlijst	37
Bijlage 1: Deelnemende organisaties	39

1. Inleiding

Deze rapportage is onderdeel van de Rijksbrede Risicoanalyse (RbRa), uitgevoerd door het Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV). Het doel van de RbRa is het in kaart brengen van verschillende typen dreigingen voor de nationale veiligheid van het Koninkrijk der Nederlanden. Hiertoe worden mogelijke dreigingen niet alleen geïdentificeerd, maar wordt ook een inschatting gemaakt van waarschijnlijkheid en de mogelijke impact (het 'risico'). Deze inschatting vindt plaats aan de hand van door het ANV opgestelde scenario's. De dreigingen in kwestie zijn verdeeld over negen verschillende inhoudelijke dreigingsthema's, elk onderverdeeld in meerdere categorieën met daarin één of meerdere scenario's. Voor elk van de thema's wordt een themarapport opgesteld. Deze rapportage bevat de door het ANV uitgevoerde analyses voor het thema zware ongevallen.

De themarapporten dienen als basis voor het hoofdrapport van de RbRa. De verschillende thema's en daaronder vallende categorieën worden in dit eindproduct gezamenlijk beschouwd aan de hand van de zes nationale veiligheidsbelangen. Zodoende wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste risico's voor de nationale veiligheid.

Het thema zware ongevallen gaat over dreigingen voor de nationale veiligheid die verbonden kunnen zijn aan het plaatsvinden van zware ongevallen. Deze ongevallen kunnen voorkomen als een gevolg van menselijk, technisch of organisatorisch falen dan wel een combinatie hiervan. Een zwaar ongeval kan ook plaatsvinden als cascade-effect van bijvoorbeeld een natuurramp. Belangrijk is om te vermelden dat het hier alleen gaat om niet-moedwillige gebeurtenissen. Aanslagen waarbij mensen bijvoorbeeld gebruik maken van transportvoertuigen om bewust slachtoffers te maken (zoals het inrijden op een mensenmenigte) of het moedwillig inzetten van gevaarlijke stoffen (CBRNe) vallen buiten dit thema.

1.1 Leeswijzer

Het themarapport zware ongevallen bestaat uit een aantal onderdelen. Hoofdstuk twee geeft een korte, algemene introductie tot het thema, de beschouwde dreigingscategorieën en de door het ANV gehanteerde werkwijze. Hoofdstukken drie, vier en vijf gaan in op de drie dreigingscategorieën (respectievelijk stralingsongevallen, chemische ongevallen en transportongevallen), waarna in hoofdstuk zes apart wordt ingegaan op de energietransitie als sluimerende dreiging. Hoofdstuk zeven bevat een meer algemene beschouwing van het thema als geheel.

2. Dreigingscategorieën & aanpak

2.1 Dreigingscategorieën

Binnen het thema zware ongevallen wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende drie dreigingscategorieën:

- Stralingsongevallen;
- Chemische ongevallen;
- Transportongevallen.

Deze indeling is door het ANV ook in eerdere risicoanalyses gehanteerd (ANV 2016). Vanwege verschillen in de aard van de dreiging en omvang van de effecten is het zinvol om stralingsongevallen en chemische ongevallen van elkaar te onderscheiden. Binnen de categorie stralingsongevallen gaat het om het vrijkomen van radioactief materiaal en binnen de categorie chemische ongevallen om het vrijkomen van gevaarlijke stoffen met bijvoorbeeld brand of explosie tot gevolg of verspreiding van deze stoffen in de omgeving. Daarnaast wordt apart aandacht gegeven aan transportongevallen. Bij deze categorie zijn geen gevaarlijke stoffen betrokken, maar gaat het om ongevallen waarbij vooral sprake kan zijn van grote aantallen slachtoffers. In de volgende hoofdstukken zijn deze dreigingscategorieën nader uitgewerkt.

2.2 Aanpak

Dit themarapport bevat voor de uitgewerkte dreigingscategorieën een kort overzicht van relevante ontwikkelingen en een nadere analyse van de dreiging behorende tot de categorie in kwestie. Deze analyse is vormgegeven aan de hand van scenario's. Voor elke categorie zijn twee scenario's uitgewerkt ter illustratie van

hoe de dreiging zich mogelijk kan manifesteren. De scenario's zijn tot stand gekomen in samenspraak met deskundigen behorende tot organisaties verbonden aan het ANV. De scenario's zijn nadrukkelijk bedoeld als illustraties van relevante fenomenen en zijn niet uitputtend. Binnen de RbRa wordt geen volledigheid nagestreefd met betrekking tot de opgenomen scenario's.

Voor elk van de scenario's zijn op basis van expert judgement zowel de waarschijnlijkheid als de mogelijke impact in kaart gebracht aan de hand van de door het ANV ontwikkelde methodiek voor het inschatten van risico's voor de nationale veiligheid. In Bijlage 1 staat een overzicht van de organisaties die hebben deelgenomen aan de expertsessies voor dit thema.

2.2.1 Methodiek nationale veiligheid

Binnen de methodiek nationale veiligheid wordt gekeken of en in welke mate een bepaalde gebeurtenis de zes nationale veiligheidsbelangen raakt. De nationale veiligheid is in het geding als één of meer van deze zes nationale veiligheidsbelangen zodanig worden bedreigd dat er sprake is van (potentiële) maatschappelijke ontwrichting (ANV, 2022). De zes belangen zijn elk opgesplitst in één of meerdere meetbare impactcriteria die helpen bij het in kaart brengen van een mogelijke aantasting. Onderstaande tabel geeft een kort overzicht van alle belangen en criteria. Een uitgebreide uitleg voor elk van deze onderdelen bevindt zich in de door het ANV opgestelde leidraad risicobeoordeling (ANV, 2022).

Tabel 1 Belangen en impactcriteria behorende tot de methodiek nationale veiligheid

Belang	Impactcriteria
1. Territoriale veiligheid	1.1 Aantasting van de integriteit van het grondgebied van het Koninkrijk der Nederlanden
	1.2 Aantasting van de integriteit van de internationale positie van het Koninkrijk der Nederlanden
	1.3 Aantasting van de integriteit van de digitale ruimte
	1.4 Aantasting van de integriteit van het bondgenootschappelijk grondgebied
2. Fysieke veiligheid	2.1 Doden
	2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken
	2.3 Gebrek aan primaire levensbehoeften
3. Economische veiligheid	3.1 Kosten
	3.2 Aantasting van de vitaliteit van de economie van het Koninkrijk der Nederlanden
4. Ecologische veiligheid	4.1 Langdurige aantasting van het milieu en de natuur
5. Sociale en politieke stabiliteit	5.1 Verstoring van het dagelijkse leven
	5.2 Aantasting van de democratische rechtstaat
	5.3 Sociaal-maatschappelijke impact
6. Internationale rechtsorde en stabiliteit	6.1 Aantasting van de normen van staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillenbeslechting
	6.2 Aantasting van de werking, legitimiteit dan wel naleving van de internationale verdragen en normen inzake de rechten van de mens
	6.3 Aantasting van een op regels gebaseerd internationaal financieel-economisch bestel
	6.4 Aantasting van de effectiviteit, legitimiteit van multilaterale instituties
	6.5 Instabiliteit van staten grenzend aan het Koninkrijk der Nederlanden en in de directe omgeving van de Europese Unie

Voor het geven van een oordeel over de precieze omvang van de gevolgen van een scenario, wordt aan elk van de criteria een impactscore toegekend, namelijk: niet van toepassing, beperkt (A), aanzienlijk (B), ernstig (C), zeer ernstig (D) of catastrofaal (E). Deze classificering is gebaseerd op een logaritmische schaal. Voor criterium 2.1

(aantal doden) betekent dit bijvoorbeeld dat een beperkte score staat voor 0-10 doden, een aanzienlijke score voor 10-100 doden, et cetera. Eenzelfde redenatie wordt gehanteerd voor criterium 3.1 (kosten). Er is sprake van maatschappelijke ontwrichting als één of meer van de belangen ernstig (klasse C) of hoger wordt aangetast.

Tabel 2 Voorbeeld van verschillende klassen van gevolg binnen de methodiek nationale veiligheid

Klasse van gevolgen	Voorbeeld criterium: Aantal doden (2.1)	Voorbeeld criterium: kosten (3.1)
A. Beperkt	Minder dan 10	< 50 miljoen euro
B. Aanzienlijk	10 tot 100	< 500 miljoen euro
C. Ernstig	100 tot 1000	< 5 miljard euro
D. Zeer ernstig	1000 tot 10.000	< 50 miljard euro
E. Catastrofaal	Meer dan 10.000	> 50 miljard euro

In tegenstelling tot de bovenstaande criteria 2.1 en 3.1, zijn sommige criteria niet uit te drukken in een absoluut aantal. Een voorbeeld is criterium 5.2, aantasting van de democratische rechtsstaat. Hier wordt de uiteindelijke score bepaald door te kijken of, in welke mate en voor hoe lang verschillende onderdelen van de democratische rechtsstaat worden aangetast. Deze onderdelen zijn:

- Het functioneren van de politieke vertegenwoordiging;
- Het functioneren van het openbaar bestuur en daaraan verbonden ambtenaren;
- Het functioneren van het openbare orde en veiligheidssysteem;
- Het functioneren van een onafhankelijke rechtspraak;
- Vrijheden en rechten zoals vastgelegd in grondwet en wetgeving (vrijheid van godsdienst, meningsuiting, vereniging, kiesrecht, etc.).

Naarmate de aantasting groter is, voor meerdere onderdelen van toepassing blijkt en langer duurt, neemt de score toe. Voor elk van de in dit rapport beoordeelde scenario's zal aan de hand van een scorekaart per criterium worden weergegeven van welke orde grootte de verwachte gevolgen zijn.

Binnen de methodiek wordt niet alleen gekeken naar de gevolgen van gebeurtenissen, maar ook naar de waarschijnlijkheid van voorkomen. Voor het bepalen van de waarschijnlijkheid, wordt gekeken naar de kans van voorkomen binnen het moment van analyse (eerste kwartaal 2022) en vijf jaar. Deze kans wordt afhankelijk van het type gebeurtenis kwalitatief of kwantitatief weergegeven op een vijfpuntschaal van zeer onwaarschijnlijk tot zeer waarschijnlijk. Voor niet-moedwillige gebeurtenissen, zoals die omschreven binnen dit thema-rapport, wordt een kwantitatieve schaal gehanteerd.

Tabel 3 Klassen van waarschijnlijkheid binnen de methodiek nationale veiligheid

Klasse van waarschijnlijkheid	% per 5 jaar
A. Zeer onwaarschijnlijk	< 0,05
B. Onwaarschijnlijk	0,05 - 0,5
C. Enigszins waarschijnlijk	0,5 - 5
D. Waarschijnlijk	5 - 50
E. Zeer waarschijnlijk	50 - 100

Ook de ingeschatte waarschijnlijkheid zal voor elk scenario worden weergegeven in de eerder genoemde scorekaart. Om te helpen bij de uiteindelijke vergelijking van alle scenario's, bevat hoofdstuk zeven een risicodiagram met daarin geplot een overzicht van de scenario's langs de assen waarschijnlijkheid en totale impact.

2.2.2 Bouwstenen en sluimerende dreigingen

Om te assisteren bij het identificeren en uitwerken van de scenario's is gebruik gemaakt van 'bouwstenen'. Bouwstenen zijn een overzicht van de voor een dreigingscategorie relevante factoren. Door factoren te combineren kunnen meerdere situaties ofwel scenario's worden gecreëerd. Uiteraard zullen verschillende combinaties leiden tot verschillende scenario's met wisselende uitkomsten. De bouwstenen helpen om in één oogopslag duidelijk te maken wat wel en wat niet is

meegenomen in het scenario en dienen als referentiekader voor de uiteindelijke verhaallijn. De in deze rapportage opgenomen scenario's betreffen enkele voorbeelden van hoe de dreiging behorende tot één van de categorieën zich kan manifesteren. Ze zijn nadrukkelijk niet uitputtend, maar streven ernaar een zo goed mogelijke afspiegeling te zijn van relevante factoren.

Naast de op bouwstenen gebaseerde scenario's, wordt er binnen dit thema ook een sluimerende dreiging beschouwd. Sluimerende dreigingen zijn dreigingen die op langere termijn, 10 tot 20 jaar, tot een dreiging kunnen leiden of dreigingen met een relatief lage waarschijnlijkheid en hoge impact of grote onzekerheid. De in dit rapport opgenomen sluimerende dreiging wordt alleen kwalitatief uitgewerkt.

2.2.3 Overzicht van ontwikkelingen

Per dreigingscategorie wordt een kort overzicht gegeven van relevante ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn op de impact of waarschijnlijkheid van een dreiging.

2.2.4 Vitale processen

Binnen de RbRa is er eveneens aandacht voor hoe verschillende dreigingen de voor de Nederlandse maatschappij vitale processen kunnen aantasten, onder andere in het dreigingsthema bedreiging vitale processen. Ook binnen de afzonderlijke themarapporten komen de mogelijke gevolgen voor vitale processen als de drinkwatervoorziening, de olievoorziening en de scheepvaartafwikkeling naar voren.¹ De wijze waarop verschilt echter per thema. Binnen het thema zware ongevallen wordt per dreigingscategorie in de beschouwing kort stil gestaan bij de relatie met vitale processen.

¹ Zie voor een compleet en actueel overzicht: NCTV. (2022). *Overzicht vitale processen*.

3. Stralingsongevallen

De eerste binnen dit thema uitgewerkte dreigingscategorie betreft stralingsongevallen. Bij stralingsongevallen gaat het om situaties waarbij er radioactief materiaal in de atmosfeer, bodem of het water terecht komt. Dit kan worden veroorzaakt door een ongeval met een kernreactor, maar ook een ongeval tijdens bijvoorbeeld het transport van radioactief materiaal. Belangrijk is om (nogmaals) te vermelden dat het binnen deze categorie alleen gaat om niet-moedwillige gebeurtenissen. Het moedwillig inzetten van gevaarlijke stoffen (CBRNe) zoals in de vorm van kernwapens vallen buiten dit thema.

3.1 Relevante ontwikkelingen

Met betrekking tot de dreigingscategorie stralingsongevallen hebben zich de afgelopen jaren relatief weinig ontwikkelingen voorgedaan. Er hebben gelukkig ook geen grootschalige stralingsongevallen in Nederland plaatsgevonden die in het kader van de nationale veiligheid relevant zijn. Wel zijn er enkele ontwikkelingen te noemen op het vlak van rampenbestrijding en crisismanagement. Op landelijk niveau is het Landelijk Crisisplan Straling (LCP-S) ontwikkeld (Min. IenW, 2021). Dit initiatief vervangt het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (Min. IenW, 2017). In de uitwerking van de scenario's wordt gebruik gemaakt van de informatie uit de LCP-S.

Daarnaast zijn de radiologische gevolgen van mogelijke ongevalsscenario's voor kerncentrale Borssele onderzocht (RIVM, 2021). Het RIVM heeft modelberekeningen uitgevoerd op basis van vijf emissiescenario's voor kerncentrale Borssele, aangereikt door de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Straling (ANVS). Of en (zo ja) op welke wijze deze scenario's in de crisisaanpak een plek zullen krijgen is op het moment van deze analyse nog onbekend. Dat is de reden om het huidige maatrampscenario (ST-CON1, zie (RIVM, 2008)) in deze analyse als referentie te hanteren.

Een mogelijk relevante ontwikkeling voor de toekomst komt binnen de kaders van de energietransitie naar voren. Bij de energietransitie wordt gekeken naar alternatieven voor fossiele energiebronnen, waarbij ook de bouw van

nieuwe kerncentrales een optie is.² Wanneer besloten zou worden tot de bouw van een nieuwe centrale, zal het nog een groot aantal jaar duren voordat deze operationeel zal zijn. Nieuwe kerncentrales vallen daarom verder buiten de scope van deze risicoanalyse.

In eerdere door het ANV uitgevoerde risicoanalyses, is gemeld dat de beschikbare nucleaire kennis en kennis van stralingsbescherming een aandachtspunt is (ANV, 2019). Dit onderwerp blijft (mede gezien de mogelijke ontwikkelingen met betrekking tot kernenergie) relevant en heeft ook afgelopen tijd binnen het beleid aandacht gekregen.³ Een ander aspect met betrekking tot kennis is het risico van het weglekken van informatie in het kader van economische veiligheid en cybersecurity. De beveiliging van radioactief materiaal en kennis heeft de nodige aandacht. De aansturing van de centrales gebeurt bijvoorbeeld analoog, zodat directe impact op de aansturing niet te verwachten valt. Dit neemt niet weg dat als derden ongewenst toegang hebben tot de systemen, men eventuele kwetsbaarheden in kaart kan brengen en dat gelekte informatie en in verkeerde handen kan vallen.

3.2 Relevante factoren

De omvang en gevolgen van een stralingsongeval zijn afhankelijk van verschillende factoren. Het gaat onder meer om de locatie van vrijkomen, de hoeveelheid van het materiaal, het aantal blootgestelden en de weersomstandigheden. Voor de impact op de maatschappij is verder van belang of zich vitale processen in het betreffende gebied bevinden. Hieronder zijn de meest relevante factoren genoemd.

² Naast de optie voor extra kerncentrales wordt ook gepleit voor andere typen zoals kleine kerncentrales, ook wel *small modular reactors* genoemd (Zie o.a. China zet kleine modulaire kerncentrale aan, 2022).

³ Zo wordt er bijvoorbeeld gekeken naar een kennisinfrastructuur op dit gebied. (Zie o.a. ANVS, 2020)

Stralingsbron

Er zijn verschillende stralingsbronnen mogelijk:

- KC Borssele;
- HFR Petten;
- HOR Delft;
- A-object vlak over de grens;
- A-object verder in Europa;
- A-object buiten Europa;
- B-object;
- Transport;
- Onbeheerde bron/ besmetting.

Het kan dus gaan om een stralingsbron in Nederland, maar ook in het buitenland; vlak over de grens of verder weg. Daarnaast wordt er onderscheid gemaakt tussen categorie A- en B-objecten. Bij categorie A-objecten gaat het om kernreactoren, schepen en ruimtevaartuigen die gebruik maken van kernenergie en om nucleair defensiemateriaal. Categorie B-objecten betreffen installaties voor uraniumverrijking, voor verwerking en opslag van radioactief afval en installaties waar radioactieve stoffen en bronnen worden gemaakt. Daarnaast om locaties waar zich radioactieve stoffen, stralingsapparatuur en bronnen bevinden of worden gebruikt.

Oorzaak

De oorzaak van een ongeval is als volgt verdeeld:

- Op zichzelf staand ongeval;
- Keteneffect t.g.v. extern ongeval (bijvoorbeeld een natuurramp).

Zoals gemeld vallen moedwillige gebeurtenissen niet binnen dit thema. Die worden in één van de andere analyses meegenomen.

Bronterm

De bronterm is bepalend voor de (omvang van de) effecten die kunnen optreden. Voor deze analyse wordt STC-CON-1 als referentie gehanteerd. STC-CON₁ is de hypothetische bronterm die is gebruikt als maatrap (RIVM, 2008) en is beschouwd als zeer grote bronterm.⁴

Omvang van het effectgebied

Voor de gevolgen van een stralingsongeval is de omvang van het effectgebied van belang. Hierbij maken we onderscheid tussen twee effectgebieden:

- Effectgebied 'dichtbij'. In de nabijheid van de stralingsbron gaat het om het gebied waar (afhankelijk van de bronterm) maatregelen zoals evacuatie en schuilen en het gebruik van jodiumtabletten kunnen

worden genomen. Voor kernreactoren zijn er preparatiezones vastgesteld. Dit zijn zones waarbinnen deze maatregelen moeten zijn voorbereid. De preparatiezones zijn in het LCP-S per type bron uitgewerkt. De grootste zijn gekoppeld aan kerncentrale Borssele en zijn 10 km (evacuatie) en 20 km (schuilen).

- Effectgebied 'ver weg'. Het effectgebied op grotere afstand is relevant voor het treffen van andere maatregelen, zoals maatregelen in de agrarische sector, zoals een graasverbod. Hierbij beperken we ons tot Nederland.

De omvang en ligging van het effectgebied is afhankelijk van de bronterm, maar ook van het weertype en de windrichting. Bij een stralingsongeval bij een centrale in het buitenland hangt het van de windrichting af of in Nederland effecten kunnen optreden. Daarbij speelt bijvoorbeeld ook de vraag of er wel of geen regen valt, omdat op de plekken waar regen valt besmetting kan ontstaan (hotspot-gebieden).

Aantal getroffen personen

Als het gaat om de gevolgen voor de bevolking is het aantal getroffen personen (of blootgestelden) relevant. Daarbij gaat het vooral om het aantal mensen dat zich bevindt in het effectgebied in de nabijheid van de bron en te maken krijgt met de maatregelen evacuatie en schuilen. Voor het aantal getroffen wordt uitgegaan van onderstaande verdeling.

- 0 – 100;
- 100 - 1.000;
- 1.000- 10.000;
- 10.000 - 100.000;
- 100.000 - 1.000.000;
- Meer dan 1.000.000.

Vitale processen binnen het effectgebied

Wanneer zich bepaalde vitale processen of objecten in het effectgebied bevinden kunnen die door het stralingsongeval verstoord worden, bijvoorbeeld omdat het gebied dan niet toegankelijk is.

Wanneer alle bovenstaande factoren bij elkaar worden genomen, leidt dit tot het volgende overzicht:

⁴ In eerdere analyses (ANV, 2016) is gebruikt gemaakt van verschillende bronnen, zoals <1 TBq en 1-10 TBq als brontermen scenario's m.b.t. B-objecten. Daaruit volgde dat die niet/nauwelijks relevant zijn vanuit het perspectief van de nationale veiligheid. Die hebben we daarom ook niet in deze analyse meegenomen.

Tabel 4 Overzicht van factoren dreigingscategorie stralingsongevallen

Stralingsbron	Oorzaak	Bronterm	Effectgebied 'dichtbij'	Effectgebied 'ver weg'	Aantal getroffen personen	Vitale processen effectgebied
KC Borssele	Op zichzelf staand ongeval	STC-CON1	<10 kilometer	Grote delen van Nederland	0 - 100	Ja
HFR Petten	Keteneffect t.g.v. extern ongeval		<20 kilometer	Heel Nederland	100 - 1.000	Nee
HOR Delft			>20 kilometer		1.000- 10.000	
A-object vlak over de grens			N.v.t.		10.000 - 100.000	
A-object verder in Europa					100.000 - 1.000.000	
A-object buiten Europa					Meer dan 1.000.000	
B-object						
Transport						
Onbeheerde bron/ besmetting						

Combinatie van factoren

Deze bovenstaande factoren kunnen op verschillende manieren gecombineerd worden tot fictieve ongevalscenario's. Er zijn dus veel varianten mogelijk, waarvan er in deze analyse slechts twee worden uitgevoerd als illustratie van mogelijke stralingsongevallen die relevant kunnen zijn in het kader van de nationale veiligheid.

3.3 Scenario's

In eerdere risicoanalyses van het ANV is ingezoomd op scenario's waarbij stralingsongevallen plaatsvinden bij kerncentrales. Hierbij is het onderscheid gemaakt tussen een centrale in Nederland en ergens in Europa (ANV, 2016). Om een beeld van de mogelijke impact op de nationale veiligheid te krijgen, wordt deze selectie in deze analyse gehandhaafd.

Uiteraard zijn er ook andere ongevalscenario's denkbaar, zoals het vrijkomen van radioactief materiaal tijdens transport of een ongeval van een nucleair aangedreven onderzeeër of ijsbreker. Dergelijke ongevallen hebben vanwege de hoeveelheid materiaal dat kan vrijkomen een kleinere impact dan een ongeval bij een centrale.

Een apart aandachtspunt bij de uitwerking van scenario's is de inzet van maatregelen. Bij een kernongeval zijn verschillende maatregelen mogelijk, zoals evacueren,

schuilen (binnenblijven met de deuren en ramen dicht) en het innemen van jodiumtabletten (jodiumprofylaxe). Daar zal in de scenario's rekening mee worden gehouden, waarbij aangesloten wordt op de preparatiezones genoemd in de LCP-S. Naast maatregelen die gekoppeld zijn aan de acute fase (zoals evacuatie en schuilen) gaat het om maatregelen die in een later stadium relevant zijn. Het treffen van maatregelen kan mogelijk discussies en dilemma's opleveren, zoals maatregelen gericht op landbouw of relocatie van mensen die eerder zijn geëvacueerd. Ook kunnen maatregelen ongewenste effecten opleveren. Zo zijn er voorbeelden dat juist de handeling van evacuatie zelf (bijvoorbeeld vanwege paniek bij mensen) tot extra slachtoffers kan leiden (RIVM, 2020).

3.3.1 Scenario Ongeval kerncentrale Borssele

Achtergrond

Dit scenario gaat uit van een ongeval bij de kerncentrale Borssele. Zoals gemeld, is voor de uitwerking geput uit de informatie uit het LCP-S. Qua bronterm is dit scenario gebaseerd op STC-CON1, waarvoor eerder modelberekeningen zijn uitgevoerd (RIVM, 2008; ANV, 2016). Dit houdt in dat uitgegaan wordt van een grote bronterm waarbij het effectgebied omvangrijk is en veel mensen getroffen worden. Qua selectie van de factoren ziet het scenario er als volgt uit:

Tabel 5 Factoren scenario ‘ongeval kerncentrale Borssele’

Stralingsbron	Oorzaak	Bronterm	Effectgebied ‘dichtbij’	Effectgebied ‘ver weg’	Aantal getroffen personen	Vitale processen effectgebied
KC Borssele	Op zichzelf staand ongeval	STC-CON1	<20 kilometer	Heel Nederland	Meer dan 1.000.000	Ja

Samenvatting hypothetisch scenario kerncentrale Borssele

Door onbekende (technische) oorzaak vindt rond de klok van 14 uur in de kerncentrale Borssele een ongeval plaats met een kernsmelt van de reactor als gevolg. Dit leidt tot lozing van radiologisch materiaal gedurende vier uur met als gevolg besmetting buiten de centrale. Direct is duidelijk dat het om een ernstige lozing gaat en het effectgebied omvangrijk zal zijn. Het is regenachtig en de wind staat zeer ongunstig: in eerste instantie richting de bevolkingscentra Vlissingen en Middelburg en buigt gedurende het ongeval af richting het Rotterdamse havengebied.

De rampbestrijding en crisisstructuren worden snel geactiveerd. Voor het bepalen van de te nemen maatregelen wordt gebruik gemaakt van het LCP-S met de daarin opgenomen afstanden voor evacuatie en schuilen. Dit treft een zeer groot aantal mensen in een straal van 10 km (evacuatie) en 20 km (schuilen). Bij de hulpverlening is er in eerste instantie terughoudendheid over evacueren, maar als blijkt dat veel mensen zelf besluiten te vertrekken, wordt gekozen om dit georganiseerd te doen. Tijdens de evacuatie vinden op verschillende plekken chaotische taferelen plaats en vallen er enkele tientallen (verkeers) slachtoffers. De evacuatie van onder andere scholen en kwetsbare personen in verzorgingsinstellingen verloopt verre van gestroomlijnd, omdat de wegen verstopt raken. Veel mensen raken in paniek.

Daarnaast worden andere activiteiten tijdelijk stilgelegd en wordt toegang in een ruim gebied rondom de kerncentrale geblokkeerd. In dat gebied bevinden zich een aantal vitale processen: bronnen voor de drinkwatervoorziening die mogelijk besmet raken, maar ook primaire waterkeringen en installaties voor de energievoorziening. Ook wordt de Westerscheldetunnel gesloten. Datzelfde geldt voor het luchtruim boven Nederland.

Als de vrijgekomen wolk met radioactieve stoffen na enkele uren afbuigt richting Rotterdam worden ook in die regio maatregelen afgekondigd. Ook is er bij een grote groep mensen onduidelijkheid over het wel of niet moeten nemen van de jodiumtabletten. De communicatie verloopt moeizaam en op de sociale media gaan direct heel veel verschillende adviezen en verhalen rond. Als de kinderen de

tabletten moeten innemen, dan zal het voor volwassenen toch ook wel nuttig zijn? Intussen zijn voor heel het land een graasverbod en het sluiten van de kassen verordeneerd. Die maatregelen worden zo snel mogelijk opgevolgd.

Na een dag sinds de start van de lozing wordt duidelijk dat de impact groot is. Een groot aantal mensen is geëvacueerd en een groot gebied is voor langere tijd niet toegankelijk of beschikbaar. In de gebieden waar de maatregelen evacuatie en schuilen gelden, ontstaan al snel problemen met de bevoorrading. Naast de angst en het persoonlijke leed zijn er significante economische gevolgen door de getroffen maatregelen. Bovendien besluiten internationale handelspartners alternatieven te zoeken voor de handel met Nederland met gevolgen voor onder andere de Rotterdamse haven.

Dan ontspringt zich de discussie over de afstanden die gehanteerd worden voor schuilen en evacueren. Waar komen die vandaan en waar zijn ze op gebaseerd? Kloppen die eigenlijk wel? Als de eerste resultaten van de metingen beschikbaar zijn, blijkt dat de concentraties op sommige plekken hoger zijn dan volgens eerdere modelberekeningen. Dat voedt het wantrouwen en roept de vraag op of er niet meer mensen geëvacueerd moeten worden.

Waar de getroffen en in eerste instantie de maatregelen opvolgen en verdedigen, volgen na verloop van enkele dagen discussies over de duur van de maatregelen. Wanneer worden de maatregelen opgeheven en op welk moment mogen bepaalde activiteiten weer plaatsvinden? Voor hoe lang blijft het gebied rondom de centrale geblokkeerd? De gemoederen lopen hoog op en de autoriteiten proberen onderbouwd keuzes te maken, maar dat blijkt lastig onder andere doordat het niet duidelijk is op basis waarvan besloten kan worden wanneer welk gebied weer beschikbaar komt voor bepaalde activiteiten.

Beoordeling van gevolgen en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario ‘kerncentrale Borssele’. De scores zijn in een expertsessie tot stand gekomen.

Tabel 6 Scores scenario ‘ongeval bij kerncentrale Borssele’

Thema		Zware ongevallen	
Dreigingscategorie	Stralingsongevallen		
Scenario	Ongeval bij kerncentrale Borssele		
Scenario-toelichting	Door technisch falen vindt er een kernsmelt van de reactor van de kerncentrale Borssele plaats. Dit leidt tot lozing van radiologisch materiaal met als gevolg besmetting buiten de centrale in een groot gebied.		
Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar)			Toelichting
Waarschijnlijkheid:	A-laag	Het scenario (kernsmelt) is zeer onwaarschijnlijk (orde-grootte eens in de 10 miljoen per jaar).	
Beoordeling gevolgen (impact)			
Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Territoriaal	1.1 Grondgebied	D	Op lokaal niveau zal het gebied voor meer dan een half jaar niet beschikbaar/toegankelijk zijn. Voor het gebied dat geëvacueerd is (regionaal niveau), geldt dat zeker voor meerdere maanden. Ook voor de agrarische gebieden (provinciaal) geldt dat die voor meerdere maanden en wellicht langer dan een half jaar niet normaal gebruikt kunnen worden. Dat leidt tot een D beoordeling met E als bovengrens.
	1.2 Internationale positie	C	Het ongeval zal gevolgen hebben voor de export van landbouwproducten ('boycot'). Daarnaast zal reisverkeer en toerisme teruglopen.
	1.3 Digitale ruimte	0	Niet van toepassing.
	1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied	0	Niet van toepassing.
Fysiek	2.1 Doden	B	Er zullen geen doden vallen als gevolg van straling buiten de kerncentrale, mogelijk enkele op het terrein. Er zullen wel enige tientallen slachtoffers tijdens de evacuatie kunnen vallen. Daarnaast gaat het om enkele honderden stochastische doden (overlijden op langere termijn als gevolg van kanker). Dit leidt tot een beoordeling B met C als bovengrens.
	2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken	C	Er zijn waarschijnlijk geen of enkele ernstig gewonden en chronisch zieken als direct gevolg van het ongeval. Wel zullen (statistisch) enkele honderden mensen kanker krijgen en daarnaast zijn er mensen met psychische klachten.
	2.3 Gebrek primaire levensbehoeften	A	Dit betreft de bevoorrading van het gebied. Dat zal voor korte tijd problemen kunnen opleveren, maar snel geregeld zijn.

Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Economisch	3.1 Kosten	D	Er zal grote financiële schade zijn in de agrarische sector, de export, logistiek (haven van Rotterdam, luchtruim) en toerisme. Daarnaast zijn er grote schoonmaakkosten waaronder de opslag van het afval. De inschatting is dat dit om enkele tientallen miljarden Euro zal gaan (een krimp van meer dan 20% in de betreffende sectoren), maar niet de 50 miljard zal overschrijden.
	3.2 Aantasting vitaliteit	C	De Nederlandse economie wordt hard geraakt, met name de agrarische sector en in mindere mate ook het toerisme. Zeker het eerste jaar daalt het bbp en stijgt de schuld. Inschatting is dat de schuldquote meer dan 3% kan toenemen. Ook de werkloosheid zal stijgen, maar dit zal minder dan 50.000 zijn. Dit geeft een C-beoordeling.
Ecologisch	4.1 Aantasting natuur en milieu	A	Geen echte aantasting van natuurgebieden. Mogelijk wel overschrijdingen van milieunormen.
Sociaal-politiek	5.1 Verstoring dagelijks leven	C	Voor de direct getroffen (evacuatie) zal de verstoring van het dagelijks leven een maand of langer duren. Voor een grotere groep (<100.000) geldt dat voor meer dan een week.
	5.2 Aantasting democratische rechtsstaat	B	Er spelen verschillende zaken. Bij de hulpverlening (OOV) kunnen problemen ontstaan doordat hulpverleners uit angst voor straling het gebied niet in gaan. Verder zal het vertrouwen in de politiek en bestuur worden geschaad en zal discussie over kernenergie (ook in het kader van de energietransitie) worden gevoerd.
	5.3 Sociaal-maatschappelijke impact	C	Er is sprake van angst, maatschappelijke onrust en woede. Hierbij speelt de duur van de maatregelen een belangrijke rol.
Internationale rechtsorde en stabiliteit	6.1 Staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillenbeslechting	0	Niet van toepassing.
	6.2 Mensenrechten	0	Niet van toepassing.
	6.3 Internationaal financieel-economisch bestel	0	Niet van toepassing.
	6.4 Multilaterale instituties	0	Niet van toepassing.
	6.5 Instabiliteit rondom Koninkrijk/EU	0	Niet van toepassing.

Beschouwing

Uit de beoordeling van het scenario volgt dat de waarschijnlijkheid van dit scenario zeer laag is, maar dat in geval van optreden de meeste nationale veiligheidsbelangen worden geraakt. Van de criteria die relevant zijn, is de impact op de nationale veiligheid in de meeste gevallen ernstig (C-beoordeling). Dat is zowel bij fysieke veiligheid en de sociaal-politieke stabiliteit te zien.

Wat hierbij naar voren komt is dat de gezondheidsgevolgen vooral gaan over mensen die ziek worden (inclusief psychische klachten) als gevolg van het ongeval. Bij de overlijdens gaat het vooral over mensen die gezien de opgelopen stralingsdosis een hogere kans hebben om op langere termijn aan de gevolgen van kanker te overlijden. Dat is de reden voor de C-beoordeling als bovengrens voor criterium 2.2. Er zullen geen (of slecht enkele) directe doden

vallen als gevolg van straling. Wel zijn er slachtoffers te verwachten gedurende de evacuatie omdat mensen in paniek zijn. Ook de gevolgen in de maatschappij zijn ernstig; waarbij o.a. de vraag of hulpverleners het gebied wel in durven te gaan en de duur van de maatregelen naar voren komen. Verder zal de discussie over het gebruik van kernenergie (ook in het kader van de energietransitie) plaatsvinden.

Bij enkele criteria is een D (zeer ernstig) beoordeling gegeven. Dit hangt voornamelijk samen met de omvang van het gebied rond de centrale dat voor langere tijd niet beschikbaar zal zijn en de agrarische gebieden die niet normaal gebruikt kunnen worden. Verder zijn de schoonkosten van een dergelijk ongeval hoog en worden de agrarische sector, logistiek, export en toerisme hard geraakt.

3.3.2 Scenario: ongeval bij een kerncentrale in Europa

Naast het scenario 'Kerncentrale Borssele' wordt een ongeval bij een centrale in Europa (die groter is dan kerncentrale Borssele) beschouwd. Hiervoor is aangesloten bij het scenario uit eerdere risicoanalyses (ANV, 2016). Er is gekozen voor een centrale verder in Europa, aangezien een ongeval van een centrale nabij de grens tot dezelfde soort effecten en mogelijke maatregelen zal leiden als een ongeval bij een centrale in Nederland. Qua selectie van de factoren ziet het scenario er als volgt uit:

Tabel 7 Factoren scenario 'ongeval bij een kerncentrale in Europa'

Stralingsbron	Oorzaak	Bronterm	Effectgebied 'dichtbij'	Effectgebied 'ver weg'	Aantal getroffen personen	Vitale processen effectgebied
A-object verder in Europa	Op zichzelf staand ongeval	STC-CON1	N.v.t.	Heel Nederland	100.000 - 1 miljoen	Ja

Samenvatting hypothetisch scenario ongeval bij een centrale in Europa

Het scenario 'stralingsongeval Europa' betreft een ongeval in een kerncentrale die in de nabijheid van Nederland ligt, maar niet vlak bij de grens, waardoor er geen directe gevolgen zijn. Als voorbeeld kan een centrale in Frankrijk dienen.

In de centrale vindt een zeer zwaar ongeval plaats en al snel nadat de eerste berichten van het ongeval verschijnen, wordt duidelijk dat dit ongeval gevolgen voor Nederland zou kunnen hebben. Dat komt door de windrichting waardoor de wolk met radioactieve stoffen over Nederland zal passeren. Daarbij is de ongunstige omstandigheid dat het warm, zomers weer is met de verwachting van hevige, plaatselijke regenbuien. Hoewel de wolk door de afstand geen directe bedreiging vormt, zullen op de plaatsen waar het regent lokale hotspot-gebieden ontstaan met besmetting. Dat is de uitdaging waar de overheid zich voor gesteld weet.

Omdat het moeilijk te voorspellen is waar de regenbuien exact zullen vallen en waar ze tot besmetting zullen leiden, worden voor een zeer groot deel van Nederland tijdelijk landbouwmaatregelen ingesteld. Dit heeft ingrijpende (economische) gevolgen en leidt tot onrust. Verder worden

de hotspotgebieden tijdelijk functioneel buiten gebruik gesteld. Dat heeft vooral grote consequenties als het om dichtbevolkte stedelijke gebieden gaat, zoals een hotspot in Den Haag of Amsterdam. Het luchtruim gaat tijdelijk dicht (i.v.m. eventuele besmetting van vliegtuigen etc.). Dit betekent dat veel mensen te maken krijgen met de getroffen maatregelen. Men wil weten waar men aan toe is en hoe lang alles zal gaan duren. De onvrede en onrust ontstaat vooral vanwege de relatief lange tijd (dagen) die nodig is om metingen te doen op de plekken waar buien zijn gevallen.

Beoordeling van gevolgen en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario 'Ongeval bij een centrale in Europa'. De scores zijn in een expertsessie tot stand gekomen. Tijdens de beoordeling werd duidelijk dat er minder criteria relevant zijn dan bij scenario Borssele en dat de criteria die wel relevant zijn tot beperktere impact leiden. Omdat ook de waarschijnlijk als 'zeer onwaarschijnlijk' is ingeschat, is geconstateerd dat dit scenario 'minder erg' zal zijn dan het scenario kerncentrale Borssele en is daarom op hoofdlijnen beoordeeld.

Tabel 8 Scores scenario ‘ongeval bij een kerncentrale in Europa’

Thema		Zware ongevallen	
Dreigingscategorie	Stralingsongevallen		
Scenario	Stralingsongeval in Europa		
Scenario-toelichting	Bij een kerncentrale in Europa vindt een groot ongeval plaats. Door de ongunstige windrichting gaat de wolk naar Nederland. Door regenbuiten ontstaan er lokaal hotspotgebieden met besmetting.		
Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar)			Toelichting
Waarschijnlijkheid:		A laag	Op basis van faalcijfers gelden voor deze type ongevallen faalfrequenties in de laagste categorie.
Beoordeling gevolgen (impact)			
Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Territoriaal	1.1 Grondgebied	C	Het gaat om meerdere hotspotgebieden die per gebied beperkt zijn qua omvang. Als er agrarische maatregelen worden getroffen kunnen die een seizoen raken (meerdere maanden).
	1.2 Internationale positie	0	Niet of nauwelijks van toepassing.
	1.3 Digitale ruimte	0	Niet van toepassing.
	1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied	0	Niet van toepassing.
Fysiek	2.1 Doden	B	Er vallen geen directe doden. Stochastische doden (op langere termijn) zijn mogelijk. Dat zullen er minder zijn dan bij het scenario in Nederland.
	2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken	B	Er kan sprake zijn van psychische gevolgen bij een groot ongeval in Europa. Dat zullen er minder zijn dan bij het scenario in Nederland.
	2.3 Gebrek primaire levensbehoeften	0	Niet van toepassing.
Economisch	3.1 Kosten	C	Financiële schade in de agrarische sector en export/logistiek zal groot zijn. Dit met name vanwege de landbouwmaatregelen en het sluiten van het luchtruim voor een periode. C-beoordeling met D als bovengrens.
	3.2 Aantasting vitaliteit	A	Vooral de export en agrarische sector worden getroffen. De inschatting is dat dit zowel voor de schuldquote als de werkloosheid beperkt zal zijn.
Ecologisch	4.1 Aantasting natuur en milieu	A	Geen echte aantasting van natuurgebieden. Ecologische gevolgen in de hotspotgebieden zullen klein zijn.
Sociaal-politiek	5.1 Verstoring dagelijks leven	A	Dagelijkse verstoring voor de hotspotgebieden voor een korte duur
	5.2 Aantasting democratische rechtsstaat	A	Er zal discussie over kernenergie (ook in het kader van de energietransitie) worden gevoerd.
	5.3 Sociaal-maatschappelijke impact	B	Angst, onrust en verontwaardiging

Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Internationale rechtsorde en stabiliteit	6.1 Staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillenbeslechting	0	Niet van toepassing.
	6.2 Mensenrechten	0	Niet van toepassing.
	6.3 Internationaal financieel-economisch bestel	0	Niet van toepassing.
	6.4 Multilaterale instituties	0	Niet van toepassing.
	6.5 Instabiliteit rondom Koninkrijk/EU	0	Niet van toepassing.

Beschouwing

Zoals gemeld volgt uit de beoordeling van het scenario dat de waarschijnlijkheid van dit scenario zeer laag is en dat de impact minder is dan bij een stralingsongeval in Nederland. Dat wil niet zeggen dat dit scenario de nationale veiligheid niet raakt. Er zijn twee criteria die ernstig worden aangetast. Dat gaat om het grondgebied vanwege de landbouwmaatregelen die getroffen worden en daaraan gerelateerd de kosten die deze maatregelen met zich meebrengen.

Verder zal een dergelijk ongeval kunnen leiden tot angst onder bepaalde groepen in de samenleving en zal het leiden tot discussie over het gebruik van kernenergie ook in het kader van de energietransitie.

4. Chemische ongevallen

Binnen de categorie chemische ongevallen gaat het om ongevallen in de chemische sector of tijdens het transport van gevaarlijke stoffen, waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen. Het gaat alleen om niet-moedwillige gebeurtenissen. Het moedwillig inzetten van gevaarlijke stoffen (CBRNe) valt buiten de scope.

4.1 Relevante ontwikkelingen

In deze paragraaf worden enkele relevante ontwikkelingen kort benoemd, waarna ook aandacht aan de casuïstiek wordt gegeven.

Ontwikkelingen

Er zijn verschillende ontwikkelingen te noemen die relevant zijn voor de chemische industrie. Hiervan is de energietransitie een belangrijke, omdat hierdoor de sector op termijn wezenlijk anders zal worden. De transitie van fossiele naar duurzame energiebronnen zal bestaande risico's verkleinen en nieuwe risico's met zich meebrengen (RIVM, 2021a). Als voorbeeld kan gedacht worden aan het grootschalig gebruik van waterstof in plaats van aardgas. Bij deze ontwikkeling gaat het bijvoorbeeld niet alleen om de risico's van waterstof zelf, maar ook om energiedragers van waterstof zoals ammoniak (Arcadis en Berenschot, 2021).

Bij de energietransitie spelen ook andere zaken. Zo kan bij de uitfasering van bestaande technieken de aandacht voor onderhoud en veiligheid verminderen. Verder zal er een fase zijn waarin zowel bestaande als nieuwe technieken worden toegepast, wat mogelijk zal leiden tot extra risico's. De overgang naar duurzame energiebronnen brengt ook kosten met zich mee voor het bedrijfsleven. Als gevolg kan het accent op kostenbesparing versterkt worden, met ook hierdoor mogelijk minder aandacht voor onderhoud.

Een andere ontwikkeling die al langer gaande is, betreft de veroudering van chemische installaties. Veel installaties gaan richting het einde van hun levensduur. Onder meer vanwege de energietransitie is één van de vragen of deze installaties ontmanteld zullen worden of bijvoorbeeld een andere functie krijgen.

Ook binnen de chemische sector is er een tendens van verdere digitalisering, automatisering en robotisering, waardoor gevolgen van digitale verstoring of cyberdreigingen groter worden. Hierbij is de veroudering van kennis en systemen een risico (RIVM, 2020a).

Tenslotte staan we kort stil bij het transport van gevaarlijke stoffen. Om het aantal transporten van verschillende typen gevaarlijke stoffen te reguleren, is er het Basisnet vervoer gevaarlijke stoffen. Daarin zijn voor transport van gevaarlijke stoffen over spoor, weg en water zogenaamde risicoplafonds gedefinieerd en via monitoring wordt nagegaan of de werkelijke transportbewegingen binnen die plafonds blijven of die overschrijden. Uit de monitoring van afgelopen jaren volgt dat rondom het transport van vooral brandbare vloeistoffen en gassen over het spoor er overschrijdingen plaatsvinden op de Brabantroute (Min. IenW, 2021a). Tegelijkertijd hebben diverse steden aan de Brabantroute ambities wat betreft ruimtelijke ontwikkelingen rond het spoor (Bureau KLB, 2021). Bij de bouwplannen wordt rekening gehouden met de risico's gekoppeld aan het spoorvervoer, maar bij een ongeval op het spoor in stedelijk gebied zijn er wel slachtoffers en schade aan gebouwen voorstelbaar.

Casuïstiek

In Nederland hebben er afgelopen jaren geen grootschalige ongevallen plaatsgevonden waarbij mensen in de omgeving van een activiteit met gevaarlijke stoffen slachtoffer zijn geworden. De kans op een dergelijke gebeurtenis wordt conform de risicoberekeningen die worden uitgevoerd in het kader van vergunningverlening zeer klein geacht. Wereldwijd zijn er afgelopen jaren wel grootschalige ongevallen geweest, waaronder de ramp in Beiroet (2020) waarbij een opslag ammoniumnitraat explodeerde. Deze explosie had een zeer grote impact. In de beantwoording op Kamervragen of een dergelijke ramp met ammoniumnitraat ook in Nederland kan plaatsvinden, is door de Staatsecretaris van Infrastructuur en Waterstaat (Ministerie IenW, 2020) uiteengezet dat de vorm van ammoniumnitraat dat vervoerd of opgeslagen wordt een belangrijke rol speelt, omdat niet alle vormen explosiegevaar met zich meebrengen. In Nederland is er een aantal vergunde opslagen voor

ammoniumnitraathoudend kunstmest in categorie 4 (potentieel explosief), waarvan de hoeveelheden vele malen kleiner zijn dan die in Beiroet en die voldoen aan de veiligheidseisen. Conform de veiligheidsregels en vergunningen is een ramp als in Beiroet daarom niet te verwachten. Hierbij kan natuurlijk de vraag worden gesteld of er ook ongewenste situaties zijn die niet bekend zijn bij de autoriteiten (IFV, 2020).

Ook bij het transport van gevaarlijke stoffen zijn er de afgelopen jaren in Nederland geen grootschalige ongevallen geweest. In 2020 heeft het RIVM onderzoek gedaan naar de kans op dergelijke gebeurtenissen, waarbij gekeken is naar relevante ongevallen in het buitenland. Uit het onderzoek volgt dat de verwachtingswaarde is dat ongeveer eens in de vijfhonderd jaar een ongeval met een

relevante uitstroming plaatsvindt in Nederland (RIVM, 2020b).

4.2 Factoren

De gevolgen van een chemisch ongeval zijn afhankelijk van verschillende factoren of bouwstenen. Het gaat onder meer om de aard en hoeveelheid van het materiaal, de omvang van het effectgebied en het aantal aanwezigen. Voor de impact op de maatschappij is verder van belang of zich vitale objecten in het betreffende gebied bevinden. In onderstaande tabel zijn de meest relevante factoren gepresenteerd, waarbij gebruik is gemaakt van de eerdere analyse (ANV, 2016).

Tabel 9 Factoren dreigingscategorie chemische ongevallen

Type gevarenbron	Modaliteit (indien mobiel)	Stofcategorie	Type gevaar	Totale stofhoeveelheid	Bronduur	Tijdstip	Omvang effectgebied (straal)	Aard effectgebied	Aanwezige personen (effectgebied)
Mobiel	Weg	LT3	Brand	<10 ton	Instantaan	Dag	<100 m	Bewoond gebied	0
Stationair	Water	GF3	Explosie	10-50 ton	< 5min	Nacht	100-500 m	Natuurgebied	<10
	Spoor	GT3	Giftig	50-100 ton	< 30 min		500-1000 m	Industrie	10-100
				100-1000 ton	>30 min		1-2 km	Agrarisch	100-1000
							2-5 km	Vitale processen	1000-10.000
				> 5 km		>10.000			

De factoren zijn grofweg te verdelen in factoren die betrekking hebben op de bron, de emissie of verspreiding en het effectgebied. Hierbij is aan de bronkant onderscheid gemaakt naar type bron en type en hoeveelheid stof. Die factoren worden bij een scenario nader ingevuld door van een specifieke situatie uit te gaan. De tabel bevat dan ook niet alle factoren. Zo is de bronterm afhankelijk van verschillende (proces)condities en is de omvang en ligging van het effectgebied afhankelijk van de bronterm, maar ook van het weertype en de windrichting. Dat is in de scenario's meegenomen.

De genoemde mogelijkheden bij de factoren kunnen op verschillende manieren gecombineerd worden tot

ongevalscenario's. Er zijn dus veel varianten mogelijk, waarvan er in deze analyse slechts twee worden uitgevoerd als illustratie van de mogelijke chemische ongevallen die relevant kunnen zijn in het kader van de nationale veiligheid.

4.3 Scenario's

Er is voor gekozen om twee scenario's waarbij een chemisch ongeval plaatsvindt in deze risicoanalyse te beschouwen. Het eerste scenario betreft een ongeval bij een chemieconcern waarbij er een grote hoeveelheid giftige stof vrijkomt. Qua giftige stof is gekozen voor ammoniak.

Dit scenario is ook opgenomen in eerdere risicoanalyses van het ANV (ANV, 2016). Daarbij komt dat ammoniak ook rondom de energietransitie een rol kan spelen als een energiedrager voor waterstof. Het tweede scenario betreft een ramp tijdens het transport van gevaarlijke stoffen over het spoor (zoals ook bij de ontwikkelingen is genoemd). Hierbij wordt uitgegaan van een brandbaar gas waarbij een volkbrand en explosie optreedt.

4.3.1 Scenario falen van opslagtank ammoniak

Bij dit scenario komt ammoniak vrij en worden mensen in de omgeving hieraan blootgesteld. Zoals gemeld, is dit scenario ook in een eerdere analyse van het ANV geanalyseerd (ANV, 2016). In onderstaande figuur zijn de gebruikte bouwstenen van dit scenario weergegeven. Daarna is een korte beschrijving van het scenario opgenomen.

Tabel 10 Factoren scenario ‘falen van opslagtank ammoniak’

Type gevarenbron	Modaliteit (indien mobiel)	Stofcategorie	Type gevaar	Totale stofhoeveelheid	Bronduur	Tijdstip	Omvang effectgebied (straal)	Aard effectgebied	Aanwezige personen (effectgebied)
Stationair	N.v.t.	GT3	Giftig	100 - 1.000 ton	<5 minuten	Dag	>5 km	Bewoond gebied	1.000 - 10.000
								Natuurgebied	
								Industrieel gebied	
								Vitale processen	

Samenvatting hypothetisch scenario falen opslagtank ammoniak

Op een zomerase namiddag bezijkt als gevolg van een brand van een tankauto een ammoniaktank op een industrieterrein van een chemieconcern. Al bij het begin van het ongeval is alarm geslagen en hebben de hulpdiensten geprobeerd het bezwijken van de opslagtank ammoniak te voorkomen, maar dat is niet gelukt. De opslagtank bezwijkt en er komt in korte tijd een grote hoeveelheid ammoniak vrij (het gaat om een drukopslag met 500 ton ammoniak).

De vrijgekomen ammoniak verdampt direct en er ontstaat een giftige ammoniakwolk die zich snel met de wind mee verspreidt. De wolk verspreidt zich over het terrein en gaat richting de nabijgelegen woonwijk. Die woonwijk ligt op zo'n 300 meter van het concern en er wonen circa 3000 mensen. Vanwege het rustige en mooie weer zijn redelijk veel mensen buiten. Zij hebben wel de sirenes gehoord, maar zagen geen directe reden om naar binnen te gaan; het ongeval leek beperkt en relatief ver weg.

Er is uiteindelijk onvoldoende tijd voor evacuatie en veel mensen worden blootgesteld aan hoge ammoniakconcentraties. Er vallen enkele tientallen doden en

honderden ernstig zieken (ademhalingsklachten). Daarbij zitten ook mensen die wel binnen waren, maar vanwege de hoge concentratie ammoniak toch slachtoffer zijn geworden. Politie en ambulances kunnen in het eerste uur het gebied niet in vanwege de hoge ammoniakconcentraties en ook het werk van de brandweer wordt bemoeilijkt door een tekort aan persoonlijke beschermingsmiddelen.

Ter plaatse heerst er chaos en er is al gauw sprake van angst en onrust, zowel onder de bevolking in het omringende gebied als op andere plekken in Nederland. Ook de media en politiek roeren zich. De verspreiding van de ammoniak leidt verder tot tijdelijke schade aan natuur en oppervlaktewater in het benedenwindse gebied. Een innamepunt voor drinkwaterbereiding wordt tijdelijk gesloten.

Beoordeling van gevolgen en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario ‘falen opslagtank ammoniak’. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van chemische veiligheid tot stand gekomen.

Tabel 11 Scores scenario 'falen van opslagtank ammoniak'

Thema		Zware ongevallen	
Risicocategorie	Chemische ongevallen		
Scenario	Falen opslagtank ammoniak		
Scenario-toelichting	Als gevolg van ongeval met een tankauto faalt een opslagtank ammoniak. De ammoniak komt vrij en een giftige wolk verspreidt zich tot in de nabijgelegen woonwijk. Daar vallen slachtoffers vanwege de hoge concentraties ammoniak.		
Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar)			Toelichting
Waarschijnlijkheid:		A	Op basis van faalcijfers gelden voor deze type ongevallen faalfrequenties in de laagste categorie.
Beoordeling gevolgen (impact)			
Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Territoriaal	1.1 Grondgebied	0	Niet van toepassing. Er zullen op het terrein van het chemieconcern wel opruimwerkzaamheden plaatsvinden en het gebied zal tijdelijk niet toegankelijk zijn. Omdat dit van korte duur is wordt het criterium niet aangetast.
	1.2 Internationale positie	0	Niet van toepassing.
	1.3 Digitale ruimte	0	Niet van toepassing.
	1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied	0	Niet van toepassing.
Fysiek	2.1 Doden	B	Er vallen enkele tientallen slachtoffers.
	2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken	C	Veel mensen die zijn blootgesteld aan de ammoniak hebben ademhalingsklachten (longschade) en/of oog-irritatie. Het gaat om enkele honderden personen uit de woonwijk.
	2.3 Gebrek primaire levensbehoeften	B	Als een grote groep mensen (enkele honderden) acute zorg nodig heeft, kan dat meerdere dagen tot capaciteitsproblemen leiden.
Economisch	3.1 Kosten	A	Materiële schade (opslagtank), gezondheidskosten (m.n. korte termijn behandeling). Financiële en imagoschade voor het betreffende bedrijf zijn groot. De inschatting is dat het om enkele tientallen miljoenen Euro's gaat, waarbij de vraag is of het de 50 miljoen overschrijdt (B als bovengrens).
	3.2 Aantasting vitaliteit	0	Niet van toepassing.
Ecologisch	4.1 Aantasting natuur en milieu	A	Beperkt (op kleine schaal) en kortdurend.

Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Sociaal-politiek	5.1 Verstoring dagelijks leven	A	Dagelijkse verstoring voor de bewoners van de getroffen woonwijk (< 10.000) voor een korte duur.
	5.2 Aantasting democratische rechtsstaat	A	Het ongeval zal vragen kunnen oproepen over het betreffende bedrijf en de vergunningverlening. In een breder perspectief zou het discussie over de energietransitie en het gebruik van waterstof (waarbij ammoniak als energiedrager kan worden gebruikt) aanwakkeren.
	5.3 Sociaal-maatschappelijke impact	B	Woede en tijdelijke onrust over de chemische industrie en de daaraan verbonden risico's. Dat kan ook uitmonden in discussies over de energietransitie als er meer ammoniak zal worden gebruikt (zie bij 5.2)
Internationale rechtsorde en stabiliteit	6.1 Staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillenbeslechting	0	Niet van toepassing.
	6.2 Mensenrechten	0	Niet van toepassing.
	6.3 Internationaal financieel-economisch bestel	0	Niet van toepassing.
	6.4 Multilaterale instituties	0	Niet van toepassing.
	6.5 Instabiliteit rondom Koninkrijk/EU	0	Niet van toepassing.

Beschouwing

Uit de beoordeling van het scenario volgt dat de waarschijnlijkheid van dit scenario laag is (A, zeer onwaarschijnlijk) en dat in geval van optreden enkele nationale veiligheidsbelangen worden geraakt. Het gaat hierbij om de belangen fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit. Territoriale veiligheid en de internationale rechtsorde worden niet geraakt. Van de criteria die relevant zijn is de impact op de nationale veiligheid in de meeste gevallen beperkt of aanzienlijk (een A- of B-score). Alleen bij het aantal gewonden/zieken is een C-beoordeling (ernstig) gegeven, waarbij het gaat om mensen met ademhalingsklachten en oogirritatie en de gevolgen daarvan (longschade) als gevolg van de ammoniakconcentraties. Hierbij is een van de vragen of er capaciteitsproblemen zullen ontstaan als er acuut zorg nodig is voor enkele honderden mensen.

Een ander vraagstuk gekoppeld aan dit scenario en die in de beoordeling naar voren is gekomen betreft de maatschappelijke discussie die kan ontstaan. Naast discussie over de risico's van de chemische industrie kan dit ook gaan over de energietransitie. Binnen de energietransitie is waterstof een van de alternatieven voor de fossiele brandstoffen. Bij grootschalig gebruik van waterstof kan ammoniak als energiedrager van waterstof worden ingezet, waardoor ongevallen met ammoniak een weerslag kunnen hebben op

het gebruik van waterstof binnen de energietransitie. Dit volgt niet direct uit het scenario, maar kan wel relevant zijn binnen de ontwikkeling van de energietransitie (Arcadis en Berenschot, 2021).

4.3.2 Scenario treinramp met gaswolkbrand

Voor dit scenario heeft de treinramp in Viareggio (2009) als voorbeeld gediend. In Viareggio vond vanwege technisch falen (breuk in de as) ontsporing van een wagen met LPG plaats. Vervolgens is sprake van een 'blikopener-scenario': de aanwezigheid van rechtopstaande stalen profielstukken naast het spoor speelt een belangrijke rol bij de uitstroming en ontsteking van de LPG vanuit de wagen. De wolkbrand die zo ontstaat, leidt uiteindelijk tot 32 doden en 50 zwaargewonden. Verder worden 1100 mensen geëvacueerd en is de schade aan de infrastructuur 32 miljoen Euro (RIVM, 2020b). Deze gebeurtenis is een van de ongevallen die ook voor de Nederlandse situatie als relevant is bestempeld (RIVM, 2020b). Daarbij wordt wel opgemerkt dat er n.a.v. dit ongeval maatregelen zijn getroffen m.b.t. eisen aan onderhoud en het verwijderen van scherpe objecten langs het spoor, waardoor de kans van optreden is gereduceerd [8]. Voor de effectafstanden van de (gas)explosie in dit scenario zijn verder geen aparte modelberekeningen gedaan, maar is gebruik gemaakt van het Scenarioboek Externe Veiligheid (Scenarioboek Externe Veiligheid, 2021).

In de volgende figuur zijn de gebruikte bouwstenen van dit scenario weergegeven. Daarna is een korte beschrijving van het scenario opgenomen.

Tabel 12 Factoren scenario ‘treinramp met gaswolkbrand’

Type gevaarbron	Modaliteit (indien mobiel)	Stofcategorie	Type gevaar	Totale stofhoeveelheid	Bronduur	Tijdstip	Omvang effectgebied (straal)	Aard effectgebied	Aanwezige personen (effectgebied)
Mobiel	Spoor	GF3	Brand	10 - 50 ton	<5 minuten	Dag	100-500 m	Bewoond gebied	100 - 1.000
			Explosie						

Samenvatting hypothetisch scenario treinramp met gaswolkbrand

Op een normale doordeweekse dag vindt via de Brabantroute een standaard transport van gevaarlijke stoffen met een goederentrein plaats. Het gaat om een trein met wagens met onder andere brandbare gassen (LPG, 50 ton per wagon) en brandbare vloeistoffen. Deze verschillende stoffen zijn qua samenstelling conform de gangbare regels onderling van elkaar gescheiden (het zogenaamde Blevé-vrij rijden). Op het doorgaande spoor ter hoogte van een van de steden langs de route vindt door een technisch mankement de ontsporing van een van de wagens plaats. Als gevolg daarvan ontsporen meerdere wagens en komen naast het spoor terecht. Twee wagens komen hierbij met elkaar in botsing waardoor er een openscheurt. De LPG stroomt eruit en na een korte tijd vindt er een ontsteking plaats en ontstaat een grote wolkbrand en explosie die korte tijd duurt.

De ravage is compleet: er vallen tientallen doden en zwaargewonden. De slachtoffers zijn vooral mensen die in het kantoor vlak langs het spoor aan het werk waren. De infrastructuur en gebouwen in nabijheid van het spoor raken zwaar beschadigd. Vanwege de beschadigingen en het mogelijke instortingsgevaar van panden vindt evacuatie van het gebied binnen 200 meter plaats. Het gaat om 800 personen die worden opgevangen in noodlocaties in de

stad. De eerste uren na het ongeval heerst er grote verwarring en onduidelijkheid bij de betrokkenen. Mensen willen informatie over geliefden, maar die informatie komt pas later en mondjesmaat beschikbaar. Na verloop van dagen worden de meeste gebouwen weer vrijgegeven. Andere moeten gerenoveerd worden. De herstelschade (infrastructuur, gebouwen) wordt ingeschat op circa 100 miljoen Euro.

Uit het onderzoek na afloop blijkt technisch falen de oorzaak van de ontsporing van de eerste wagon te zijn: er is een breuk in de as ontstaan wat heeft geleid tot de ontsporing. Hoe dit heeft kunnen gebeuren en waar er in de inspecties en keuringen fouten zijn gemaakt wordt nader onderzocht. Voor de zekerheid worden bij alle goederentreinen extra controles uitgevoerd om eventuele afwijkingen op te sporen. Vanuit de media en de bevolking komt verontwaardiging over het gebrek aan onderhoud naar voren. Men is boos dat zo iets in ons land kan gebeuren en men vraagt zich af wie hiervoor verantwoordelijk is.

Beoordeling van gevolgen en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario ‘treinramp met gaswolkbrand’. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van chemische veiligheid en transport van gevaarlijke stoffen tot stand gekomen.

Tabel 13 Scores scenario 'treinramp met gaswolkbrand'

Thema	Zware ongevallen		
Risicocategorie	Chemische ongevallen		
Scenario	Treinramp met gaswolkbrand		
Scenariotoelichting	Door technisch falen ontsporen meerdere ketens van een goederentrein met gevaarlijke stoffen. Een wagen met LPG faalt waarbij een gaswolkbrand en explosie plaatsvindt. Dit gebeurt op de Brabanneroute bij een van de steden. Er vallen slachtoffers en infrastructuur en gebouwen raken zwaar beschadigd.		
Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar)			Toelichting
Waarschijnlijkheid:		A laag	Het ongeval zelf (falen van de keten LPG) is al zeer onwaarschijnlijk. De combinatie van de verschillende factoren (falen, ontsteking, locatie, bebouwing) leidt tot A-laag.
Beoordeling gevolgen (impact)			
Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Territoriaal	1.1 Grondgebied	C	De directe omgeving waar de brand/explosie optreedt is voor langere tijd niet toegankelijk/ beschikbaar vanwege instortingsgevaar en herstelwerkzaamheden.
	1.2 Internationale positie	0	Niet van toepassing.
	1.3 Digitale ruimte	0	Niet van toepassing.
	1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied	0	Niet van toepassing.
Fysiek	2.1 Doden	B	Er vallen tientallen dodelijke slachtoffers. Dit is afhankelijk van een specifieke locatie en tijdstip.
	2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken	C	Naast directe gewonden, waaronder velen met ernstige brandwonden, zullen er mensen zijn die psychische zorg nodig hebben. In totaal kan het gaan om enkele honderden mensen.
	2.3 Gebrek primaire levensbehoeften	0	Niet van toepassing.
Economisch	3.1 Kosten	C	Materiele schade (honderden miljoenen Euro's), gezondheidsschade (waaronder langdurige uitval), financiële schade. De financiële schade is gekoppeld aan de disruptie van de Brabanneroute (enkele weken). Een alternatieve route is niet zomaar mogelijk en geeft extra kosten. Dat heeft grote gevolgen voor de (chemische) industrie (aanvoer, logistiek). Inschatting is >500 miljoen Euro.
	3.2 Aantasting vitaliteit	0	Niet van toepassing.
Ecologisch	4.1 Aantasting natuur en milieu	0	Niet van toepassing.

Veiligheidsbelang	Criterium	Score	Toelichting
Sociaal-politiek	5.1 Verstoring dagelijks leven	B	Een grote groep mensen (<100.000) heeft enkele dagen last van verstoring (station, gebouwen). Voor een kleine groep is dat voor langere tijd (vanwege gebouwen met instortingsgevaar).
	5.2 Aantasting democratische rechtsstaat	A	Het ongeval zal discussies oproepen over het transport van gevaarlijke stoffen, o.a. vanwege de overschrijdingen van de plafonds uit het Basisnet. Het vertrouwen in de overheid is geschaad.
	5.3 Sociaal-maatschappelijke impact	C	Er bestaat al weerstand tegen het vervoer via de Brabandrout. Dit ongeval zal leiden tot woede, boosheid en frustratie. Ook intimidatie en bedreigingen kunnen voorkomen.
Internationale rechtsorde en stabiliteit	6.1 Staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillenbeslechting	0	Niet van toepassing.
	6.2 Mensenrechten	0	Niet van toepassing.
	6.3 Internationaal financieel-economisch bestel	0	Niet van toepassing.
	6.4 Multilaterale instituties	0	Niet van toepassing.
	6.5 Instabiliteit rondom Koninkrijk/EU	0	Niet van toepassing.

Beschouwing

Uit de beoordeling van het scenario volgt dat de waarschijnlijkheid van dit scenario laag is (A laag). Qua impact raakt het scenario verschillende nationale veiligheidsbelangen. Het gaat hierbij om de belangen territoriale, fysieke en economische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit. Alleen de ecologische veiligheid en het belang internationale rechtsorde worden niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden varieert; bij elk relevant belang komt wel een C-beoordeling (ernstig) naar voren. Daarbij gaat het om de directe omgeving waar de treinramp plaatsvindt, het aantal gewonden, de kosten en de sociaal-maatschappelijke impact.

De economische kosten zijn ook beoordeeld op een C-score (> 500 miljoen Euro). In de sessie kwam naar voren dat verstoring van het logistieke proces eventueel zou kunnen leiden tot desinvesteringen in de chemische industrie en vervolgens zelfs tot het sluiten van chemische bedrijven in

Nederland. Deze mogelijke gevolgen zijn niet binnen de beoordeling meegenomen. Bij de maatschappelijke reactie speelt de context van het scenario een belangrijke rol, waarbij het gaat om de al lopende discussie over het transport van gevaarlijke stoffen via de Brabandrout. Mocht er inderdaad een zwaar ongeval plaatsvinden dan zijn naast emoties als woede ook bedreigingen of intimidatie voorstelbaar.

Bij de beoordeling van het scenario kwam duidelijk naar voren dat de impact sterk afhangt van de specifieke situatie en locatie van een dergelijk ongeval. Dit komt mede doordat het effectgebied (brand en explosie) beperkt is tot de directe omgeving van het ongeval. Bij een knooppunt of op een plek met gebouwen met veel mensen kan de impact groter zijn dan beschouwd in het scenario.

5. Transportongevallen

5.1 Inleiding

Binnen de dreigingscategorie Transportongevallen ligt de focus op ongevallen bij het vervoer van personen over de modaliteiten wegverkeer, spoorvervoer, scheepvaart en luchtvaart. Het gaat in deze categorie dus niet om het vervoer van gevaarlijke stoffen. Vanuit het perspectief van de nationale veiligheid ligt de nadruk op (niet-moedwillige) transportongevallen met grote aantallen slachtoffers. In een eerdere analyse is op basis van relevante casuïstiek die zich heeft voortgedaan (op Nederlands grondgebied of met Nederlandse betrokkenheid) per modaliteit gekeken bij welke ongevallen de grootste aantallen slachtoffers zijn gevallen. Daaruit kwamen vliegtuigongelukken met het vliegtuigongeluk in Tenerife (1977) met honderden (583) dodelijke slachtoffers als grootste naar voren (ANV, 2016).

Aangezien andere criteria binnen de methodiek nationale veiligheid niet of beperkt worden geraakt bij een transportongeval, is toen geconcludeerd dat de volledige uitwerking van een scenario geen meerwaarde biedt binnen het gehele dreigingsthema zware ongevallen. Dat wil uiteraard niet zeggen dat transportongevallen in zijn geheel niet van belang zouden zijn. Dat zijn ze namelijk wel, hoewel de meeste vooral op regionaal en lokaal niveau relevant zijn. In dit hoofdstuk is ervoor gekozen om op kwalitatieve wijze in te gaan op enkele relevante aspecten met betrekking tot transportongevallen.

5.2 Grote aantallen slachtoffers

Bij transportongevallen met potentieel grote aantallen slachtoffers ligt de nadruk al snel op vliegverkeer en scheepvaart vanwege de grote aantallen passagiers.⁵ In Nederland zijn er afgelopen jaren geen grote luchtvaartongevallen geweest. De MH-17 ramp (2014) is het meest recent, waarbij 298 doden vielen. Vanwege het feit

dat de MH-17 is neergeschoten, gaat het hier echter om een moedwillige gebeurtenis (dat formeel niet binnen deze categorie van de analyse valt) waarbij veel meer zaken spelen dan bij een ongeval vanwege bijvoorbeeld technisch falen. Niet-moedwillige vliegtuigongevallen die eerder hebben plaatsgevonden zijn o.a. de Bijlmerramp (1992) en de Herculesramp (1996) alsmede de al genoemde vliegramp van Tenerife (1977). Qua aantallen slachtoffers gaat het om tientallen tot honderden doden. Qua impactbeoordeling raakt een dergelijk ongeval met name de fysieke veiligheid (een C-beoordeling op basis van honderden dodelijke slachtoffers).

Zoals gemeld, is er binnen dit thema geen apart scenario met een vliegtuigongeval uitgewerkt. Binnen het thema Internationale en militaire dreigingen is wel een scenario uitgewerkt waarbij (onbedoeld) een vliegtuig wordt neergehaald waarbij enkele honderden doden en gewonden (C-beoordeling) vallen als gevolg van het neerstorten van een vliegtuig op bewoond gebied en de kosten enkele miljoenen Euro's (B-beoordeling) bedragen.

Ook bij scheepvaartongevallen kan het aantal slachtoffers groot zijn. Eén van de aandachtspunten betreft cruiseschepen, waarbij zowel de riviercruises als de grote cruiseschepen die de oceanen bevaren genoemd kunnen worden. Op de grote zeegaande cruiseschepen kunnen enkele duizenden personen aanwezig zijn. Dat betekent dat er in geval van een ongeval ook een groot aantal slachtoffers zou kunnen vallen. Afgelopen jaren zijn er enkele ongevallen geweest, zowel bij riviercruises^{6,7}, als bij de zeegaande cruiseschepen. Een voorbeeld van een schip uit de laatste categorie is het ongeval (veroorzaakt door menselijk falen) van het cruiseschip Costa Concordia (2012) met enkele duizenden mensen aan boord, waarbij 32 doden vielen. De grote meerderheid van de aanwezigen kon door de Italiaanse kustwacht worden gered.

⁵ Natuurlijk geldt dat ook bij wegverkeer en spoorvervoer kunnen ongevallen kunnen optreden met tientallen slachtoffers (zoals de treinramp in Harmelen (1963)).

⁶ Bijvoorbeeld de aanvaring van een cruiseschip met een transportschip op de Waal in 2019.

⁷ Bijvoorbeeld de aanvaring van een cruiseschip met een chemicaliën-tanker op de Westerschelde in 2019 (Zie: Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2019).

Als een dergelijke ramp verder uit de kust plaatsvindt, bijvoorbeeld door een botsing met een containerschip op volle zee, is het reddingswerk vele malen ingewikkelder. Dit is een algemeen aandachtspunt bij drukke vaarroutes, zoals de Noordzee, waar naast vaarroutes andere activiteiten zoals windparken worden ontwikkeld (TU Delft, 2021). In het themarapport over het Caribisch deel van het Koninkrijk wordt ook ingegaan op cruiseschepen.

Ondanks de aangehaalde voorbeelden van transportongevallen geldt dat de waarschijnlijkheid dat zich een transportongeval met grote aantallen slachtoffers voordoet laag is.

5.3 Cascade-effecten

Naast transportongevallen waarbij grote aantallen mensen betrokken kunnen zijn, kan een transportongeval tot andere gevolgen leiden. Denk bijvoorbeeld aan transportongevallen die leiden tot verstoring van de logistieke ketens, zoals gebeurde bij het Suezkanaal door het vastlopen van het containerschip de Ever Given (2021). Een ander voorbeeld is de aanvaring van de stuw bij Grave (2016), die onder andere leidde tot een daling van het waterpeil met gevolgen voor de scheepvaart en de woonboten in de omgeving (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2018).

Voor de Nederlandse situatie geldt dat een transportongeval niet zomaar een hele logistieke keten zal verstoren. Dit vanwege het feit dat er bijvoorbeeld meerdere havens en brede vaarwegen zijn. Een ongeval met bijvoorbeeld een containerschip in de Rotterdamse

haven kan logistieke gevolgen hebben, maar zal niet alle logistieke activiteiten in het havengebied verstoren.

Het beeld is dat dit type transportongevallen op zichzelf niet de nationale veiligheid raken, maar dat er mogelijk cascade-effecten kunnen optreden die relevant kunnen zijn. Dergelijke gebeurtenissen leiden voornamelijk tot financiële schade en hebben een directe koppeling met de categorie Verstoring van de knooppuntfunctie van Nederland dat verder besproken wordt in het dreigingsthema Economische dreigingen. Daarin zijn ook enkele scenario's uitgewerkt.

Vanwege de afhankelijkheid van aanvoer via de luchthavens en havens, kunnen transportongevallen in het Caribisch deel van het Koninkrijk overigens wel leiden tot grote gevolgen voor de samenleving op het (eil)land dat geraakt wordt. In het themarapport over het Caribisch deel van het Koninkrijk komt dit verder aan de orde.

Er kunnen tenslotte ook andere effecten dan verstoring van de logistieke ketens of de knooppuntfunctie van Nederland optreden. Als voorbeeld kan het recente geval waarbij het vrachtschip Jullieta D. als gevolg van de storm Corrie (2022) op drift raakte op de Noordzee worden genoemd. Het schip raakte een olietanker en kwam later tegen de fundering van een transformatorplatform. Dat had in potentie kunnen leiden tot respectievelijk het vrijkomen van olie met gevolgen voor de ecologie of schade aan een platform met gevolgen voor de energievoorziening. Dat is in dit geval niet gebeurd en in die zin was er geen sprake van impact op de nationale veiligheid. Het laat wel zien dat een dergelijke situatie kan leiden tot relevante cascade-effecten zoals verstoring van vitale processen.

6. Sluimerende dreiging: energietransitie

Naast de op bouwstenen gebaseerde scenario's, zoals in de hoofdstukken hiervoor beschreven, wordt er binnen dit thema ook een sluimerende dreiging beschouwd. Een sluimerende dreiging is een bepaalde trend of ontwikkeling die op langere termijn, 10 tot 20 jaar, tot een dreiging kan leiden.

In dit thema wordt de energietransitie als sluimerende dreiging beschreven. Het onderwerp kwam bij de verschillende categorieën al zijdelings langs en daarom is ervoor gekozen om in dit hoofdstuk er apart aandacht aan te geven.

Bij de categorie stralingsongevallen is de mogelijke ontwikkeling van nieuwe kerncentrales in dit kader genoemd. De risico's van een centrale zijn in hoofdstuk 3 in kaart gebracht, waaruit volgt dat de waarschijnlijkheid van ongevallen extreem klein is. In geval van een nieuwe centrale zal dat zeker ook het geval zijn. Los van de vraag naar de risico's van een centrale an sich, zal een besluit om een nieuwe centrale wel tot maatschappelijke ophef kunnen leiden.

Bij de categorie chemische ongevallen kwam het gebruik van ammoniak als energiedrager voor waterstof kort aan de orde. Binnen de energietransitie is waterstof een van mogelijke alternatieven voor de fossiele brandstoffen. Het gebruik van andere stoffen zoals waterstof en wellicht ammoniak kan mogelijk risico's met zich meebrengen. Dat heeft het ANV eerder in een aparte studie over de risico's van de energietransitie in kaart gebracht. Daaruit volgde dat de risico's gekoppeld aan gevaarlijke stoffen in de energietransitie voor de nationale veiligheid niet wezenlijk anders zullen zijn dan in de huidige situatie, alhoewel er op onderdelen zoals brandbestrijding expliciet aandacht nodig is (ANV, 2019).

Bij de categorie transportongevallen was er geen directe link met de energietransitie. De toename van elektrisch vervoer of het gebruik van waterstof als brandstof raakt niet de nationale veiligheid. Wel kwam de ontwikkeling van

en de drukte op de Noordzee aan bod. Daarbinnen zijn windparken op zee een van de aspecten die een rol spelen, zeker als gekeken wordt naar de mogelijke cascade-effecten van transportongevallen op zee. Het aantal windparken op zee zal toenemen, zodat ook de kans op ongevallen van scheepvaart op de windparken toeneemt en er nagedacht wordt over de beveiliging van deze parken.⁸ Naast ongevallen op de Noordzee die via de windparken de energievoorziening kunnen raken, kan er sprake zijn van moedwillige dreigingen. The Hague Centre for Strategic Studies wijst in hun rapport op de risico's dat vitale infrastructuur (waaronder windparken op zee) doelwit kunnen zijn van o.a. cyberaanvallen en sabotage (HCSS, 2021).

Aanvullend is het zo dat ook bij andere dreigingsthema's aandachtspunten naar voren komen die van belang zijn in het kader van de energietransitie. Daarbij gaat het over vraagstukken rondom de energievoorziening die ook relevant zijn voor de energietransitie. Bij het thema internationale dreigingen is bijvoorbeeld de afhankelijkheid van gas uit Rusland een actueel onderwerp, waarbij tevens de discussie over de gaswinning in Groningen in beeld komt (thema-rapport klimaat- en natuurrampen en economische dreigingen). De achterliggende vraag over de afhankelijkheid van bronnen en actoren is ook relevant bij de energietransitie en het is verstandig om daar in een vroeg stadium bij stil te staan. Bij de kosten voor energie komt het onderwerp energiearmoede (thema economische dreigingen) naar voren. De betaalbaarheid en de kosten van de energietransitie met daaraan gerelateerd vragen over de verdeling hiervan zijn onderwerpen die spelen rondom de energietransitie en van belang zijn voor onder meer de haalbaarheid en het draagvlak.

⁸ Zie bijvoorbeeld: 'Vangrails' op zee kunnen botsing met windmolens voorkomen (Ekker, 2022).

Discussies rondom de plaatsing van windturbines laten zien dat draagvlak een belangrijk onderwerp is en dat de invulling en vormgeving van de energietransitie ook kan leiden tot polarisatie en extremisme. Tenslotte komen de energievoorziening en de gevolgen van een verstoring daarvan expliciet aan de orde bij thema bedreiging vitale infrastructuur. De vraag wat een langdurige verstoring voor gevolgen heeft is uiteraard ook in de huidige situatie van belang, zeker omdat de maatschappij sterk afhankelijk is van de energievoorziening. Maar dit zal zeker net zo relevant zijn als er gedacht wordt aan een toekomstige situatie en bij de transitie van de huidige naar die toekomstige situatie. Daarbij spelen bijvoorbeeld technische aspecten zoals het omgaan met verschillen tussen vraag en aanbod (van verschillende bronnen op verschillende momenten) en de benodigde netwerkcapaciteit (zie ook thema bedreiging vitale infrastructuur). De verwachting is dat voor de aansturing en optimalisatie technologie als smart grids en AI een

belangrijke rol zal kunnen vervullen, waardoor er ook een koppeling met het thema cyberdreigingen is. Samenvattend betekent bovenstaande dat bij de energietransitie veel vraagstukken naar voren komen die vanuit het perspectief van de nationale veiligheid relevant zijn en aandacht behoeven. Het gaat om technische aspecten (zoals het omgaan met het aanbod van verschillende duurzame energiebronnen en risico's gekoppeld aan het gebruik van bepaalde stoffen), maar ook om maatschappelijke en economische vraagstukken met betrekking tot afhankelijkheid, draagvlak en kosten. Omdat de maatschappij sterk afhankelijk is van de energievoorziening en er grote verwevenheid bestaat met andere vitale processen komen daar onderwerpen als betrouwbaarheid (leveringszekerheid) en kwetsbaarheid (o.a. cyberdreigingen) nog bij. Juist in de fase waarin keuzen worden gemaakt over de energietransitie kan invulling worden gegeven aan 'safe and secure by design'.

7. Slotbeschouwing

Binnen het thema zware ongevallen is ingegaan op de risico's van niet-moedwillige stralingsongevallen, chemische ongevallen en transportongevallen. Binnen de categorieën stralingsongevallen en chemische ongevallen

zijn voor vier scenario's de gevolgen en waarschijnlijkheid in kaart gebracht, in beide categorieën twee scenario's. In onderstaande figuur worden deze scenario's in vergelijkend perspectief weergegeven.

Figuur 1 Risicodiagram thema zware ongevallen

Catastrofaal						
	Zeer ernstig					
		<ul style="list-style-type: none"> • Kerncentrale Borssele • Treinramp met gaswolkbrand 				
	Aanzienlijk	<ul style="list-style-type: none"> • Stralingsongeval in Europa • Falen opslagtank ammoniak 				
		Beperkt				
	Zeer onwaarschijnlijk	Onwaarschijnlijk	Enigszins waarschijnlijk	Waarschijnlijk	Zeer waarschijnlijk	

Als we naar het risicodiagram kijken, valt als eerste op dat de binnen dit thema uitgewerkte scenario's laag scoren wat betreft waarschijnlijkheid. Het gaat om waarschijnlijkheidsscore van A (zeer onwaarschijnlijk) waarbij het ook nog gaat om 'A-laag', wat overeenkomst met frequenties kleiner dan 1×10^{-7} per jaar. De reden om zeer onwaarschijnlijke scenario's uit te werken is om na te gaan in

hoeverre het thema zware ongevallen de nationale veiligheid kan raken of vooral op lokaal of regionaal niveau relevantie heeft.

De beschouwde categorieën hebben een brede impact. De meeste veiligheidsbelangen worden geraakt, waarbij geldt dat de impact relatief vaak aanzienlijk/ernstig is (veelal B-

en C-beoordeling) met soms een zeer ernstige impact (D-score). De impact op de nationale veiligheid komt vooral naar voren bij fysieke, economische en territoriale veiligheid en sociaal-politieke stabiliteit. In het kort gaat het dan met name om slachtoffers, financiële schade en verstoring van het dagelijks leven door deze ongevallen.

Bij deze constatering is het goed om wel nuance aan te brengen en verschil te maken tussen de stralingsongevallen enerzijds en chemische ongevallen anderzijds. Zo vallen er bij een ongeval bij kerncentrale geen directe dodelijke slachtoffers als gevolg van de blootstelling aan straling. Bij chemische ongevallen is dat wel het geval. Daarbij kunnen zowel bij brand en explosie als bij een giftige wolk zowel doden als gewonden vallen. Hierbij is een van de vragen of er capaciteitsproblemen zullen ontstaan als er acuut zorg nodig is voor enkele honderden mensen.

Bij stralingsongevallen kunnen wel enkele doden vallen tijdens de evacuatie van mensen in de omgeving, omdat mensen in paniek zijn. Ook kunnen mensen ziek worden (inclusief psychische klachten), waaronder mensen die door de blootstelling kanker krijgen en op langere termijn als gevolg daarvan kunnen overlijden.

Verder is een deel van de impact bij stralingsongevallen gekoppeld aan de maatregelen die getroffen zullen worden. Zo zal de agrarische sector financiële gevolgen oplopen door een graasverbod na een groot stralingsongeval. Die maatregel kan ook getroffen worden mocht er in een centrale elders in Europa een groot ongeval plaatsvinden en de wolk door een ongunstige windrichting Nederland eventueel bereiken. Tenslotte zal de impact voor bewoners in de nabijheid van een centrale groot zijn als bewoners moeten evacueren en voor een langere periode elders moeten verblijven.

Voor zowel chemische ongevallen als bij stralingsongevallen is het voorstelbaar dat er een maatschappelijk discussie ontstaat over het ongeval en over de betreffende activiteiten. Denk daarbij aan discussie over kernenergie of juist het vervoer van gevaarlijke stoffen via het spoor. Naast discussie is het bij een zwaar ongeval mogelijk dat er naast

uitingen van emoties als woede ook bedreigingen of intimidatie van verantwoordelijken zullen plaatsvinden.

Net als bij chemische ongevallen kunnen bij transportongevallen grote aantallen doden en gewonden vallen. Dat geldt in het bijzonder bij ongevallen met een vliegtuig of bij een cruiseschip vanwege de grote aantallen passagiers. De kans van optreden is ook hier gelukkig laag. Een transportongeval kan verder leiden tot cascade-effecten en bijvoorbeeld de logistieke functie (knooppuntfunctie) van Nederland of vitale processen verstoren. Hier ligt een koppeling met de thema's economische dreigingen en bedreiging van de vitale infrastructuur.

Wat meer indirect liggen er vanuit het thema zware ongevallen koppelingen met enkele moedwillige dreigingen. Binnen het thema cyberdreigingen is onder andere gekeken naar een cyberaanval waarbij een bedrijf in de chemische sector wordt getroffen en er bewust een gevaarlijke stof vrijkomt. De waarschijnlijkheid hiervan is klein (B-beoordeling), maar is wel groter ingeschat dan het niet-moedwillige scenario (A-beoordeling). Verder is bij het thema Internationale en militaire dreigingen aandacht gegeven aan moedwillige inzet van CBRN-middelen.

Tenslotte zijn er vanuit de categorieën stralingsongevallen, chemische ongevallen en transportongevallen verbindingen gelegd met de energietransitie. Een eventuele discussie over kernenergie na een ongeval bij een centrale is al genoemd, en dat zal ook kunnen spelen in het kader van de energietransitie. Verder geldt dat er in de energietransitie stoffen zoals waterstof een belangrijke rol kunnen gaan spelen waaraan risico's gekoppeld zijn waar rekening mee moet worden gehouden. Als gevolg van transportongevallen kunnen cascade-effecten optreden die het energiesysteem raken, bijvoorbeeld bij een scheepsongeval waarbij een windpark beschadigd raakt. Naast deze aspecten die hier kort zijn aangestipt, zijn er meerdere facetten van de energietransitie die relevant zijn voor de nationale veiligheid. Dit is in het thema bedreiging vitale infrastructuur nader beschreven.

8. Bronnenlijst

- Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV), (2016). *Nationaal Veiligheidsprofiel 2016*. Via: <https://www.rivm.nl/onderwerpen/nationale-veiligheid>.
- Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV), (2019). *Geïntegreerde risicoanalyse Nationale veiligheid*. Via: <https://www.rivm.nl/onderwerpen/nationale-veiligheid>.
- Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV), (2019b). *Verkenning risico's van de energietransitie voor de nationale veiligheid*. Via: <https://www.rivm.nl/onderwerpen/nationale-veiligheid>.
- Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV), (2022). *Leidraad Risicobeoordeling Rijksbrede risicoanalyse Nationale Veiligheid*. Via: <https://www.rivm.nl/onderwerpen/nationale-veiligheid>.
- Arcadis en Berenschot (2021). *Ketenstudie omgevingsveiligheid van duurzame waterstofrijke energiedragers*, Eindrapport 65256. 4 oktober 2021.
- Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). (2020). *Naar een Agenda en Platform Nucleaire Technologie en Straling*. Via: <https://www.deingenieur.nl/artikel/china-zet-kleine-modulaire-kerncentrale-aan>.
- Bureau KLB / De Proeffabriek (2021). *Basisnet spoor in lokaal perspectief, Casestudy's in Eindhoven, Moerdijk en Venlo*. 3 mei 2021.
- China zet kleine modulaire kerncentrale aan. (2022, 6 januari). *De Ingenieur*. Via: <https://www.deingenieur.nl/artikel/china-zet-kleine-modulaire-kerncentrale-aan>.
- Ekker, H. (2022, 18 maart). 'Vangrails' op zee kunnen botsing met windmolens voorkomen. NOS. Via: <https://nos.nl/artikel/2421741-vangrails-op-zee-kunnen-botsing-met-windmolens-voorkomen>.
- Instituut Fysieke Veiligheid (IFV), (2020). *Ammoniumnitraat in Nederland in beeld*. <https://www.ifv.nl/kennisplein/Paginas/Ammoniumnitraat-in-Nederland-in-beeld.aspx>. Geraadpleegd op 10-01-2022.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2017). *Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten*. April 2017.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). *Beantwoording Kamervragen van het lid Kröger (GL) over ammoniumnitraat in Nederland*. IENW/BSK-2020/186034. 2 oktober 2020.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2021). *Landelijk Crisisplan Straling*. April 2021.
- Ministerie Infrastructuur en Waterstaat (2021a). *Verslag over de werking van het Basisnet vervoer gevaarlijke stoffen in 2020*. 15 juni 2021.
- Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid (NCTV). (2022). *Overzicht vitale processen*. Via: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2018). *Stuwaanvaring door Benzeentanker bij Grave*. Via: <https://www.onderzoeksraad.nl/page/4634/stuwaanvaring-door-benzeentanker-bij-grave>.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2019). *Aanvaring op de Westerschelde, riviercruiseschip Viking Idun en chemicaliëntanker Chemical Marketer*. Via: <https://www.onderzoeksraad.nl/page/13985/aanvaring-op-de-westerschelde-riviercruiseschip-viking-idun-en>.
- RIVM (2008). *Inventarisatie en classificatie van maatregelzones bij kernongevallen*. RIVM-rapport 610790003/2008.
- RIVM (2020). *Afweging van voor- en nadelen van beschermende maatregelen bij kernongevallen. Een verkenning van mogelijkheden voor optimalisatie*. RIVM-rapport 2020-0058.
- RIVM (2020a). *Toekomstverkenning veiligheid chemiesector. Inventarisatie van ontwikkelingen tussen nu en 2050 die van invloed zijn op de (arbeids)veiligheid*. RIVM-rapport 2019-0196.
- RIVM (2020b). *Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor; Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa*. Dit rapport bevat een bijlage. RIVM-rapport 2019-0208.
- RIVM (2021). *Radiologische gevolgen van mogelijke ongevalsscenario's voor Kerncentrale Borssele. Modelberekeningen voor de stralingsbeschermingsstrategie*. RIVM-rapport 2021-0047.
- RIVM (2021a). *Klimaatpakket: effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland*. RIVM-rapport 2021-0054. 2021.
- Scenarioboek Externe Veiligheid (2021). Via: <https://www.scenarioboek.nl>. Geraadpleegd 16-12-2021.
- The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS), (2021). *The High Value of The North Sea*, ISBN/EAN: 9789492102881, September 2021.
- TU Delft (2021). *Drukke op de Noordzee*. Via: <https://www.tudelft.nl/2021/citg/waterbouwkunde/drukke-op-de-noordzee>.

Bijlage 1: Deelnemende organisaties

Voor de dreigingscategorieën Stralingsongevallen en Chemische ongevallen zijn expertsessies gehouden (14 en 17 februari 2022). Deelnemers van de volgende organisaties waren hierbij betrokken.

Deelnemende organisaties

Stralingsongevallen

- ANVS
- RIVM
- DCC-IenW
- EPZ
- Veiligheidsregio Zeeland

Chemische ongevallen

- DB Cargo Nederland N.V.
- DCMR
- Omgevingsdienst West-Brabant
- Prorail
- RIVM
- Sabic
- Veiligheidsregio Gooi en Vechtstreek
- Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond



Rijksoverheid

Analistennetwerk Nationale Veiligheid

Dit is een uitgave van :

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO)
Stichting Nederlands Instituut voor Internationale
Betrekkingen 'Clingendael' (Clingendael)
SEO Economisch Onderzoek (SEO)
Algemene Inlichtingen- en Veiligheidsdienst (AIVD)
Militaire Inlichtingen- en Veiligheidsdienst (MIVD)
Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum
(WODC)

Juli 2022