



# Themarapportage klimaat- en natuurrampen

Deze themarapportage  
is onderdeel van de  
Rijksbrede Risicoanalyse  
Nationale Veiligheid

**Analistennetwerk Nationale Veiligheid**



# Themarapportage klimaat- en natuurrampen

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

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

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: ANV (2022), Themarapportage klimaat- en natuurrampen, Analistennetwerk Nationale Veiligheid.

# Inhoudsopgave

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Inleiding</b>                                          | <b>7</b>  |
| 1.1 Leeswijzer                                               | 7         |
| <b>2. Dreigingscategorieën en aanpak</b>                     | <b>9</b>  |
| 2.1 Dreigingscategorieën                                     | 9         |
| 2.2 Aanpak                                                   | 10        |
| 2.2.1 Methodiek nationale veiligheid                         | 10        |
| 2.2.2 Bouwstenen, wild cards en sluimerende dreigingen       | 12        |
| 2.2.3 Overzicht van ontwikkelingen                           | 12        |
| 2.2.4 Vitale processen                                       | 12        |
| <b>3. Algemene context</b>                                   | <b>13</b> |
| 3.1 Klimaatverandering                                       | 13        |
| 3.1.1 Dagelijks weer                                         | 13        |
| 3.1.2 Weersextremen                                          | 13        |
| 3.1.3 Rivieren en de zeespiegel                              | 14        |
| 3.2 Natuurkwaliteit                                          | 14        |
| <b>4. Dreigingscategorie overstromingen</b>                  | <b>15</b> |
| 4.1 Context                                                  | 15        |
| 4.2 Relevante ontwikkelingen                                 | 16        |
| 4.2.1 Klimaatverandering                                     | 16        |
| 4.2.2 Natuurkwaliteit                                        | 16        |
| 4.2.3 Economische en demografische ontwikkelingen            | 16        |
| 4.2.4 Aangepaste veiligheidsnormen                           | 16        |
| 4.3 Overzicht van mogelijke factoren                         | 17        |
| 4.4 Scenario's                                               | 18        |
| 4.4.1 Overstroming rivier                                    | 18        |
| 4.4.2 Overstroming zee                                       | 23        |
| <b>5. Dreigingscategorie extreem weer</b>                    | <b>29</b> |
| 5.1 Context                                                  | 29        |
| 5.2 Relevante ontwikkelingen                                 | 30        |
| 5.2.1 Klimaatverandering                                     | 30        |
| 5.2.2 Natuurkwaliteit                                        | 30        |
| 5.2.3 Geo-engineering/climate engineering/climate governance | 30        |
| 5.2.4 Kwetsbare maatschappij                                 | 31        |
| 5.3 Overzicht van mogelijke factoren                         | 31        |
| 5.4 Scenario's                                               | 32        |
| 5.4.1 Sneeuwstorm                                            | 32        |
| 5.4.2 Hitte en droogte                                       | 35        |
| 5.4.3 Orkaan                                                 | 39        |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6. Dreigingscategorie natuurbranden</b>                        | <b>45</b> |
| 6.1 Context                                                       | 45        |
| 6.2 Relevante ontwikkelingen                                      | 46        |
| 6.3 Overzicht van mogelijke factoren                              | 46        |
| 6.4 Scenario                                                      | 48        |
| <b>7. Dreigingscategorie aardbevingen</b>                         | <b>53</b> |
| 7.1 Context                                                       | 53        |
| 7.2 Relevante ontwikkelingen                                      | 54        |
| 7.3 Overzicht van mogelijke factoren                              | 55        |
| 7.4 Scenario's                                                    | 56        |
| 7.4.1 Natuurlijke aardbeving                                      | 56        |
| 7.4.2 Geïnduceerde aardbeving                                     | 59        |
| <b>8. Sluimerende dreigingen en wild cards</b>                    | <b>67</b> |
| 8.1 Sluimerende dreiging klimaatverandering en zeespiegelstijging | 67        |
| 8.2 Wild card overstrooming dijkringgebied 14                     | 68        |
| <b>9. Slotbeschouwing</b>                                         | <b>71</b> |
| <b>10. Bronnenlijst</b>                                           | <b>75</b> |
| <b>Bijlage 1. Deelnemende organisaties expertsessies</b>          | <b>81</b> |

# 1. Inleiding

Deze themarapportage klimaat- en natuurrampen 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. Hiertoe worden mogelijke dreigingen niet alleen geïdentificeerd, maar wordt ook een inschatting gemaakt van waarschijnlijkheid en mogelijke gevolgen (het 'risico'). Deze inschatting vindt plaats aan de hand van door het ANV opgestelde fictieve scenario's. De dreigingen in kwestie zijn verdeeld over negen verschillende inhoudelijke dreigings-thema's, elk onderverdeeld in meerdere dreigingscategorieën 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 klimaat- en natuurrampen.

De themarapporten dienen als basis voor het hoofdrapport van de RbRa. De verschillende thema's en daaronder vallende categorieën worden in dat 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.

## 1.1 Leeswijzer

Het themarapport klimaat- en natuurrampen bestaat uit een aantal onderdelen. Hoofdstuk twee geeft een algemene introductie tot het thema, de vier in deze rapportage opgenomen dreigingscategorieën en de door het ANV gehanteerde werkwijze. In hoofdstuk drie wordt ingegaan op de algemene context voor de dreigingscategorieën. In de hoofdstukken vier tot en met zeven worden de verschillende dreigingscategorieën inhoudelijk besproken. Per dreigingscategorie worden relevante ontwikkelingen besproken die van invloed kunnen zijn op de dreiging. Vervolgens worden relevante factoren besproken, de bouwstenen op basis waarvan een scenario opgebouwd kan worden. Daarna volgen de fictieve scenario's die zijn beoordeeld op impact en waarschijnlijkheid. In hoofdstuk acht worden twee wild-card-scenario's beschreven, dit zijn scenario's met een relatief lage waarschijnlijkheid en een hoge impact of een grote mate van onzekerheid ten opzichte van de scenario's die op de bouwstenen zijn gebaseerd. In hoofdstuk negen volgt de slotbeschouwing waarin een reflectie wordt gegeven op de implicaties van het thema als geheel voor de nationale veiligheid. Ook wordt hier het risicodiagram voor het thema weergegeven.





## 2. Dreigingscategorieën en aanpak

### 2.1 Dreigingscategorieën

Het dreigingsthema klimaat- en natuurrampen gaat om (potentiële) rampen die veroorzaakt worden door natuurgeweld. Daarbij ligt de focus op klimaat- en natuurrampen in Nederland met effecten in Nederland, maar is in dit thema ook ingegaan op orkanen die kunnen plaatsvinden in het Caribisch deel van het Koninkrijk. Binnen het thema wordt onderscheid gemaakt tussen vier dreigingscategorieën:

- Overstromingen;
- Extreem weer;
- Natuurbranden;
- Aardbevingen.

Nederland is een rivierdelta. Rivierdelta's zijn vaak laaggelegen, met vruchtbare grond en dichtbevolkt. De ligging aan zee maakt delta's kwetsbaar voor overstromingen, zowel vanuit de zee als vanuit rivieren. Daarnaast zorgt de aanwezigheid van grote meren in Nederland, zoals het IJsselmeer, voor overstromingsrisico's. De belangrijkste oorzaken voor het ontstaan van overstromingen zijn natuurlijke oorzaken, zoals hevige storm, hoge rivierafvoer door afvoer van neerslag of smeltwater of springtij. Ook het falen van keringen en opzettelijke manipulatie zijn mogelijke oorzaken.

Extreem weer zijn weersomstandigheden die ongebruikelijk zijn, bijvoorbeeld omdat ze ongebruikelijk zwaar zijn of onverwacht komen. Het heeft verschillende verschijningsvormen, namelijk extreme vormen van sneeuw, hagel, ijzel, regen, mist, storm, hitte en droogte. Extreem weer kan grote gevolgen hebben voor de maatschappij, bijvoorbeeld doordat er doden en gewonden kunnen vallen en door het ontstaan van schade, het stilvallen van verkeer en het verstoren van vitale processen, zoals elektriciteitsvoorzieningen en telecommunicatie. Binnen deze categorie is ook ingegaan op orkanen die kunnen plaatsvinden in het Caribisch deel van het Koninkrijk.<sup>1</sup>

Natuurbranden zijn branden die in natuurgebieden en/of landbouwgebieden woeden in natuurlijke vegetatie. In Nederland komen tijdens het voorjaar en de zomer meerdere natuurbranden voor. Vaak gaat het om kleine branden die snel kunnen worden geblust, maar het komt steeds vaker voor dat een natuurbrand ontwikkelt tot een onbeheersbare brand met potentieel grote gevolgen. Bij een onbeheersbare brand is er sprake van een situatie die niet meer door hulpdiensten onder controle te krijgen is.

Een aardbeving is een trilling of schokkende beweging van de aardkorst. Aardbevingen kunnen een natuurlijke oorzaak hebben of worden geïnduceerd door de mens. Beide typen aardbevingen komen in Nederland voor en worden in deze themarapportage besproken. Daarbij valt op te merken dat geïnduceerde aardbevingen door menselijk handelen veroorzaakt worden, en dus geen natuurlijke oorzaak hebben. Desondanks nemen we deze dreiging ook mee als natuurramp, aangezien hierbij natuurgeweld naar voren komt.

---

<sup>1</sup> In het themarapport Risicoanalyse Caribisch deel van het Koninkrijk der Nederlanden worden ook andere natuurrampen besproken.

## 2.2 Aanpak

Dit themarapport bevat voor elk van de vier dreigingscategorieën een 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 één of meerdere scenario's uitgewerkt ter illustratie van hoe de dreiging zich mogelijk kan manifesteren. In totaal zijn er voor het gehele thema acht scenario's uitgewerkt in de vorm van een verhaallijn van ongeveer één tot twee pagina's. De scenario's zijn tot stand gekomen in samenspraak met deskundigen behorende tot organisaties verbonden aan het ANV. De scenario's zijn nadrukkelijk bedoeld om het fenomeen klimaat- en natuurrampen te illustreren 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 gevolgen (impact) in kaart gebracht aan de hand van de door het ANV ontwikkelde methodiek 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 deze methodiek 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 de 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 (Nederlands) grondgebied                                                                   |
|                                             | 1.2 Aantasting van de integriteit van de internationale positie van Nederland                                                        |
|                                             | 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 Nederlandse economie                                                                         |
| 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 hiervan is criterium 5.2, aantasting van de democratische rechtsstaat. Hier wordt de uiteindelijke score berekend 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 wat de verwachte impact zal 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 themarapport, wordt een kwantitatieve schaal gehanteerd.

**Tabel 3** Klassen van waarschijnlijkheid binnen de methodiek nationale veiligheid

| Klasse van waarschijnlijkheid | Kwalitatieve omschrijving van de dreiging                                                                                |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A. Zeer onwaarschijnlijk      | Geen concrete aanwijzingen en het scenario wordt niet voorstelbaar geacht                                                |
| B. Onwaarschijnlijk           | Geen concrete aanwijzingen, maar het scenario wordt enigszins voorstelbaar geacht                                        |
| C. Enigszins waarschijnlijk   | Geen concrete aanwijzingen, maar het scenario is voorstelbaar                                                            |
| D. Waarschijnlijk             | Het scenario wordt zeer voorstelbaar geacht; er zijn enige aanwijzingen dat het scenario zich daadwerkelijk zal voordoen |
| E. Zeer waarschijnlijk        | Concrete aanwijzingen dat het scenario geëffectueerd zou kunnen worden                                                   |

Ook de ingeschatte waarschijnlijkheid zal voor elk van de acht scenario's worden weergegeven in de eerder genoemde scorekaart. Om te helpen bij de uiteindelijke

vergelijking van alle scenario's, bevat hoofdstuk negen een risicodiagram met een overzicht van de scenario's geplot langs de assen waarschijnlijkheid en impact.

### 2.2.2 Bouwstenen, wild cards en sluimerende dreigingen

Ten behoeve van 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 vier 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, worden er binnen dit thema ook sluimerende dreigingen en wild cards beschouwd. Een sluimerende dreiging kan op langere termijn, 10 tot 20 jaar, tot een dreiging leiden, terwijl een wild card een scenario betreft met een relatief lage waarschijnlijkheid en hoge impact of grote onzekerheid. De sluimerende dreigingen en wild cards worden alleen kwalitatief uitgewerkt.

### 2.2.3 Overzicht van ontwikkelingen

Per dreigingscategorie wordt een overzicht gegeven van relevante ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn op de impact of waarschijnlijkheid van een dreiging. Voor het overzicht van ontwikkelingen is geput uit verschillende openbare rapporten, aangevuld met de kennis van aan het ANV verbonden organisaties. Voor vrijwel alle dreigingscategorieën zijn klimaatverandering en de afname van de kwaliteit van natuur belangrijke ontwikkelingen die mogelijk van invloed zijn op de impact en waarschijnlijkheid van de dreigingen. Daarom wordt in Hoofdstuk 3 een algemene inleiding gegeven op klimaatverandering en natuurkwaliteit. In de volgende hoofdstukken, waarin de dreigingscategorieën worden besproken, wordt nog kort ingegaan op de aspecten van klimaatverandering en natuurkwaliteit die specifiek van invloed zijn op de dreigingscategorie. Alleen voor de dreigingscategorie 'aardbevingen' zijn dit geen relevante ontwikkelingen.

### 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 infrastructuur. Ook binnen de afzonderlijke themarapporten komen de mogelijke gevolgen voor vitale processen als de drinkwatervoorziening, de olievoorziening en de scheepvaartafwikkeling naar voren.<sup>2</sup> De wijze waarop verschilt echter per thema. Binnen het thema klimaat- en natuurrampen wordt per dreigingscategorie in de beschouwing ingegaan op de relatie met vitale processen.

---

<sup>2</sup> Zie voor een compleet en actueel overzicht : NCTV. (2022). *Overzicht vitale processen*. Via: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

# 3. Algemene context

## 3.1 Klimaatverandering

Voor vrijwel alle dreigingscategorieën is klimaatverandering een belangrijke ontwikkeling die mogelijk van invloed is op de impact en waarschijnlijkheid van de dreiging. Daarom wordt hieronder een algemene inleiding gegeven op klimaatverandering. In de volgende hoofdstukken, waarin de dreigingscategorieën worden besproken, wordt nog kort ingegaan op de aspecten van klimaatverandering die specifiek van invloed zijn op de dreigingscategorie. Alleen voor de dreigingscategorie ‘aardbevingen’ is dit geen relevante ontwikkeling.

Als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen verandert het klimaat wereldwijd. Volgens het KNMI verandert het klimaat sneller dan eerder werd gedacht en merken we dat in Nederland steeds meer doordat we vaker te maken hebben met hitte en extreme neerslag en minder vaak met strenge vorst (KNMML, 2021). Hoe extreem klimaatverandering en de gevolgen hiervan worden, hangt af van de hoeveelheid broeikasgassen die worden uitgestoten en de hoogte van de temperatuurstijging als gevolg daarvan. De verwachting is dat met de huidige uitstoot van broeikasgassen de atmosfeer over tien jaar al zoveel broeikasgassen bevat dat de temperatuur met 1,5°C is gestegen ten opzichte van pre-industriële tijden (KNMML, 2021).

### 3.1.1 Dagelijks weer

Klimaatverandering heeft veel gevolgen, ook voor Nederland. Allereerst voor het dagelijks weer. Tussen 1961-1990 en 1991-2020 is de jaargemiddelde temperatuur in Nederland toegenomen met 1,1°C. Dat is ruim twee keer zo veel als de toename van de wereldgemiddelde temperatuur in dezelfde periode (KNMI, 2021). Het gemiddelde aantal zomerse dagen (25°C of meer) per jaar is met 9 toegenomen en het gemiddeld aantal tropische dagen (30°C of meer) per jaar is ruim verdubbeld (van 2,4 naar 5). Daarnaast is de hoogste maximumtemperatuur per jaar met 2,4°C toegenomen, ruim twee keer zoveel als de toename van de jaargemiddelde temperatuur (KNMI, 2021). Ook hittegolven komen steeds vaker voor en worden steeds intenser. Uit waarnemingen blijkt dat de temperatuur van

hittegolven in Nederland in de praktijk sterker toeneemt dan de gemiddelde temperatuurstijging en ook sterker dan klimaatmodellen voorspelden (Nu.nl, 2021). Daarnaast wordt het steeds minder koud en nemen koudegolven af. Het gemiddeld aantal vorstdagen (minimum temperatuur onder nul) per jaar nam af met bijna twee weken sinds 1901, en het gemiddeld aantal ijsdagen (maximum temperatuur onder nul) met 5 (KNMI, 2021). Dit komt doordat in de winter steeds vaker sprake is van westenwind in plaats van koudere wind uit het noordoosten. Als de wind wel uit het noordoosten komt, is de aangevoerde lucht bovendien minder koud dan voorheen omdat het noordpoolgebied snel opwarmt.

### 3.1.2 Weersextremen

Doordat de opwarming in het Arctische gebied sterker is dan in de tropen wordt de polaire straalstroom zwakker. Dit is de slingerende band met zeer hoge windsnelheden op ongeveer 10 kilometer hoogte, die vaak het weer in Nederland bepaalt (KNMI, 2021). Hierdoor kunnen weersituaties langer aanhouden, waardoor langdurige droge, natte, warme of koude perioden kunnen ontstaan. Door de lange periode dat weersystemen op eenzelfde plek blijven, kan het weer extreme vormen aannemen. Daarbij komt dat lucht in een warmer klimaat meer vocht kan bevatten, waardoor extremere buien kunnen ontstaan. In Nederland zijn de zomers ongeveer 2 graden warmer geworden sinds het einde van de 19e eeuw. Hierdoor kunnen buien ongeveer 14 procent meer neerslag produceren (KNMI, 2021). Daarnaast valt die extra neerslag vaak in kortere tijd. De trend is het sterkst te zien in hevige zomerse onweersbuien, het aantal zomerse stortbuien in Nederland is ongeveer verdubbeld, maar ook in de winter is de trend waar te nemen (Nu.nl, 2021). Vooral de toename na 2000 van zeer zware extremen is opvallend (KNMI, 2021). De toename van temperatuur en vocht leidt er daarnaast toe dat zware buien sneller kunnen uitgroeien tot complexen die gepaard gaan met onweer, hagel, windstoten en valwinden. (KNMI, 2021).

Naast de extremere buien neemt ook juist de kans op droogte in het voorjaar en de zomer toe. Vooral in april en mei is sinds 1965 een significante trend te zien naar

hogere waarden van het maximale neerslagtekort (KNMI, 2021). De toename in de kans op droogte komt door hogere temperaturen en meer zonnestraling waardoor de verdamping toeneemt.

### 3.1.3 Rivieren en de zeespiegel

De weersituatie heeft gevolgen voor de rivieren. Regenval, sneeuwsmelt en verdamping in het stroomgebied zijn van invloed op de afvoer van rivieren. De verwachting is dat de hoeveelheid neerslag in de stroomgebieden van de Rijn en Maas in de winter zal toenemen, waardoor de kans op hoogwater ook toeneemt. In de zomer zal de hoeveelheid neerslag in het stroomgebied afnemen, waardoor de kans op laagwater in rivieren toeneemt.

Klimaatverandering is ook van invloed op de zeespiegel. De zeespiegel stijgt door het smelten van gletsjers en ijskappen en door uitzetting, omdat warm water meer ruimte inneemt dan koud water. Wereldgemiddeld is de zeespiegel van 1901 tot 2018 met ongeveer 20 centimeter gestegen en de stijging gaat steeds sneller, tussen 2006 en 2018 met 3,7 mm per jaar. De stijgsnelheid neemt in de laatste 25 jaar iedere tien jaar met ongeveer 1 mm/jaar toe (KNMI, 2021). De verwachting is dat bij de huidige mate van uitstoot van broeikasgassen de zeespiegel voor de Nederlandse kust rond 2100 zou kunnen stijgen tot 1,2 meter ten opzichte van begin deze eeuw. Dit kan oplopen tot 2 meter in 2100 als de Antarctische Ijskap instabiel wordt (KNMI, 2021). Als de uitstoot van broeikasgassen sterk wordt verminderd blijft de zeespiegelstijging tot 2100 hoogst waarschijnlijk rond de 60 cm. Dit levert echter al problemen op in Nederland, bijvoorbeeld voor Amsterdam omdat met een dergelijke stijging van de zeespiegel het IJ al afgesloten moet worden. De zeespiegel zal blijven stijgen, ook wanneer de wereldwijde afspraken uit bijvoorbeeld het Parijsakkoord uit 2015 en de Klimaatop in Glasgow van 2021 worden nageleefd. Dit komt door de trage reactie van de oceanen op de opwarming en het massaverlies van de ijskappen. Doordat deze processen een lange reactietijd kennen, kan de ingezette verandering niet zomaar worden gestopt (KNMI, 2021). Als gevolg hiervan zal ook na 2100 de zeespiegel blijven stijgen.

Naast de zeespiegelstijging zijn ook verandering in windsnelheid en -richting op de Noordzee van invloed op de waterstand langs de kust. Vooralsnog laten klimaatprojecties geen toename zien van windsterkte op de Noordzee en daarmee gepaard gaande stormvloed (KNMI, 2021).

## 3.2 Natuurkwaliteit

Een andere ontwikkeling die voor vrijwel alle dreigingscategorieën (behalve aardbevingen) van belang is, is de afname van natuur en de kwaliteit hiervan. De hoeveelheid natuur neemt wereldwijd, en dus ook in Nederland, af en van de overgebleven natuur gaat de kwaliteit achteruit. Uit het rapport Natuurinclusief Nederland (Rli, 2022) blijkt dat Nederland slecht presteert op het vlak van natuurbescherming en -herstel. Het verlies van oorspronkelijke natuur is in Nederland aanzienlijk groter dan gemiddeld in Europa. De natuur verschaalt en verdwijnt in hoog tempo. Daarnaast stagneert de beoogde groei van het areaal aan beschermde gebieden. Ook zijn de benodigde verbindingen tussen natuurgebieden niet allemaal gerealiseerd. Tegelijkertijd neemt de hoeveelheid 'groen' per inwoner in zowel stedelijk als landelijk gebied al vele jaren af en staat de biodiversiteit onder druk.

De belangrijkste oorzaken van het natuur- en biodiversiteitsverlies in Nederland zijn:

- verkleining en versnippering van leefgebieden van dieren, als gevolg van bebouwing, aanleg van wegen en intensieve landbouw;
- verspreiding van milieugevaarlijke stoffen, vermesting en verzuring als gevolg van landbouw, industrie en verkeer (stikstof);
- verdroging als gevolg van landbouw, drinkwateronttrekking en klimaatverandering;
- verdringing van plant- en diersoorten door invasieve soorten, overexploitatie zoals overbevissing, overbegrazing en uitputting van landbouwgrond;
- slecht beheer van wegbermen, watergangen en oevers.

Door de verslechterende toestand van de natuur kan de natuur extra hard geraakt worden door klimaat- en natuurrampen, zoals overstromingen, extreem weer en natuurbranden.

## 4. Dreigingscategorie overstromingen

### 4.1 Context

Nederland is een rivierdelta: de grote Europese rivieren Rijn, Maas en Schelde stromen bij Nederland de zee in. Rivierdelta's zijn vaak laaggelegen, met vruchtbare grond en dichtbevolkt. De ligging aan zee maakt delta's kwetsbaar voor overstromingen, zowel vanuit de zee als vanuit rivieren. Dit geldt ook voor Nederland. Circa 60% van Nederland is gevoelig voor overstromingen (Rijksoverheid 2021a): 26% van Nederland ligt onder zeeniveau, 29% van het binnendijks landoppervlak is gevoelig voor rivieroverstromingen en 4% van het landoppervlak van Nederland is buitendijks gebied en wordt dus niet beschermd tegen overstromingen (PBL, 2021). In het gebied dat onder zeeniveau ligt, is ook de Randstad gelegen, het economisch centrum van Nederland met de grootste steden.

In Nederland is en wordt veel aandacht geschonken aan waterveiligheid en overstromingsrisico's. De Deltawerken en het Deltaprogramma zijn daar voorbeelden van. De watersnoodramp uit 1953 is een grote aanjager van het beleid geweest (ANV, 2016).

Om een indruk te geven van de gevolgen van (bijna) overstromingen, zijn in onderstaande tabel enkele kengetallen van enkele (bijna) overstromingen in Nederland, Centraal Europa en het Verenigd Koninkrijk opgenomen.

De belangrijkste oorzaken voor het ontstaan van overstromingen zijn natuurlijke oorzaken, zoals hevige storm, hoge rivierafvoer door afvoer van neerslag of smeltwater of springtij (DCC-IenW, 2020). Ook het falen van keringen en opzettelijke manipulatie zijn mogelijke oorzaken (DCC-IenW, 2020).

**Tabel 4** Kengetallen enkele (bijna) overstromingen. Bedragen zijn niet-geschaald. (bron: PBL, 2014; enw, 2021; VRT NWS, 2021)

| Ramp                                                  | Jaar | Schade (Euro)                                                          | Aantal dodelijke slachtoffers                | Aantal getroffen |
|-------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------|
| Stormvloed                                            | 1953 | 680 miljoen                                                            | 1.835                                        | 600.000          |
| Hoogwater Rivierengebied                              | 1995 | 900 miljoen                                                            | 1                                            | 250.000          |
| Overstroming Elbe (Duitsland)                         | 2002 | 9 miljard                                                              | 27                                           | 330.108          |
| Overstroming Elbe (Tsjechië)                          | 2002 | 2,4 miljard                                                            | 18                                           | 200.000          |
| Overstroming VK                                       | 2007 | 4 miljard                                                              | 7                                            | 340.000          |
| Dijk bezwijkt bij Wilnis                              | 2003 | Onbekend                                                               | 0                                            | 1.500            |
| Overstroming grensgebied Nederland, Duitsland, België | 2021 | Nederland: 600 miljoen<br>Duitsland: 30 miljard<br>België: 350 miljoen | Nederland: 0<br>Duitsland: 180<br>België: 42 | NL: 4.880        |



## 4.2 Relevante ontwikkelingen

Er is een aantal ontwikkelingen van invloed op de waarschijnlijkheid en mogelijke impact van een overstroming.

### 4.2.1 Klimaatverandering

Allereerst gaat het hierbij om klimaatverandering. In Hoofdstuk 3 is een algemene inleiding gegeven op klimaatverandering. Hieronder wordt ingegaan op de aspecten van klimaatverandering die specifiek van invloed zijn op de waarschijnlijkheid en impact van overstromingen.

Klimaatverandering heeft gevolgen voor het dagelijks weer. Het wordt bijvoorbeeld steeds warmer (KNMI, 2021). Door afzwakking van de polaire straalstroom kunnen weersituaties daarnaast langer aanhouden, waardoor het langdurig kan regenen in een gebied of juist langdurig heet en droog kan zijn. Daarbij komt dat lucht in een warmer klimaat meer vocht kan bevatten, waardoor extremere buien kunnen ontstaan. Deze trend naar extremere buien is het sterkst te zien in hevige zomerse onweersbuien (KNMI, 2021). Extremere weersystemen kunnen zorgen voor extremere rivierafvoeren en mogelijk overstromingen tot gevolg hebben. Uit een gezamenlijke studie van een groot aantal Europese klimaatinstellingen en universiteiten is bijvoorbeeld gebleken dat door klimaatverandering de kans op dergelijke extreme regenval, zoals die in juli 2021 de overstromingen in Limburg veroorzaakte, 20 tot 800 procent groter is dan ruim een eeuw geleden (enw, 2021).

Ook is klimaatverandering van invloed op de zeespiegel. De zeespiegel stijgt door het smelten van gletsjers en ijskappen en door uitzetting van het opwarmende water (KNMI, 2021). De verwachting is dat bij de huidige mate van uitstoot van broeikasgassen de zeespiegel voor de Nederlandse kust rond 2100 zou kunnen stijgen tot 1,2 meter ten opzichte van begin deze eeuw. Dit kan oplopen tot 2 meter in 2100 als de Antarctische Ijskap instabiel wordt (KNMI, 2021). Een hogere zeespiegel zorgt voor een vergrote kans op overstromingen vanuit zee, mede doordat bij een stijging van de zeespiegel de hoogte van stormvloed toeneemt. Ook de kans op overstromingen vanuit rivieren wordt vergroot, omdat bij een hogere zeespiegel rivieren minder gemakkelijk water kunnen afvoeren richting de zee en het water in de rivieren wordt opgestuwd.

In Nederland speelt daarnaast mee dat de bodem daalt. Grote delen van Nederland worden gekenmerkt door een langzame, natuurlijke daling van de bodem die versterkt wordt door ontwatering en daarmee inklinking van veengebieden (Nationaal Kennisprogramma bodemdaling, 2021). Door klimaatverandering en daarmee langdurigere droogtes, versnelt en verergert de bodemdaling. De relatieve zeespiegelstijging is hierdoor voor Nederland

nog groter. Daarnaast worden door bodemdaling de potentiële overstromingsdieptes en daarmee de gevolgen van overstromingen groter (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2021).

### 4.2.2 Natuurkwaliteit

Naast klimaatverandering is de afname van natuur en de kwaliteit hiervan een relevante ontwikkeling. In Hoofdstuk 3 is een algemene inleiding gegeven op de natuurkwaliteit. De hoeveelheid natuur neemt wereldwijd, en dus ook in Nederland, af en van de overgebleven natuur gaat de kwaliteit achteruit. Uit het rapport Natuurinclusief Nederland (Rli, 2022) blijkt dat Nederland slecht presteert op het vlak van natuurbescherming en herstel. Het verlies van oorspronkelijke natuur is in Nederland aanzienlijk groter dan gemiddeld in Europa. De natuur verschaalt en verdwijnt in hoog tempo. Daarnaast stagneert de beoogde groei van het areaal aan beschermde gebieden. Ook zijn de benodigde verbindingen tussen natuurgebieden niet allemaal gerealiseerd. Tegelijkertijd neemt de hoeveelheid 'groen' per inwoner in zowel stedelijk als landelijk gebied al vele jaren af en staat de biodiversiteit onder druk. Door de verslechterende toestand van de natuur kan de natuur extra hard geraakt worden door klimaat- en natuurrampen als overstromingen.

### 4.2.3 Economische en demografische ontwikkelingen

Daarnaast zijn de economische groei en bevolkingsgroei in Nederland relevante ontwikkelingen. Door economische groei en bevolkingsgroei in gebieden die vatbaar zijn voor overstromingen, neemt de mogelijke impact van een overstroming toe. De economische schade zal groter zijn, maar ook het aantal potentiële slachtoffers neemt toe.

Een voorbeeld van dergelijke ontwikkelingen is het initiatief van de gemeente Zuidplas om een nieuw dorp te bouwen in de Zuidplaspolder. Het idee is om in het gebied tussen de A20, N219 en de spoorlijn Gouda-Den Haag een dorp van 8.000 woningen, inclusief voorzieningen en ruimte voor ondernemers en bedrijven te realiseren (Kuiper compagnons, 2021). De Zuidplaspolder ligt op het laagste punt van Nederland: 6,76 meter onder NAP. Daarnaast zijn er twee rivieren in het gebied, de Hollandse IJssel en de Gouwe, die een potentieel overstromingsrisico met zich meebrengen (NOS, 2021). Waterveiligheid is bij deze ontwikkeling dan ook een belangrijk aandachtspunt.

### 4.2.4 Aangepaste veiligheidsnormen

Sinds 2017 gelden er nieuwe veiligheidsnormen voor dijken, dammen en duinen. Tot en met 2050 hebben de waterschappen en Rijkswaterstaat de tijd om de dijken en duinen te versterken. Het doel van de nieuwe veiligheidsnormen is dat de kans op overlijden door een overstroming voor iedereen achter de dijken uiterlijk in 2050 niet groter is dan 1 op 100.000 per jaar. Iedereen



achter de dijken krijgt hetzelfde basisbeschermingsniveau. In gebieden waar de gevolgen van een overstroming heel groot zijn, wordt het basisbeschermingsniveau hoger (Rijksoverheid, 2021b). Door het versterken van de dijken en duinen neemt de overstromingskans tot 2050 af.

### 4.3 Overzicht van mogelijke factoren

Binnen de dreigingscategorie overstroming zijn er verschillende factoren die van invloed zijn op de ernst van een overstroming. Deze bouwstenen zijn in Tabel 5 weergegeven. Om uiteindelijk tot scenario's te komen worden verschillende bouwstenen geselecteerd.

In Nederland kan de **bron** van een overstroming bestaan uit de zee, rivieren of grote meren, bijvoorbeeld het IJsselmeer. Er kan ook sprake zijn van meerdere bronnen tegelijk. Wanneer bijvoorbeeld sprake is van verhoogde rivierafvoeren, vanwege hevige regenval in het stroomgebied van de Rijn en Maas, en tegelijkertijd het zeewater wordt opgestuwd door een westerstorm, dan zullen de rivieren niet kunnen afvoeren op de zee. In het

overgangsgebied waar de twee stromen samenkomen, kan een overstroming ontstaan (overgangsscenario). In dit geval wordt gesproken van coincidentie: het samenvallen van twee gebeurtenissen.

Bij een doorbraak langs een grote rivier geldt over het algemeen dat er een dusdanige daling van de waterstanden te verwachten is, dat de kans op een doorbraak op een andere locatie langs dezelfde rivier klein zal zijn. Bij een doorbraak langs de kust is geen daling van de waterstand te verwachten. De hoeveelheid water in de Noordzee is zo groot dat een overstroming niet tot nauwelijks van invloed is op de waterstanden aan de kust, waardoor er meerdere doorbraken mogelijk zijn (Vergrouwe et al, 2014).

De **weersomstandigheden** kunnen enerzijds een oorzaak zijn van een overstroming, bijvoorbeeld doordat zeewater wordt opgestuwd door storm of door verhoogde rivierafvoeren vanwege hevige regenval. Anderzijds zijn de weersomstandigheden van invloed op het handelingsperspectief direct voorafgaand aan of tijdens een overstroming. Tijdens storm of zware regenval kan een evacuatie bijvoorbeeld moeizamer verlopen.

**Tabel 5** Bouwstenen overstroming<sup>3</sup>

| Bron        | Weersomstandigheden       | Voorspelbaarheid | Snelheid van voltrekking | Evacueerbaarheid gebied | Maximale waterdiepte |
|-------------|---------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Zee         | Storm                     | Laag             | Acuut                    | Laag                    | <0,5 m               |
| Rivieren    | Springtij                 | Hoog             | <1 dag                   | Hoog                    | 0,5 – 1,0 m          |
| Grote meren | Zware/langdurige regenval |                  | <7 dagen                 |                         | 1,0 – 1,5 m          |
|             | Sneeuwsmelt               |                  | >7dagen                  |                         | 1,5 – 2,0 m          |
|             |                           |                  |                          |                         | 2,0 – 5,0 m          |
|             |                           |                  |                          |                         | >5,0 m               |

| Duur overstroming | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied | Uitval voorzieningen/vitale processen <sup>4</sup>                                      |
|-------------------|-------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <1 dag            | <50 km <sup>2</sup>     | <10.000          | Stedelijk   | Vitale infrastructuur o.a. wegennet, drinkwater, elektriciteitsvoorziening <sup>5</sup> |
| 1-7 dagen         | <500 km <sup>2</sup>    | <100.000         | Landelijk   | Voedselvoorziening                                                                      |
| >7 dagen          | <5.000 km <sup>2</sup>  | <1.000.000       |             | Hulpdiensten                                                                            |
|                   | >5.000 km <sup>2</sup>  | >1.000.000       |             | Communicatie voorzieningen                                                              |

<sup>3</sup> Vanuit de verschillende mogelijkheden uit de kolommen zijn verschillende scenario's denkbaar. De mogelijkheden uit een rij horen niet noodzakelijkerwijs bij elkaar.

<sup>4</sup> Deze lijst is niet uitputtend.

<sup>5</sup> Zie voor een overzicht van alle vitale processen de website van de NCTV: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

De **mogelijkheid tot evacuatie** is een belangrijke factor die van invloed is op het potentieel aantal slachtoffers. De mogelijkheid tot evacueren, hangt samen met de **snelheid** van de ontwikkeling van de overstroming en de **voorspelbaarheid**. Bij de snelheid van de ontwikkeling van de overstroming gaat het erom hoe lang het duurt voordat de maximale waterdiepte in het overstroomde gebied wordt bereikt. Als de waterdiepte snel toeneemt, worden de mogelijkheden voor evacuatie beperkt. In het algemeen geldt verder dat de mogelijkheid tot evacuatie bij een overstroming vanuit zee laag is en bij een overstroming vanuit de rivier hoog, vanwege de voorspelbaarheid en daarmee de beschikbare tijd om te evacueren. Overigens geldt dit niet altijd. Ook bij een overstroming vanuit de rivieren kan het verrassingseffect groot zijn wanneer dijken bijvoorbeeld eerder bezwijken dan verwacht.

De impact van een overstroming is daarnaast afhankelijk van het **type gebied** en de **omvang** van het gebied dat wordt getroffen. In stedelijk gebied, waar veel mensen wonen en veel kwetsbare objecten en voorzieningen aanwezig zijn, zullen de gevolgen groter zijn dan in landelijk gebied. Door een overstroming kunnen ook verschillende vitale processen uitvallen. In deze bouwblokken is een samenvatting gemaakt van **vitale processen** en **belangrijke voorzieningen**. In de themarapportage 'bedreiging vitale infrastructuur' worden de vitale processen voor Nederland uitgelicht en gekeken welke dreigingen van invloed zijn, waaronder natuurlijke oorzaken zoals een overstroming. De exacte gevolgen hangen af van de **maximale waterdiepte** die tijdens de overstroming wordt bereikt. Bij een overstromingsdiepte van 20 centimeter wordt het dagelijks leven al sterk verstoord. Hoe hoger het water komt, hoe meer vitale processen er geraakt worden en hoe meer schade er aan bijvoorbeeld gebouwen optreedt. Ook de **duur** van de overstroming speelt hierbij een rol. Bij een rivieroverstroming in hoger gelegen gebieden loopt het water uit het grootste deel van

het gebied na verloop van tijd vanzelf weer weg, maar bij een overstroming vanuit zee, waarbij laaggelegen polders onderlopen, moet het water weggepompt worden, waardoor de duur kan oplopen tot meer dan een half jaar.

## 4.4 Scenario's

In de analyse zijn twee overstromingsscenario's uitgewerkt. Het gaat hierbij om een overstroming vanuit een rivier en een overstroming vanuit de zee. Dit is gedaan om van beide type overstromingen de mogelijke gevolgen te kunnen schetsen. Om tot de scenario's te komen zijn verschillende bouwstenen uit Tabel 5 geselecteerd. Bij het overstromingsscenario vanuit een rivier wordt de verbinding gelegd met de dreigingscategorie bedreiging vitale infrastructuur, waardoor in dit scenario de nadruk ligt op de vitale processen, die door de overstroming geraakt worden. De gevolgen van dit scenario zijn ook opgenomen in de themarapportage bedreiging vitale infrastructuur om specifiek de impact op vitale processen te beschouwen, evenals de eventuele keteneffecten.

### 4.4.1 Overstroming rivier

Voor het gekozen overstromingsscenario vanuit een rivier is uitgegaan van een situatie met extreme neerslag in het stroomgebied van de Rijn en Maas, waardoor extreem hoge waterstanden ontstaan. Uiteindelijk breekt op één locatie langs de Boven-Merwede de dijk door. Het scenario is gebaseerd op de overstromingsscenario's die zijn beschreven in het Regionaal Risicoprofiel van de veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid (Veiligheidsregio ZHZ, 2019) en de overstromingsscenario's zoals deze zijn beschreven in de rapportage Veiligheid Nederland in kaart (Vergrouwe et al, 2014). In onderstaande tabel zijn de bepalende bouwstenen voor het overstromingsscenario vanuit een rivier samengevat.

**Tabel 6** Bepalende bouwstenen voor het scenario overstroming rivier

| Bron   | Weersomstandigheden       | Voorspelbaarheid | Snelheid van voltrekking | Evacueerbaarheid gebied | Maximale waterdiepte |
|--------|---------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| Rivier | Zware/langdurige regenval | Laag             | <7 dagen                 | Laag                    | 2,0 – 5,0 m          |

| Duur overstroming | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied | Uitval voorzieningen/vitale processen                                                                                     |
|-------------------|-------------------------|------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| >7 dagen          | <500 km <sup>2</sup>    | >100.000 (1.430) | Landelijk   | Vitale infrastructuur o.a. elektriciteits-, drinkwater- en gasvoorziening, telecomunicatie, afvalwaterzuivering, wegennet |
|                   |                         |                  | Stedelijk   | Ziekenhuis <sup>6</sup>                                                                                                   |

<sup>6</sup> Zie voor een compleet en actueel overzicht : NCTV. (2022). Overzicht vitale processen. Via: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

### Scenario: overstroming rivier

In grote delen van Nederland, Duitsland en België is het al dagen lang slecht weer. Er trekken continu depressies met hevige neerslag over het Rijn- en Maasstroomgebied. Vooral in Oost-Nederland vallen forse regenbuien. Lokaal valt in 48 uur tijd een kwart van de jaarlijkse neerslag. Door de vele regen stijgen de waterstanden in de Rijn en Maas naar extreme hoogte.

Vooraf het waterpeil van de Boven-Merwede baart zorgen. Op verschillende plekken langs de dijken van de Boven-Merwede ontstaan wellen. Het aantal zandmeevoerende wellen neemt toe. Dit is een teken dat de dijken op verschillende plekken langs de rivier zwakker worden. De waterschappen zijn hard aan het werk om met zandzakken de wellen stabiel te houden.

De volgende dag wordt duidelijk dat de dijk ter hoogte van Gorinchem dusdanig verzwakt is dat de veiligheid van de mensen achter de dijk niet meer gegarandeerd kan worden. De hulpdiensten in de regio schalen op naar GRIP 4. Dat betekent dat de hulpverlening in deze regio centraal wordt gecoördineerd. Besloten wordt de inwoners te evacueren. Dat blijkt niet voor niks: de waterstand van de Boven-Merwede bereikt 's avonds een recordhoogte. Defensie wordt ingezet voor ondersteuning van de evacuatie. Het Rode Kruis schiet te hulp met veldbedden, die naar verschillende steden en dorpen worden gebracht zodat geëvacueerde bewoners kunnen worden opgevangen.

In de nacht breekt ter hoogte van Gorinchem de dijk door en falen de kaden van het daar direct achter gelegen Kanaal van Steenenhoek. Slechts een klein deel van de bewoners achter de dijk heeft het gebied al verlaten. De mensen worden overvallen door het snel stijgende water, in de eerste 2 uur lopen de waterstanden nabij de bres al op tot meer dan 2,5 meter (Vergrouwe et al, 2014). De paniek breekt uit. Mensen proberen nog weg te komen, maar voor velen is het te laat. Zij verdrinken, sommigen in hun auto, anderen, vooral ouderen, thuis of op straat waar ze niet opgewassen zijn tegen de snelheid van het stromende water.

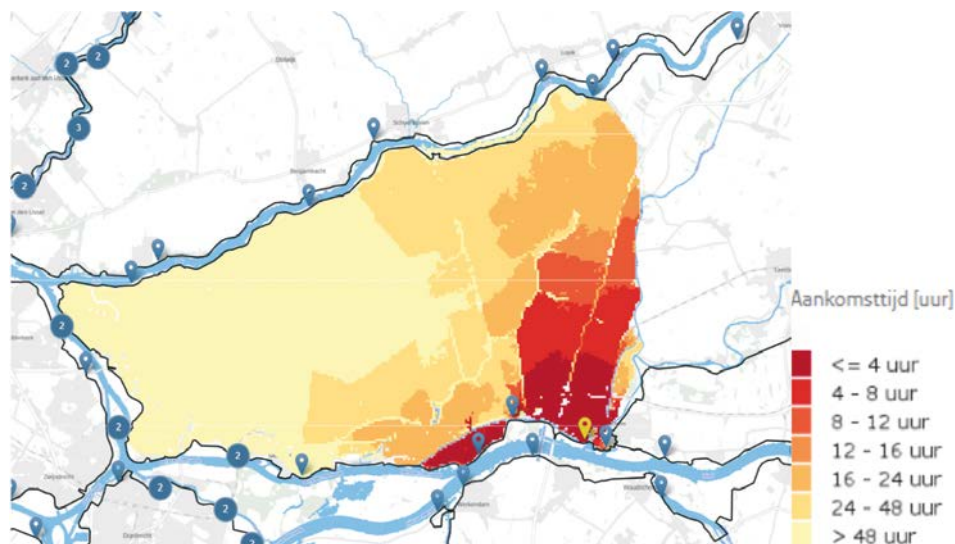
Ook het Beatrixziekenhuis stroomt onder. Omdat de waterdiepte al zo snel is opgelopen, zijn de mogelijkheden voor evacuatie beperkt. Besloten wordt de patiënten zoveel mogelijk verticaal binnen het ziekenhuis te evacueren. Verderop komt een aantal zendmasten en een elektriciteitsstation onder water te staan en vallen uit. Andere zendmasten en elektriciteitsstations in het gebied kunnen deze verstoring opvangen.

De beelden van mensen die op de vlucht voor het water verdrinken, veroorzaken een schokgolf in de samenleving. De paniek in de omgeving wordt steeds groter en steeds meer mensen proberen met de auto het gebied uit te komen. Zij komen echter vast te zitten in het verkeer. Al gauw is het onmogelijk het gebied te verlaten omdat er teveel water op straat staat. Ook de snelwegen A15 en A27 worden afgesloten. De A15 stroomt al snel onder water en van de A27 wordt de stabiliteit aangetast door het water dat tegen het talud aan stroomt. Daarnaast worden de spoorlijnen in het gebied bedreigd. De waterstromen ondergraven het spoorbed waardoor gevaarlijke situaties kunnen ontstaan. De spoorlijnen worden daarom afgesloten. De Betuweroute, de spoorverbinding tussen de Rotterdamse Haven en het achterland in Duitsland, wordt hierdoor hard getroffen. Die ochtend roept de overheid het gebied officieel uit tot rampgebied. Er kan daardoor meer en sneller hulp worden verleend in het getroffen gebied.

Het water blijft zich in de tussentijd steeds verder uitbreiden. In eerste instantie richting het noorden langs beide kanten van de A27. Nog een elektriciteitsstation valt uit waardoor in een groot deel van het overstroomde gebied en in aanliggende gebieden, zoals Leerdam en Vianen, de elektriciteit uitvalt. Even later wordt ook de communicatie verstoord door meerdere uitgevallen zendmasten en drukte op het net. Bijna niemand komt er meer door wat zorgt voor extra paniek.

Wanneer het water Ameide bereikt, verspreidt het zich over de gehele breedte van de dijkkring richting het westen; in het oosten wordt het water tegengehouden door het Merwedekanaal. Een drinkwaterpompstation overstroomt, waardoor geen drinkwater meer het gebied in gepompt kan worden. Ook de levering van drinkwater aan het gebied aansluitend aan het overstroomde gebied valt hierdoor uit. Er wordt gebruik gemaakt van nooddrinkwater aan de randen van het getroffen gebied door hulpverleners, aangeleverd door drinkwaterbedrijven. In de loop van de tweede en derde dag na de doorbraak overstroomden de steden in het westen van de dijkkring: Papendrecht, Alblasserwaard, Nieuw-Lekkerland en Sliedrecht, waarbij waterdiepten optreden tot 4 meter (Vergrouwe et al, 2014). Het gebied dat zonder stroom komt te zitten, neemt steeds verder toe doordat meerdere elektriciteitsstations uitvallen. Ook de gaslevering raakt verstoord. Daarnaast wordt de afvalwaterzuivering aangetast. Hierdoor komt vuil water in het overstromingswater terecht.

**Figuur 1** Aankomsttijd water bij dijkdoorbraak bij Gorinchem (Bron: Rijkswaterstaat 2021a)

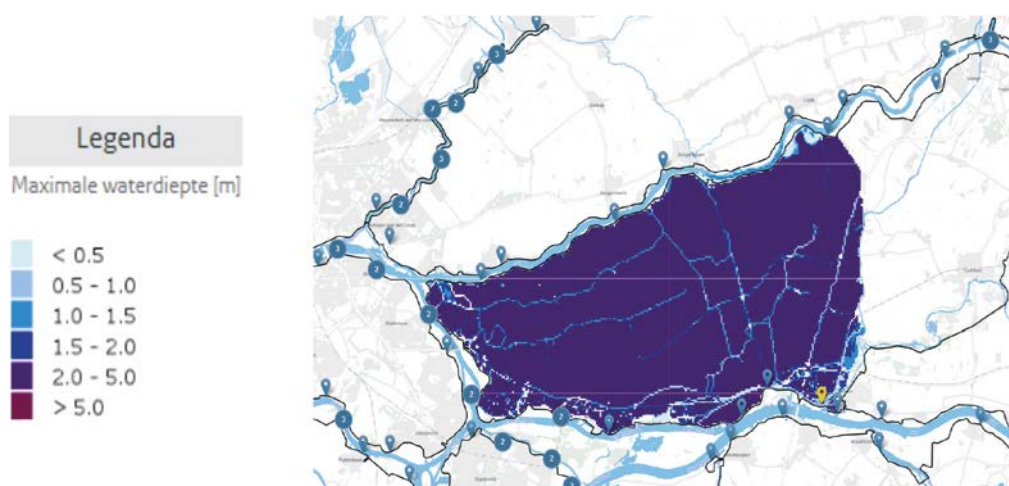


Twee weken na de dijkdoorbraak begint het waterpeil in het overstroomde gebied langzaam te zakken. De woningen, bedrijven en andere gebouwen in het gebied worden gecontroleerd op achterblijvers. Nog steeds worden lichamen gevonden van mensen die verdronken zijn.

Het gat in de dijk is in de eerste dagen na de doorbraak verder uitgesleten. Het gat kon niet meteen worden gedicht

omdat de dijk te zwak was voor het aanvoeren van grof materiaal en de stroming in het gat te sterk was voor het lichtere materiaal. Ruim twee weken na de doorbraak is de situatie voldoende stabiel en de waterstand van de Boven-Merwede voldoende ver gedaald om het gat in de dijk te dichten. Het leegpompen van het gebied duurt maanden. Daarna kan de grote schoonmaak en de herstel van het gebied beginnen.

**Figuur 2** Maximale waterdiepte en verwachte schade en slachtofferaantallen bij een doorbraak ten oosten van Gorinchem (Bron Rijkswaterstaat, 2021b)



|                         |         |
|-------------------------|---------|
| <b>Schade (Mln €)</b>   | 11.868  |
| <b>Slachtoffers</b>     | 1.428   |
| <b>Aantal getroffen</b> | 145.102 |

### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario overstroming vanuit een rivier. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van

overstromingen tot stand gekomen. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

**Tabel 7** Scorekaart scenario overstroming rivier

| Thema                                                 |                                          | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dreigingscategorie</b>                             |                                          | Overstromingen                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Scenario</b>                                       |                                          | Overstroming rivier                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Scenariotoelichting</b>                            |                                          | In het scenario wordt uitgegaan van extreme neerslag in het stroomgebied van de Rijn en Maas, waardoor extreem hoge waterstanden ontstaan. Uiteindelijk breekt ter hoogte van Gorinchem langs de Boven-Merwede de dijk door. Er vallen slachtoffers en meerdere vitale processen raken verstoord. |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar)</b> |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Toelichting</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Waarschijnlijkheid:</b>                            |                                          | C                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | De kans op een dergelijke overstroming als beschreven in het scenario wordt ingeschat op eens in de honderd jaar.                                                                                                                                                                     |
| Beoordeling gevolgen (impact)                         |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Veiligheidsbelang                                     | Criterium                                | Score                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Territoriaal</b>                                   | 1.1 Grondgebied                          | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | In het scenario overstroomt de Alblasserwaard, waarbij de waterdiepte oploopt tot enkele meters. Het leegpompen van het gebied duurt maanden, waardoor het gebied voor lange tijd ontoegankelijk is.                                                                                  |
|                                                       | 1.2 Internationale positie               | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                       | 1.3 Digitale ruimte                      | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                       | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied    | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Fysiek</b>                                         | 2.1 Doden                                | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | In het scenario vallen 1.428 dodelijke slachtoffers.                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                       | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | In het scenario vallen meerdere gewonden. Het gaat hierbij zowel om directe gewonden, door bijvoorbeeld ongelukken, onderkoeling en gebrek aan hygiëne, voedsel en drinkwater, als om psychosociale gevolgen. De psychosociale gevolgen treden ook op buiten het overstroomde gebied. |
|                                                       | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften      | C                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Zowel in als buiten het overstroomde gebied is er gebrek aan primaire levensbehoeften, zoals drinkwater.                                                                                                                                                                              |
| <b>Economisch</b>                                     | 3.1 Kosten                               | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | De schade wordt ingeschat op 11 miljard Euro. Het gaat hierbij om directe, fysieke schade door kapitaalverlies en indirecte schade door bedrijfsuitval. Schade door bijvoorbeeld het wegvallen van transportmogelijkheden komen hier nog bovenop.                                     |
|                                                       | 3.2 Aantasting vitaliteit                | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | De kosten die gemaakt worden voor herstel en financiële steun, tasten de schuldquote aan met meer dan 1%pt.                                                                                                                                                                           |

| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                             | Score | Toelichting                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ecologisch</b>                               | 4.1 Aantasting natuur en milieu                                                       | C     | In het scenario wordt Natura-2000 geraakt. De duur van de aantasting is meer dan een jaar.                                                                                  |
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                        | D     | Zowel in als buiten het overstroomde gebied is er grote verstoring van het dagelijks leven, doordat mensen niet naar bijvoorbeeld het werk, school of de supermarkt kunnen. |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                              | A     | Lokale instituties, zoals het openbaar bestuur, kunnen tijdelijk niet functioneren.                                                                                         |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                   | C     | Door de overstroming ontstaat paniek en angst. Ook is grote woede voorstelbaar.                                                                                             |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het scenario overstroming vanuit een rivier raakt de nationale veiligheid doordat vrijwel alle nationale veiligheidsbelangen worden geraakt. Het gaat hierbij om de belangen territoriale, fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politieke stabiliteit. Alleen het belang internationale rechtsorde wordt door de overstroming vanuit een rivier niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, is vrij groot; de meeste criteria krijgen een score tussen ernstig (C) en zeer ernstig (D). Het criteria ernstig gewonden wordt daarnaast catastrofaal geraakt.

De zeer ernstige aantasting van het grondgebied hangt voornamelijk samen met de duur dat het gebied ontoegankelijk is. Het leegpompen van het overstroomde gebied duurt maanden; het water daalt met ongeveer één cm per dag (RIVM, 2019). Pas op het moment dat het water uit het gebied is, kan begonnen worden met de schoonmaak en het herstel.

De hoge score bij doden en gewonden hangt in dit scenario samen met de evacuatiestrategie die is gekozen. Evacuatie is erop gericht om mensen weg te halen bij een dreiging, waardoor er geen of minder slachtoffers vallen. In het scenario is de evacuatie in volle gang wanneer de dijk doorbreekt. Er zou dus gesteld kunnen worden dat het evacuatiebesluit te laat is genomen of dat de dijk eerder doorbreekt dan verwacht. Hierdoor zijn er ten tijde van

de dijkdoorbraak veel mensen op straat, waardoor er veel slachtoffers vallen. Er is een duidelijke relatie tussen de evacuatiestrategie en de reddingsoperatie. 'Verkeerde' keuzes over de strategie kunnen leiden tot een grotere reddingsopgave en meer slachtoffers (HKV, 2017).

Bij de gewonden gaat het enerzijds om mensen die direct door de overstroming gewond raken, bijvoorbeeld door onderkoeling. Anderzijds gaat het om mentale problemen, die door de ramp ontstaan. Ook buiten het overstroomde gebied is het mogelijk dat mensen last krijgen van mentale problemen vanwege de angst voor nog meer overstromingen en de zorgen of mensen nog wel veilig zijn in hun woongebied.

Ook de kosten worden hoog ingeschat. Bij de kosten gaat het enerzijds om de directe kosten door materiele, financiële en gezondheidsschade en de bestrijdings- en herstellkosten. Anderzijds gaat het om indirecte kosten. In het overstromingsscenario vanuit de rivier zal door de overstroming tijdelijk geen transport vanuit de Rotterdamse haven naar het achterland mogelijk zijn over de binnenwateren, de overstroomde wegen en de getroffen Betuweroute. Transportdiensten zijn daardoor noodzaak uit te wijken naar andere havens en komen misschien niet meer terug. Dergelijke indirecte kosten kunnen enorm zijn en hangen voornamelijk samen met de herstelduur. Bij een korte herstelduur zal de impact lager zijn dan bij een lange herstelduur.



De verstoring van het dagelijks leven is ook zeer ernstig. In de overstroomde gebieden is de dagelijkse gang van zaken niet meer mogelijk. Vitale infrastructuur als stroom, gas, drinkwater en telecom vallen uit, wegen zijn onbegaanbaar en werk, school en andere maatschappelijke voorzieningen zijn onbereikbaar of onbruikbaar. Dit geldt niet alleen binnen het overstroomde gebied, maar ook daar buiten. Er worden bijvoorbeeld elektriciteitsstations geraakt, waardoor ook buiten het overstroomde gebied de stroom uitvalt. Ook zijn er in de overstroomde gebieden drinkwaterpompstations gelegen. Wanneer deze uitvallen, kan het drinkwater niet op de juiste plekken gepompt worden, mogelijk ook in aanliggende gebieden. Vaak is het zo dat door redundante systemen gebieden door meerdere drinkwaterpompstations kunnen worden bediend en een ander pompstation de uitval van het overstroomde pompstation kan overnemen. Mogelijk is er dan wel minder water in dat gebied (lagere waterdruk uit de kraan). Volledige uitval, zoals in het beschreven scenario, is ook plausibel als er geen ander drinkwaterpompstation is dat de levering in dat gebied kan overnemen of als door keteneffecten (bijvoorbeeld door leidingbreuken) levering in het niet overstroomde gebied toch niet mogelijk is. Vooral mensen met een kwetsbare gezondheid, zoals zuigelingen, ouderen en nierpatiënten worden hierdoor geraakt, maar ook niet-kwetsbaren in verband met

het gebrek aan sanitatie. Als noodoplossing kunnen er tankwagens naar deze gebieden toegestuurd worden om nooddrinkwater te leveren. In de overstroomde gebieden zal de actie gericht zijn op mensen uit de gebieden halen en niet op nooddrinkwater het gebied inbrengen.

De waarschijnlijkheid van het scenario is gescoord als enigszins waarschijnlijk (C). De kans op een dergelijke overstroming als beschreven in het scenario wordt ingeschat op eens in de honderd jaar.

#### 4.4.2 Overstroming zee

Voor het gekozen overstromingsscenario vanuit de zee is uitgegaan van een situatie met een extreme storm die het noorden van Nederland raakt. De extreme weersituatie leidt tot grote druk op de dijken, waardoor op verschillende plaatsen de dijken doorbreken. De breslocaties zijn bepaald aan de hand van de actuele overstromingskansen, zoals deze zijn aangegeven in het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) (Rijkswaterstaat, 2021c). Ook de gevolgen zijn bepaald aan de hand van de kaarten die beschikbaar zijn in het LIWO (Rijkswaterstaat, 2021d).

In onderstaande tabel zijn de bepalende bouwstenen voor het overstromingsscenario vanuit de zee samengevat.

**Tabel 8** Bepalende bouwstenen voor het overstromingsscenario vanuit de zee

| Bron        | Weersomstandigheden | Voorspelbaarheid | Snelheid van voltrekking | Evacueerbaarheid gebied  | Maximale waterdiepte |
|-------------|---------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Zee         | Storm               | Laag             | <1 dag tot >7 dagen      | In eerste instantie laag | 1,0 – 5,0 m          |
| Grote meren |                     |                  |                          |                          |                      |

| Duur overstroming       | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied | Uitval voorzieningen/vitale processen <sup>7</sup> |
|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| Weken tot een half jaar | <5.000 km <sup>2</sup>  | >500.000 (2.470) | Landelijk   | Telecommunicatie                                   |
|                         |                         |                  | Stedelijk   | Elektriciteitsvoorziening                          |
|                         |                         |                  |             | (Spoor)wegennet                                    |
|                         |                         |                  |             | Gasleidingen                                       |
|                         |                         |                  |             | Drinkwatervoorziening                              |

<sup>7</sup> Zie voor een compleet en actueel overzicht : NCTV. (2022). Overzicht vitale processen. Via: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

### Scenario: overstroming zee

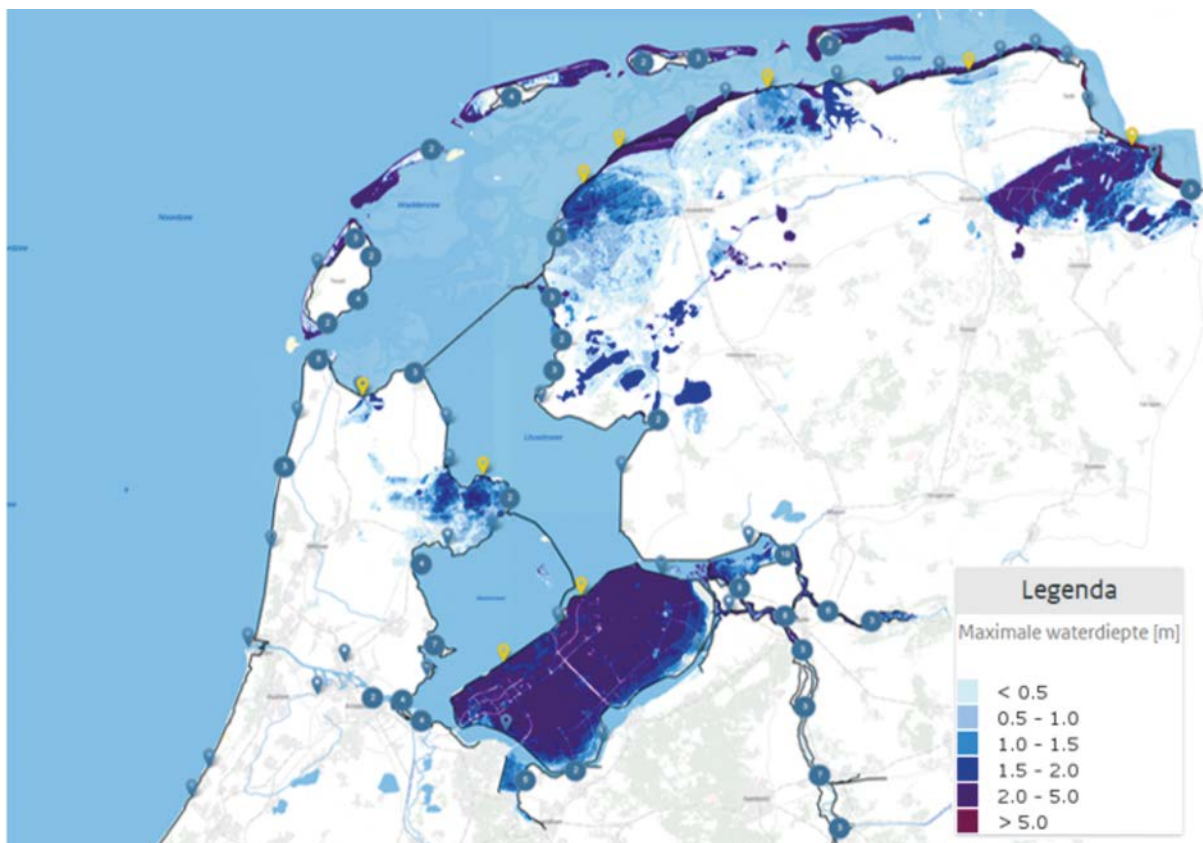
Het gaat stormen in Nederland. Een depressie met winden van orkaankracht trekt over de Noordzee richting Denemarken. De exacte richting van de depressie is nog onzeker, waardoor nog niet te zeggen is hoe de storm zich bij de Nederlandse kust zal ontwikkelen en of de noordelijke of de westelijke kust zal worden getroffen.

Ondertussen heerst er al een zware storm met een windkracht die is opgelopen tot 10 Beaufort. Het KNMI voorspelt dat de kern van de depressie ten noorden van Nederland komt te liggen en dat als gevolg daarvan de extreem zware storm over circa 24 uur de noordelijke kust zal treffen. De windkracht zal oplopen tot 12 Beaufort. Door de storm worden extreem hoge waterstanden verwacht. De Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging geeft code rood af voor ernstige dreiging van overstromingen. Bij de waterbeheerders heerst zorgen over of de dijken de waterstanden in deze zware en lange storm zullen houden. Overwogen wordt een evacuatie op gang te zetten, maar gezien de huidige weersomstandigheden en de verwachte toename in windkracht, wordt het niet verantwoord geacht grote groepen mensen de weg op te sturen. De bewoners van

het noordelijk kustgebied maken zich niet al te druk. Een nuchtere Fries vertelt op het landelijke nieuws: “Het stormt hier wel vaker, hoe erg kan deze storm nou zijn”. Toch zijn er ook mensen die het zekere voor het onzekere nemen en op eigen houtje besluiten te vertrekken.

Om zes uur 's ochtends de volgende dag barst de extreme storm in alle hevigheid los. Door de storm ontstaat veel windschade; bomen waaien om en daken waaien van huizen. Daarnaast wordt het zeewater flink opgestuwd. Er worden waterstanden bereikt met een kans van eens in de 1.000 jaar. De Waddeneilanden krijgen als eerste de volle laag. Het zeewater wordt hier zo hoog opgezet dat de buitendijkse gebieden op de eilanden overstromen. Vijf uur nadat de storm aan land is gekomen en het zeewater in alle hevigheid op de dijken in het noorden van Nederland heeft gebeukt, breken deze door. Eerst in Friesland ter hoogte van Sint Annaparochie, maar binnen drie uur breken op meerdere plekken langs de Waddenzee in Friesland en Groningen de dijken door. Bewoners achter de dijken worden verrast door het snel stijgende water. Mensen proberen weg te komen, maar voor velen is het te laat. Zij verdrinken in hun huis of tijdens de vlucht. In andere delen van het land breekt de paniek uit.

**Figuur 3** Breslocaties (gele markeringen) en overstroomde gebieden (Bron: Rijkswaterstaat, 2021e)





Ook in Flevoland en Noord-Holland blijken de dijken niet opgewassen tegen de hevigheid van de storm. De dijken bij Lelystad en Almere breken door en de steden en polder overstroomden. De waterdieptes lopen hier op tot ruim 3 meter, waardoor hier veel slachtoffers vallen. In Noord-Holland breekt eerst de Balgzanddijk aan het Amsteldiep door en later ook de Noorderdijk aan het IJsselmeer. Hierdoor overstroomden de Anna Paulownapolder en delen van West-Friesland. Ook Enkhuizen blijft niet gespaard.

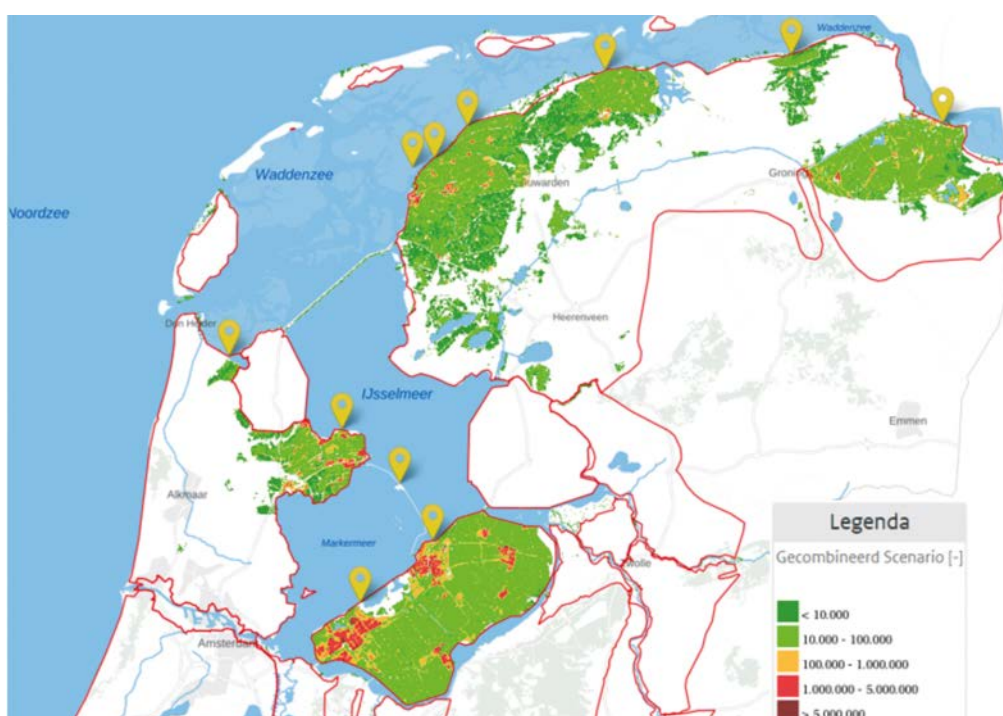
Een dag na de dijkdoorbraken gaat de storm liggen, waardoor er vanuit de zee nagenoeg geen nieuw water meer het gebied instroomt. Vanuit het IJsselmeer en het Markermeer blijft echter nog wel nieuw water het gebied instromen. Het water dat het gebied al ingelopen is, blijft zich verder verspreiden. Na enkele dagen staan grote delen van het gebied ten noorden en westen van Leeuwarden en ten oosten van Groningen onder water. In Noord-Holland is enkele dagen na de dijkdoorbraak vrijwel geheel West-Friesland ondergelopen. Ook grote delen van de stad Hoorn overstroomden. Hier blijven de waterdieptes relatief beperkt tot circa 1 meter.

Na twee weken wordt de maximale omvang van de overstroming bereikt. Grote delen van Flevoland en West-Friesland en delen van Friesland en Groningen zijn overstroomd. De meeste slachtoffers vallen in de gebieden direct achter de dijken die doorbreken. Verderop in het gebied worden mensen op tijd gewaarschuwd dat de dijken zijn doorgebroken en kunnen velen een veilig heenkomen vinden.

In totaal worden ruim 500.000 mensen getroffen door de overstromingen en vallen er circa 2.470 dodelijke slachtoffers. Veel woningen in het overstroomde gebied raken beschadigd. Meerdere in dusdanige mate dat deze na de overstromingen niet meer bewoonbaar zijn. Ook veel voorzieningen in het overstroomde gebied vallen uit. (Spoor)wegen zijn niet meer begaanbaar door meegesleept puin, zand en slib of door verzakkingen, gebouwen zijn ingestort of dreigen in te storten, er ontstaan gasleidingbreuken, elektriciteit, telecom en drinkwatervoorziening vallen uit en gemalen werken niet meer. Dit is ook van invloed op de gebieden aansluitend aan de overstroomde gebieden. Ook hier valt de elektriciteit uit en door de uitval van drinkwaterpompstations kan geen drinkwater meer geleverd worden. De overstroomde gebieden raken vervuild met een mengsel van zeewater, rioolwater en stoffen als verf en brandbare stoffen. De totale schade wordt geschat op bijna 45 miljard euro.

Twee weken na de dijkdoorbraken kan begonnen worden met het dichten van de bressen. Afvoer van het water uit het overstroomde gebied onder vrij verval is vrijwel niet mogelijk omdat een groot deel van het gebied onder zeeniveau ligt. Het overstromingswater moet daarom weggepompt worden. Het duurt bijna tien maanden voordat al het water weer weg is. Twee jaar na de dijkdoorbraak is het gebied schoongemaakt en is de vitale infrastructuur weer hersteld.

**Figuur 4** Economische schade als gevolg van de overstromingen (Bron: Rijkswaterstaat, 2021f)



### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario 'overstroming vanuit de zee'. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van

overstromingen tot stand gekomen. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

**Tabel 9** Scorekaart scenario overstroming zee

| Thema                                          |                                          | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dreigingscategorie                             |                                          | Overstromingen                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Scenario                                       |                                          | Overstroming zee                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Scenariotoelichting                            |                                          | In het scenario wordt uitgegaan van een situatie met een extreme storm die het noorden van Nederland raakt. De extreme weersituatie leidt tot grote druk op de dijken waardoor op verschillende plaatsen de dijken doorbreken. Door de overstromingen vallen slachtoffers en worden veel vitale processen geraakt. |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Waarschijnlijkheid:                            |                                          | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | De kans op een dergelijke overstroming als beschreven in het scenario wordt ingeschat op eens in de duizend jaar.                                                                                                                                                                     |
| Beoordeling gevolgen (impact)                  |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Veiligheidsbelang                              | Criterium                                | Score                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Territoriaal                                   | 1.1 Grondgebied                          | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | In het scenario overstroomden grote delen van Flevoland en West-Friesland en delen van Friesland en Groningen, waarbij de waterdiepte oploopt tot enkele meters. Het leegpompen van de gebieden duurt maanden, waardoor de gebieden voor lange tijd ontoegankelijk zijn.              |
|                                                | 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                                | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | In het scenario vallen 2.470 dodelijke slachtoffers.                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | In het scenario vallen meerdere gewonden. Het gaat hierbij zowel om directe gewonden, door bijvoorbeeld ongelukken, onderkoeling en gebrek aan hygiëne, voedsel en drinkwater, als om psychosociale gevolgen. De psychosociale gevolgen treden ook op buiten het overstroomde gebied. |
|                                                | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften      | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Zowel in als buiten het overstroomde gebied is er gebrek aan primaire levensbehoeften, zoals drinkwater.                                                                                                                                                                              |
| Economisch                                     | 3.1 Kosten                               | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | De schade wordt ingeschat op 45 miljard Euro. Het gaat hierbij om directe, fysieke schade door kapitaalverlies en indirecte schade door bedrijfsuitval. Schade door bijvoorbeeld wegvallen van transportmogelijkheden komen hier nog bovenop.                                         |
|                                                | 3.2 Aantasting vitaliteit                | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Naar schatting wordt als gevolg van de overstromingen de schuldquote met 3-10% aangetast en is er een verlies van rond de 100.000 banen.                                                                                                                                              |

| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                             | Score | Toelichting                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ecologisch</b>                               | 4.1 Aantasting natuur en milieu                                                       | E     | In het scenario worden meerdere Natura-2000 gebieden geraakt. De duur van de aantasting is meer dan een jaar.                                                               |
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                        | E     | Zowel in als buiten het overstroomde gebied is er grote verstoring van het dagelijks leven, doordat mensen niet naar bijvoorbeeld het werk, school of de supermarkt kunnen. |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                              | B     | Lokale en provinciale instituties kunnen tijdelijk niet functioneren.                                                                                                       |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                   | C     | Door de overstromingen ontstaat brede maatschappelijke paniek, angst en woede. Ook het gevoel van onmacht speelt een rol door de omvang van het getroffen gebied.           |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatssoevereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het scenario overstroming vanuit de zee raakt de nationale veiligheid doordat vrijwel alle nationale veiligheidsbelangen in grote mate worden geraakt. Het gaat hierbij om de belangen territoriale, fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit. Alleen het belang internationale rechtsorde wordt door een overstroming vanuit de zee niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, is zeer groot; de meeste criteria krijgen de hoogste score, namelijk catastrofaal (E). Bij het overstromingsscenario vanuit de zee is de impact groter dan bij het overstromingsscenario vanuit een rivier. Dit hangt voornamelijk samen met de grootte van het gebied dat is getroffen. Hierdoor ontstaat een catastrofale aantasting van het grondgebied, vallen er veel slachtoffers, ontstaat er een groot gebrek aan primaire levensbehoefte en is in een groot gebied de dagelijkse gang van zaken niet meer mogelijk.

De catastrofale aantasting van het grondgebied hangt dus voornamelijk samen met de grootte van het gebied dat ontoegankelijk is. Het overstroomde gebied is vele malen groter dan het gebied dat overstroomt bij het rivierscenario. Daarnaast duurt het leegpompen van het overstroomde gebied maanden, in het scenario gaat het om tien maanden. Afvoer van het water uit het overstroomde

gebied onder vrij verval is niet mogelijk omdat een groot deel van het gebied onder zeeniveau ligt. Vooral het leegpompen van de Flevopolder zal lang duren vanwege de diepe ligging van het gebied. Pas op het moment dat het water uit het gebied is, kan gestart worden met schoonmaken en herstel.

In het overstromingsscenario vallen ook veel gewonden. Hierbij gaat het enerzijds om mensen die direct door de overstroming gewond raken, bijvoorbeeld door onderkoeling. Anderzijds gaat het om mentale problemen die door de ramp ontstaan. Ook buiten het overstroomde gebied is het mogelijk dat mensen last krijgen van mentale problemen vanwege de angst voor nog meer overstromingen en de zorgen of mensen nog wel veilig zijn in hun woongebied. De angst die ontstaat, wordt gescoord in het criterium sociaal-maatschappelijke impact. Naast angst zal er ook boosheid ontstaan. Mensen zijn boos dat een dergelijke ramp heeft kunnen gebeuren en gaan op zoek naar de 'schuldigen' en het antwoord op de vraag of dit voorkomen had kunnen worden. Daarnaast zijn in dit scenario veel verschillende gebieden geraakt. In elk gebied zullen andere keuzes gemaakt worden in de wijze van het herstel, waardoor mensen in bepaalde gebieden het gevoel kunnen krijgen slechter af te zijn dan mensen in andere getroffen gebieden. Ook dit kan leiden tot woede.

Het gebrek aan primaire levensbehoefte en de verstoring van het dagelijks leven zijn ook catastrofaal. In de overstroomde gebieden vallen alle primaire levensbehoeften weg en is de dagelijkse gang van zaken niet meer mogelijk. Stroom, gas, drinkwater, riolering en telecom vallen uit, wegen zijn onbegaanbaar en werk, school en andere maatschappelijke voorzieningen zijn onbereikbaar of onbruikbaar. Mensen worden geëvacueerd uit het gebied en opgevangen op locaties waar weer in de primaire levensbehoefte voorzien kan worden. Gezien de grootte van het gebied kan het echter weken duren voordat iedereen geëvacueerd is. Voor een grote groep mensen zal het gebrek aan primaire levensbehoefte kortdurend zijn, maar voor een kleinere groep zal de verstoring langdurend zijn.

Niet alleen binnen het overstroomde gebied is er gebrek aan primaire levensbehoefte en verstoring van het dagelijks leven, maar ook daar buiten. Er worden bijvoorbeeld elektriciteitsstations geraakt, waardoor ook buiten het overstroomde gebied de stroom uitvalt. Ook zijn er in de overstroomde gebieden drinkwaterpompstations gelegen. Wanneer deze uitvallen, valt mogelijk ook de drinkwatervoorziening in aanliggende gebieden uit. Hierop wordt verder ingegaan bij de beschouwing van het rivierscenario.

De catastrofale aantasting van de natuur komt voornamelijk door de duur van de aantasting. Het leegpompen van de overstroomde gebieden duurt maanden. Pas wanneer het water uit het gebied weg is, kan de natuur zich gaan herstellen. De aantasting van de natuur is ernstiger bij een overstroming vanuit de zee dan bij een overstroming vanuit een rivier. Bij een overstroming vanuit de zee komt er zoutwater in de natuur dat ook in de bodem zakt. Zoutwater zorgt voor meer schade en langere hersteltijd dan een overstroming met zoetwater. Bepaalde vegetatie zal volledig verloren gaan. Ook de Waddenzee zal in dit scenario geraakt worden. Het overstromingswater raakt vervuild met bijvoorbeeld rioolwater en gevaarlijke stoffen uit schuren of van de chemische industrie. Dit vervuilde water stroomt af richting de Waddenzee, waardoor de kwaliteit van het water wordt aangetast.

De waarschijnlijkheid van het scenario is gescoord als onwaarschijnlijk (B). Dit heeft er voornamelijk mee te maken dat er in Nederland veel maatregelen worden getroffen om een overstroming vanuit de zee te voorkomen. Daarnaast is de kans dat op alle plekken uit het scenario op vrijwel hetzelfde moment de dijk doorbreekt, kleiner dan de kans op een enkele doorbraak.

# 5. Dreigingscategorie extreem weer

## 5.1 Context

Extreem weer zijn weersomstandigheden die ongebruikelijk zijn, bijvoorbeeld omdat ze ongebruikelijk zwaar zijn of onverwacht komen. Het heeft verschillende verschijningsvormen, namelijk extreme vormen van sneeuw, hagel, ijzel, regen, mist, storm, hitte en droogte (Keller & Blodgett, 2008). Extreem weer kan grote gevolgen hebben voor de maatschappij, bijvoorbeeld doordat er doden en gewonden kunnen vallen en door het ontstaan van schade, het stilvallen van verkeer en logistiek en het verstoren van elektriciteitsvoorzieningen en telecommunicatie.

Om een beeld te geven van recent extreem weer in Nederland en de impact hiervan is hieronder een aantal situaties beschreven.

### Drielingstorm

In februari 2022 trokken in vier dagen tijd drie stormen over Nederland. Dit is zeer uitzonderlijk; de laatste keer dat er in Nederland sprake was van een drielingstorm was in 1928. De middelste van de drie stormen, Eunice, hoort bij de top drie zwaarste stormen in vijftig jaar met windstoten tot 145 kilometer per uur op weerstation Cabauw bij Lopik. Nog niet eerder werden in Nederland zo ver landinwaarts zulke zware windstoten gemeten. In de kustprovincies gold code rood voor zeer zware windstoten en in de rest van het land code oranje (behalve in Limburg, daar gold code geel). Door de stormen vielen vijf dodelijke slachtoffers en was er in het hele land veel schade en hinder. Volgens schatting van het Verbond van Verzekeraars komt de verzekerde schade door de drie stormen gezamenlijk op minimaal 500 miljoen euro (KNMI, 2022a).

### Regenval Limburg

Half juli 2021 viel in enkele dagen een zeer grote hoeveelheid regen in Limburg en het grensgebied van België en Duitsland (enw, 2021). Lokaal viel in 48 uur tijd een kwart van de jaarlijkse neerslag (Nu.nl, 2021a). Dit werd veroorzaakt door een klein lage drukgebied met koele lucht

dat via Oost-Europa warme lucht aantrok. Op het grensvlak van de luchtlagen viel veel neerslag. Het lage drukgebied bleef langdurig boven Duitsland hangen, waardoor de buien steeds op dezelfde plek overtrokken (enw, 2021). Dit zorgde voor enorme waterafvoeren in de plaatselijke beken en rivieren. Op het hoogtepunt raasde circa 270 kubieke meter water per seconde door de Roer, waar normaal gesproken 12 kubieke meter per seconde doorheen trekt (enw, 2021). Ook de Maas bereikte (waarschijnlijk) de hoogste afvoer ooit gemeten (enw, 2021). De hoeveelheid neerslag en grote waterafvoeren veroorzaakten wateroverlast en overstromingen met grote gevolgen. De Limburgse plaats Valkenburg is in Nederland het zwaarst getroffen. Hier raakte 2.360 tot 3.000 woningen door het hoge water beschadigd (enw, 2021), waarvan 700 zo zwaar dat de bewoners ontheemd raakten (Nu.nl, 2021b). De totale schade en kosten die in Limburg zijn veroorzaakt door de ramp werden geschat op 350 tot 600 miljoen euro (enw, 2021). De totale schade in de België werd geschat op 350 miljoen euro en in Duitsland tussen de 20 en 30 miljard euro (enw, 2021). In Duitsland vielen minstens 180 doden en in België 42 (enw, 2021).

Dergelijke extreem zware neerslag als in juli 2021 in Limburg is gevallen, kan ook elders in Nederland tot grote ontwrichting leiden. Ook zonder dat het hoofdwatersysteem overstroomt, kan een grote hoeveelheid neerslag voor wateroverlast zorgen met als gevolg schade die kan oplopen tot meer dan een miljard euro en mogelijk dodelijke slachtoffers (Deltares, 2021a).

### Valwind Leersum

Op 18 juni 2021 werd Leersum op de Utrechtse Heuvelrug getroffen door een valwind. Een valwind ontstaat doordat lucht door zeer zware regenval sterk afkoelt. De koude lucht valt op het aardoppervlak en zorgt voor zeer zware windstoten, waarbij de windsnelheid kan oplopen tot ver boven de 100 km/uur (KNMI, 2021a). Het noodweer was heel lokaal. Zo bleef in andere delen van de provincie Utrecht de zon schijnen. Door de valwind vielen negen

gewonden van wie er twee kort naar het ziekenhuis moesten. Ruim honderd woningen raakten beschadigd, waarvan er tussen de tien en twintig onbewoonbaar zijn geworden. Ook ontstonden er zeven gaslekken door omgevallen bomen (KNMI, 2021a). In totaal zijn er bijna 1.600 bomen omgevallen. De totale schade bedroeg circa 13,3 miljoen euro (AD, 2021).

### Hagel Brabant

Op 23 juni 2016 werd Brabant overvallen door een ongekend zware hagelstorm. De hagelstenen waren zo groot als tennisballen, met een doorsnede van vier tot tien centimeter (Driessen, 2017). Hagelstenen van dergelijke omvang zijn uitzonderlijk (ED, 2016). De hagel ontstond uit een supercell, het zwaarste type onweersbui (ED, 2016). Door de hagelstorm ontstond veel schade aan land- en tuinbouwbedrijven. Kassen werden vernield, waardoor de producten in de kassen onverkoopbaar werden. Ook huizen, auto's en caravans liepen schade op. De volgende dag bleven basisscholen gesloten vanwege de ontstane schade. Vooral de gemeenten Asten, Bergeijk, Heeze-Leende en Someren werden zwaar getroffen. Het schadebedrag werd geschat op 500 miljoen tot 1 miljard euro (Driessen, 2017).

## 5.2 Relevante ontwikkelingen

Er is een aantal ontwikkelingen van invloed op de waarschijnlijkheid en mogelijke impact van extreem weer.

### 5.2.1 Klimaatverandering

Weerextremen zijn er altijd al geweest, maar door klimaatverandering neemt de kans op extremen toe. In Hoofdstuk 3 is een algemene inleiding gegeven op klimaatverandering. Hieronder wordt ingegaan op de aspecten van klimaatverandering die specifiek van invloed zijn op de waarschijnlijkheid en impact van extreem weer.

Klimaatverandering heeft gevolgen voor het dagelijks weer. Het wordt bijvoorbeeld steeds warmer. Tussen 1961-1990 en 1991-2020 is de jaargemiddelde temperatuur in Nederland toegenomen met 1,1°C en het aantal zomerse en tropische dagen per jaar is ruim verdubbeld (KNMI, 2021). Daarnaast is de hoogste maximumtemperatuur per jaar met 2,4°C toegenomen. Ook hittegolven komen steeds vaker voor en worden steeds intenser. Daarnaast wordt het steeds minder koud en nemen koudegolven af (KNMI, 2021b). Door afzwakking van de polaire straalstroom kunnen weersituaties ook langer aanhouden, waardoor het bijvoorbeeld langdurig kan regenen in een gebied of juist langdurig heet en droog kan zijn. Daarbij komt dat lucht in een warmer klimaat meer vocht kan bevatten, waardoor extremere buien kunnen ontstaan. Deze trend naar extremere buien is het sterkst te zien in hevige

zomerse onweersbuien; het aantal zomerse stortbuien in Nederland is in de periode 1951-2020 ongeveer verdubbeld. De toename van temperatuur en vocht leidt er daarnaast toe dat zware buien sneller kunnen uitgroeien tot complexen die gepaard gaan met onweer, hagel, windstoten en valwinden (KNMI, 2021b).

Naast de extremere buien neemt ook de kans op droogte in het voorjaar en de zomer toe. Vooral in april en mei is sinds 1965 een significante trend te zien naar hogere waarden van het maximale neerslagtekort (KNMI, 2021b). De toename in de kans op droogte komt door hogere temperaturen en meer zonnestraling waardoor de verdamping toeneemt.

### 5.2.2 Natuurkwaliteit

Naast klimaatverandering is de afname van natuur en de kwaliteit hiervan een relevante ontwikkeling. In Hoofdstuk 3 is een algemene inleiding gegeven op de natuurkwaliteit. De hoeveelheid natuur neemt wereldwijd, en dus ook in Nederland, af en van de overgebleven natuur gaat de kwaliteit achteruit. Uit het rapport Natuurinclusief Nederland (Rli, 2022) blijkt dat Nederland slecht presteert op het vlak van natuurbescherming en herstel. Het verlies van oorspronkelijke natuur is in Nederland aanzienlijk groter dan gemiddeld in Europa. De natuur verschaalt en verdwijnt in hoog tempo. Daarnaast stagneert de beoogde groei van het areaal aan beschermde gebieden. Ook zijn de benodigde verbindingen tussen natuurgebieden niet allemaal gerealiseerd. Tegelijkertijd neemt de hoeveelheid 'groen' per inwoner in zowel stedelijk als landelijk gebied al vele jaren af en staat de biodiversiteit onder druk. Door de verslechterende toestand van de natuur kan de natuur extra hard geraakt worden door klimaat- en natuurrampen als extreem weer.

### 5.2.3 Geo-engineering/climate engineering/climate governance

Een andere ontwikkeling is de opkomst van *geo-engineering* (ook wel *climate engineering* of *climate governance* genoemd). Geo-engineering is de grootschalige beïnvloeding van het klimaat om de opwarming van de aarde en de effecten daarvan tegen te gaan (University of Oxford, 2018). Geo-engineering kan worden ingedeeld in twee soorten: het tegenhouden van zonnestraling (*Solar Radiation Management* (SRM)) en het verwijderen van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer (*Carbon Dioxide Removal* (CDR)). Een voorbeeld van SRM is sulfaat aerosol injectie. Hierbij worden sulfaatdeeltjes in de stratosfeer gebracht, die inkomend zonlicht blokkeren en zo de aarde afkoelen. Een voorbeeld van CDR is ijzerbemesting van de oceaan. Hierbij wordt ijzer opgelost in zeewater met als gevolg een explosieve groei van algen die koolstof opnemen.

Verschillende landen passen al technieken van geo-engineering toe, bijvoorbeeld om extreme hitte



tegen te gaan of om neerslag op te wekken. Dubai creëert bijvoorbeeld kunstmatig regen door wolken te elektrocuteren, waardoor wolken samenklonteren en er neerslag wordt gevormd (CBS News, 2021). China zet weermodificatietechnieken in voor bijvoorbeeld schonere lucht tijdens belangrijke evenementen, om hagel te voorkomen of neerslag te laten vallen in droge gebieden. Een bekend voorbeeld is het opwekken van regen door zilverjodide in de lucht te brengen voorafgaand aan de Olympische spelen van Beijing in 2008, zodat het tijdens de spelen droog bleef. De inzet van China is dat in 2025 meer dan de helft van het land moet kunnen beschikken over weermodificatietechnologieën (NOS, 2021).

De neveneffecten van geo-engineering op lange termijn voor het klimaat, het milieu en ecosystemen zijn niet bekend en mogelijk risicovol. Er wordt bijvoorbeeld gedacht dat aerosolinjectie juist ook extreem weer kan veroorzaken, bijvoorbeeld doordat op grote schaal droogte kan ontstaan. Ook zou de ozonlaag hierdoor aangetast kunnen worden (Versen et al, 2021). Daarbij komt dat deze techniek relatief goedkoop is en daardoor vrij gemakkelijk door een enkel land ingezet kan worden (Versen et al, 2021). Ook kan geo-engineering zorgen voor geopolitieke spanningen, bijvoorbeeld doordat geo-engineering ingezet wordt als wapen tegen landen om doelbewust wateroverlast of

schade aan gewassen toe te brengen. Ook 'goedbedoelde' weermanipulatie kan tot spanningen leiden. Een naburige staat zou het opwekken van kunstmatige regen kunnen zien als 'diefstal' van regen of de reden voor droogte (World Economic Forum, 2019; Versen et al, 2021). Wanneer wereldwijd klimaatbeleid faalt, wordt de kans groter dat meerdere landen geo-engineering gaan inzetten om de gevolgen van klimaatverandering te bestrijden.

#### 5.2.4 Kwetsbare maatschappij

Een andere ontwikkeling is dat de maatschappij steeds kwetsbaarder wordt voor extreem weer (KNMI, 2021c). Dit heeft met name te maken met het drukke verkeer en de toename van recreatie. De mogelijke impact van extreem weer wordt hierdoor groter. Extreme buien veroorzaken bijvoorbeeld steeds meer schade, die soms oploopt tot tientallen of zelfs honderden miljoenen euro's (KNMI, 2021b).

### 5.3 Overzicht van mogelijke factoren

Binnen de dreigingscategorie extreem weer zijn er verschillende factoren die bepalen wat de ernst van het extreme weer is. Deze bouwstenen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

**Tabel 10** Bouwstenen extreem weer<sup>8</sup>

| Type weers-omstandigheid | Duur (tijd)        | Intensiteit   | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied       | Bereikbaarheid gebied na incident | Uitval voorzieningen/vitale processen <sup>9,10</sup> |
|--------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Sneeuw                   | <1 dag             | Licht         | <50 km <sup>2</sup>     | <10.000          | Stedelijk         | Goed bereikbaar                   | Openbaar vervoer                                      |
| Hagel                    | 1 tot 3 dagen      | Matig         | <100 km <sup>2</sup>    | <100.000         | Landelijk         | Slecht bereikbaar                 | Watervoorziening                                      |
| IJzel                    | 3 tot 7 dagen      | Zwaar         | <1000 km <sup>2</sup>   | <1.000.000       | Land- en tuinbouw | Zeer slecht bereikbaar            | Stroomvoorziening                                     |
| Storm                    | 1 week tot 1 maand | Extreem zwaar | <10.000 km <sup>2</sup> | >1.000.000       |                   |                                   | Voedselvoorziening                                    |
| Regenval                 | >1 maand           |               | >10.000 km <sup>2</sup> |                  |                   |                                   | Hulpdiensten                                          |
| Mist                     |                    |               |                         |                  |                   |                                   | Communicatie voorzieningen                            |
| Droogte                  |                    |               |                         |                  |                   |                                   |                                                       |
| Hitte                    |                    |               |                         |                  |                   |                                   |                                                       |

<sup>8</sup> Vanuit de verschillende mogelijkheden uit de kolommen zijn verschillende scenario's denkbaar. De mogelijkheden uit een rij horen niet noodzakelijkerwijs bij elkaar.

<sup>9</sup> Deze lijst is niet uitputtend.

<sup>10</sup> Zie voor een overzicht van alle vitale processen de website van de NCTV: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

Elk **type weer** kan extreem worden. De **duur** en **intensiteit** van het weer bepalen hoe extreem een situatie is. Matige regenval, die zeer lange tijd aanhoudt kan extreem zijn, maar ook een korte gebeurtenis die heel zwaar is, kan extreem zijn, zoals een valwind. Daarnaast kan extreem weer heel lokaal optreden. Ook hier is een valwind een voorbeeld van. Het is echter ook mogelijk dat een groot deel van Nederland of zelfs heel Nederland wordt getroffen. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren bij een periode van extreme hitte en droogte.

De impact van extreem weer is afhankelijk van het **type gebied** dat wordt getroffen en de **omvang** hiervan. In een stedelijk gebied is de kans groot dat veel mensen **getroffen** worden door de gebeurtenis, terwijl in bijvoorbeeld een land- en tuinbouwgebied vooral de economische schade groot zal zijn door gewassen die beschadigd raken. Extreem weer kan ook uitval van **verschillende voorzieningen** of **vitale processen** tot gevolg hebben. Het openbaar vervoer kan bijvoorbeeld stil komen te liggen omdat het niet meer verantwoord is om de weg op te gaan. Zeker als dit tijdens de spits gebeurt, kan dit grote gevolgen hebben. Ook bijvoorbeeld elektriciteitsvoorzieningen en telecommunicatie kunnen verstoord raken.

## 5.4 Scenario's

In de analyse zijn drie scenario's voor extreem weer uitgewerkt. Het gaat hierbij allereerst om een scenario sneeuwstorm. Dit scenario wordt door experts gezien als relevant extreem weerscenario vanwege de mogelijk grote impact. Het tweede scenario gaat om extreme hitte gecombineerd met extreme droogte. Hitte en droogte kunnen grote maatschappelijke impact hebben. Vanwege klimaatverandering is de verwachting dat steeds vaker extreme hitte gecombineerd met droogte zal optreden. Daarom wordt een dergelijk scenario steeds relevanter. Als derde is een scenario uitgewerkt waarbij het Caribisch deel van het Koninkrijk wordt getroffen door een zware orkaan.

De uitgewerkte scenario's geven een beeld van de risico's gerelateerd aan extreem weer. Voor de overige typen extreem weer (hagel, ijzel, storm in Europees Nederland, regenval, mist) is geen scenario uitgewerkt, omdat de aard van de impact van deze weertypen redelijk vergelijkbaar zal zijn met de aard van de impact van de uitgewerkte scenario's.

### 5.4.1 Sneeuwstorm

Voor het gekozen sneeuwstormscenario is het bestaande scenario uit de Nationale Risico Beoordeling (NRB, 2008/2009) als basis gebruikt. Dit scenario is gebaseerd op de sneeuwstorm die in 1979 daadwerkelijk een deel van Nederland enkele dagen onder een ijslaag bedekte. In het NRB was dit scenario gekoppeld aan Noordoost-Nederland. In voorliggend rapport is er (in navolging van het Nationaal Veiligheidsprofiel 2016) voor gekozen dit scenario te laten plaatsvinden in de Randstad. Het bestaande scenario is aangevuld met de ervaringen uit februari 2021 waarin Nederland daadwerkelijk te maken kreeg met een sneeuwstorm. In onderstaande tabel zijn de bepalende bouwstenen voor het scenario sneeuwstorm samengevat.

**Tabel 11** Bouwstenen voor het scenario sneeuwstorm

| Type weers-omstandigheid | Duur (tijd)   | Intensiteit   | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied | Bereikbaarheid gebied na incident | Uitval voorzieningen/ vitale processen |
|--------------------------|---------------|---------------|-------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
| Sneeuwstorm              | 3 tot 7 dagen | Extreem zwaar | <1000 km <sup>2</sup>   | >1.000.000       | Stedelijk   | Zeer slecht bereikbaar            | Openbaar vervoer                       |
|                          |               |               |                         |                  |             |                                   | Wegen                                  |
|                          |               |               |                         |                  |             |                                   | Scholen                                |
|                          |               |               |                         |                  |             |                                   | Voedselvoorziening                     |



### Scenario: sneeuwstorm

Het is zaterdagavond 12 februari. Over Nederland ligt een front met een scheiding van koude lucht in het noorden en zachtere lucht in het zuiden. Aan de noordkant van het front is het volop winter met 1 tot 3 graden vorst. Ten zuiden hiervan is de temperatuur ruim boven nul, bijna tien graden. Door de botsing van zachte en koude lucht ontstaat een actief neerslaggebied.

Het aanwezige hogedrukgebied in Noord-Scandinavië breidt zijn invloed steeds verder uit naar het zuiden, waardoor het steeds kouder wordt. Met het opdringen van een depressie vanuit het kanaal neemt de oostenwind toe tot stormachtig. Op de avond van 13 februari komt de kou in alle hevigheid over Nederland en er volgt een zeer zware sneeuwstorm.

De meeste sneeuw valt in de Randstad. Daarbij bereikt de stevige oostenwind in vlagen snelheden van 100 kilometer per uur. Door de wind wordt de sneeuw voortgejaagd met als gevolg sneeuwduinen van wel 3 meter hoog. Het KNMI heeft voor de Randstad code rood afgekondigd vanwege het noodweer. Drie dagen lang houdt de sneeuwval aan.

Voor het gevoel is het snijgend koud. Doordat de sneeuw gepaard gaat met een stevige wind, is er sprake van een gevoelstemperaturen van -15 graden. Mensen worden overvallen door het extreme weer en de sneeuwstorm ontwricht de samenleving in de Randstad. Het verkeer raakt verlamd, doordat de wegen geblokkeerd raken door sneeuwduinen. Dit in combinatie met het slechte zicht zorgt ervoor dat Rijkswaterstaat oproept om de weg niet meer op te gaan, omdat de verkeerssituatie te gevaarlijk is. Er zijn al veel ongelukken gebeurd en gestrande auto's dreigen ingesneeuwd te raken. Op de snelweg A4 loopt het verkeer muurvast. Hulpverleners delen dekens, brandstof, warme

dranken en voedselpakketten uit. Een aantal mensen wordt door de kou onwel. Door de sneeuwval hebben hulpverleners moeite om iedereen die vaststaat in de file te kunnen bereiken.

Vanwege het winterweer en de grote hoeveelheden sneeuw komt ook het treinverkeer in de Randstad stil te liggen. Passagiers stranden op verschillende stations en moeten de nacht doorbrengen in opvangcentra. Ook Rotterdam The Hague Airport is gesloten.

Door het gewicht van de sneeuw breken op meerdere plaatsen hoogspanningskabels, waardoor in een deel van de Randstad de elektriciteit uitvalt. Ook de scholen blijven dicht vanwege het extreme weer, ziekenhuizen zijn onbereikbaar en de bevoorrading van winkels is niet meer mogelijk waardoor winkels noodgedwongen de deuren sluiten. Doordat wegen onbegaanbaar zijn, raken dorpen geïsoleerd en zijn mensen aan huis gebonden. Veel burgers zijn op zichzelf aangewezen. Het volledige openbare leven in Randstad ligt plat.

Na drie dagen klaart het weer op en gaat de wind liggen. Sneeuwschuivers kunnen aan de slag om de muur van sneeuw te doorbreken die dagenlang dorpen en steden van de buitenwereld heeft afgesloten.

### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario 'sneeuwstorm'. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van extreem weer tot stand gekomen. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

Tabel 12 Scorekaart scenario sneeuwstorm

| Thema                                          | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                       |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dreigingscategorie                             | Extreem weer                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                       |
| Scenario                                       | Sneeuwstorm                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                       |
| Scenariotoelichting                            | In het scenario wordt uitgegaan van een zeer zware sneeuwstorm die de Randstad treft. De samenleving wordt in het getroffen gebied voor drie dagen volledig ontwricht; het verkeer loopt vast, de stroom valt uit, scholen en winkels blijven dicht en dorpen raken geïsoleerd. |                                                                                                       |
| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Toelichting                                                                                           |
| Waarschijnlijkheid:                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | C<br>De kans op een sneeuwstorm als omschreven in het scenario wordt ingeschat op eens in de 50 jaar. |

| Beoordeling gevolgen (impact)                   |                                                                                     |       |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                           | Score | Toelichting                                                                                                                                                                  |
| <b>Territoriaal</b>                             | 1.1 Grondgebied                                                                     | C     | De Randstad (met grote bevolkingsdichtheid) is enkele dagen niet toegankelijk door meters hoge sneeuwduinen en wegen die geblokkeerd raken.                                  |
|                                                 | 1.2 Internationale positie                                                          | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
|                                                 | 1.3 Digitale ruimte                                                                 | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
|                                                 | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied                                               | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
| <b>Fysiek</b>                                   | 2.1 Doden                                                                           | C     | Als gevolg van de kou en de onbereikbaarheid van ziekenhuizen vallen er per dag tientallen doden, ook in de periode na de kou (vertraagde doden).                            |
|                                                 | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken                                            | B     | Mensen die zich buiten bevinden kunnen onderkoeld raken of bevriezingsletsel oplopen. Ook neemt de kans op botbreuken door vallen toe.                                       |
|                                                 | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften                                                 | D     | Meer dan 1 miljoen mensen zijn door de sneeuw gedurende enkele dagen afgesloten van elektriciteit en de mogelijkheid nieuwe levensmiddelen te kopen.                         |
| <b>Economisch</b>                               | 3.1 Kosten                                                                          | C     | De totale schade wordt ingeschat op enkele miljarden Euro. Een groot deel van de economie van Nederland (Randstad) zal voor meerdere dagen grotendeels stil komen te liggen. |
|                                                 | 3.2 Aantasting vitaliteit                                                           | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
| <b>Ecologisch</b>                               | 4.1 Aantasting natuur en milieu                                                     | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                      | D     | Gedurende enkele dagen is het hele maatschappelijk leven in de Randstad verstoord.                                                                                           |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                            | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                 | A     | Dergelijk natuurgeweld overkomt je als samenleving en kan naast angst tot verbroedering leiden.                                                                              |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatsovereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het scenario sneeuwstorm raakt de nationale veiligheid doordat de belangen territoriale, fysieke en economische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit worden geraakt. De belangen ecologische veiligheid en internationale rechtsorde worden door een sneeuwstorm niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, is over het algemeen ernstig (C) tot zeer ernstig (D).

Typerend voor het sneeuwstormscenario is dat er een zeer grote verstoring is van het dagelijks leven, maar dat dit van beperkte duur is. In het scenario wordt er vanuit gegaan dat de samenleving volledig wordt ontwricht: het verkeer loopt vast, de stroom valt uit, scholen en winkels blijven dicht en dorpen raken geïsoleerd. De duur van deze ontwrichting is daarentegen slechts drie dagen. De impact van het scenario is daardoor relatief beperkt. Echter, omdat de sneeuwstorm in dit scenario plaatsvindt in de Randstad, het economisch centrum van Nederland met een grote bevolkingsdichtheid, worden veel mensen getroffen. Hierdoor is de score op onder andere de criteria gebrek aan primaire levensbehoeften en verstoring van het dagelijks leven groter dan wanneer de sneeuwstorm plaatsvindt in een gebied waar de bevolkingsdichtheid minder groot is.

Er wordt vanuit gegaan dat door de sneeuwstorm in het scenario 100 tot 1.000 doden vallen. In koude perioden stijgt het sterftecijfer. Dit geldt niet alleen tijdens de dagen dat het daadwerkelijke koud is, maar ook voor de periode (tot weken) na de kou (vertraagde doden). Dit komt onder andere door cardiovasculaire problemen, verhoogde bloeddruk en een toename in infectieziekten. Een oversterfte van enkele tientallen per dag leidt tot een totale oversterfte door de kou van enkele honderden.

In het scenario wordt uitgegaan van een paar centimeter aan sneeuwval. Vooral de combinatie met de harde wind zorgt voor problemen, doordat de sneeuw wordt opgestuwd tot hoge sneeuwduinen. Bij zeer grote hoeveelheden sneeuwval (tientallen centimeters) ontstaat het risico op instorten van daken van bijvoorbeeld kassen en gebouwen met grote platte daken, zoals distributie- of datacentra, sporthallen en warenhuizen. Dit gebeurde bijvoorbeeld tijdens de hevige sneeuwval op 25 november 2005 toen meerdere platte daken in Oost-Nederland onder het gewicht van de sneeuw bezweken. In een dergelijk scenario wordt de impactscore op de criteria kosten, doden en gewonden mogelijk hoger.

De waarschijnlijkheid van een sneeuwstorm als beschreven in het scenario wordt ingeschat op eens in de 50 jaar. Door klimaatverandering met de toenemende temperaturen wordt de kans op een sneeuwstorm de komende jaren naar verwachting steeds kleiner.

### 5.4.2 Hitte en droogte

1976 was een extreem droog jaar. Het neerslagtekort liep dat jaar op tot 320 mm. Een dergelijk droog jaar heeft een herhalingsstijd van circa 90 jaar (KNMI, 2018). Ook in 2018 was het extreem droog, weliswaar iets minder droog dan in 1976, maar toch extreem. Het neerslagtekort liep op tot 309 mm, met een herhalingsstijd van 30 jaar (KNMI, 2018). In 2019 was het daarnaast extreem warm. Voor het eerst werden in Nederland temperaturen gemeten van boven de 40°C. Voor onderstaand scenario zijn de extreme droogte van 2018 en de extreme hitte van 2019 als basis gebruikt.

**Tabel 13** Bouwstenen voor het scenario hitte en droogte

| Type weers-omstandigheid | Duur (tijd) | Intensiteit | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied       | Uitval voorzieningen/vitale processen |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Droogte                  | >3 maanden  | Zwaar       | >10.000 km <sup>2</sup> | >1.000.000       | Stedelijk         | Watervoorziening                      |
| Hitte                    |             |             |                         |                  | Landelijk         | Stroomvoorziening                     |
|                          |             |             |                         |                  | Land- en tuinbouw | Voedselvoorziening                    |
|                          |             |             |                         |                  |                   | Transport                             |

### Scenario: hitte en droogte

Het is droog en warm in Nederland. In heel mei, juni en juli is bijzonder weinig neerslag gevallen. Er worden zelfs verschillende records gebroken. Het KNMI meldt dat in juli slechts acht millimeter neerslag viel tegen 78 millimeter normaal. Vooral in het zuiden en oosten van Nederland is de grond daardoor kurkdroog. Ook de temperaturen zijn hoog met veel zonneschijn. In mei was de gemiddelde temperatuur 16,4°C tegen normaal 13,1°C waardoor dit de warmste meimaand sinds minimaal 300 jaar was.

Het droge, zonnige en warme weer wordt veroorzaakt door een zeer persistent hogedrukgebied dat boven Noord-Europa ligt. Het KNMI voorspelt dat de komende dagen de wind naar het oosten zal draaien en het nog warmer wordt. De kans op een hittegolf met extreme temperaturen neemt steeds verder toe. Vanaf 26 juli is het in het hele land al meer dan 30°C. Het Hitteplan wordt geactiveerd om mensen bewust te maken van de gevaren van hitte. Landinwaarts lopen de temperaturen op naar recordhoogte van 40,7°C.

Naar mate de hitte langer duurt, begint deze zijn tol te eisen. Veel mensen klagen over de warmte. Ook 's nachts houdt de warmte aan. Nederland beleeft zelfs een paar tropische 'plaknachten', waarbij de temperatuur niet onder de 20°C uitkomt. Huizen koelen niet meer af en mensen hebben moeite met slapen. Dit speelt nog extra in de grote steden. Door het hitte-eiland effect blijft het in de steden 's nachts nog warmer. Het slaapgebrek in combinatie met de hitte zorgt voor concentratieproblemen en prestatieverlies. Vooral ouderen en mensen met een zwakkere gezondheid hebben veel last van de warmte. Meerdere mensen worden met uitdrogingsverschijnselen of hittestress opgenomen in het ziekenhuis, een aantal overlijdt door de extreme hitte. Daarnaast is er tijdens deze warme periode aan het einde van de middag sprake van zomersmog. Het RIVM geeft een smogalarm af omdat de smog ernstige klachten kan opleveren voor mensen met luchtwegproblemen.

Ook in de buurlanden is het warm en droog. De waterstanden in de rivieren zijn daardoor extreem laag. De aanvoer van Rijnwater is afgenomen van 1200-1400 m<sup>3</sup>/s tot 745 m<sup>3</sup>/s en de aanvoer van Maaswater is afgenomen van 30-50 m<sup>3</sup>/s tot minder dan 15 m<sup>3</sup>/s.

De lage waterstanden in combinatie met de hitte en de daarmee samenhangende verhoogde vraag naar water leveren problemen op. Er is minder water beschikbaar voor de drinkwaterproductie en het oppervlaktewater dat voor drinkwater wordt gebruikt, is van slechtere kwaliteit door verzilting. Hierdoor moeten er meer kosten gemaakt worden om het water geschikt te maken voor drinkwater. Vanwege het watertekort komt er een verbod op

berekening. Dit heeft enorme gevolgen voor de landbouw die de kwaliteit van de gewassen al achteruit ziet gaan door de weersomstandigheden. Doordat niet meer beregend mag worden mislukken verschillende oogsten met grote financiële gevolgen voor de landbouwsector.

Ook ontstaan er knelpunten met koelwater bij de industrie en elektriciteitscentrales. Het rivierwater is door de weersomstandigheden dusdanig opgewarmd dat elektriciteitscentrales volgens hun milieuvergunning geen water meer mogen lozen op de rivieren. Er moet daardoor een keuze gemaakt worden tussen het beperken van het elektriciteitsgebruik of het accepteren van milieuschade. Daarnaast ontstaat door de extreme droogte zetting van de bodem. Hierdoor breken meerdere data- en telecomkabels en is er lokaal geen toegang meer tot internet.

Door de lage waterstanden in de rivieren wordt de binnenvaart binnen Nederland en van en naar Duitsland en België beperkt. Binnenvaartschepen kunnen minder zwaar beladen worden, omdat ze minder diep kunnen liggen en sommige schepen kunnen helemaal niet meer varen. Er worden meer, ondiepe schepen ingezet om toch zoveel mogelijk goederen te kunnen vervoeren, maar de wachttijden bij de sluizen nemen hierdoor toe waardoor ook de levertijden toenemen. Doordat minder goederen over de binnenwateren vervoerd kunnen worden en het vervoer langer duurt, raakt de opslagcapaciteit van de haven van Rotterdam vol, waardoor nieuwe ladingen niet meer gelost kunnen worden. Schepen moeten daarom uitwijken naar de haven van Antwerpen. Niet alleen nemen transportprijzen toe, maar bulkgoederen die meestal via Rotterdam en vervolgens over de binnenwateren worden verscheept, worden tegen veel hogere prijzen via andere modaliteiten vervoerd of helemaal niet (Jonkeren et al, 2013). De toename van transportprijzen leidt tot welvaartsverliezen en doordat bepaalde producten niet meer vervoerd kunnen worden, ontstaan tekorten in onder andere bouwstoffen en brandstoffen die normaliter via de binnenvaart worden verscheept. De bouw van verschillende woningbouwprojecten loopt hierdoor vertraging op en bij tankstations ontstaat een benzinetekort. Aan verschillende pompen moet ondertussen al 'nee' verkocht worden aan de klant. Gelukkig kan nog worden uitgeweken naar andere tankstations, waardoor de gevolgen beperkt blijven tot het mislopen van omzet bij een aantal tankstations. De meeste toevoerproblemen ontstaan uiteindelijk in Duitsland.

Waterschappen slaan alarm omdat de veendijken uitdrogen en dreigen te bezwijken. Op een aantal plekken verschijnen er al scheuren in de dijken, een teken dat de dijken afzakken. De waterschappen treffen snel maatregelen om ernstige gevolgen te voorkomen. Ook de brandweer is in grote staat van paraatheid, vanwege het verhoogde risico op natuurbranden.

Het is duidelijk te zien dat ook de natuur moeite heeft met de droogte. Weilanden kleuren geel van het verdorde gras en het lijkt wel herfst door de bruinkleurende bladeren aan de bomen. De afname van de waterkwaliteit en de toename van de watertemperatuur zorgt voor vissterfte en planten en bomen drogen uit doordat de wortels niet meer bij het gedaalde grondwater kunnen. In het oosten van het land vallen zelfs verschillende bomen om door uitdroging.

Na ruim drie maanden van uitzonderlijke droogte verwacht het KNMI dat het gaat regenen. Met de regen komt er ook een einde aan de hittegolf. Voor veel mensen en sectoren levert dit de welkome verkoeling op. De hittegolf heeft uiteindelijk dertien dagen aangehouden, waarvan de temperatuur landinwaarts vier dagen boven de 40°C uitkwam. Naast de welkome verkoeling brengt de regen ook nadelen met zich mee. Er is plotseling een stijging te zien van het aantal mensen dat met legionella wordt opgenomen in de ziekenhuizen. Achtergebleven water in asfalt is een broeiplek voor legionella. Door de regen spat dit water op waardoor mensen die hier doorheen lopen of fietsen legionella kunnen oplopen. Ook is er een enorme stijging te zien in het aantal pollen in de lucht. Door de regen gaan planten en vooral grassen weer uitbundig

groeien. Veel mensen krijgen hierdoor last van hooikoorts. Zeker voor mensen die al kampen met luchtwegproblemen levert dit ernstige klachten op.

Uit sterftecijfers van het CBS blijkt dat er tijdens de hittegolf 650 mensen meer zijn overleden dan normaal in deze tijd van het jaar. De opgelopen schade door de uitzonderlijk droge en warme periode wordt in alle sectoren bij elkaar geraamd op ruim 2 miljard euro. Daarnaast ontstaat op de lange termijn schade aan funderingen van gebouwen, doordat in de droge periode de grondwaterstanden heel laag hebben gestaan en funderingen droog zijn komen te liggen.

#### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario hitte en droogte. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van extreem weer tot stand gekomen. In de tabel hieronder staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

**Tabel 14** Scorekaart scenario hitte en droogte

| Thema                                          |                                       | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dreigingscategorie</b>                      |                                       | Extreem weer                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                |
| <b>Scenario</b>                                |                                       | Hitte en droogte                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                |
| <b>Scenariotoelichting</b>                     |                                       | In het scenario wordt uitgegaan van een lange droge periode in Nederland met extreem hoge temperaturen van boven de 40°C. Mensen krijgen last van hun gezondheid, er is minder water beschikbaar en er ontstaan problemen bij de scheepvaart. |                                                                                                                                                                |
| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                       |                                                                                                                                                                                                                                               | Toelichting                                                                                                                                                    |
| <b>Waarschijnlijkheid:</b>                     |                                       | D                                                                                                                                                                                                                                             | De kans op een droogteperiode als omschreven in het scenario wordt ingeschat op circa eens in de 25 tot 30 jaar. Een combinatie met hitte is zeer aannemelijk. |
| Beoordeling gevolgen (impact)                  |                                       |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                |
| Veiligheidsbelang                              | Criterium                             | Score                                                                                                                                                                                                                                         | Toelichting                                                                                                                                                    |
| <b>Territoriaal</b>                            | 1.1 Grondgebied                       | 0                                                                                                                                                                                                                                             | Niet van toepassing.                                                                                                                                           |
|                                                | 1.2 Internationale positie            | 0                                                                                                                                                                                                                                             | Niet van toepassing.                                                                                                                                           |
|                                                | 1.3 Digitale ruimte                   | 0                                                                                                                                                                                                                                             | Niet van toepassing.                                                                                                                                           |
|                                                | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied | 0                                                                                                                                                                                                                                             | Niet van toepassing.                                                                                                                                           |

| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                          | Score | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fysiek</b>                                   | 2.1 Doden                                                                          | C     | In het scenario vallen 650 slachtoffers (oversterfte).                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                 | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken                                           | D     | Door de hitte en droogte verslechtert de water- en luchtkwaliteit, waardoor gezondheidsklachten ontstaan. Meer mensen melden zich hiermee bij de spoedeisende hulp.                                                                                                                                      |
|                                                 | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften                                                | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Economisch</b>                               | 3.1 Kosten                                                                         | C     | De totale schade wordt ingeschat op 2 miljard Euro, vooral gebaseerd op productieverval (logistiek, agrarische sector)                                                                                                                                                                                   |
|                                                 | 3.2 Aantasting vitaliteit                                                          | A     | Naar schatting wordt door de extreme hitte en droogte circa 13% van het bbp geraakt voor langer dan een maand.                                                                                                                                                                                           |
| <b>Ecologisch</b>                               | 4.1 Aantasting natuur en milieu                                                    | E     | Droogte werkt lang door in de natuur (>1 jaar). Een droge periode in het weer, vertaalt zich naar droogte in de grondwaterstand. Het duurt lang voordat een verlaagde grondwaterstand is aangevuld. Omdat heel Nederland door de droogte geraakt wordt, wordt ook de natuur in heel Nederland aangetast. |
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                     | A     | Door zetting van de bodem kunnen kabelbreuken ontstaan in data- en telecomkabels. Uitval van data/telecommunicatie zorgt tijdelijk voor verminderde virtuele bereikbaarheid op lokaal niveau.                                                                                                            |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                           | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                | B     | Er zal sprake zijn van enige vorm van onbehagen door het warme weer en een toename in agressie en geweld, doordat meer mensen buiten zijn.                                                                                                                                                               |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatsovereenkomst, 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

Het scenario hitte en droogte raakt de nationale veiligheid doordat de belangen fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit worden geraakt. De belangen territoriale veiligheid en internationale rechtsorde worden door hitte en droogte niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, varieert sterk; van beperkt (A) tot catastrofaal (E).

Het criterium aantasting van de natuur wordt catastrofaal (E) geraakt. Droogte werkt lang door in de natuur. Een droge periode in het weer, vertaalt zich naar droogte in de grondwaterstand. Het duurt lang voordat een verlaagde grondwaterstand is aangevuld. Daarnaast zullen door verzuring en verzilting als gevolg van de extreme weersituatie zeldzame vegetatiesoorten verdwijnen. Heel Nederland wordt geraakt door het extreme weer, waardoor ook in heel Nederland de natuur aangetast wordt. Het oppervlak aan aangetaste natuur in combinatie met de duur zorgt voor de hoogst mogelijke impactscore.

Een lange periode aan hitte en droogte kan leiden tot doden en chronische ziekten. Tijdens warme perioden is een stijging te zien in het aantal mensen dat zich meldt bij de spoedeisende hulp (Van Loenhout et al, 2018). Dit hangt samen met de verslechtering van de drinkwater- en luchtkwaliteit. Vooral mensen met een kwetsbare gezondheid, zoals zuigelingen, ouderen, nierpatiënten en luchtwegpatiënten worden hierdoor geraakt. Naast het beschreven scenario van hitte gecombineerd met droogte kan er ook sprake zijn van hitte gecombineerd met vocht. Een dergelijk scenario is voor de mens heel belastend, omdat het koelend effect van het lichaam door zweten en verdamping bemoeilijkt wordt. Hierdoor kan het lichaam zijn warmte niet kwijt en ontstaat oververhitting. Een combinatie van hitte en vocht kan daardoor levensgevaarlijk zijn (KNMI, 2022b).

Er zal geen gebrek aan primaire levensbehoefte ontstaan door de hitte en droogte. Voor de drinkwaterproductie is minder water beschikbaar en het water is van slechtere kwaliteit, maar de levering van drinkwater aan huishoudens heeft hoge prioriteit (als vitaal proces) en blijft daardoor in stand. Door de opwarming van leidingen en de verslechterde kwaliteit van oppervlaktewater is het wel mogelijk dat de wettelijke grenzen voor de kwaliteit van het drinkwater voor temperatuur en chloridegehaltes worden overschreden.

Hitte en droogte zorgen wel voor een aanzienlijke (B) verstoring van het dagelijks leven. Dit hangt voornamelijk samen met zetting van de bodem die ontstaat door de

droogte. Door zetting van de bodem kunnen kabelbreuken ontstaan in data- en telecomkabels, waardoor de virtuele bereikbaarheid van mensen wordt aangetast. Daarnaast zetten wegen en spoorlijnen uit, waardoor verstoringen in de vervoersmogelijkheden ontstaan.

Hitte en droogte hebben ook op de lange termijn impact. Door droogte versnelt de natuurlijke daling van de bodem. Hierdoor daalt de bodem ten opzichte van de zeespiegel, met op termijn een verhoogd overstromingsrisico tot gevolg. Daarnaast ontstaat op de lange termijn schade aan funderingen van gebouwen, doordat in de droge periode de grondwaterstanden heel laag hebben gestaan en funderingen droog zijn komen te liggen.

De waarschijnlijkheid van het hitte/droogte scenario wordt ingeschat als waarschijnlijk (D), met een kans van voorkomen van eens in de 25 tot 30 jaar. Dit is zoals de kans op dit moment (2022) wordt ingeschat. Door klimaatverandering is er een duidelijke trend te zien in toenemende temperaturen en droogte. Hierdoor is het aannemelijk dat de kans op een dergelijk hitte/droogte scenario de komende paar jaren toeneemt. Onder het droogste KNMI scenario zal een droge zomer als in 2018 in 2050 twee keer zo vaak voorkomen (1/15 jaar) (Deltares, 2021b).

### 5.4.3 Orkaan

In Europees Nederland is de kans op orkanen zeer klein omdat de zeewatertemperatuur daarvoor te laag is (<26,5°C). Voor het Caribisch deel van het Koninkrijk is dat anders. Het Caribisch deel van het Koninkrijk is gelegen in het Atlantisch bekken, waar regelmatig orkanen voorkomen. In de Noord-Atlantische Oceaan komen elk jaar circa zestien tropische stormen voor, waarvan er vijf uitgroeien tot orkaan (Haarsma et al.). De Bovenwindse Eilanden liggen in het gebied met de grootste kans op het langstrekken van een orkaan.

Voor het gekozen orkaanscenario zijn de zware orkaan Irma, die in september 2017 over de Bovenwindse Eilanden trok, en de gevolgen daarvan als uitgangspunt genomen. Sint Maarten werd sterk getroffen door de orkaan en ook de eilanden Saba en Sint Eustatius werden, weliswaar in mindere mate, getroffen. De orkaan Irma werd gevolgd door de orkanen José en Maria die ook beide uitgroeiden tot een orkaan van de vijfde categorie. José bleef grotendeels boven water, waardoor de aangerichte schade beperkt bleef. Maria trok daarentegen recht over Puerto Rico en richtte daar grote schade aan. Het scenario beperkt zich tot het overtrekken van één orkaan en de gevolgen daarvan.



**Tabel 15** Bouwstenen voor het scenario orkaan

| Type weers-omstandigheid | Duur (tijd) | Intensiteit   | Omvang getroffen gebied | Aantal getroffen | Type gebied | Bereikbaarheid gebied na incident | Uitval voorzieningen/vitale processen <sup>b, c</sup>                               |
|--------------------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Orkaan                   | 2 dagen     | Extreem zwaar | <100 km <sup>2</sup>    | Ca. 40.000       | Eiland      | Zeer slecht bereikbaar            | Wegen<br>Scholen<br>Telecommunicatie<br>Voedsel-, drinkwater en medicijnvoorziening |

#### Scenario: orkaan

Het is 6 september vroeg in de ochtend (lokale tijd) als Sint Maarten opgeschrikt wordt door een zeer zware orkaan. De orkaan bereikt windsnelheden tot circa 300 kilometer per uur en is daarmee een orkaan van de zwaarste categorie, categorie 5. De orkaan houdt 35 uur lang huis, wat maakt dat dit de sterkste en de langst aanhoudende storm van die intensiteit in het Atlantisch bekken is. Daarnaast brengt de orkaan uitzonderlijk veel regen met zich mee. Ook nabijgelegen eilanden, zoals Saba en Sint Eustatius, worden getroffen.

De orkaan heeft alleen al op Sint Maarten enorme gevolgen. Er vallen vier dodelijke slachtoffers en 150 mensen raken gewond. De ravage is enorm, veel mensen zijn alles kwijt. Vrijwel alle gebouwen op het eiland raken beschadigd, veel daarvan ernstig en één op de drie wordt zelfs volledig verwoest. 7.000 mensen raken hierdoor ontheemd. Daarnaast breken de eerste drie dagen na het overtrekken van de orkaan op verschillende plekken op het eiland plunderingen uit.

Door de zware storm raken ook telecommunicatiemasten beschadigd, waardoor op het gehele eiland portofoons, radio's, internet, mobieltjes, vaste telefoonlijnen en satelliet telefoons niet of maar heel beperkt werken. Ook de elektriciteit valt uit. Daarnaast worden het vliegveld en de haven verwoest. De hulpvraag naar andere (ei)landen en de aanvoer van hulpgoederen, zoals water, voedsel en materiaal verloopt hierdoor zeer moeizaam.

De orkaan veroorzaakt ook schade aan de natuur. Naar schatting is 90% van de mangroves vernield, is twee hectare zeegrasbedden voor de kust verdwenen en is de helft van het koraal in het National Marine Park verdwenen of aangetast. Daarnaast zinken veel boten, waar brandstof uit weglekt dat de natuur in de Simpson Bay aantast.

Na het overtrekken van de orkaan komt de noodhulp op gang. Het reddingsteam USAR.NL en militairen van marine, landmacht, luchtmacht en marechaussee verlenen noodhulp op Sint Maarten en ondersteunen bij de wederopbouw. De eerste maanden na de orkaan deelt het Rode Kruis veel hulpgoederen, zoals water, dekzeilen, hygiënepakketten en voedselpakket, uit.

De totale schade van de orkaan op Sint Maarten wordt ingeschat op bijna 2 miljard euro. Ook op lange termijn heeft de orkaan grote gevolgen. Circa dertig procent van de bevolking op het eiland blijkt na de orkaan te kampen met posttraumatische stressklachten. Daarnaast is het toerisme, een belangrijke inkomstenbron, met 25 procent afgenomen.

#### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario orkaan. De scores zijn tot stand gekomen op basis van literatuuronderzoek naar de orkaan Irma en de gevolgen daarvan op Sint Maarten. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.



**Tabel 16** Scorekaart scenario orkaan

| Thema                                          |                                          | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dreigingscategorie</b>                      |                                          | Extreem weer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Scenario</b>                                |                                          | Orkaan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Scenariotoelichting</b>                     |                                          | In het scenario wordt uitgegaan van een zeer zware orkaan (categorie 5) die het eiland Sint Maarten treft. De schade is enorm; een groot deel van de gebouwen op het eiland raakt zwaar beschadigd, telecommunicatie wordt verstoord en aanvoer van hulpgoederen verloopt moeizaam doordat de haven en het vliegveld zwaar beschadigd zijn. |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Waarschijnlijkheid:</b>                     |                                          | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | De kans van voorkomen van een orkaan van de zwaarste categorie op de Bovenwindse Eilanden is eens in de 40 jaar.                                                                                                                                                            |
| Beoordeling gevolgen (impact)                  |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Veiligheids-belang                             | Criterium                                | Score                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Territoriaal</b>                            | 1.1 Grondgebied                          | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | In het scenario wordt er vanuit gegaan dat het volledige Nederlandse deel van Sint Maarten en de eilanden Saba en Sint Eustatius getroffen worden (oppervlakte <100 km <sup>2</sup> ). De schade is dusdanig groot dat de gebieden voor enkele maanden ontoegankelijk zijn. |
|                                                | 1.2 Internationale positie               | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Door de schade die door de orkaan is aangericht is er een sterke terugloop van toerisme naar de eilanden.                                                                                                                                                                   |
|                                                | 1.3 Digitale ruimte                      | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied    | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Fysiek</b>                                  | 2.1 Doden                                | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Als gevolg van de orkaan vallen vier dodelijke slachtoffers.                                                                                                                                                                                                                |
|                                                | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Als gevolg van de orkaan raken 150 mensen gewond. Daarnaast krijgt circa 30% van de bevolking op de eilanden last van posttraumatische stressklachten (ZEMBLA, 2017).                                                                                                       |
|                                                | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften      | D                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Meerdere mensen raken door de orkaan ontheemd. Daarnaast ontstaat er gebrek aan drinkwater en medicatie.                                                                                                                                                                    |
| <b>Economisch</b>                              | 3.1 Kosten                               | C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | De totale schade wordt ingeschat op enkele miljarden Euro (AD, 2018). Het gaat hierbij voornamelijk om materiele schade door gebouwen die beschadigd raken.                                                                                                                 |
|                                                | 3.2 Aantasting vitaliteit                | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | De economische gevolgen voor het eiland zijn groot. Het reële BBP krimpt als gevolg van de orkaan met bijna 5% (Buiren & Ernst, 2019).                                                                                                                                      |
| <b>Ecologisch</b>                              | 4.1 Aantasting natuur en milieu          | E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Door de orkaan wordt circa 90% van de mangroves vernield en wordt de helft van het koraal aangetast (Trouw, 2017).                                                                                                                                                          |

| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                           | Score | Toelichting                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                      | D     | Door de schade die ontstaat worden winkels, scholen en werk gesloten en vallen communicatiemogelijkheden uit.                                                                                               |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                            | B     | Het functioneren van de politieke vertegenwoordiging, het openbaar bestuur en de openbare orde wordt tijdelijk aangetast.                                                                                   |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                 | B     | Door de orkaan ontstaat paniek en angst. Ook breken grootschalige plunderingen uit en hebben de activiteiten van 'gangs' en criminele individuen ernstige gevolgen voor de sociale en politieke stabiliteit |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatsovereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het scenario orkaan raakt de nationale veiligheid doordat de belangen territoriale, fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politieke stabiliteit worden geraakt. Het belang internationale rechtsorde wordt door een orkaan niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, loopt zeer uiteen, van beperkt (A) tot catastrofaal (E).

Het belang fysieke veiligheid kan door een orkaan sterk worden geraakt. Potentieel kunnen door een orkaan tientallen tot honderden doden en gewonden vallen. In het beschreven scenario wordt het criterium gewonden en chronische zieken catastrofaal (E) geraakt. Bij dit criterium gaat het enerzijds om mensen die direct door de orkaan gewond raken, bijvoorbeeld doordat zij geraakt worden door omvallende bomen of rondvliegend puin. Anderzijds gaat het om mentale problemen, in de vorm van depressie, angst of posttraumatische stressstoornis, die door de ramp ontstaan. Er wordt er vanuit gegaan dat bij veel mensen na de orkaan posttraumatische stressklachten ontstaan. Na de orkaan Irma ontstonden bij circa dertig procent van de eilandbewoners op Sint Maarten dergelijke mentale klachten (ZEMBLA, 2017).

In het beschreven scenario vallen slechts een beperkt aantal dodelijke slachtoffers, zoals ook te zien was na de orkaan Irma op Sint Maarten (Wijkhuijs, Domrose & VanDuin, 2018). De beperkte score (A) laat zien dat de nationale

veiligheid in het beschreven scenario door dit criterium niet ernstig wordt aangetast. Dat wil niet zeggen dat de gevolgen hiervan voor de gemeenschap op het betreffende eiland niet groot zullen zijn. Enkele dodelijke slachtoffers zal de gehele gemeenschap raken en veel vergen van de hulpverlening.

Het criterium aantasting primaire levensbehoeften kan zeer ernstig (D) geraakt worden. Door de orkaan kunnen verschillende primaire levensbehoeften, zoals de drinkwater- en elektriciteitsvoorziening, aangetast worden en het herstel hiervan kan lange tijd duren. Door orkaan Irma raakte daarnaast op meerdere eilanden de havens en vliegvelden beschadigd, waardoor aanvoer van medicijnen, voedsel, water en andere (hulp)goederen en afvoer van evacués niet goed mogelijk was (Inspectie V&J, 2018).

Het grondgebied kan door een orkaan aanzienlijk (B) worden aangetast. Orkanen kunnen door de harde wind verwoestend zijn en voor veel schade aan bebouwing en infrastructuur zorgen, waardoor delen van het grondgebied voor langere tijd onbruikbaar of ontoegankelijk zijn. Behalve hoge windsnelheden kunnen orkanen ook vloedgolven en hevige regenval met modderstromen en aardverschuivingen tot gevolg hebben. Ook dit kan er voor zorgen dat delen van het grondgebied tijdelijk onbruikbaar of ontoegankelijk zijn. Ondanks de verwoestende gevolgen van een orkaan op de eilanden, is de score voor aantasting van de nationale veiligheid relatief beperkt (B). Dit hangt

samen met het geringe oppervlak van de in dit scenario getroffen eilanden (<100 km<sup>2</sup>).

Door de grote verwoesting die een orkaan kan veroorzaken, wordt het dagelijks leven op de eilanden zeer ernstig (D) verstoord. Doordat bebouwing en belangrijke infrastructuur zwaar beschadigd raken, is het 'normale' dagelijkse leven, zoals naar school gaan of boodschappen doen, niet meer mogelijk. Daarnaast kan het nodig zijn na het overtrekken van een orkaan een groot deel van het eiland te evacueren. Ook dat leidt tot verstoring van het dagelijks leven. Een voorbeeld van de verstoring van het dagelijks leven op Sint Maarten na het overtrekken van Irma was dat dialysepatiënten op het eiland niet meer geholpen konden worden en daarom geëvacueerd moesten worden voor hun behandeling.

Het belang ecologische veiligheid kan door een orkaan catastrofaal (E) geraakt worden. Naast schade aan bebouwing en belangrijke infrastructuur ontstaat er door de orkaan schade aan de natuur in de vorm van omgewaaide bomen, aantasting van koraal en dierlijke slachtoffers waardoor de populatie van bepaalde soorten sterk kan afnemen. Bij Irma was daarnaast te zien dat verschillende boten zonken waardoor brandstoffen in het water terecht kwamen en de natuur aantastten.

Door een orkaan kan ook het economische veiligheidsbelang ernstig (C) worden geraakt. Doordat op grote schaal bebouwing en infrastructuur schade oplopen en het dagelijks leven stil komt te liggen, kan de financiële

schade die ontstaat door een orkaan oplopen tot enkele miljarden euro's. Ook op lange termijn kan een orkaan zorgen voor economische schade. Wanneer gekeken wordt naar de gevolgen van orkaan Irma op Sint Maarten is te zien dat in het jaar dat de orkaan overtrok het reële BBP sterk kromp (-4,8%) en het toerisme, dat een belangrijke inkomstenbron voor de eilanden is, sterk daalde (Buiren & Ernst, 2019).

De waarschijnlijkheid van een orkaan van de zwaarste categorie als beschreven in het scenario wordt voor de Bovenwindse Eilanden ingeschat op eens in de 40 jaar. Dit houdt in dat het waarschijnlijk (D) is dat de Bovenwindse Eilanden binnen nu en vijf jaar door een zware orkaan worden getroffen. Voor de Benedenwindse Eilanden is dat eens in de tachtig jaar (enigszins waarschijnlijk). Orkanen kunnen zich in het Atlantisch bekken het hele jaar door vormen, maar de kans is het grootst tijdens het orkaanseizoen van 1 juni tot en met 30 november, met de hoogste activiteit in de maanden augustus, september en oktober.

Door klimaatverandering kunnen orkanen krachtiger worden omdat in een warmer klimaat de zeewater-temperaturen stijgen (KNMI, 2021). Het KNMI verwacht dat orkanen circa twintig procent krachtiger worden vanwege de toename van beschikbare energie in een warmer klimaat. Daarnaast wordt tijdens een orkaan een toename in regenval verwacht van ook circa twintig procent binnen 100 kilometer van het oog van de storm (Knutson et al., 2010).



## 6. Dreigingscategorie natuurbranden

### 6.1 Context

Natuurbranden zijn branden die in natuurgebieden en/of landbouwgebieden woeden in natuurlijke vegetatie (Brandweer Nederland, 2021). De kans op natuurbranden is in Zuid-Europa groter dan in Nederland door het warmere en drogere klimaat, maar ook in Nederland komen tijdens het voorjaar en de zomer meerdere natuurbranden voor. In 2018 brak bijvoorbeeld 949 keer brand uit in Nederland en in 2019 550 keer (JRC, 2021). In ruim 90% van de gevallen gaat het om kleine branden die snel, binnen een uur, kunnen worden geblust, maar het komt steeds vaker voor dat een natuurbrand ontwikkelt tot een onbeheersbare brand met potentieel grote gevolgen (Kok et al, 2021). Bij een onbeheersbare brand is er sprake van een situatie die niet meer door hulpdiensten onder controle te krijgen is.

In Tabel 11 zijn de grootste natuurbranden in Nederland van de afgelopen 10 jaar weergegeven met daarbij het oppervlak aan natuurgebied dat verloren is gegaan. In Tabel 12 is het totaal aantal natuurbranden in Nederland per jaar, vanaf 2017, weergegeven met daarbij het totale oppervlakte aan natuurgebied dat hierbij verloren is gegaan.

Er zijn verschillende oorzaken voor het ontstaan van natuurbranden. Het gaat hierbij om onvoorzichtigheid van mensen, brandstichting, technische oorzaken, zoals de hete remschijven van een trein, brandoverslag van bijvoorbeeld een woning en natuurinvloeden zoals blikseminslag. Daarbij zijn de menselijke oorzaken, zowel bewust (circa 25%) als onbewust (circa 30%), de belangrijkste (Brandweer Nederland, 2021).

**Tabel 17** Grootste natuurbranden in Nederland van de afgelopen 10 jaar (IFV, 2021a)

| Datum     | Plaats                 | Oppervlakte (ha) |
|-----------|------------------------|------------------|
| 20-4-2020 | Deurnese Peel          | 710              |
| 30-6-2011 | Aamsveen               | 400              |
| 20-4-2014 | Hoge Veluwe            | 320              |
| 20-4-2020 | De Meinweg             | 224              |
| 15-7-2018 | ASK                    | 200              |
| 1-5-2011  | Schoorl                | 160              |
| 13-3-2015 | Veenhuizen             | 100              |
| 24-4-2011 | Fochteloërveen         | 100              |
| 1-4-2012  | Radio Kootwijk         | 96               |
| 1-3-2018  | Zinkskes               | 75               |
| 27-2-2018 | Deurnesche Maria Peel  | 75               |
| 7-7-2017  | Malpie                 | 60               |
| 22-6-2017 | Deurnesche Maria Peel  | 60               |
| 21-4-2020 | Pijnendijk, Moergestel | 49               |
| 7-8-2018  | Wateren                | 35               |
| 10-4-2019 | Arnhemse Heide         | 25               |
| 17-5-2015 | Chaam                  | 25               |

**Tabel 18** Aantal natuurbranden in Nederland per jaar sinds 2017 (IFV)

| Jaar             | Aantal | Oppervlakte (ha) |
|------------------|--------|------------------|
| 2021 (t/m 29-09) | 164    | 22               |
| 2020             | 724    | 1.073            |
| 2019             | 550    | 250              |
| 2018             | 949    | 639              |
| 2017             | 321    | 232              |

## 6.2 Relevante ontwikkelingen

Er is een aantal ontwikkelingen van invloed op de waarschijnlijkheid en mogelijke impact van een natuurbrand. Allereerst gaat het hierbij om klimaatverandering. In Hoofdstuk 3 is een algemene inleiding gegeven op klimaatverandering. Hieronder wordt ingegaan op de aspecten van klimaatverandering die specifiek van invloed zijn op de waarschijnlijkheid van natuurbranden.

Door klimaatverandering wordt het weer in Nederland extremer. De kans op extreme droogte en hoge temperaturen neemt toe en de verwachting is dat droge perioden langer zullen aanhouden. Vooral in april en mei is sinds 1965 een significante trend te zien naar hogere waarden van het maximale neerslagtekort. De toename in de kans op droogte komt door hogere temperaturen en meer zonnestraling, waardoor de verdamping toeneemt (KNMI, 2021). Droogte en hoge temperaturen zijn belangrijke factoren voor het ontstaan van natuurbranden. Daarnaast is de verwachting dat perioden van extreme droogte worden afgewisseld met extreme regenval. Vegetatie groeit in de natte perioden goed, waardoor er meer brandstof is in de droge perioden (Brandweer Nederland, 2021c). Door klimaatverandering is er dus zowel een toename in de hoeveelheid brandrisicovolle dagen als de hoeveelheid brandstof. De verwachting is dan ook dat de kans op onbeheersbare natuurbranden zal toenemen; er zullen naar verwachting in Nederland meer branden ontstaan en de branden zullen heviger zijn, met grotere kans op maatschappelijke impact (Brandweer Nederland, 2021; WUR, 2020). Mogelijk is deze trend al terug te zien als wordt gekeken naar de drie uitzonderlijk droge natuurbrandseizoenen van 2018, 2019 en 2020. Het aantal dagen met een hoog natuurbrandrisico en de waarden van de *Fire Weather Index* (een natuurbrandgevaar-index) waren in deze jaren record hoog (Kok et al, 2021).

Naast klimaatverandering kunnen landschapsinrichting en natuurbeheer invloed hebben op het natuurbrandrisico. Enerzijds zorgt bijvoorbeeld vervanging van grootschalige en brandbare naaldboutpercelen door minder brandbaar gemengd bos en loofhoutpercelen voor een verminderd risico op natuurbranden. Anderzijds is er de laatste decennia ruimte gekomen voor een meer natuurlijke ontwikkeling in natuurgebieden om biodiversiteit te bevorderen. Hierbij blijft dood hout liggen en worden natuurgebieden met elkaar verbonden. Dit zorgt voor een toename in brandstof, een afname van de bereikbaarheid voor hulpdiensten en grotere uitbreidingsmogelijkheden voor natuurbranden. Deze factoren, in combinatie met de klimaatverandering, zorgen er voor dat het aannemelijk is dat het risico op grote natuurbranden toe zal nemen.

Een andere ontwikkeling is dat er in Nederland ingezet gaat worden op de ontwikkeling van meer bos. In de 'Visie op de toekomst van het Nederlandse bos' van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is de ambitie opgenomen om in 2030 10% meer bos (37.000 hectare) te hebben dan in 2020 (Rijksoverheid, 2020). Dit in combinatie met de woningbouwopgave in Nederland zorgt er voor dat natuurgebieden en woongebieden nog meer met elkaar verweven raken. Hierdoor wordt de kans groter dat een natuurbrand ernstige gevolgen heeft. Daarbij speelt mee dat het risico op natuurbranden niet gereguleerd is. Er is bijvoorbeeld geen wet- of regelgeving voor de preventie van bosbranden; er wordt bij het realiseren van nieuwe natuur geen rekening gehouden met de risico's die dit kan opleveren voor de maatschappij en er gelden bijvoorbeeld geen aanvullende bouwvoorschriften voor woningbouw langs of in bossen om de gevolgen van natuurbranden te kunnen beperken. De strategie bij natuurbranden in Nederland is reactief van karakter: gevolgbeperking (blussen, evacueren) en herstel (PBL, 2015). Er wordt nauwelijks ingezet op preventie van natuurbranden. Het restrisico (het risico dat niet wordt afgedekt) is hierdoor groot.

De minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft toegezegd aan de slag te gaan met de preventie, het voorkomen van natuurbranden en het verkleinen van de kans dat een uitslaande brand snel escaleert. Hiertoe is de Werkgroep Preventie Natuurbranden opgericht. In deze werkgroep gaan provincies, de brandweer, LNV en de Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE) gezamenlijk aan de slag om natuurgebieden zo in te richten en te beheren dat het ontstaan van natuurbranden zoveel mogelijk voorkomen wordt.

## 6.3 Overzicht van mogelijke factoren

Binnen de dreigingscategorie natuurbranden zijn er verschillende factoren die een natuurbrand kunnen beïnvloeden en die bepalen wat de ernst van het incident is. Deze bouwstenen zijn in onderstaande tabel weergegeven. Om uiteindelijk tot een scenario te komen, worden verschillende van de bouwstenen geselecteerd.

**Tabel 19** Bouwstenen natuurbranden<sup>11</sup>

| Type vegetatie | Weersomstandigheden   | Bereikbaarheid en bestrijdbaarheid | Aantal branden gelijktijdig | Omvang gebied | Duur (in dagen) | Getroffenen | Kwetsbare objecten <sup>12</sup>                                                                                            |
|----------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Loofbos        | Warm                  | Hoog                               | Een enkele                  | <100 ha       | <1              | <10.000     | Woonkern                                                                                                                    |
| Naaldbos       | Droog                 | Middel                             | Meerdere                    | >100 ha       | 1               | <100.000    | School                                                                                                                      |
| Gemengd bos    | Lage luchtvochtigheid | Laag                               |                             |               | >1              | >100.000    | Zorginstelling                                                                                                              |
| Heide          | Harde wind            |                                    |                             |               |                 |             | Gevangenis                                                                                                                  |
| Gras           |                       |                                    |                             |               |                 |             | Vitale infrastructuur o.a. wegennet, grondwaterwinning, hoogspanningsmast en -station, zendmasten UMTS en GSM <sup>13</sup> |
| Veen           |                       |                                    |                             |               |                 |             | Museum                                                                                                                      |
|                |                       |                                    |                             |               |                 |             | Camping                                                                                                                     |

Een natuurbrand kan voorkomen in verschillende **type vegetatie**. Bepaalde typen vegetatie zijn echter gevoeliger voor ontsteking dan andere en ieder vegetatietype heeft een ander brandgedrag. Laag gras of jonge heide brandt bijvoorbeeld minder snel dan hoog gras of oude heide. Een loofbos is daarnaast koeler en vochtiger dan naaldbos waardoor loofbos brandbestendiger is (Brandweer Nederland, 2021). Daarnaast zijn planten in het voorjaar vaak vatbaarder voor brand dan in de zomer, omdat de sapstromen dan nog niet op gang zijn gekomen en bladmateriaal en takjes daardoor droog zijn (WUR, 2020; VBNE, 2018).

De **weersomstandigheden** spelen tevens een rol in het ontstaan en de verdere ontwikkeling van een natuurbrand. Het gaat hierbij om de temperatuur, hoeveelheid neerslag, luchtvochtigheid en windsnelheid. De kans op het ontstaan van een natuurbrand neemt toe bij droogte en een lage luchtvochtigheid, omdat fijn brandbaar materiaal dan sneller kan ontsteken. Daarnaast breidt een natuurbrand sneller uit bij een hogere windsnelheid, met name in open gebieden (Brandweer Nederland, 2021b). Vaak komen dergelijke weersomstandigheden in grote delen van Nederland op hetzelfde moment voor, waardoor ook vrijwel gelijktijdig op meerdere locaties natuurbranden kunnen ontstaan.

Terreinkenmerken zijn ook van invloed op de verspreiding van een natuurbrand. In een open gebied, zoals op heidevelden of grasland, kan een brand zich snel uitbreiden. Ook op een helling breidt een brand zich sneller uit. Terreinkenmerken zijn tevens van invloed op de **bestrijdbaarheid** van een brand, omdat het van invloed is op de toegankelijkheid van een gebied en de beschikbaarheid van bluswater. In natuurgebieden kan de **bereikbaarheid** van een brandhaard moeilijk zijn, omdat er geen wegen en paden naar de locatie van de brand leiden of omdat de terreinomstandigheden gevaarlijk zijn en de beschikbaarheid van bluswater is vaak schaars (Brandweer Nederland, 2021). Als de bereikbaarheid en bluswater geen probleem zijn dan wordt deze factor als 'hoog' bestempeld. Als beide wel tot vraagstukken leiden is de bereikbaarheid en bestrijdbaarheid 'laag'. Bij grote natuurbranden zijn de bestrijdbaarheid en bereikbaarheid vaak lastig. Daarom worden specialistische bestrijdingsdiensten betrokken. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de Handcrew en Fire Bucket Operations. De Handcrew gaat te voet een natuurgebied in om de brand te bestrijden (Brandweer Nederland, 2021d). Het Fire Bucket Operations team bestaat uit militaire helikopters voor bluswerkzaamheden en grondeenheden voor de aansturing van de inzet (Brandweer Nederland, 2021e). Wanneer **meerdere branden tegelijk** ontstaan, levert dit uitdagingen op voor de verdeling

<sup>11</sup> Vanuit de verschillende mogelijkheden uit de kolommen zijn verschillende scenario's denkbaar. De mogelijkheden uit een rij horen niet noodzakelijkerwijs bij elkaar.

<sup>12</sup> Deze lijst is niet uitputtend.

<sup>13</sup> Zie voor een overzicht van alle vitale processen de website van de NCTV: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

van capaciteiten. Dit blijkt ook uit een onderzoek van de Algemene Rekenkamer, waarin wordt gesignaleerd dat in de toekomst gelijktijdig optredende natuurbranden wellicht niet snel onder controle kunnen worden gebracht omdat er een risico bestaat op onvoldoende beschikbaarheid van specialistische brandbestrijdingscapaciteit (Algemene Rekenkamer, 2021).

De impact die een natuurbrand heeft, is voornamelijk afhankelijk van de locatie van de brand. In Nederland is de **bevolkingsdichtheid** rondom natuurgebieden relatief hoog. Daarnaast wordt intensief gebruik gemaakt van de natuurgebieden zelf voor recreatie, oefenterreinen van defensie en bewoning (Brandweer Nederland, 2021). Een natuurbrand kan daardoor verschillende **kwetsbare objecten** treffen. Hierdoor kunnen ook vitale processen verstoord raken. De vitale infrastructuur bestaat uit diverse processen met verschillend belang en met elk een andere kwetsbaarheid. In de themarapportage bedreiging vitale infrastructuur wordt er ingegaan op deze processen en specifieke dreigingen, waaronder natuurlijke oorzaken zoals een natuurbrand. Ook een kleine natuurbrand kan al grote maatschappelijke gevolgen hebben. Echter, hoe groter de natuurbrand, des te groter de kans dat er meerdere mensen en meerdere kwetsbare objecten getroffen worden, met mogelijke keteneffecten.

## 6.4 Scenario

In de risicoanalyse is één scenario natuurbrand uitgewerkt. Het gaat hierbij om een scenario van onbeheersbare natuurbranden met grootschalige evacuatie. Voor het gekozen scenario en de bijbehorende (weers) omstandigheden is 2020 als referentiejaar gekozen. In 2020 kreeg Nederland te maken met het vrijwel gelijktijdig uitbreken van 114 natuurbranden. De meeste branden konden met 'normale' brandweerinzet worden bestreden. Drie branden ontwikkelden zich echter tot grote natuurbranden, waarvan er twee opmerkelijk grote gevolgen hadden. De brand in de Deurnese Peel bereikte een omvang van 710 hectare waarmee dit de grootste (bekende) natuurbrand ooit in Nederland was en leidde tot maandenlange (rook)overlast. De brand in natuurgebied De Meinweg leidde tot de evacuatie van circa 4.200 inwoners van het dorp Herkenbosch. Daarmee was dit de grootste evacuatie in Nederland sinds de Tweede Wereldoorlog veroorzaakt door een niet-water gerelateerde calamiteit (IFV, 2020).

Het hieronder beschreven scenario is voor een deel gebaseerd op de meteorologische situatie in 2020, maar vormt hier geen feitelijke beschrijving van. In Tabel 14 zijn de bepalende bouwstenen voor het natuurbrandscenario samengevat.

**Tabel 20** Bepalende bouwstenen voor het natuurbrandscenario

| Type vegetatie | Weers-omstandigheden  | Bereikbaarheid en bestrijdbaarheid | Aantal branden gelijktijdig | Omvang gebied | Duur (in dagen) | Getroffenen | Kwetsbare objecten                  |
|----------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|
| Naaldbos       | Droog                 | Laag                               | 2                           | 1200 ha       | 4               | <100.000    | Woonkernen                          |
| Veen           | Lage luchtvochtigheid |                                    |                             |               |                 |             | Zorginstelling                      |
|                | Harde wind            |                                    |                             |               |                 |             | Campings                            |
|                |                       |                                    |                             |               |                 |             | Vitale infrastructuur <sup>14</sup> |

<sup>14</sup> De vitale processen die geraakt worden in dit gebied zijn de telecommunicatie en internet, het wegennet, de drinkwatervoorziening en de inwinning van water (doordat een waterwingebied vervuild raakt). Voor een overzicht van alle vitale processen kan de themarapportage bedreiging vitale infrastructuur worden bekeken.



#### 6.4.1 Natuurbranden

In grote delen van Nederland is er al geruime tijd nauwelijks regen gevallen. Vandaag is het wederom een droge, zonnige dag met een vrij krachtige, uitdrogende oostenwind. De temperatuur is relatief hoog voor de tijd van het jaar. Het mooie weer valt samen met de meivakantie, waardoor veel mensen vrij zijn en er op uit trekken in de natuur.

De weersomstandigheden zorgen er voor dat in grote delen van Nederland alle ingrediënten voor het ontstaan van natuurbranden aanwezig zijn. Aan het begin van de middag breekt daadwerkelijk brand uit in een groot natuurgebied met voornamelijk naaldbos. Rond 12.30 uur wordt de brand gemeld door een wandelaar in het gebied. De brandweer alarmeert direct vier tankautospuiten en materieel voor de waterwinning.

Niet veel later breekt er circa 25 kilometer verderop ook in een ander groot natuurgebied brand uit. Het gaat om een natuurgebied met veengronden in het grensgebied met Duitsland. Deze brand wordt gemeld door een bewoner van een woning aan de rand van het natuurgebied, die donkere rook boven de bomen ziet.

In de natuurgebieden is veel brandstof aanwezig door de ophoping van omgevallen bomen en afgevalen bladeren. Hierdoor en door de extreme weersomstandigheden grijpen beide branden in de eerste uren snel om zich heen. Daarnaast zijn de branden moeilijk te bestrijden, doordat de gebieden moeilijk toegankelijk zijn voor brandweerwagens en door gebrek aan bluswater.

##### De eerste brandhaard

Anderhalf uur na de melding van de eerste brandhaard is de brand zo groot geworden dat twee campings in het natuurgebied worden bedreigd. De brandweer schaaft groot op en richt zich in eerste instantie op het proberen te voorkomen van branduitbreiding in de richting van de campings. Uiteindelijk voorziet de operationele leiding ter plaatse dat de capaciteit van de brandweer onvoldoende is om de natuurbrand te beheersen. Daarom wordt besloten de campings te ontruimen. Vanwege het mooie weer dat samenvalt met de meivakantie hebben beide campings ongeveer 1.000 gasten. De paniek op de twee campings is groot en er ontstaat chaos. Mensen willen hun spullen niet achterlaten. Daarnaast blijken de campings niet voorbereid op een natuurbrand en ontruiming. Er ontstaan verkeersopstoppen op wegen die als vluchtweg dienen. Een aantal wegen is daarnaast niet beschikbaar omdat deze nodig zijn voor de circulatie van brandweervoertuigen die af en aan rijden voor de bluswatervoorziening en logistieke ondersteuning. Door de chaos die ontstaat kan een aantal campinggasten niet op tijd weggelaten worden en komt om in de brand.

Een belangrijk zorgpunt vormen ook de vele wandelaars, fietsers, ruiters en andere recreanten in het bos. De brandweer krijgt een aantal verontrustende berichten van mensen die zijn verdwaald en ingesloten lijken te raken door het vuur. Voor de hulpdiensten is het lastig hen te lokaliseren en van instructies te voorzien. Ook onder deze recreanten vallen slachtoffers.

Omdat het natuurgebied moeilijk begaanbaar is voor de zware brandweervoertuigen, wordt het Handcrewteam opgeroepen om te voet de brand te gaan bestrijden. Daarnaast wordt het Fire Bucket Operations team ingezet voor ondersteuning bij de bluswerkzaamheden.

De volgende dag worden ook een zorgcentrum en delen van enkele nabijgelegen woonkernen bedreigd door de brand. Besloten wordt de bewoners te evacueren. In totaal gaat het om circa 4.500 mensen, onder wie een aantal slecht ter been. De rookontwikkeling van de brand is zo hevig dat tot op een afstand van 65 kilometer sprake is van stankoverlast en neerdalen van roetdeeltjes. Vanwege de rookontwikkeling wordt het verkeer op de nabijgelegen snelweg stilgelegd. Omdat de snelweg een belangrijke transportader voor vrachtverkeer uit het buitenland is, zijn de logistieke en financiële gevolgen groot. Het verkeer wordt omgeleid via andere snelwegen in de omgeving. Dit leidt tot verkeersinfarcten. De problemen op de omliggende wegen bemoeilijken de evacuatie van mensen uit het gebied en beperken de bereikbaarheid van de branden voor hulpdiensten.

##### De tweede brandhaard

Ook de tweede brandhaard neemt snel in omvang toe. Bij de meldkamer komen vanuit de stedelijke woonkernen aan de rand van het natuurgebied meerdere ongeruste telefoontjes binnen over de brand en rook. Twee uur na de eerste melding van de natuurbrand schaaft de brandweer op en wordt een NL-Alert verstuurd met het advies om ramen en deuren te sluiten. Vlieg vuur veroorzaakt ook brand in andere stukken bos, waaronder een stuk waar een waterwingebied is gelegen en waar een UMTS en een GSM zendmast staan. Een waterpompstation met bovengrondse zuurstoftank en waterleiding raken door de brand beschadigd. Hierdoor komen bewoners in de omgeving zonder drinkwater te zitten. Het waterpompstation moet worden hersteld. Aan het eind van de middag constateert de brandweer dat het niet lukt om de brand onder controle te krijgen.

Er worden blushelikopters en een Handcrew aangevraagd voor de bestrijding van de brand. Vanwege de inzet bij de eerste natuurbrand zijn er echter geen specialistische blusteams beschikbaar. Er ontstaat onduidelijkheid onder de betrokken hulpdiensten wie het besluit moet nemen over de eventuele verplaatsing van de blushelikopters.

Omdat de eerste brandhaard als dreigender wordt ingeschat, wordt uiteindelijk besloten de helikopters en handcrews in die regio te houden. Omdat de brand zich nog steeds uitbreidt, wordt door de brandweer hulp ingeroepen vanuit andere veiligheidsregio's en het buitenland. Ook in die veiligheidsregio's is het natuurbrandrisico echter hoog en er is al materieel richting de eerste brandhaard gestuurd ter ondersteuning. Hierdoor kan er slechts beperkt bijstand geleverd worden. Uiteindelijk komt er brandweer uit Duitsland om de brand te bestrijden. Dit levert welkomme verlichting op de Nederlandse brandweer.

De volgende dag wordt duidelijk dat de brand richting de stedelijke woonkernen aan de rand van het natuurgebied trekt. Vanwege oplopende waarden voor koolmonoxide en onduidelijkheden over het kunnen houden van de stoplijn wordt besloten de kernen te ontruimen. Zo'n 10.000 personen worden geëvacueerd. Ondertussen zijn ook de UMTS en GSM zendmast die in het bos zijn gelegen beschadigd. De mobiele telecommunicatie wordt hierdoor verstoord. Dit zorgt er voor dat mensen lastiger geïnformeerd kunnen worden over de evacuatie. Vanwege de bedreiging van de woonkernen wordt de inzet van de blushelikopter uiteindelijk toch verplaatst naar de tweede brandhaard.

#### Sein 'brandmeester'

Het KNMI verwacht inmiddels dat de kans op neerslag de komende 48 uur toeneemt tot 70% wegens een draaiende wind. Vier dagen na het ontstaan van de branden valt de door het KNMI verwachte regen. Hierdoor kan de brandweer bij beide brandhaarden binnen korte tijd het sein 'brandmeester' geven en mogen de evacués weer terug naar huis. Het nablussen van de eerste brandhaard kost twee dagen. Gedurende die tijd is de snelweg nog grotendeels afgesloten voor verkeer. Bij de tweede brandhaard smeult het vuur nog lange tijd ondergronds verder. Dit leidt tot nieuwe brandhaarden en veel rookoverlast. Pas na acht weken is de natuurbrand onder controle en vinden er geen bluswerkzaamheden meer plaats.

Uiteindelijk brandt bij de twee branden in totaal circa 1.200 ha natuurgebied met bos en veen af. De twee campings zijn in vlammen opgegaan en de evacuatie van de campinggasten en overige recreanten in het natuurgebied heeft niet tijdig kunnen plaatsvinden. Er zijn enkele tientallen doden en gewonden gevallen en veel eigendommen van campingbezoekers zijn verloren gegaan. De evacuatie van de woonkernen aan de rand van het natuurgebied waar de tweede brand is ontstaan heeft wel tijdig kunnen plaatsvinden. Hier zijn geen slachtoffers gevallen, wel is een aantal woningen aan de rand van het bos in vlammen opgegaan.

De vitale infrastructuur in de gebieden, zoals GSM en UMTS mast en snelweg zijn beschadigd door de natuurbrand of afgesloten wegens operationeel optreden en nabluswerkzaamheden. Dit zorgt voor verminderde telefonie en internet in de omgeving en doordat de snelweg is afgesloten en het verkeer wordt omgeleid via andere snelwegen in de omgeving ontstaan verkeersinfarcten waardoor zowel het rampgebied als de omgeving langere tijd slecht bereikbaar zijn. Ook het waterwingebied is aangetast waardoor deze lange tijd niet gebruikt kan worden en is het gebied in de nabije toekomst niet meer aantrekkelijk voor recreanten. Het waterpompstation wordt relatief snel gemaakt en drinkwater is weer beschikbaar.

#### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario 'onbeheersbare natuurbranden met grootschalige evacuatie'. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van natuurbranden tot stand gekomen. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

**Tabel 21** Scorekaart scenario natuurbranden

| Thema               | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dreigingscategorie  | Natuurbranden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Scenario            | Natuurbranden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Scenariotoelichting | In het scenario wordt uitgegaan van twee onbeheersbare natuurbranden die vrijwel gelijktijdig optreden. De bestrijding van de branden vormt een uitdaging. Campings, recreanten, een zorgcentrum en enkele woonkernen worden bedreigd. Er wordt een grootschalige evacuatie opgezet, maar er vallen ook meerdere slachtoffers. Daarnaast wordt vitale infrastructuur zoals een snelweg, zendmasten, waterwingebied en een waterpompstation geraakt. |

| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                          |       | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Waarschijnlijkheid:                            |                                          | E     | Gemiddeld komt vrijwel elk jaar een onbeheersbare natuurbrand voor. Door het intensieve gebruik van natuurgebieden is de kans op slachtoffers groot.                                                                                                                                       |
| Beoordeling gevolgen (impact)                  |                                          |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Veiligheids-belang                             | Criterium                                | Score | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Territoriaal</b>                            | 1.1 Grondgebied                          | C     | In het scenario wordt er vanuit gegaan dat 1200 ha natuurgebied verloren gaat. De recreatiemogelijkheden die verloren zijn gegaan, zoals de campings, zullen voor langer dan een half jaar ontoegankelijk zijn.                                                                            |
|                                                | 1.2 Internationale positie               | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                | 1.3 Digitale ruimte                      | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied    | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Fysiek</b>                                  | 2.1 Doden                                | B     | In het scenario vallen enkele tientallen dodelijke slachtoffers.                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken | C     | In het scenario vallen enkele honderden gewonden. Het gaat hierbij zowel om directe gewonden, bijvoorbeeld mensen die brandwonden of luchtwegklachten oplopen, als mentale impact waarbij psychische zorg nodig is.                                                                        |
|                                                | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften      | A     | Door evacuatie worden mensen weggehaald bij de dreiging en naar een locatie gebracht waar voldaan kan worden aan de primaire levensbehoefte. Gebrek hieraan is daardoor beperkt.                                                                                                           |
| <b>Economisch</b>                              | 3.1 Kosten                               | B     | De totale schade wordt ingeschat op enkele honderden miljoenen Euro. Het gaat hierbij voornamelijk om materiële schade aan gebouwen en campings.                                                                                                                                           |
|                                                | 3.2 Aantasting vitaliteit                | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Ecologisch</b>                              | 4.1 Aantasting natuur en milieu          | C     | Er wordt vanuit gegaan dat de natuurgebieden die in het scenario getroffen worden, behoren tot Natura-2000. De duur van de aantasting van vegetatie is verschillend; in sommige gevallen treedt vrij snel herstel op (bv. heide); in andere gevallen is de aantasting blijvend (bv. veen). |
| <b>Sociaal-politiek</b>                        | 5.1 Verstoring dagelijks leven           | B     | In het getroffen gebied is voor korte tijd uitval van school, werk en telecommunicatie, waardoor het dagelijks leven tijdelijk verstoord raakt.                                                                                                                                            |
|                                                | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact      | B     | Doordat in het scenario slachtoffers vallen door de natuurbranden, ontstaat er tijdelijk maatschappelijke onrust onder bewoners/campings in bosgebied.                                                                                                                                     |

| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                           | Score | Toelichting          |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------|
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatsovereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het scenario natuurbranden raakt de nationale veiligheid doordat de belangen territoriale, fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politieke stabiliteit worden geraakt. Alleen het belang internationale rechtsorde wordt door natuurbranden niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, is relatief beperkt. De criteria die geraakt worden krijgen een score aanzienlijk (B) of ernstig (C). De criteria die ernstig worden geraakt, zijn de aantasting van het grondgebied, ernstig gewonden en aantasting van natuur en milieu.

Bij de aantasting van het grondgebied komt de hogere score voornamelijk door de duur van de aantasting. In het scenario wordt er vanuit gegaan dat twee campings in vlammen opgaan. De verwachting is dat het langer dan een half jaar zal duren voordat dergelijke recreatiemogelijkheden weer toegankelijk zullen zijn. De hogere score bij ernstig gewonden komt enerzijds door gewonden die vallen als direct gevolg van de brand. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om brandwonden, maar ook om luchtwegklachten die ontstaan door de rook. Anderzijds gaat het hierbij om de mentale impact die ontstaat door de brand, bijvoorbeeld bij mensen die geëvacueerd moeten worden. Bij de aantasting van natuur en milieu komt de hogere score doordat er vanuit wordt gegaan dat de natuurgebieden die in het scenario getroffen worden door de natuurbrand behoren tot Natura-2000. De duur van de aantasting van natuur is verschillend; bij bepaalde type vegetatie treedt vrij snel herstel op, bijvoorbeeld bij heide. Andere type vegetatie gaat bij brand verloren, waardoor de aantasting blijvend is. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer veen wordt aangetast. Een natuurbrand kan echter ook positieve gevolgen hebben voor de natuur, omdat de brand voor verjonging van de vegetatie zorgt.

In het beschreven scenario is uitgegaan van twee natuurbranden die vrijwel gelijktijdig optreden. De exacte locatie van de natuurbranden is hierbij niet gegeven.

De locatie kan echter wel van invloed zijn op de impact van de branden. Er is bijvoorbeeld verschil in hoe intensief natuurgebieden gebruikt en bewoond worden en hoeveel mensen er daardoor bij een brand getroffen kunnen worden. Bij een brand in een natuurgebied dat veel voor recreatie wordt gebruikt, bijvoorbeeld in de vorm van campings zoals in het beschreven scenario het geval is, is de kans op slachtoffers groot. Wanneer een natuurgebied wordt getroffen waarin bijvoorbeeld een hoogspanningstracé met transformatiestations is gelegen die bij de brand beschadigd raken, kan een grote groep mensen zonder elektriciteit komen te zitten. Hier is in dit scenario niet vanuit gegaan. De criteria gebrek aan primaire levensbehoeften, kosten en verstoring van het dagelijks leven kunnen in dat geval (ernstiger) geraakt worden.

De waarschijnlijkheid van het beschreven scenario krijgt de hoogste score, namelijk zeer waarschijnlijk (E). Het is volgens de deskundigen niet de vraag of maar wanneer een onbeheersbare natuurbrand optreedt, waarbij ernstige gevolgen zullen ontstaan. Afgelopen jaren zijn er meerdere voorbeelden van natuurbranden geweest waarbij het net is goed gegaan, omdat bijvoorbeeld het weer omsloeg en de brand gedoofd werd of omdat de brandweer in de buurt was. Door klimaatverandering neemt de kans op onbeheersbare natuurbranden toe. Daarnaast worden er nauwelijks beheersmaatregelen genomen om het risico op onbeheersbare natuurbranden te verkleinen. Het beschouwde scenario wordt dan ook als zeer reëel gezien. Er zijn echter ook ernstigere scenario's voorstelbaar waarbij natuurbranden ontstaan met extremer brandgedrag. Er kunnen bijvoorbeeld nog meer branden tegelijk uitbreken, waardoor de bestrijdingscapaciteit nog meer in het geding komt. Daarnaast kan de omvang van de getroffen gebieden vele malen groter zijn; het is bijvoorbeeld denkbaar dat een gebied als de Utrechtse Heuvelrug volledig afbrandt. Tevens kan de impact groter zijn wanneer bijvoorbeeld ziekenhuizen die in natuurgebieden liggen of woonwijken aansluitend aan natuurgebieden volledig afbranden.

# 7. Dreigingscategorie aardbevingen

## 7.1 Context

Een aardbeving is een trilling of schokkende beweging van de aardkorst. Aardbevingen kunnen een natuurlijke oorzaak hebben of worden geïnduceerd door de mens. De meeste natuurlijke aardbevingen ontstaan door platentektoniek, verschuivingen van de aardkorst. Andere natuurlijke oorzaken zijn bijvoorbeeld de ontlasting van de aardkorst door de gesmolten ijskappen uit de laatste ijstijd of meteorietinslagen. Geïnduceerde aardbevingen zijn aardbevingen die ontstaan door mijnbouwactiviteiten, zoals gasboringen, of explosies (KNMI, 2021a).

Beide typen aardbevingen komen in Nederland voor. In 2021 zijn er in Nederland bijvoorbeeld 95 aardbevingen geregistreerd, waarvan 75 geïnduceerde aardbevingen en 20 met een natuurlijke oorzaak (KNMI, 2021b). Hierbij dient opgemerkt te worden dat het aantal seismometers in de regio Groningen groter is dan in de rest van Nederland, waardoor hier meer bevingen gemeten kunnen worden en ook meer bekend is over groundbewegingen die ontstaan als gevolg van de aardbevingen.

De meeste natuurlijke bevingen komen in Nederland voor in Limburg (KNMI, 2021c). In het zuiden van Nederland loopt een aantal actieve breuken in de aardkorst, waarlangs zich natuurlijke aardbevingen voor kunnen doen. De twee grootste breuklijnen in Nederland, de Feldbissbreuk en de Peelrandbreuk, lopen grofweg van Kijkduin (Zuid-Holland) naar Kerkrade (Zuid-Limburg) en zijn vooral vanaf Uden (Noord-Brabant) tot voorbij Roermond (Limburg) actief. In Nederland hebben deze natuurlijke bevingen (zoals waargenomen door het nationale meetnet) meestal een magnitude van onder de 1 tot 4 op de Schaal van Richter. De zwaarste aardbeving in Nederland met een natuurlijke oorzaak was de aardbeving in Roermond in 1992 met een magnitude van 5.8 op de Schaal van Richter (ANV, 2016). Tabel 15 geeft een overzicht van de zwaarste geregistreerde natuurlijke aardbevingen in Nederland of direct over de grens die in Nederland gevoeld zijn.

**Tabel 22** Zwaarste geregistreerde natuurlijke aardbevingen (KNMI, Seismic & Acoustic Data Portal)

| Jaar | Locatie                | Magnitude | Diepte (km) |
|------|------------------------|-----------|-------------|
| 1992 | Linne (Roermond)       | 5.8       | 15.4        |
| 1932 | Schijndel              | 5.0       | 12.9        |
| 2002 | Alsdorf (Duitsland)    | 4.9       | 13.1        |
| 1932 | Boxtel                 | 4.5       | 10.0        |
| 2011 | Weeze (Duitsland)      | 4.5       | 10.3        |
| 1971 | Gangelt (Duitsland)    | 4.4       | 17.4        |
| 1932 | Esch                   | 4.3       | 15.0        |
| 1935 | Wassenberg (Duitsland) | 4.3       | 15.0        |
| 1960 | Bree (België)          | 4.2       | 15.1        |
| 1992 | Sint Odiliënberg       | 4.0       | 7.7         |
| 2001 | Voerendaal             | 3.9       | 2.2         |
| 1980 | Haelen                 | 3.8       | 4.9         |

Geïnduceerde aardbevingen komen vooral voor in het noorden van Nederland. Langdurige en grootschalige commerciële activiteiten, met name gaswinning, leiden hier tot aardbevingen. Het gas wordt gewonnen uit een laag zandsteen op ongeveer 3 km diepte. Deze zandsteenlaag wordt door de winning ongelijkmatig samengedrukt (gecompacteerd), waardoor de spanningen langs bestaande breuken oplopen. Dit leidt uiteindelijk tot schoksgewijze verschuivingen langs de bestaande breuklijnen. De energie die daarmee vrij komt, veroorzaakt aardbevingen (KNMI, 2021d; TNO, 2020b). Ook in andere delen van Nederland, bijvoorbeeld in Noord-Holland en in Drenthe bij Roswinkel, komen geïnduceerde aardbevingen voor door mijnbouwactiviteiten. Naast gaswinning gaat het hierbij bijvoorbeeld om zoutwinning, geothermie en gasopslag, al hebben deze toepassingen in Nederland tot nu toe heel beperkt of niet tot geïnduceerde aardbevingen geleid. De magnitude van geïnduceerde aardbevingen is

meestal relatief laag, van onder de 1 tot 4 op de Schaal van Richter (ANV, 2016). De zwaarste geïnduceerde aardbeving in Nederlands was de beving in 2012 in Huizinge met een magnitude van 3.6 op de Schaal van Richter (KNMI, 2021b). Tabel 16 geeft een overzicht van de zwaarste geregistreerde geïnduceerde aardbevingen in Nederland.

**Tabel 23** Zwaarste geregistreerde geïnduceerde aardbevingen in Nederland (KNMI, Seismic & Acoustic Data Portal)

| Jaar | Locatie        | Magnitude | Diepte (km) |
|------|----------------|-----------|-------------|
| 2012 | Huizinge       | 3.6       | 3.0         |
| 2001 | Bergen         | 3.5       | 2.0         |
| 2006 | Westeremden    | 3.5       | 3.0         |
| 2018 | Zeerijp        | 3.4       | 3.0         |
| 2019 | Westerwijtwerd | 3.4       | 3.0         |
| 1997 | Roswinkel      | 3.4       | 2.0         |
| 1998 | Roswinkel      | 3.3       | 2.0         |
| 2021 | Garrelsheer    | 3.2       | 3.0         |
| 2013 | Zandweer       | 3.2       | 3.0         |
| 2008 | Loppersum      | 3.2       | 3.0         |
| 2001 | Bergen         | 3.2       | 2.0         |
| 2000 | Roswinkel      | 3.2       | 2.3         |
| 1994 | Bergen         | 3.2       | 2.5         |
| 2021 | Garrelsheer    | 3.2       | 3.0         |

## 7.2 Relevante ontwikkelingen

Er is een aantal ontwikkelingen van invloed op de impact of waarschijnlijkheid van aardbevingen.

Demografische en economische ontwikkelingen zijn van invloed op de mogelijke impact van een aardbeving. Economische groei en bevolkingsgroei in aardbevingsgevoelige gebieden kunnen er voor zorgen dat de impact van een aardbeving toeneemt. In Nederland geldt voor de gebieden die het meest gevoelig zijn voor aardbevingen, dat in de provincie Groningen vooral een trek naar de stad Groningen te zien is, waardoor de bevolking hier groeit en in het buitengebied krimpt, al neemt de krimp wel af. In Noord-Limburg is een lichte bevolkingsgroei te zien en in Noord-Brabant een sterkere (CBS, 2021). Daarnaast is de maatschappij de afgelopen decennia kwetsbaarder geworden voor seismische dreigingen (Veiligheidsregio Groningen, 2019b). Dit komt doordat er veel vitale infrastructuur, zoals leidingen en kabels, in de ondergrond aanwezig is en de maatschappij hiervan afhankelijker is geworden. De effecten van een aardbeving op de maatschappij kunnen hierdoor groter zijn dan enkele decennia jaar geleden.

Daarnaast zijn er ook veranderingen die de effecten juist kleiner kunnen maken. In Groningen vindt bijvoorbeeld een versterkingsoperatie plaats, waarbij huizen in het aardbevingsgebied die niet aan de veiligheidsnorm voldoen, worden versterkt. Ook zijn er verbeterde bouwrichtlijnen. De Eurocode 8 is een Europese norm voor het aardbevingsbestendig ontwerpen van constructies. In deze Eurocode moeten de veiligheidsniveaus en de waarden voor de aardbevingsbelasting nationaal worden vastgelegd. Daarom heeft het NEN de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) 9998 uitgebracht (NEN, 2022). De NPR biedt houvast bij het aardbevingsbestendig versterken van bestaande gebouwen en bij nieuwbouw. Een rekenkundige beoordeling volgens de NPR geeft aan of een gebouw sterk genoeg is om de belasting van een aardbeving te kunnen weerstaan. Het toepassingsgebied van de NPR is in Nederland beperkt tot Noord-Nederland, waar geïnduceerde aardbevingen als gevolg van gaswinning optreden. Volgens het Bouwbesluit is het niet wettelijk verplicht de aardbevingsbelasting mee te nemen in het ontwerp.

Vanwege de veiligheidsrisico's die geïnduceerde aardbevingen met zich meebrengen, heeft het toenmalige kabinet in 2018 besloten om de gaswinning in Groningen te beëindigen (Tweede Kamer, 2018). Dit gebeurde op aandringen van het Staatstoezicht op de Mijnen (Sodm) (Sodm, 2021) en onder druk vanuit de regio. Wanneer dit daadwerkelijk gebeurt, is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder ook de crisis in Oekraïne. Door de inval van Rusland en de daaropvolgende sancties kan een gastekort ontstaan, waarbij niet uit te sluiten is dat (als sluitpost) meer Gronings gas opgepompt zal worden (NRC, 2022; RTL Nieuws, 2022). Wanneer de gaswinning stopt, is de verwachting dat het aantal (zware) geïnduceerde aardbevingen over de tijd zal afnemen (TNO, 2021). Doordat er in het gasreservoir grote drukverschillen zijn opgebouwd, zal het in het gebied rond Loppersum (waar de druk relatief hoog is) nog lang, mogelijk tientallen jaren, duren voordat de bevingen gerelateerd aan de gaswinning stoppen (Sodm, 2022) of het seismische risico tot onder de acceptatie-norm zal zijn gedaald. De ingezette productiedaling gaat voorsnogen samen met een daling van het aantal geregistreerde aardbevingen per jaar in Groningen (groter dan magnitude 1,5): in 2020 was het totaal aantal aardbevingen in het Groningenveld 69, in 2019 waren dit er nog 85 en in 2018 90 (KNMI, 2021d). Deze trend is echter nog niet statistisch verantwoord en lijkt in 2021 met een aantal van 72 aardbevingen te zijn gestagneerd.

Een andere ontwikkeling is het toenemend gebruik van aardwarmte (geothermie) voor het verwarmen van gebouwen. Aardwarmte wordt gezien als een duurzame manier van opwarming, waarbij uit de ondergrond warm water wordt opgepompt. Dit warme water wordt gebruikt om leidingwater te verwarmen en vervolgens



gaat het afgekoelde water terug de grond in. De techniek is deels nog in ontwikkeling en vanwege het duurzame karakter wordt de ontwikkeling door de overheid gestimuleerd (Rijksoverheid, 2021c). Aardwarmte kan gewonnen worden uit poreus zandsteen en uit breuken in gesteente (verbreukte reservoirs). Vooral bij de winning uit breuksystemen brengt het gebruik van aardwarmte seismische risico's met zich mee, waarbij mogelijk een wisselwerking kan ontstaan met natuurlijke bevingen (Sodm, 2017). Aardwarmte is een gesloten systeem: het water dat naar boven wordt gepompt, wordt ook weer

de grond in gepompt. Daardoor is de verwachting dat de effecten kleiner zullen zijn dan bij de winning van aardgas (TNO, 2020a).

### 7.3 Overzicht van mogelijke factoren

Binnen de dreigingscategorie aardbevingen zijn er verschillende factoren die van invloed zijn op de ernst van het incident. Deze bouwstenen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

**Tabel 24** Bouwstenen aardbeving<sup>15</sup>

| Type aardbeving | Diepte   | Samenstelling ondiepe ondergrond | Magnitude (Schaal van Richter)                      | Frequentie | Type gebied |
|-----------------|----------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|------------|-------------|
| Natuurlijk      | <3 km    | Klei                             | Een hogere waarde komt overeen met sterkere beving. | Hoog       | Landelijk   |
| Geïnduceerd     | 3-10 km  | Veen                             |                                                     | Laag       | Stedelijk   |
|                 | 10-20 km | Zand                             |                                                     |            |             |
|                 | >20 km   | Löss                             |                                                     |            |             |

| Omvang gebied          | Aantal getroffen (geraakt door aardbeving) | Kwetsbare objecten <sup>16</sup> | Uitval voorzieningen/vitale infrastructuur <sup>17,18</sup> |
|------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <10 km <sup>2</sup>    | <10.000                                    | Industrie                        | Openbaar vervoer                                            |
| 10-50 km <sup>2</sup>  | 10.000-100.000                             | School                           | Communicatie voorzieningen                                  |
| 50-100 km <sup>2</sup> | >100.000                                   | Verzorgingstehuis                | Stroomvoorziening                                           |
| >100 km <sup>2</sup>   |                                            | Gevangenis                       | Voedselvoorziening                                          |
|                        |                                            |                                  | Watervoorziening                                            |
|                        |                                            |                                  | Hulpdiensten                                                |

Het **type aardbeving** kan bestaan uit een natuurlijke aardbeving of een door de mens geïnduceerde aardbeving. Daarnaast kan een mengvorm optreden waarbij spanningsveranderingen door mijnbouw natuurlijke spanningen triggeren. Natuurlijke aardbevingen vinden in Nederland over het algemeen plaats op 10 tot 20 kilometer **diepte**, terwijl geïnduceerde aardbevingen plaatsvinden op circa 3 kilometer diepte, de gemiddelde diepteligging van de gasvelden. Door de geringe diepte van geïnduceerde aardbevingen worden ook aardbevingen met een relatief lage magnitude gevoeld (SodM, 2021).

In het algemeen geldt dat aardbevingen op geringe diepte een hogere intensiteit in een kleiner gebied hebben dan diepe bevingen van dezelfde magnitude. Daarbij zijn de grondbewegingen en het bijbehorende risico op schade en slachtoffers het grootst in de directe omgeving van het epicentrum van de beving. Naar mate de afstand tot het epicentrum toeneemt, neemt de schade die ontstaat door de beving af. De **samenstelling van de ondiepe ondergrond** is ook van invloed op hoe goed trillingen zich door de ondiepe ondergrond kunnen verplaatsen (TNO, 2020b). In veen en klei kunnen de trillingen zich goed voortzetten. Als aardbevingen plaatsvinden in een gebied met deze grondsoorten, zorgt dit voor versterkte trillingen en daardoor meer effecten aan de oppervlakte.

<sup>15</sup> Vanuit de verschillende mogelijkheden uit de kolommen zijn verschillende scenario's denkbaar. De mogelijkheden uit een rij horen niet noodzakelijkerwijs bij elkaar.

<sup>16</sup> Lijst is niet uitputtend.

<sup>17</sup> Lijst is niet uitputtend.

<sup>18</sup> Zie voor een overzicht van alle vitale processen de website van de NCTV: <https://www.nctv.nl/onderwerpen/vitale-infrastructuur/overzicht-vitale-processen>.

De **magnitude** of kracht van een aardbeving wordt weergegeven op de Schaal van Richter. Aardbevingen in Nederland hebben meestal een geringe kracht tot magnitude 3 op de Schaal van Richter, maar ook aardbevingen van magnitude 4 of 5 op de Schaal van Richter zijn mogelijk. Ter referentie: aardbevingen met een magnitude rond 1,8 worden in Groningen door bewoners gevoeld en wereldwijd worden bevingen met een kracht van 7-8 als zwaar beschouwd. De zwaarste aardbeving in Nederland had een magnitude van 5.8 op de Schaal van Richter, dit was een natuurlijke aardbeving. De zwaarste geïnduceerde aardbeving had een magnitude van 3.6 op de Schaal van Richter.

De impact die een aardbeving heeft (ongeacht de frequentie van optreden), is ook afhankelijk van het **type getroffen gebied** en de **grootte** hiervan. In stedelijk gebied, waar veel mensen wonen en veel **kwetsbare objecten en voorzieningen** aanwezig zijn, zullen de gevolgen groter zijn dan in landelijk gebied (Veiligheidsregio Groningen, 2021). Ook de kwetsbaarheid van gebouwen en infrastructuur speelt een rol (TNO, 2020b). Daarnaast is de duur van een aardbeving van invloed op de impact. Geïnduceerde aardbevingen duren over het algemeen korter dan natuurlijke aardbevingen.

Het **aantal keer** dat mensen met schade door bevingen te maken krijgen, is ook van invloed op de impact en dan met name op de gezondheid van de getroffen. Bewoners die meerdere keren schade hebben ondervonden, hebben vaker gezondheidsklachten (Stroebe et al.,

2021). Uit onderzoek van het Gronings Perspectief blijkt bijvoorbeeld dat in 2018 meer dan 85.000 mensen in Groningen last hadden van meervoudige schade aan hun woning. Van deze groep zijn er zo'n 10.000 bewoners die daadwerkelijk gezondheidsklachten hebben (University of Groningen, 2018).

## 7.4 Scenario's

In de analyse zijn ter illustratie twee fictieve aardbevings-scenario's uitgewerkt om zo van beide typen aardbevingen de mogelijke impact te kunnen schetsen; een scenario met een natuurlijke aardbeving en een scenario met een geïnduceerde aardbeving. Om tot de fictieve scenario's te komen zijn verschillende bouwstenen uit Tabel 17 geselecteerd. Beide scenario's zijn qua impact niet te vergelijken, omdat het omschreven scenario van een geïnduceerde aardbeving een veel lagere kans van optreden heeft dan het beschreven scenario voor een natuurlijke aardbeving.

### 7.4.1 Natuurlijke aardbeving

De zwaarste aardbeving in Nederland met een natuurlijke oorzaak was de aardbeving bij Roermond (Limburg) in 1992 met een magnitude van 5.8 op de Schaal van Richter. Tot deze aardbeving was de aardbeving bij Uden (Noord-Brabant) op 20 november 1932 met een magnitude van 5.0 op de Schaal van Richter de zwaarste, geregistreerde aardbeving in Nederland. Er is voor gekozen om in het fictieve scenario aan te sluiten bij de magnitude en locatie van de aardbeving in 1932.

**Tabel 25** Bepalende bouwstenen voor het natuurlijke aardbevingscenario

| Type aardbeving      | Diepte                                     | Samenstelling ondiepe ondergrond | Magnitude (Schaal van Richter)                           | Frequentie     | Type gebied            |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|------------------------|
| Natuurlijk           | 10-20 km                                   | Zand                             | 5.0                                                      | 1/100 per jaar | Landelijk<br>Stedelijk |
| Omvang gebied        | Aantal getroffen (geraakt door aardbeving) | Kwetsbare objecten <sup>19</sup> | Uitval voorzieningen/vitale infrastructuur <sup>20</sup> |                |                        |
| <100 km <sup>2</sup> | <10.000                                    | Woningen                         | Wegen                                                    |                |                        |
|                      |                                            | Zorginstellingen                 | Gasvoorziening                                           |                |                        |
|                      |                                            | Industrie                        | Hulpdiensten                                             |                |                        |
|                      |                                            | Dijken                           |                                                          |                |                        |

<sup>19</sup> Lijst is niet uitputtend.

<sup>20</sup> Lijst is niet uitputtend.



### Scenario: natuurlijke aardbeving

Het is zaterdagmiddag 27 november. In het centrum van Uden is het gezellig druk, omdat veel mensen Sinterklaasinkopen aan het doen zijn. Plotseling wordt Uden opgeschrikt door een aardbeving. De aardbeving heeft een magnitude van 5.0 op de Schaal van Richter. De beving vindt plaats langs de Peelrandbreuk, op een diepte van circa dertien kilometer.

Door de aardbeving raken meerdere gebouwen zwaar beschadigd. Er ontstaan scheuren in muren en dakpannen en brokstukken van schoorstenen vallen naar beneden. Het winkelend publiek raakt in paniek en rent alle kanten uit in de hoop een veilig heenkomen te vinden. Een aantal mensen wordt getroffen door de vallende brokstukken en raakt zwaar gewond. Hulpdiensten worden snel gealarmeerd, maar door het vele puin op straat hebben zij moeite om de slachtoffers te bereiken. Ook de N264 raakt beschadigd. Er ontstaan scheuren en gaten in het wegdek, waardoor de bereikbaarheid van de stad voor hulpdiensten van buitenaf ook belemmerd wordt.

Vanwege de vele meldingen van incidenten die bij de meldkamer binnenkomen, ontstaat er onduidelijkheid over de procedure die gevolgd moet worden in deze situatie: hoe verloopt de communicatie, wie moet er geïnformeerd worden over de situatie en wanneer moet er opgeschaald worden?

Door de beving raakt een gasleiding in Uden beschadigd, waardoor explosiegevaar ontstaat. De netbeheerder sluit de gasleiding af waardoor het gebied zonder gas komt te zitten. Ook een BRZO bedrijf op het bedrijventerrein

aan de oostkant van Uden raakt beschadigd. Er ontstaat brand, maar de opslagsystemen voor gevaarlijke stoffen blijven intact.

In het buitengebied tussen Uden en Veghel treden langs het water De Leijgraaf oeverschuivingen op als gevolg van liquefactie (het vloeibaar worden van de bodem). In de dagen voor de aardbeving heeft het flink geregend, waardoor de bodem verzadigd is met water. Door de trillingen vervloeit de bodem en ontstaan landafschuivingen. Rijkswaterstaat gaat direct aan de slag om de dijken langs de Zuid-Willemsvaart te controleren. De dijken blijken de aardbeving goed te hebben doorstaan. Op één locatie is wat land van de dijk afgeschoven, maar dit is relatief gemakkelijk te herstellen.

Uiteindelijk overlijden vijf mensen aan hun verwondingen en raken 45 mensen gewond. De kosten aan infrastructuur en de economische kosten worden geschat op enkele honderden miljoenen euro's. Tot acht dagen na de aardbeving worden naschokken gemeten met de sterkste tot 3,5 op de Schaal van Richter. De angst onder de bewoners voor weer een zware aardbeving is groot.

### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario 'natuurlijke aardbeving'. De scores zijn in een expertsessie met deskundigen op het gebied van aardbevingen tot stand gekomen. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

**Tabel 26** Scorekaart scenario natuurlijke aardbeving

| Thema                                          | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dreigingscategorie                             | Aardbeving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |
| Scenario                                       | Natuurlijke aardbeving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                     |
| Scenariotoelichting                            | In het scenario wordt de omgeving van Uden opgeschrikt door een aardbeving met een magnitude van 5.0 op de Schaal van Richter. De beving vindt plaats langs de Peelrandbreuk, op een diepte van circa dertien kilometer. Een aantal mensen raakt zwaar gewond door vallend puin, enkele gebouwen raken zwaar beschadigd en er ontstaat paniek. |                                                                                                                                                     |
| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Toelichting                                                                                                                                         |
| Waarschijnlijkheid:                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | C<br>Op basis van ervaringscijfers wordt de kans op een natuurlijke aardbeving als omschreven in het scenario ingeschat op eens in de honderd jaar. |

| Beoordeling gevolgen (impact)                   |                                                                                     |       |                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                           | Score | Toelichting                                                                                                                                                                  |
| <b>Territoriaal</b>                             | 1.1 Grondgebied                                                                     | A     | In de directe omgeving van het epicentrum is door de ontstane schade aan gebouwen en infrastructuur een deel van het gebied enkele dagen ontoegankelijk.                     |
|                                                 | 1.2 Internationale positie                                                          | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
|                                                 | 1.3 Digitale ruimte                                                                 | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
|                                                 | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied                                               | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
| <b>Fysiek</b>                                   | 2.1 Doden                                                                           | A     | In het scenario vallen 5 slachtoffers door vallende brokstukken.                                                                                                             |
|                                                 | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken                                            | B     | In het scenario vallen 45 directe gewonden. Daarnaast krijgen mensen door de aardbeving last van psychische klachten.                                                        |
|                                                 | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften                                                 | C     | Voor meer dan 10.000 mensen valt de gasvoorziening, elektriciteit en telecommunicatie uit. Het herstel van de gasaansluiting kan enkele weken duren.                         |
| <b>Economisch</b>                               | 3.1 Kosten                                                                          | B     | De totale schade wordt ingeschat op enkele honderden miljoenen Euro. Het gaat hierbij voornamelijk om materiële schade, doordat gebouwen en infrastructuur beschadigd raken. |
|                                                 | 3.2 Aantasting vitaliteit                                                           | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
| <b>Ecologisch</b>                               | 4.1 Aantasting natuur en milieu                                                     | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                         |
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                      | B     | Als gevolg van beschadigde gebouwen en de uitval van vitale processen (gas en elektriciteit) komt een deel van het openbare leven voor korte tijd stil te liggen.            |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                            | A     | De schuldvraag wordt aan de overheid gericht; had er meer gedaan kunnen worden om ernstige gevolgen van een aardbeving te kunnen beperken?                                   |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                 | B     | Door de aardbeving ontstaat tijdelijke onrust. Door de natuurlijke oorzaak van de aardbeving is de woede beperkt.                                                            |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatsovereiniteit, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het fictieve scenario natuurlijke aardbeving raakt de nationale veiligheid doordat de belangen territoriale, fysieke en economische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit worden geraakt. De belangen ecologische veiligheid en internationale rechtsorde worden niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, is over het algemeen beperkt (A) tot aanzienlijk (B). Alleen het criterium gebrek aan primaire levensbehoefte wordt ernstig (C) geraakt.

De ernstige aantasting van het criterium gebrek aan primaire levensbehoefte ontstaat doordat een gasleiding beschadigd raakt door de aardbeving en daarom de gasvoorziening wordt afgesloten. Hierdoor ontstaat bij de bewoners van het gebied gebrek aan warmte. Daarnaast is het aannemelijk dat in het getroffen gebied de elektriciteit uitvalt en daarmee de telecommunicatie niet beschikbaar is. Ook zijn door de aardbeving meerdere gebouwen ontoegankelijk geworden, omdat deze zwaar beschadigd zijn geraakt. Beschadigde gebouwen en de verstoring van enkele vitale processen verstoren het dagelijks leven aanzienlijk (B). De schade en uitval zijn het grootst in de directe omgeving van het epicentrum. Hier kan een deel van het gebied na een aardbeving enkele dagen ontoegankelijk zijn door zwaar beschadigde gebouwen en schade aan wegen en viaducten. Dit leidt tot een beperkte aantasting van het criterium grondgebied (A). Daarbuiten zijn tot op een afstand van circa 10 kilometer beperkte gevolgen te verwachten. De hersteltijd van de schade varieert; de elektriciteitsvoorziening zal over het algemeen binnen enkele dagen hersteld kunnen worden. Herstel van de gasaansluiting duurt langer, tot enkele weken, omdat dit huis-aan-huis opnieuw moet worden aangesloten.

In het scenario wordt uitgegaan van 5 dodelijke slachtoffers door vallende brokstukken als gevolg van de aardbeving. Het aantal slachtoffers dat valt door een aardbeving is onder andere afhankelijk van het moment waarop de aardbeving plaatsvindt. De zware natuurlijke aardbeving bij Roermond in 1992 vond bijvoorbeeld 's nachts plaats. Hierdoor waren er weinig mensen op straat en zijn er geen slachtoffers gevallen door vallende brokstukken. Wanneer deze aardbeving overdag had plaatsgevonden, waren er mogelijk wel slachtoffers gevallen. Naast dodelijke slachtoffers en gewonden kunnen mensen door een aardbeving ook last krijgen van mentale klachten, in de vorm van depressie, angst of posttraumatische stressstoornis (WHO, 2019).

De waarschijnlijkheid van de aardbeving als omschreven in het scenario wordt ingeschat als enigszins waarschijnlijk (C). Op 20 november 1932 is de omgeving van Uden getroffen door een aardbeving met een magnitude van 5.0 op de Schaal van Richter. Daarnaast is in Uden in de negentiende eeuw ook een zware aardbeving geweest. Hierdoor verwacht het KNMI dat dergelijke aardbevingen hier een herhalingstijd van ongeveer eens in de honderd jaar hebben.

### 7.4.2 Geïnduceerde aardbeving

De zwaarste aardbeving in Nederland met een geïnduceerde oorzaak was de aardbeving in Huizinge in 2012 met een magnitude van 3.6 op de Schaal van Richter. Het KNMI verwacht echter dat ook een geïnduceerde aardbeving met een magnitude van 5 op de Schaal van Richter mogelijk is (Arup, 2016; KNMI & TNO, 2017). Een aardbeving van een dergelijke magnitude kan grote gevolgen hebben. Om een beeld te kunnen schetsen van een zware aardbeving wordt in onderstaand fictief scenario uitgegaan van een geïnduceerde aardbeving met de magnitude van 4.8 op de Schaal van Richter. Er is aangesloten bij het scenario dat is gebruikt voor een driedaagse aardbevingsoefening in de Veiligheidsregio Groningen in 2018 (Veiligheidsregio Groningen, 2019a). Daarbij valt op te merken dat een geïnduceerde aardbeving met een magnitude van 4.8 een zeer lage kans van voorkomen heeft. Een aardbeving van een lagere magnitude heeft een grotere kans van voorkomen. In dat geval is echter ook minder impact te verwachten, waardoor de gevolgen voornamelijk regionaal zullen zijn en de nationale veiligheid niet of slechts in beperkte mate getroffen zal worden.

In onderstaande tekstblok is de achtergrondinformatie uit het evaluatierapport van de driedaagse aardbevings-oefening opgenomen over hoe het scenario in 2018 tot stand is gekomen.

In het voorjaar van 2018 is gestart met de voorbereidingen. Zo ook met de ontwikkeling van het te beoefenen scenario. De voorwaarden voor het scenario waren dat deze een zware aardbeving betrof en daarmee het Incident bestrijdingsplan (IBP) aardbevingen kon worden beoefend. Ook moest het scenario realistisch zijn.

In maart 2018 kondigde de Minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) aan de gaskraan in Groningen op termijn helemaal dicht te willen draaien. Op basis van dit kabinetsbesluit zijn door diverse instanties, zoals het Staatstoezicht op de Mijnen en de Mijnraad, in juni 2018 adviezen uitgebracht. De kans dat een zware aardbeving (tot een kracht van M5.0 op de schaal van Richter) aanwezig was en zelfs in 2019 nog iets zou toenemen, alvorens het afbouwpad van de gaswinning werd ingezet, bevestigde de noodzaak van de oefening. Deze onderzoeken vormden de basis voor het scenario. Gekozen is voor een aardbeving van M4.8 op de schaal van Richter met als epicentrum Zeerijp.

Op basis van deze aardbeving zijn door het KNMI de verwachte grondversnellingen in kaart gebracht. Er was veel kennis aanwezig van de aardbeving van 8 januari 2018 in Zeerijp (zie Tabel 16), waardoor hiermee een realistisch beeld kon worden gegeven. Dit vormde de basis voor het effectgebied van de aardbeving.

De verwachtingen van de grondversnellingen en het effectgebied zeggen echter nog niks over de effecten die vervolgens kunnen optreden. Ondanks de vele onderzoeken die in Groningen in de afgelopen jaren zijn uitgevoerd over het Groninger gasveld bleek het niet eenvoudig om op basis van de oorzaak de effecten uit te schrijven. Op dat moment waren er veel onduidelijkheden en onzekerheden over de versterkingsoperatie en over de veiligheid van huizen, de industrie en de infrastructuur. Daarom is gekozen om alle instanties, waar de actuele kennis aanwezig is, te bevragen over wat een beving als deze voor effect heeft op hun systemen of structuren. Vele diensten en instanties hebben hier gehoor aan gegeven en de meest actuele gegevens aangeleverd.

In juni 2018 is daarnaast een 'sessie fysieke effecten' georganiseerd. Zo'n 25 instanties, variërend van ziekenhuizen, vervoersbedrijven, waterschappen, telecomproviders en woningcorporaties, namen hieraan deel. Tijdens deze bijeenkomst is door de instanties gedeeld wat mogelijke effecten kunnen zijn. Een belangrijke eye opener van deze bijeenkomst was dat de onderlinge afhankelijkheden van de effecten van het scenario voor een nog groter probleem zorgden dan de stapeling van effecten. Oftewel; als de wegen onbegaanbaar zijn en je kunt niet meer bellen dan blijkt dat in vele dorpen de hulpverlening veel langer op zich laat wachten. Dit vormt een groter beroep op zelfredzaamheid van inwoners van Groningen.

Om vervolgens een realistisch beeld te kunnen geven van wat zich afspeelt in de dorpen is het gesprek aangegaan met inwoners en sociaal-maatschappelijke organisaties. Hiervoor is in juni een 'sessie maatschappelijke effecten' georganiseerd. Tijdens deze bijeenkomst waren zo'n 40 personen aanwezig. Het doel van deze bijeenkomst was om een goed beeld te krijgen van de zelfredzaamheid in het gebied. Maar ook van de mogelijke onrust die ontstaat en de uitingen hiervan. Dit vormde allemaal input voor het scenario.

In de zomermaanden is vervolgens alle aanvullende informatie verzameld om het scenario compleet te maken. Hiervoor zijn diverse gesprekken gevoerd met instellingen. Ook zijn gesprekken gevoerd met het Landelijk Operationeel Coördinatiecentrum (LOCC), het Nationaal Coördinatiecentrum (NCC) en met het Departementaal Coördinatiecentrum (DCC) van het Ministerie van EZK. Hiermee kon ook de reactie van het Rijk op een zware aardbeving als deze in het scenario worden meegenomen.

**Tabel 27** Bepalende bouwstenen voor het geïnduceerde aardbevingsscenario

| Type aardbeving | Diepte | Samenstelling ondiepe ondergrond | Magnitude (Schaal van Richter) | Frequentie                                     | Type gebied |
|-----------------|--------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| Geïnduceerd     | 3 km   | klei                             | 4.8                            | 0,03% tot 0,2% per jaar voor het Groningenveld | Landelijk   |
|                 |        |                                  |                                |                                                | Stedelijk   |

| Omvang gebied        | Aantal getroffen (geraakt door aardbeving) | Kwetsbare objecten <sup>21</sup> | Uitval voorzieningen/ vitale infrastructuur <sup>22</sup>            |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <100 km <sup>2</sup> | >10.000                                    | Woningen                         | (spoor)wegen/ bruggen                                                |
|                      |                                            | Industrie/ bedrijven             | Vitale infrastructuur (gas, elektriciteit, drinkwater, rioolgemalen) |
|                      |                                            | Kerken                           | Hulpdiensten                                                         |
|                      |                                            | Dijken                           |                                                                      |

#### Scenario: geïnduceerde aardbeving

Op maandagochtend 29 november wordt een groot deel van de provincie Groningen opgeschrikt door een enorme knal. Het is 7.08 uur. Veel mensen schrikken wakker. Anderen zitten al aan het ontbijt of zijn onderweg naar het werk. De aarde beweegt heftig. Het KNMI bevestigt dat het een aardbeving betreft met de magnitude van 4.8 op de Schaal van Richter. Het epicentrum ligt bij het dorp Zeerijp. Dit is de zwaarste aardbeving die Groningen ooit heeft meegemaakt.

In de eerste uren na de beving heerst er chaos in het getroffen gebied. Er zijn vele incidenten gebeurd in een groot gebied, variërend van ingestorte carports en auto-ongevallen tot een instorting van een kerk, maar doordat de telefonie in grote delen van het gebied is overbelast, is het lastig om een goed beeld te krijgen van de impact. In de ochtendjournaals verschijnen berichten van de schade die veelal via sociale media gedeeld zijn. Deze tonen op verscheidene plekken beelden van geschrokken mensen en gewonden. Ook laten deze de grote scheuren in gebouwen zien en zelfs ingestorte plafonds.

Het gebied dat is getroffen, is groot. Er worden uiteindelijk meer dan 300 incidenten gemeld. De meeste en de zwaarste hiervan liggen in de nabijheid van het epicentrum. Het effectgebied is echter veel groter. Het gaat om tientallen dorpen, gelegen in de gemeenten Loppersum, Het Hogeland, Delfzijl, Appingedam, Ten Boer, Midden-Groningen, Groningen en Oldambt.

In de loop van de dag wordt duidelijk dat de schade gigantisch is. Er zijn tien dodelijke slachtoffers te betreuren. Dit betreffen voornamelijk groepjes personen die bij elkaar waren in gebouwen die instortten. Het aantal gewonden is ook groot. De inwoners helpen elkaar en doen wat ze kunnen. Er zijn 130 licht- en zwaargewonden die professionele zorg behoeven.

Meerdere panden (woningen en bedrijven) zijn beschadigd of (gedeeltelijk) ingestort. Enkele panden storten na enige tijd alsnog in. Daarnaast zijn ook kerken getroffen en ander cultureel erfgoed.

De schade aan de wegen lijkt mee te vallen, maar doordat enkele bruggen zijn beschadigd, stroopt alle verkeer in het gebied op en is de bereikbaarheid een probleem. Het treinverkeer is direct stilgelegd. Als gevolg hiervan staat in het gebied urenlang een trein stil, waarin scholieren en forenzen zich ophouden. Er ontstaan meerdere gaslekkages, waarvan een aantal ook leidt tot branden.

De stroom in een aantal dorpen is uitgevallen en ook is er schade aan waterleidingen en rioolgemalen. De waterschappen hebben direct de dijken geïnspecteerd. De schade aan de dijken en coupures zijn niet zodanig dat deze voor een doorbraak zorgen. De industrie heeft schade als het gaat om scheuren in panden. Er zijn verder geen grote effecten gemeld die zorgen voor branden of uitstoot van gevaarlijke stoffen.

<sup>21</sup> Lijst is niet uitputtend.

<sup>22</sup> Lijst is niet uitputtend.

Bij de vele duizenden inwoners in het gebied zit de schrik en de angst er goed in. Het ongeloof over en de rouw om het verlies van naasten door deze beving is groot. In een aantal dorpen slaat de woede toe. Deze richt zich in enkele gevallen op hulpverleners die na lange tijd arriveren. In andere gevallen richt deze zich tot winlocaties, medewerkers van de NAM en de overheid.

Vele inwoners zijn de ochtend van de beving hun huis ontvlucht. Zij durven hun huis niet meer in uit angst voor instortingen. Ook de angst voor een nieuwe beving of een naschok is groot. Voor de komende nachten is het grote dilemma hoe hier mee moet worden omgegaan. Wie kan vertellen wanneer de huizen weer veilig zijn?

#### Beoordeling van impact en waarschijnlijkheid

Onderstaande tabel bevat de beoordeling van de waarschijnlijkheid en de impact van het scenario geïnduceerde aardbeving. Voor de regio Groningen zijn modellen beschikbaar waarmee de aardbevingsdreiging en de verwachte schade en slachtoffers berekend kunnen worden. De verwachte grondversnellingen, als gevolg van de beving in het scenario, zijn in 2018 door het KNMI in kaart gebracht. Hier is voor onderstaande beoordeling gebruik van gemaakt. De gevolgen (schade en slachtoffers) zijn niet berekend, maar globaal ingeschat in een expertsessie met deskundigen op het gebied van aardbevingen. Door berekeningen met modellen kan een meer onderbouwde schatting van schade en slachtoffers worden gemaakt. In de tabel staat een overzicht van de impactbeoordelingen op alle impactcriteria, met een beknopte toelichting. Een uitgebreidere toelichting volgt onder de tabel.

**Tabel 28** Scorekaart scenario geïnduceerde aardbeving

| Thema                                          |                                       | Klimaat- en natuurrampen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dreigingscategorie</b>                      |                                       | Aardbeving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Scenario</b>                                |                                       | Geïnduceerde aardbeving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Scenariotoelichting</b>                     |                                       | In het scenario wordt de omgeving van Zeerijp opgeschrikt door een aardbeving met een magnitude van 4.8 op de Schaal van Richter. Er ontstaat chaos in het gebied door de vele incidenten als gevolg van de aardbeving. Er vallen doden en gewonden en gebouwen raken zwaar beschadigd of storten in. Het ongeloof en de woede is groot. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Waarschijnlijkheidsbeoordeling (binnen 5 jaar) |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Waarschijnlijkheid:</b>                     |                                       | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Op basis van berekeningen is de overschrijdingskans op een aardbeving met een magnitude van 4.8 of meer op de Schaal van Richter in het Groningenveld tussen de 0,03 en 0,2% per jaar (TNO, 2021). De combinatie van de verschillende factoren van het scenario (de zware beving zelf, instorten van gebouwen, slachtoffers) leidt tot een A-beoordeling. |
| Beoordeling gevolgen (impact)                  |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Veiligheidsbelang                              | Criterium                             | Score                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Territoriaal</b>                            | 1.1 Grondgebied                       | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | In de directe omgeving van het epicentrum (<100 km <sup>2</sup> ) is door de ontstane schade aan gebouwen en infrastructuur een deel van het gebied enkele dagen ontoegankelijk.                                                                                                                                                                          |
|                                                | 1.2 Internationale positie            | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                | 1.3 Digitale ruimte                   | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                | 1.4 Bondgenootschappelijk grondgebied | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Veiligheids-belang                              | Criterium                                                                           | Score | Toelichting                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fysiek</b>                                   | 2.1 Doden                                                                           | B     | In het scenario vallen 10 slachtoffers door vallende brokstukken of instortende gebouwen.                                                                                                                   |
|                                                 | 2.2 Ernstig gewonden en chronisch zieken                                            | E     | In het scenario vallen 130 directe gewonden. Daarnaast krijgt een groot aantal mensen (circa 10.000) psychische gezondheidsklachten door meervoudige schade aan woningen door aardbevingen.                 |
|                                                 | 2.3 Gebrek primaire levensbehoeften                                                 | C     | Een aantal gebouwen stort in en anderen raken beschadigd. Ook de vitale infrastructuur, zoals elektriciteit, wordt getroffen. Dat raakt meer dan 10.000 mensen.                                             |
| <b>Economisch</b>                               | 3.1 Kosten                                                                          | C     | De totale schade wordt ingeschat op enkele miljarden Euro. Het gaat hierbij voornamelijk om materiële schade, doordat gebouwen instorten en infrastructuur beschadigd raakt, maar ook om gezondheidsschade. |
|                                                 | 3.2 Aantasting vitaliteit                                                           | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                        |
| <b>Ecologisch</b>                               | 4.1 Aantasting natuur en milieu                                                     | 0     | Niet van toepassing.                                                                                                                                                                                        |
| <b>Sociaal-politiek</b>                         | 5.1 Verstoring dagelijks leven                                                      | C     | Als gevolg van ingestorte en beschadigde gebouwen en de uitval van de vitale infrastructuur (gas en elektriciteit) komt een deel van het openbare leven voor enkele dagen stil te liggen.                   |
|                                                 | 5.2 Aantasting democratische rechtsstaat                                            | C     | Er is een groot verlies aan vertrouwen. Dit zal zich voornamelijk richten op de rijksoverheid en de NAM.                                                                                                    |
|                                                 | 5.3 Sociaal-maatschappelijke impact                                                 | C     | Als uiting van woede en frustraties zijn, naast demonstraties, geweldsincidenten door enkelingen voorstelbaar.                                                                                              |
| <b>Internationale rechtsorde en stabiliteit</b> | 6.1 Staatsovereenkomst, vreedzame co-existentie en vreedzame geschillen-beslechting | 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

Het fictieve scenario geïnduceerde aardbeving raakt de nationale veiligheid doordat de belangen territoriale, fysieke en economische veiligheid en sociaal-politieke stabiliteit worden geraakt. De belangen ecologische veiligheid en internationale rechtsorde worden door een geïnduceerde aardbeving niet geraakt. De mate waarin de onderliggende criteria geraakt worden, varieert sterk van beperkt (A) tot catastrofaal (E).

### Aantasting grondgebied

Het Groningenveld heeft een oppervlakte van ongeveer 900 km<sup>2</sup> (Commissie Mijnbouw, 2022). Daardoor kan in potentie een groot gebied door een aardbeving getroffen worden. De gevolgen van de aardbeving zijn afhankelijk van de grondversnelling. Deze is het grootst in de directe

omgeving van het epicentrum, waardoor ook hier de gevolgen het grootst zijn. Voor het aardbevingsscenario is in 2018 de verwachte grondversnelling in kaart gebracht, zie Figuur 5. In dit kaartje is te zien dat de verwachte grondversnelling als gevolg van de aardbeving oploopt tot 14 (% zwaartekrachtversnelling) in de directe omgeving van het epicentrum. Woningen in Nederland worden gebouwd onder een norm om een belasting van 5-7 (% zwaartekrachtversnelling) te kunnen weerstaan. Dit houdt in dat in het gebied met een grondversnelling van 8 of meer de kans bestaat dat woningen instorten. In het scenario wordt ervan uitgegaan dat een deel van het gebied met de hoogste grondversnellingen na de aardbeving enkele dagen ontoegankelijk is door ingestorte gebouwen en schade aan wegen en viaducten. Dit leidt tot een beperkte aantasting van het criterium grondgebied (A).

**Figuur 5** Verwachte grondversnelling voor de in het scenario beschreven aardbeving





#### *Gebrek primaire levensbehoefte en verstoring dagelijks leven*

De ernstige (C) aantasting van de criteria gebrek aan primaire levensbehoefte en verstoring van het dagelijks leven ontstaan doordat in het scenario door de aardbeving gebouwen instorten of zwaar beschadigd raken. Daarnaast wordt in het scenario vitale infrastructuur, zoals de gas-, elektriciteits- en drinkwatervoorziening geraakt. Primaire levensbehoeften als warmte, drinkwater en beschikbaarheid van een veilige woonomgeving worden hierdoor voor een groot aantal mensen (meer dan 10.000) aangetast en het dagelijks leven raakt verstoord.

De hersteltijd van de schade in het zwaarst getroffen gebied loopt, in dit scenario, op tot maanden. Dit komt onder andere doordat gebouwen, wegen en spoorwegen hersteld moeten worden en de gasvoorziening na afsluiting huis-aan-huis opnieuw moet worden aangesloten.

#### *Doden, ernstig gewonden en chronisch zieken*

In het scenario wordt uitgegaan van 10 dodelijke slachtoffers door instortende gebouwen en vallende brokstukken als gevolg van de aardbeving, hoewel de kans daarop klein is (TNO, 2021). Het aantal slachtoffers dat valt door een aardbeving, is onder andere afhankelijk van het moment waarop de aardbeving plaatsvindt. De zware natuurlijke aardbeving in Roermond in 1992 vond bijvoorbeeld 's nachts plaats. Hierdoor waren er weinig mensen op straat en zijn er geen slachtoffers gevallen door vallende brokstukken. Wanneer deze aardbeving overdag had plaatsgevonden, waren er mogelijk wel slachtoffers gevallen.

Naast doden, vallen er in dit scenario ook gewonden door de aardbeving. Het gaat hierbij om directe gewonden door bijvoorbeeld vallende brokstukken, maar mensen kunnen ook last krijgen van mentale klachten, in de vorm van depressie, angst of posttraumatische stressstoornis (WHO, 2019). In het scenario wordt het criterium ernstig gewonden en chronisch zieken catastrofaal (E) geraakt. Dit hangt samen met het aantal mensen dat psychische klachten krijgt door de aardbeving. Rondom de gaswinning in Groningen is te zien dat hier daadwerkelijk sprake van is. Het Gronings Perspectief bestudeert sinds 2015 de psychosociale impact van de gaswinning op bewoners van Groningen, door langdurig de attitudes en het psychosociaal welbevinden van individuele bewoners en gemeenschappen in kaart te brengen. Uit deze onderzoeken blijkt dat de gevolgen van de gaswinning de gezondheid en ervaren veiligheid van bewoners ondermijnen (Stroebe et al., 2021). Hierbij spelen een rol: het aantal keer dat aardbevingen met schade voorkomen en het verloop van de procedures voor afhandeling van schade en versterking. Bewoners met meervoudige schade zijn aanzienlijk minder gezond en voelen zich minder veilig dan bewoners zonder schade aan hun woning. Zij hebben meer kans op

geestelijke ongezondheid, meer stress-gerelateerde fysieke klachten, een minder goede ervaren gezondheid en maken zich meer zorgen. Deze gezondheidseffecten kunnen, op termijn, ook geassocieerd worden met andere ernstige gezondheidsproblemen, met zelfs overlijden tot gevolg (Stroebe et al., 2021). Uit onderzoek van het Gronings Perspectief blijkt dat in 2018 meer dan 85.000 mensen in Groningen last hadden van meervoudige schade aan hun woning. Van deze groep zijn er zo'n 10.000 bewoners die daadwerkelijk gezondheidsklachten hebben (University of Groningen, 2018). Een dergelijke zware aardbeving als beschreven in dit scenario, volgend op eerdere aardbevingen, kan dus leiden tot een groot aantal mensen met stress, die psychische zorg nodig hebben.

#### *Aantasting democratische rechtsstaat*

Het criterium aantasting democratische rechtsstaat wordt in het scenario ernstig (C) geraakt, doordat er door de aardbeving een groot verlies aan vertrouwen ontstaat richting instanties zoals de Rijksoverheid en de NAM. Dit is ook daadwerkelijk te zien rondom de gaswinning in Groningen. Uit onderzoek van het Gronings Perspectief blijkt dat er onder de bewoners in Groningen veel wantrouwen is ten opzichte van instanties, die verantwoordelijk zijn voor de gaswinning, met name de Rijksoverheid en de NAM (Stroebe et al., 2021). Bij mensen met meervoudige schade aan hun woningen als gevolg van de gaswinning, is het vertrouwen aanzienlijk minder dan bij mensen zonder schade. Daarbij komt dat mensen zich minder veilig voelen als ze weinig vertrouwen hebben in overheden (Stroebe et al., 2021). Op basis van metingen na recente aardbevingen blijkt dat het vertrouwen in de Rijksoverheid en NAM steeds sterk afneemt na het moment dat bewoners een aardbeving gevoeld hebben en dat het zich daarna langzaam herstelt.

#### *Sociaal-maatschappelijke impact*

Het criterium sociaal-maatschappelijke impact wordt in het scenario ernstig (C) geraakt. Er wordt vanuit gegaan dat als uiting van woede en frustraties, naast demonstraties, geweldsincidenten door enkelingen voorstelbaar zijn. Dit is ook daadwerkelijk te zien rondom de gaswinning in Groningen. Uit onderzoek van het Gronings Perspectief blijkt dat er onder de bewoners in Groningen woede is tegenover de Rijksoverheid. Ze voelen zich niet serieus genomen, zijn ontevreden over het handelen van de rijksoverheid en sommige bewoners hebben het idee dat de regering bewust manipuleert, ten nadele van Groningers en ten voordele van hun eigen politieke partijen (Stroebe et al, 2019; Stroebe et al., 2021). De herhaalde aardbevingen zorgen voor ontwrichting van de Groningse samenleving en sociale onrust. Sommige bewoners uiten de woede door deel te nemen aan demonstraties of door te protesteren, maar het is ook denkbaar dat overgegaan wordt op extremere/radicalere vormen van actie (Stroebe et al, 2019).

Activisme kan voor hen als middel dienen om hun woede te uiten, regie terug te krijgen en snellere verbetering van hun situatie af te dwingen (Stroebe et al, 2019).

#### Waarschijnlijkheid

De waarschijnlijkheid van de aardbeving als omschreven in het scenario wordt ingeschat als zeer onwaarschijnlijk (A). Op basis van berekeningen is de overschrijdingskans voor een aardbeving met een magnitude van 4.8 of meer op de Schaal van Richter voor het hele Groningenveld tussen de 0,03 en 0,2% in het gasjaar 2021/2022 (TNO, 2021). De combinatie van de verschillende factoren van het scenario (de zware beving zelf, instorten van gebouwen, slachtoffers) zorgt ervoor dat de kans van optreden van het scenario nog kleiner is.

De weergegeven overschrijdingskans is zoals deze op dat moment (2021) werd ingeschat. Vanwege de veiligheidsrisico's, die geïnduceerde aardbevingen met zich meebrengen, heeft het toenmalig kabinet in 2018 besloten om de gaswinning in Groningen te beëindigen (Tweede Kamer, 2018). Wanneer de gaswinning stopt, is de verwachting dat het aantal geïnduceerde aardbevingen zal afnemen. Het verwachte jaarlijks aantal bevingen met een magnitude groter dan 1,5 in het hele Groningenveld neemt naar verwachting af van gemiddeld 5,64 in het gasjaar 2021/2022 tot 2,66 in het gasjaar 2030/2031, waarvan de meeste bevingen per vierkante kilometer naar verwachting ten noordwesten van Loppersum plaatsvinden. De verwachting is dat de kans op een aardbeving met een magnitude van 4.8 op de Schaal van Richter over vijf jaar (in gasjaar 2026/2027) tussen de 0,02 en 0,12% is in het Groningenveld (TNO, 2021). Als gevolg van het dalend

aantal bevingen neemt ook de seismische dreiging, het persoonlijk risico en de kans op schade jaarlijks af (TNO, 2021). De waarschijnlijkheid van maatschappelijke onrust en gezondheidseffecten door (kleinere) aardbevingen blijft wel aanwezig.

De seismische risicoanalyse van TNO (2021) combineert de verwachtingen voor de groundbewegingen met een inschatting van de kwetsbaarheid van de gebouwvoorraad in de regio. Dit leidt tot een inschatting van het Lokaal Persoonlijk Risico (LPR) per gebouw: dit risico is gedefinieerd als de jaarlijkse kans op overlijden van een persoon in (de directe nabijheid van) een gebouw, als gevolg van het geheel of gedeeltelijk instorten van dat gebouw door aardbevingen. Deze kans kan vervolgens getoetst worden aan de vastgestelde veiligheidsnorm, de Meijdamnorm, om te komen tot een veiligheidsbeoordeling. Alle gebouwen in het aardbevingsgebied voldoen volgens de voorgeschreven modellen vanaf gasjaar 2021/2022 aan de Meijdamnorm: de verwachtingswaarde van het risico (LPR) voor alle gebouwen is aanzienlijk lager dan  $10^{-5}$  per jaar in gasjaar 2021/2022 en verder (TNO, 2021). Echter, volgens SodM moet het grootste deel van de versterkingsoperatie in Groningen nog worden uitgevoerd, meer dan 13.000 adressen moeten nog worden versterkt. Volgens de toezichthouder betekent dit dat er nog steeds een te grote kans is dat huizen instorten bij een zware aardbeving, waardoor bewoners gewond kunnen raken en zelfs kunnen overlijden als ze niet tijdig uit hun huis weggelopen (NOS, 2022).

## 8. Sluimerende dreigingen en wild cards

Naast de op bouwstenen gebaseerde scenario's, zoals in de hoofdstukken hiervoor beschreven, worden er binnen dit thema ook sluimerende dreigingen en wild cards beschouwd. Sluimerende dreigingen kunnen op langere termijn, 10 tot 20 jaar, tot een dreiging leiden. Hiermee wordt ook ruimte gegeven om dreigingen te beschrijven die niet acuut optreden, maar meer een sluimerend karakter hebben. Wild-card-scenario's hebben een relatief lage waarschijnlijkheid en een hoge impact of grote onzekerheid ten opzichte van de scenario's die op de bouwstenen zijn gebaseerd, waardoor ook de extremere, minder voor de hand liggende dreigingen inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Onderstaand zijn voor het thema klimaat- en natuurrampen een sluimerende dreiging en een wild card uitgewerkt.

### 8.1 Sluimerende dreiging klimaatverandering en zeespiegelstijging

Klimaatverandering is een belangrijke ontwikkeling die van invloed is op vrijwel alle dreigingen onder het thema klimaat- en natuurrampen. Het weer wordt steeds extremer, doordat het steeds warmer en droger wordt, neemt de kans op onbeheersbare natuurbranden toe en door extremere neerslag en de zeespiegelstijging neemt de kans op overstromingen toe. In Hoofdstuk 3 is een algemene inleiding gegeven op klimaatverandering.

Klimaatverandering is met zijn gevolgen, zoals zeespiegelstijging, een sluimerende dreiging. De zeespiegel stijgt door het smelten van gletsjers en ijskappen en door uitzetting, omdat warm water meer ruimte inneemt dan koud water. Wereldgemiddeld is de zeespiegel van 1901 tot 2018 met ongeveer 20 centimeter gestegen en de stijging gaat steeds sneller (KNMI, 2021). De verwachting is dat bij de huidige mate van uitstoot van broeikasgassen de zeespiegel voor de Nederlandse kust rond 2100 zou kunnen stijgen tot 1,2 meter ten opzichte van begin deze eeuw. Een hogere zeespiegel zorgt voor een vergrote kans op overstromingen vanuit zee. Met de zeespiegel stijgen ook de waterstanden

in de rivieren, waardoor ook de kans op overstromingen vanuit de rivieren wordt vergroot (Nu.nl, 2021a).

De zeespiegelstijging kan oplopen tot 2 meter in 2100 en tot 3 á 5 meter in 2150 als de Antarctische Ijskap instabiel wordt (KNMI, 2021; Nu.nl, 2021b). Een groep Amerikaanse wetenschappers heeft aangetoond dat de oostelijke ijsplaat van Antarctica steeds meer scheuren begint te vertonen en mogelijk binnen vijf jaar al volledig opbreekt. Hierdoor kan de achterliggende gletsjer versneld richting zee glijden (Volkskrant, 2021). Dit heeft grote gevolgen voor de zeespiegelstijging. Als de gletsjer in zijn geheel smelt, stijgt de zeespiegel gemiddeld 65 centimeter (Nu.nl, 2021c). In de Noordzee zal dat nog meer zijn. De ijskap op Antarctica heeft zoveel massa dat deze het oceanwater naar zich toetrekt. Door dit zwaartekrachteffect zal de zeespiegel bij Nederland nog extra stijgen wanneer de ijskap in zijn geheel afsmelt. Dit kan rond 2100 oplopen tot 8 procent meer dan het wereldgemiddelde (Nu.nl, 2021d). Er is echter nog veel onzeker rondom de stabiliteit van de ijsplaat.

De zeespiegel zal blijven stijgen, ook wanneer de uitstoot van broeikasgassen sterk wordt verminderd. Dit komt door de trage reactie van de oceanen op de opwarming en het massaverlies van de ijskappen. Doordat deze processen een lange reactietijd kennen, kan de ingezette verandering niet zomaar worden gestopt (KNMI, 2021). Als gevolg hiervan zal ook na 2100 de zeespiegel blijven stijgen.

Naast de zeespiegelstijging is in Nederland sprake van bodemdaling. Doordat het grootste deel van het land omringd is door dijken, vindt er geen natuurlijke aangroei van land meer plaats door klei- en zandafzettingen vanuit rivieren die buiten hun oevers treden of vanuit de zee bij hoogwater. Daarnaast ontwateren de veengebieden. Hierdoor klinkt de bodem in, waardoor grote delen van Nederland steeds dieper komen te liggen. Door klimaatverandering, met de hogere temperaturen en veranderende neerslagpatronen, versnelt en verergert de bodemdaling in de veengebieden. Door de bodemdaling is de relatieve zeespiegelstijging voor Nederland nog groter.

Doordat Nederland steeds lager komt te liggen, is er steeds meer bemaling nodig om de polders droog te houden (Nu.nl, 2021a). Daarnaast worden door bodemdaling de potentiële overstromingsdieptes en daarmee de gevolgen van overstromingen groter (Kennisportaal Klimaatadaptatie, 2021).

Door experts wordt een zeespiegelstijging van 1 tot 2 meter gezien als drempelwaarde die Nederland kan opvangen met klassieke maatregelen als dijken en zandsuppleties. Bij een nog grotere zeespiegelstijging wordt de opstuwing van rivierwater en steeds grotere druk van zout grondwater problematisch, waardoor andere oplossingen nodig zijn (Nu.nl, 2021d). Mogelijk zijn bij een grotere zeespiegelstijging de laagstgelegen delen van Nederland onhoudbaar (Nu.nl, 2021c).

De Randstad is één van de gebieden in Nederland die kwetsbaar zijn voor de gevolgen van klimaatverandering, zoals zeespiegelstijging, en waarbij de kwetsbaarheid steeds verder zal toenemen. De Randstad is het meest dichtbevolkte gebied van Nederland met grote economische waarde. Er wordt volop geïnvesteerd en gebouwd in dit gebied. Tot 2030 is er in Nederland een woningbouwopgave van circa 1 miljoen woningen. Naar schatting worden 820.000 woningen gepland in overstroombaar, slap, zettingsgevoelig en nat gebied, waaronder de Randstad, dus op locaties die nu al kwetsbaar zijn voor wateroverlast en bodemdaling (Glas, 2021). De kans op grote schade bij een overstroming neemt door deze investeringen steeds verder toe. Een voorbeeld van een dergelijke ontwikkeling is het initiatief van de gemeente Zuidplas om een nieuw dorp te bouwen in de Zuidplaspolder. Het idee is om in het gebied tussen de A20, N219 en de spoorlijn Gouda-Den Haag een dorp van 8.000 woningen inclusief voorzieningen en ruimte voor ondernemers en bedrijven te realiseren (Kuiper compagnons, 2021). De Zuidplaspolder ligt op het laagste punt van Nederland, 6,76 meter onder NAP. Daarnaast zijn er twee rivieren in het gebied, de Hollandse IJssel en de Gouwe, die een potentieel overstromingsrisico met zich meebrengen (NOS, 2021). In het algemeen worden woningen gebouwd met een levensduur van 50-100 jaar. De infrastructuur die om de woningen wordt gerealiseerd hebben een nog langere levensduur. Dat betekent dat deze investeringen zeker te maken krijgen met de langetermijneffecten van klimaatverandering (Glas, 2021).

De sluimerende dreiging klimaatverandering en de daarmee samenhangende gevolgen, zoals zeespiegelstijging en bodemdaling, en de doorgaande investeringen in de hiervoor gevoelige gebieden, leiden tot een grotere kwetsbaarheid. Zo zorgt het ervoor dat, wanneer er op de lange termijn een overstroming plaatsvindt, de nationale veilig-

heidsbelangen ernstiger worden geraakt. Voornamelijk voor de belangen fysieke veiligheid, economische veiligheid en sociaal-politieke stabiliteit zal de impact toenemen, terwijl deze belangen bij een overstroming op korte termijn al catastrofaal geraakt worden. Daarnaast kan het op termijn leiden tot andere gevolgen, zoals de waardedaling van woningen of hoge verzekeringspremies. Een ander voorbeeld betreft financiële instabiliteit wanneer de financiële risico's van klimaatverandering worden verrekend in bijvoorbeeld de aandelen van het bedrijfsleven (CPB, 2021).

## 8.2 Wild card overstroming dijkkringgebied 14

Dijkkringgebied 14 is één van de grootste dijkkringen in Nederland. Het omvat delen van de provincies Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht. De grote steden Rotterdam, Amsterdam, Den Haag, Haarlem, Leiden en Delft zijn binnen deze dijkkring gelegen. Het is het meest dichtbevolkte gebied van Nederland en is van grote economische waarde. Dijkkringgebied 14 is de dijkkring in Nederland met het hoogste beschermingsniveau tegen overstromingen. De kans op een overstroming van deze dijkkring is daardoor (zeer) klein. De gevolgen van een overstroming, zijn hier echter enorm. Om een beeld te geven van de mogelijke impact is als wild card scenario een overstroming van deze dijkkring uitgewerkt. Het scenario en de impact hiervan is gebaseerd op de overstromingsscenario's die zijn beschreven in de rapportage Veiligheid Nederland in kaart (Vergrouwe et al, 2014) en het Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO) (Rijkswaterstaat, 2021).

### Fictieve verhaallijn:

Er is sprake van een extreem zware noordwesterstorm in Nederland met een windkracht die oploopt tot 12 Beaufort. De depressie ligt boven de Waddenzee, waardoor de Westkust de volle laag krijgt. De storm van orkaankracht valt samen met springtij, waardoor het water extra hoog wordt opgestuwd. De golven beuken hard op de duinen. Ook wordt het water in de Nieuwe Waterweg hoog opgestuwd.

De duinen ter hoogte van Scheveningen en Kijkduin blijken niet opgewassen tegen het natuurgeweld en breken door. Binnen enkele uren overstroomt grote delen van Den Haag. Eerst loopt het centrum van Den Haag onder en daarna verspreidt het water zich verder in noordoostelijke en zuidwestelijke richting. De maximale waterdiepten in het centrum lopen op tot ruim 1 meter en in de rest van de stad tot ruim 1,5 meter.

De paniek in de omringende gebieden breekt uit. In verschillende gebieden langs de kust en de grote rivieren besluiten mensen te vluchten, omdat zij bang zijn dat op meerdere plekken de dijken zullen doorbreken.

Die angst blijkt gegrond. Ook de dijken langs de Nieuwe Waterweg blijken niet bestand tegen de extreme waterstanden en weersituatie. Op verschillende plekken breken de dijken door. Allereerst bij Hoek van Holland, maar later ook bij Schiedam, Rotterdam en Capelle a/d IJssel. Binnen zeer korte tijd na de doorbraken, overstroomt een groot deel van Rotterdam, Schiedam, Capelle a/d IJssel en Nieuwerkerk a/d IJssel. De waterdiepte loopt bij Rotterdam en Schiedam snel op tot bijna 3 meter en direct achter de bres bij Capelle zelfs tot meer dan 4 meter. Veel mensen bevinden zich op straat in een poging te vluchten. Zij worden verrast door het snel stijgende water, waardoor veel slachtoffers vallen. Vooral in het gebied ten zuiden van de A20 bij Capelle a/d IJssel is het slachtofferaantal groot, alleen hier vallen al bijna 14.000 slachtoffers.

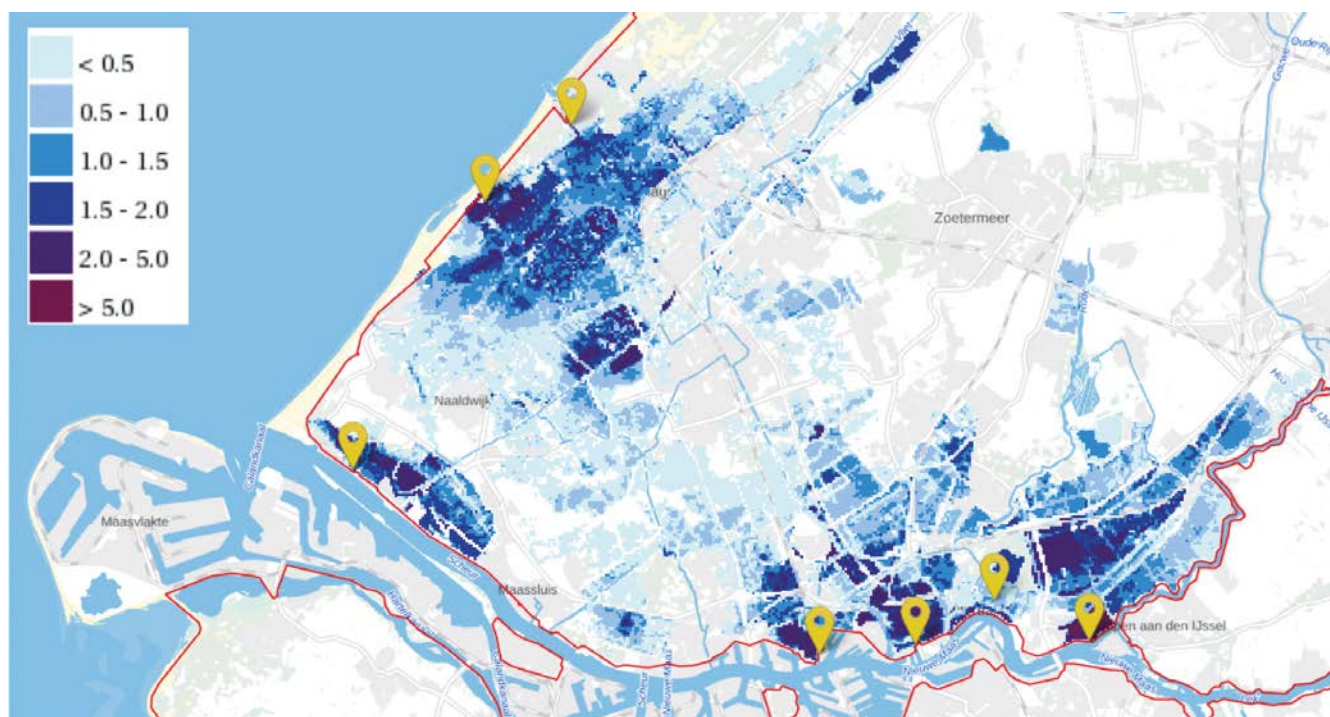
Het water blijft zich snel verspreiden. Binnen enkele uren overstroomt ook Vlaardingen. Na enkele dagen loopt een groot deel van het landelijk gebied tussen Den Haag, Nootdorp, Bleiswijk, Zevenhuizen, Nieuwerkerk a/d IJssel, Rotterdam en Maassluis en het gebied ten zuiden van de Maasdijk onder water met waterdiepten die variëren van 1 tot 2 meter.

Als gevolg van de overstromingen vallen binnen heel dijkkring 14 circa 30.000 slachtoffers en in totaal worden zo'n 1,5 miljoen mensen getroffen. De economische schade loopt op tot 53 miljard euro. Door de overstroming vallen voorzieningen als water, elektriciteit, telecommunicatie, riolering, transport en gas verwarming uit. Deze voorzieningen vallen ook in omringende gebieden, die niet overstroomd zijn, uit doordat in het overstroomde gebied cruciale verbindingen en netwerken liggen.

Na herstel van de dijken moet het overstroomde gebied worden leeggepompt. Omdat het overstroomde gebied onder zeeniveau ligt, is leegstromen onder vrij verval niet mogelijk. Het duurt bijna een jaar voordat al het water weer weg is. Twee jaar na de dijkdoorbraken is het gebied schoongemaakt en is de vitale infrastructuur hersteld.

De bewoners van de kustgebieden zijn door de ramp bang geworden voor nieuwe overstromingen. De berichten over de verder versnellende zeespiegelstijging, die steeds vaker in de media komen, versterken dit angstige gevoel. Langzaamaan besluiten hierdoor steeds meer mensen te vertrekken richting het oosten van het land. Over enkele tientallen jaren leidt dit tot een relatieve leegloop van de westelijke provincies. Daarnaast wordt er door de leegloop steeds minder geïnvesteerd in westelijk Nederland waardoor infrastructuur, bedrijvigheid en de kwaliteit van de leefomgeving langzaamaan verslechteren en het steeds minder aantrekkelijk wordt om hier te wonen.

**Figuur 6** Breslocaties en waterdiepte bij overstroming





<sup>23</sup> In het themarapport Risicoanalyse Caribisch deel van het Koninkrijk der Nederlanden worden ook andere natuurrampen besproken.



Door de omvang van de getroffen gebieden bestaat tijdens de herstelperiode tevens het gevaar dat mensen in het ene gebied het gevoel krijgen slechter af te zijn dan mensen in andere gebieden, door keuzes die worden gemaakt tijdens het herstel. Dit kan tot onbegrip en woede leiden onder de getroffen.

Opvallend is dat klimaat- en natuurrampen een brede impact hebben. Vrijwel alle nationale veiligheidsbelangen kunnen worden geraakt. Het gaat hierbij om de belangen territoriale, fysieke, economische en ecologische veiligheid en sociaal-politiek stabiliteit. Alleen het belang internationale rechtsorde wordt door klimaat- en natuurrampen niet geraakt. Het belang fysieke veiligheid wordt het ernstigst geraakt. Hierbinnen vallen de criteria doden, gewonden en chronisch zieken en gebrek aan primaire levensbehoefte. Alle drie de criteria kunnen door klimaat- en natuurrampen sterk getroffen worden. Opvallend is vooral de hoge scores op het criterium ernstig gewonden en chronische zieken. Hierbij gaat het enerzijds om mensen die direct gewond raken, bijvoorbeeld door vallende brokstukken bij een aardbeving of onderkoeling bij een overstroming. Anderzijds kan een ramp mentale problemen veroorzaken, in de vorm van depressie, angst of posttraumatische stressstoornis, zowel in het getroffen gebied als daarbuiten. Ook dit raakt de nationale veiligheid wanneer hier op grote schaal sprake van is.

Klimaat- en natuurrampen hebben een sterke koppeling met vitale processen. Bij vrijwel alle typen klimaat- en natuurrampen kunnen vitale processen als elektriciteits-, drinkwater- en gasvoorziening en telecommunicatie worden geraakt. Dit geldt niet alleen binnen het direct getroffen gebied, maar ook daarbuiten kan een deel van de vitale processen uitvallen door cascade-effecten. Uitval van vitale processen zorgt ervoor dat het dagelijks leven verstoord raakt en er gebrek aan primaire levensbehoeften kan ontstaan.

Ook is er een sterke koppeling met economische dreigingen. Door verschillende type klimaat- en natuurrampen kan bijvoorbeeld de knooppuntfunctie van Nederland bedreigd worden, doordat bepaalde transportmogelijkheden tijdelijk niet bruikbaar zijn. De aan- en afvoer van goederen van en naar het achterland wordt hierdoor beperkt. Dit leidt tot de toename van transportprijzen, welvaartsverliezen en tekorten van bepaalde producten.

Zoals gezegd loopt ook de waarschijnlijkheid van de scenario's sterk uiteen. Sommige dreigingen treden al vaker op, maar de impact blijft tot nog toe relatief beperkt. Het is echter goed voorstelbaar dat de impact groter zal worden en de dreiging daadwerkelijk zal uitgroeien tot een ramp. Een voorbeeld hiervan is natuurbranden. Gemiddeld komt

vrijwel elk jaar een onbeheersbare natuurbrand voor. Door het intensieve gebruik van natuurgebieden is de kans op slachtoffers groot. Daarbij komt dat wanneer meerdere branden tegelijk ontstaan, dit uitdagingen oplevert voor de verdeling van bestrijdingscapaciteiten. Daarnaast worden er nauwelijks beheersmaatregelen genomen om het risico te verkleinen. Het is volgens de deskundigen daarom niet de vraag of maar wanneer een onbeheersbare natuurbrand optreedt, waarbij ernstige gevolgen zullen ontstaan.

Het uitgewerkte scenario van een geïnduceerde aardbeving wordt als zeer onwaarschijnlijk ingeschat. Dit volgt uit de combinatie van de verschillende factoren van het scenario, namelijk de zware aardbeving en daarbij de grote gevolgen, zoals slachtoffers en het instorten van gebouwen. Dit neemt niet weg dat er meermaals geïnduceerde aardbevingen, met een lager magnitude dan in het scenario, in Nederland voorkomen, met name in Groningen. Deze aardbevingen hebben in het getroffen gebied grote impact, maar hierbij is geen sprake van dodelijke slachtoffers en ingestorte gebouwen.

In deze analyse ligt de nadruk op dreigingen die Nederland binnen nu en vijf jaar kunnen raken. Om meer sluimerende dreigingen in beeld te krijgen, is ook gekeken naar ontwikkelingen die op langere termijn, 10 tot 20 jaar, tot dreigingen kunnen leiden of die van invloed zijn op de impact en waarschijnlijkheid van de dreigingen en er daardoor voor kunnen zorgen dat op termijn de nationale veiligheid ernstiger of sneller geraakt wordt.

Klimaatverandering is een belangrijke ontwikkeling die van invloed is op de impact en waarschijnlijkheid van vrijwel alle dreigingscategorieën (behalve aardbevingen). Hier wordt in onderstaande kader verder op ingegaan. Naast klimaatverandering zijn de economische groei en demografische ontwikkeling in Nederland van invloed op de impact van de dreigingscategorieën. Door economische groei en bevolkingsgroei in gebieden die vatbaar zijn voor overstromingen of natuurbranden neemt de mogelijke impact hiervan toe. De economische schade zal hoger zijn, maar ook het aantal potentiële slachtoffers neemt toe. Een voorbeeld hiervan zijn de doorgaande investeringen in woningen en infrastructuur in de laagstgelegen delen van Nederland. Door de lange levensduur van deze investeringen, krijgen deze zeker te maken met de langetermijneffecten van klimaatverandering. Daarbij komt dat de maatschappij steeds kwetsbaarder wordt voor klimaat- en natuurrampen als extreem weer en aardbevingen.

Ook zijn er opkomende technologische ontwikkelingen, die, naast voordelen, ook dreigingen binnen het thema Klimaat- en natuurrampen met zich mee kunnen brengen. Een voorbeeld hiervan is geo-engineering: de grootschalige

beïnvloeding van het klimaat om de opwarming van de aarde en de effecten daarvan tegen te gaan. Verschillende landen passen al technieken van geo-engineering toe, bijvoorbeeld om extreme hitte tegen te gaan of om neerslag op te wekken, en hebben de intentie dit steeds vaker te gaan doen. De neveneffecten van geo-engineering op lange termijn voor het klimaat, het milieu en ecosystemen zijn niet bekend en mogelijk risicovol,

doordat bijvoorbeeld juist extreem weer kan ontstaan of de ozonlaag aangetast kan worden. Ook kan geo-engineering, zowel bewust als onbewust, leiden tot geopolitieke spanningen. Wanneer wereldwijd klimaatbeleid faalt, wordt de kans groter dat meerdere landen geo-engineering gaan inzetten om de gevolgen van klimaatverandering te bestrijden.

## Klimaatverandering

Als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen verandert het klimaat; het wordt wereldwijd steeds warmer. Volgens het KNMI verandert het klimaat sneller dan eerder werd gedacht en merken we dat in Nederland steeds meer. Klimaatverandering is een belangrijke driver voor het versterken van verschillende dreigingen, niet alleen binnen het thema klimaat- en natuurrampen, maar ook binnen de andere thema's van de Rijksbrede Risicoanalyse.

Door klimaatverandering neemt de kans op weersextremen toe. Weersextremen op zich zijn een dreiging voor de nationale veiligheid, maar kunnen ook andere dreigingen triggeren. Extreme neerslag kan bijvoorbeeld leiden tot overstromingen en extreme hitte en droogte kunnen leiden tot onbeheersbare natuurrampen. Extreme droogte, wateroverlast en overstromingen hebben op hun beurt als gevolg dat de vitale infrastructuur, zoals de drinkwater-, elektriciteits- en telecomvoorziening, verstoord kan raken. Daarnaast kunnen te hoge of te lage waterstanden, als gevolg van extreem weer, leiden tot verstoring van de handelsverbindingen en daarmee de knooppuntfunctie van Nederland bedreigen.

Ook de steeds hogere temperaturen kunnen dreigingen versterken. Door hogere temperaturen stijgt de zeespiegel, waardoor de kans op overstromingen toeneemt. Ook is de verwachting dat door hogere temperaturen in Nederland andere infectieziekten kunnen gaan voorkomen. Daarnaast kan het leiden tot een afname van de kwaliteit, veiligheid en kwantiteit (schaarste) van voedsel wereldwijd, met als gevolg hogere voedselprijzen en toename van migratiebewegingen.

Vraagstukken rond klimaatverandering zijn daarnaast vatbaar voor polarisatie of het ontstaan van anti-overheids-sentiment, bijvoorbeeld rondom maatregelen die genomen worden, zoals het plaatsen van windturbines, maar ook datacentra, die grootverbruikers zijn van energie, kunnen zorgen voor weerstand en spanningsvelden tussen verschillende belangen. Tevens kunnen mensen rond dit onderwerp radicaliseren vanuit een links gedachtegoed, bijvoorbeeld vanuit de gedachte dat er te weinig wordt gedaan om klimaatverandering te beperken. Ook kan klimaatverandering internationaal voor spanningen zorgen, bijvoorbeeld doordat internationaal geen consensus gevonden wordt over benodigde maatregelen, maar ook doordat de discussies rondom klimaatveranderingen kunnen worden misbruikt om spanningen tussen landen op te bouwen en buitenlandse politieke agenda's te propageren. Daarnaast ontstaat door klimaatverandering een economisch risico door structurele schade. Door te weinig te investeren in gevolgbepaling en preventie (klimaatadaptatie) bestaat het risico dat internationale kredietbeoordelaars de kredietwaardigheid van Nederland naar beneden bijstellen (FD, 2021). Ook zal verzekerbaarheid van schade onder druk komen te staan.

Klimaatverandering is dus, als driver voor het versterken van verschillende dreigingen, een sluimerende dreiging, die leidt tot een toenemende kwetsbaarheid van de nationale veiligheid. Het zorgt ervoor dat het steeds reëler wordt dat de nationale veiligheid wordt geraakt door de aan klimaatverandering gerelateerde dreigingen en dat de potentiële impact toeneemt. Daarbij komt dat de gevolgen en risico's van klimaatverandering steeds complexer worden en moeilijker te beheersen. Het IPCC-rapport van eind februari 2022 waarschuwt voor domino-effecten, waarbij verschillende klimaatgevolgen elkaar triggeren en onderling versterken (IPCC, 2022; Nu.nl, 2022). Een voorbeeld is een hittegolf die droogte veroorzaakt, gevolgd door bosbranden, biodiversiteitsverlies, hogere voedselprijzen en honger, waardoor de kwetsbaarheid van mensen en natuur voor nieuwe weersextremen toeneemt en migratiebewegingen op gang komen. Er zullen meerdere klimaatrisico's tegelijkertijd gaan optreden en meerdere klimatologische en niet-klimatologische risico's gaan op elkaar inwerken.



# 10. Bronnenlijst

## Dreigingscategorieën en aanpak

Analistenennetwerk Nationale Veiligheid. (2022). Leidraad Risicobeoordeling Rijksbrede risicoanalyse Nationale Veiligheid.

## Algemene context: klimaatverandering

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2021, oktober). Klimaatsignaal'21. *Hoe het klimaat in Nederland snel verandert*.

Nu.nl (2021, 20 juli). Klimaatverandering maakte extreme neerslag Limburg heftiger. Geraadpleegd op 31-08-2021 via: <https://www.nu.nl/klimaat/6146588/klimaatverandering-maakte-extreme-neerslag-limburg-heftiger.html?redirect=1>

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2022, maart). *Natuurinclusief Nederland. Natuur overal en voor iedereen*.

## Overstromingen

Analistenennetwerk Nationale Veiligheid (2016). Nationaal Veiligheidsprofiel 2016. *Een All Hazard overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten*.

Bossenbroek, J.C. (2012, 26 november). Veiligheid Nederland in Kaart 2. Overstromingsrisico dijkkringgebied 8: Flevoland.

Departementaal Coördinatiecentrum Crisisbeheersing (DCC-IenW) (2020, november). Landelijk Crisisplan Hoogwater en Overstromingen.

Expertisenetwerk waterveiligheid (enw) (2021, 20 september). Hoogwater 2021. Feiten en duidingen.

HKV. Kolen, B. en Wouters, C.A.H. (2007, augustus). Als het tóch misgaat: Overstromingsscenario's voor rampenplannen. Betooglijn.

HKV. Kolen, B., Zethof, M., Rongen, G. & Bierens, J.J.L.M. (2017, januari) Storylines voor het redden en vluchten na een overstroming.

Kennisportaal Klimaatadaptatie (2021). Bodemdaling (veen en klei). Geraadpleegd op 04-11-2021, via: <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/droogte/basisinformatie/bodemdaling-veen-klei/>

Kuiper Compagnons (2021, maart). Masterplan Middengebied Zuidplaspolder. *Een nieuw dorp in een vernieuwend landschap*.

Muilwijk, H., Knoop, J. & Hollander, G. de. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2014). Maatschappelijke ontworpen en overstromingen.

Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling (2021). Over veenbodemdaling. Geraadpleegd op 04-11-2021, via: <http://www.kennisprogrammabodemdaling.nl/home/over-veenbodemdaling/>

Niewenhuijs, A. & Klaver, M. TNO. Involving critical infrastructures in crisismanagement. Developing supportive method and tools.

NOS (2021, 5 april). *Een heel nieuw dorp, midden in de polder bij Gouda*. Geraadpleegd op 04-11-2021, via: <https://nos.nl/artikel/2375480-een-heel-nieuw-dorp-midden-in-de-polder-bij-gouda>

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2021). Correctie formulering over overstromingsrisico Nederland in IPCC-rapport. Geraadpleegd op 02-11-2021, via: <https://www.pbl.nl/correctie-formulering-over-overstromingsrisico>

Reen, M.J. van (2013, 16 juli). Veiligheid Nederland in Kaart 2 Overstromingsrisico dijkkringgebied 6: Friesland en Groningen.

Reen, M.J. van (2014, oktober). Veiligheid Nederland in Kaart 2. Overstromingsrisico dijkkringgebied 13, Noord-Holland.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2019). De impact van overstromingen op de drinkwatervoorziening.

Rijksoverheid (2021a). Deltaprogramma: waterveiligheid, zoetwater en ruimtelijke adaptatie. Geraadpleegd op 02-11-2021, via: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma/deltaprogramma-bescherming-tegen-overstromingen-en-zoetwatertekort>

Rijksoverheid (2021b). Deltabeslissing Waterveiligheid. Geraadpleegd op 04-11-2021, via: <https://www.deltaprogramma.nl/themas/waterveiligheid/deltabeslissing>

Rijkswaterstaat (2021a). Bekijken overstromingsscenario's. Geraadpleegd op 16-02-2022, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/scenarios/6/19732?center=51.83854,4.79794&zoom=11>

Rijkswaterstaat (2021b). Bekijken overstromingsscenario's. Geraadpleegd op 16-02-2022, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/scenarios/6/19732?center=51.86838,4.95646&zoom=13>

- Rijkswaterstaat (2021c). Overstromingskansen actueel (2021). Geraadpleegd op 13-12-2021, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/viewer/18?center=52.00051,5.29639&zoom=3>
- Rijkswaterstaat (2021d). Bekijken overstromingsscenario's. Geraadpleegd op: 10-11-2021, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/combine/7?center=51.99841,5.29816&zoom=8>
- Rijkswaterstaat (2021e). Combineren overstromings-scenario's. Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/combine/7/13757,13761,13931,17980,17974,20926,14090,14183,19421,19435,20945?center=52.65213,5.44922&zoom=10>
- Rijkswaterstaat (2021f). Combineren overstromings-scenario's. Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/combine/7/13757,13761,13931,17980,17974,20926,14090,14183,19421,19435,20945?center=52.82185,5.73898&zoom=9>
- Veiligheidsregio ZHZ (2019, 11 december). Regionaal Risicoprofiel.
- Vergouwe, R., Berg, M.C.J. van den & Scheer, P. van der (2014, mei). Veiligheid Nederland in Kaart 2 Overstromingsrisico dijkkring 16 Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden.
- Vries, L. de (2014, juni). Achtergrondrapport Alblasserwaard.
- VRT NWS (2021, 27 oktober). Schade van overstromingsramp afgelopen zomer opgelopen tot ruim 2 miljard euro. Geraadpleegd op 04-11-2021, via: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/10/27/schade-van-overstromingsramp-opgelopen-tot-ruim-2-miljard-euro/>
- Extreem weer**
- Algemeen Dagblad (AD). (2018, 13 december). 550 miljoen euro hulpgeld Sint Maarten is nog nauwelijks besteed. Geraadpleegd op 09-10-2019, van: <https://www.ad.nl/binnenland/>
- Algemeen Dagblad (AD) (2021, 28 september). Valwind blijkt peperduur: schade in Leersum loopt op tot 13,3 miljoen euro. Geraadpleegd op 20-10-2021, via: <https://www.ad.nl/utrecht/valwind-blijkt-peperduur-schade-in-leersum-loopt-op-tot-13-3-miljoen-euro~a6db8799/>
- Bouma, J. Trouw. (2017, 12 oktober). De schade op Sint-Maarten is veel groter dan gedacht. Geraadpleegd op 22-10-2019, van: <https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/de-schade-op-sint-maarten-is-veel-groter-dan-gedacht~b8061f40/>
- Buiren, K. van & Ernst, L. (2019, februari). Kerncijfers Caribische deel Koninkrijk. SEO-rapport nr. 2019-08.
- CBS News (2021, 23 juli). It's so hot in Dubai that the government is artificially creating rainstorms. Geraadpleegd op 20-01-2022, via: <https://www.cbsnews.com/news/dubai-rain-cloud-seeding-heat-weather/>
- Deltares. Bruijn, K. de & Slager, K. (2021a, november). Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?
- Deltares. Jeuken, A., Wolters, H., Schoonderwoerd, E. & Most, H. van der (2021b, 1 maart). Nederland later II - thema klimaatadaptatie.
- Driessen, A. (2017, 21 november). Noodweer in Zuidoost Brabant. Geraadpleegd op 20-10-2021, via: [20171121-IFV-Lessen-uit-crisis-en-mini-crisis-2016.pdf](https://www.driessen.nl/2017/11/21/IFV-Lessen-uit-crisis-en-mini-crisis-2016.pdf)
- Du, H. (2016). International legal framework for geoengineering: Managing the risks of an emerging technology.
- ECORYS (2019, 21 februari). Economische schade door droogte in 2018.
- ED (2016, 23 juni). Miljoenschade in Zuidoost Brabant na noodweer, kassen en oogsten verwoest. Geraadpleegd op 20-10-2021, via: <https://www.ed.nl/default/miljoenschade-in-zuidoost-brabant-na-noodweer-kassen-en-oogsten-verwoest~a744b3e7?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Expertisenetwerk waterveiligheid (enw) (2021, 20 september). Hoogwater 2021. Feiten en Duiding.
- Haarsma, R., Groenland, R., Stoffelen, A. & Geurts, H. Koninklijk Nederlands meteorologisch Instituut (KNMI). Orkanen in Caribisch Nederland. Geraadpleegd op 15-10-2019, van: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/orkanen-in-caribisch-nederland>
- Inspectie Veiligheid en Justitie. (2018, juni). Onderzoek naar het systeem van de rampenbestrijding op de BES-eilanden.
- Jonkeren, O., Rietveld, P. Ommeren, J. van & Linde, A. te (2013, 24 maart). Climate change and economic consequences for inland waterway transport in Europe, 14(3), 953-965.
- Keller, E.A. & Blodgett, R.H. (2008). *Natural Hazards. Earth's Processes as Hazards, Disasters, and Catastrophes*.
- Knutson, T.R., McBride, J.L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G.... Sugi, M. (2010, 21 februari) *Tropical cyclones and climate change*. doi: 10.1038/ngeo779.
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2018, november). De droogte van 2018. Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort.
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2020, 26 mei). Attributie van de droogte van 2018 in Nederland. Geraadpleegd op 13-12-2021, via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/attributie-van-de-droogte-van-2018-in-nederland>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2021a, 21 juni). Utrechtse Leersum getroffen door een valwind. Geraadpleegd op 20-10-2021, via: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/utrechtse-leersum-getroffen-door-een-valwind>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2021b, oktober). Klimaatsignaal'21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert.

- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2021c). Uitleg over extreem weer. Geraadpleegd op 21-10-2021, via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/extreem-weer>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2022a). Drielingstorm Dudley, Eunice en Franklin. Geraadpleegd op 01-03-2022, via: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/drielingstorm-dudley-eunice-en-franklin>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2022b). Gevoelstemperatuur bij warm weer. Geraadpleegd op 23-02-2022, via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/gevoelstemperatuur-bij-warm-weer>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2021, oktober). Klimaatsignaal'21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert.
- Loenhout, F. van, Adriaan, J., Delbiso, T.D., Kirilouk, A., Rodriguez-Llanes, J.M., Segers, J. & Guha-Sapir, D. BMC Public Health (2018). Heat and emergency room admissions in the Netherlands. 18:108 DOI 10.1186/s12889-017-5021-1
- NOS (2021, 5 december) 'China modificeerde het weer voor viering 100-jarig bestaan Communistische Partij'. Geraadpleegd op 20-01-2022, via: <https://nos.nl/artikel/2408325-china-modificeerde-het-weer-voor-ving-100-jarig-bestaan-communistische-partij>
- Nu.nl (2021a, 20 juli). Klimaatverandering maakte extreme neerslag Limburg heftiger. Geraadpleegd op 31-08-2021 via: <https://www.nu.nl/klimaat/6146588/klimaatverandering-maakte-extreme-neerslag-limburg-heftiger.html?redirect=1>
- Nu.nl (2021b, 21 juli). Totale schade door overstromingen in Valkenburg bedraagt 400 miljoen euro. Geraadpleegd op 31-08-2021 via: <https://www.nu.nl/wateroverlast-limburg/6146887/totale-schade-door-overstromingen-in-valkenburg-bedraagt-400-miljoen-euro.html?redirect=1>
- University of Oxford (2018). What is geoengineering. Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <http://www.geoengineering.ox.ac.uk/www.geoengineering.ox.ac.uk/what-is-geoengineering/what-is-geoengineering/>
- Versen, J., Mnatsakanyan, Z. & Urpelainen, J. (2021, 14 december). Preparing the United States for security and governance in a geoengineering future. Geraadpleegd op 20-01-2022, via: <https://www.brookings.edu/research/preparing-the-united-states-for-security-and-governance-in-a-geoengineering-future/>
- Wijkhuijs, V., Domrose, J. & Duin, M. van. Instituut Fysieke Veiligheid (IFV). (2018, april). Orkaan Irma treft Sint Maarten en Caraïbisch Nederland.
- World Economic Forum (2019, 15 januari). The global risk report 2019. Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>
- Zembla. (2017, 27 november). Dertig procent van bevolking Sint Maarten kampt met posttraumatische stressklachten na Irma. Geraadpleegd op 09-10-2019, van: <https://www.bnnvara.nl/zembla/artikelen/dertig-procent-van-bevolking-sint-maarten-kampt-met-posttraumatische-stressklachten-na-irma>

## Natuurbranden

- Algemene Rekenkamer (2021, mei). Verantwoordingsonderzoek. Ministerie van Justitie en Veiligheid (VI). Rapport bij het Jaarverslag 2020.
- Brandweer Nederland (2016, juni). Samen werken aan natuurbrandbeheersing. Geraadpleegd op 22-09-2021, via: [https://www.brandweernederland.nl/wp-content/uploads/sites/2/2021/08/visie\\_samen\\_werken\\_aan\\_natuurbrandbeheersing\\_gbo\\_so\\_juni\\_2016.pdf](https://www.brandweernederland.nl/wp-content/uploads/sites/2/2021/08/visie_samen_werken_aan_natuurbrandbeheersing_gbo_so_juni_2016.pdf)
- Brandweer Nederland (2021, juli). Toolbox gebiedgerichte aanpak Natuurbrandbeheersing.
- Brandweer Nederland (2021, a). Satellietdata en vegetatiekaarten. Geraadpleegd op 22-09-2021, via: <https://www.brandweernederland.nl/natuurbrandbeheersing-satellietdata-en-vegetatiekaarten/>
- Brandweer Nederland (2021, b). Specialisme natuurbrandbeheersing. Geraadpleegd op 22-09-2021, via: <https://www.brandweernederland.nl/onderwerpen/specialisme-natuurbrandbeheersing/>
- Brandweer Nederland (2021, 11 oktober c). Onbeheersbaarheid natuurbranden neemt toe. Geraadpleegd op 12-10-2021, via: <https://www.brandweer.nl/nieuws/natuurbranden-onbeheersbaarheid-neemt-toe/>
- Brandweer Nederland (2021d). Handcrew. Geraadpleegd op 14-10-2021, via: <https://www.brandweernederland.nl/natuurbrandbeheersing-handcrew/>
- Brandweer Nederland (2021e). Fire Bucket Operations. Geraadpleegd op 14-10-2021, via: <https://www.brandweernederland.nl/natuurbrandbeheersing-fire-bucket-operations/>
- Instituut Fysieke Veiligheid (IFV), (2020, 13 oktober). Natuurbrand in De Meinweg en de evacuatie van Herkenbosch. Geraadpleegd op 23-09-2021, via: <https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/20201013-IFV-Natuurbrand-in-De-Meinweg-en-de-evacuatie-van-Herkenbosch.pdf>
- Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, 2021a). Brand in Nationaal Park De Hoge Veluwe. Geraadpleegd op 22-09-2021, via: <https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/20151109-IFV-Crisis-3-brand-hoge-veluwe.pdf>
- JRC. San-Miquel-Ayaz, J., Durrant, T., Boca, R., Maiani, P., Libertá, G., Artés-Vivancos, T., Oom, D., Branco, A., de Rigo, D., Ferrari, D., Pfeiffer, H., Grecchi, R., Nuijten, D., Onida, M., Löffler, P. 2021. Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020 EUR 30862 EN, Publications Office of the European Union, Luxemborg, 2021, ISBN 978-92-76-42351-5, doi: 10.2760/216466,JRC1267665.



Kok, E., Schouten, S., Dam, J. & Fikke, R. (2021, 22 juni). Scenario's natuurbranden. Concept.

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2015, 24 maart). Aanpassen aan klimaatverandering – Kwetsbaarheden zien, kansen grijpen.

Rijksoverheid (2020, 4 februari). Rijk en provincies: 10% meer bos in Nederland. Geraadpleegd op 12-10-2020, via: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/02/04/rijk-en-provincies-10-meer-bos-in-nederland>

Wageningen University & Research (WUR) (2020, 24 april). Beter voorbereid op natuurbranden in Nederland. Geraadpleegd op 22-09-2021, via: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Beter-voorbereid-op-natuurbranden-in-Nederland.htm>

### Inspiratie scenario

BD (2020, 22 april). Een van Nederlands grootste natuurbranden ooit: brand Deurnsche Peel nog altijd niet onder controle. Geraadpleegd op 23-09-2021, via: <https://www.bd.nl/brabant/een-van-nederlands-grootste-natuurbranden-ooit-brand-deurnsche-peel-nog-altijd-niet-onder-controle~a77563f2/>

Gemeenten Deurne. Grote brand in de Deurnese Peel. Geraadpleegd op 23-09-2021, via: [https://www.deurne.nl/home/nieuws\\_43091/item/grote-brand-in-de-deurnese-peel\\_63121.html](https://www.deurne.nl/home/nieuws_43091/item/grote-brand-in-de-deurnese-peel_63121.html)

Instituut Fysieke Veiligheid (IFV). Natuurbranden/wildfires. Geraadpleegd op 22-09-2021, via: <https://www.ifv.nl/kennisplein/natuurbranden-wildfires>

Instituut Fysieke Veiligheid (IFV, c). Natuurbrandonderzoek Deurnese Peel. Geraadpleegd op 23-09-2021, via: <http://www.deurne.nl/document.php?m=25&fileid=1443481&f=3745cc6a9d5aa7debc540bb9d083c545&attachment=1>

Omroep Brabant (2020, 22 december). Brand raasde in 2020 door de Deurnese Peel: 'Enorme schade maar natuur is veerkrachtig'. Geraadpleegd op 23-09-2021, via: Brand raasde in 2020 door de Deurnese Peel: 'Enorme schade maar natuur is veerkrachtig' - Omroep Brabant.

Nu.nl (2020, 19 november). Meer geld en materieel nodig voor bestrijding van grote natuurbranden. Geraadpleegd op 26-08-2021, via: <https://www.nu.nl/binnenland/6091614/meer-geld-en-materieel-nodig-voor-bestrijding-van-grote-natuurbranden.html>

Stoof, C.R., Tapia, V.M., Cardil, A., Marcotte, A.L., Stoorvogel, J.J., Castellnou, M., 2020. Relatie tussen natuurbeheer en brandveiligheid in de Deurnese Peel; Onderzoek naar aanleiding van de brand in de Deurnese Peel van 20 april 2020. Wageningen, Wageningen University & Research.

Vereniging van bos en natuurterreineigenaren (VBNE) (2018). Risicobeheersing en bestrijding van natuurbranden.

### Aardbevingen

Analistennetwerk Nationale Veiligheid (ANV), (2016). Nationaal Veiligheidsprofiel 2016.

Arup (2016, 2 december). Earthquake Scenario Based Risk Assessment.

CBS. Waar groeit of krimpt de bevolking? Geraadpleegd op 02-12-2021, via: <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-verstedelijking/hoofdcategorieen/waar-groeit-of-krimpt-de-bevolking->

Commissie Mijnbouwschade. Groningenveld. Geraadpleegd op 10-03-2022, via: <https://www.commissiemijnbouwschade.nl/begrippen/g/groningenveld>

KNMI & TNO (2017, 8 juni). Maximale magnitude Groningen veld. AGE 17-10.058.

KNMI (a). Aardbevingen wereldwijd. Geraadpleegd op 29-09-2021, via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/aardbevingen-wereldwijd>

KNMI (b). Jaaroverzicht aardbevingen 2021. Geraadpleegd op 20-01-2022, via: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/jaaroverzicht-aardbevingen-2021>

KNMI (c). Natuurlijke aardbevingen. Geraadpleegd op 29-09-2021, via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/natuurlijke-aardbevingen>

KNMI (d). Aardbevingen door gaswinning. Geraadpleegd op 30-09-2021, via: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/aardbevingen-door-gaswinning>

KNMI (e). Seismic & Acoustic Data Portal. Geraadpleegd op 30-09-2021, via: <http://rdsa.knmi.nl/dataportal/>

Nederlandse Norm (NEN) (2022). Aardbevingsbestendig bouwen. Geraadpleegd op 06-04-2022, via: [Aardbevingsbestendig bouwen \(nen.nl\)](https://www.nen.nl/aardbevingsbestendig-bouwen)

NOS (2022, 8 maart). 'Door meer gaswinning in Groningen nemen aardbevingsrisico's weer toe'. Geraadpleegd op 06-04-2022, via: <https://nos.nl/artikel/2420319-door-meer-gaswinning-in-groningen-nemen-aardbevingsrisico-s-weer-toe>

NRC (2022, 8 maart). Jetten: Nederland bereidt zich voor op 'negatiefste scenario' voor Russisch gas. Geraadpleegd op 16-03-2022, via: <https://www.nrc.nl/nieuws/2022/03/08/jetten-nederland-bereidt-zich-voor-op-negatiefste-scenario-voor-russisch-gas-a4098412>

Rijksoverheid (a). Afbouw gaswinning Groningen op schema. Geraadpleegd op 30-09-2021, via: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gaswinning-in-groningen/nieuws/2021/02/11/afbouw-gaswinning-groningen-op-schema>

Rijksoverheid (b). Gaswinning Groningenveld. Geraadpleegd op 30-09-2021, via: <https://dashboardgroningen.nl/gaswinning-groningenveld>

Rijksoverheid (c). Rijksoverheid stimuleert gebruik aardwarmte. Geraadpleegd op 23-11-2021, via: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/aardwarmte>

RTL Nieuws (2022, 7 maart). Europese gasprijs naar nieuw record door oorlog Oekraïne: stijging 70 procent. Geraadpleegd op 16-03-2022, via: <https://www.rtlnieuws.nl/economie/artikel/5292973/europese-gasprijs-recordhoogte-stijging-70-procent-oekraïne>



- Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Aardbevingen. Geraadpleegd op 30-09-2021, via: <https://www.sodm.nl/onderwerpen/aardbevingen>
- Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Gaswinning Groningen. Geraadpleegd op 15-03-2022, via: <https://www.sodm.nl/sectoren/gaswinning-groningen>
- Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) (2017, 12 juli). Staat van de Sector Geothermie.
- Stroebe, K., Postmes, T., Schoutens, L., Boendermaker, M., Kanis, B., Richardson, J., Bovenhoff, M., Broer, J., Greven, F. (2019, 16 december). De maatschappelijke impact van de beving van Westerwijtwerd.
- Stroebe, K., Postmes, T., Kanis, B., Jong, M. de, Boendermaker, M., Schoutens, L., Adams, W. (2021, mei). Overzicht Gronings Perspectief 2016-2020.
- TNO (2020a, 2 april). Risico's van eventuele seismiteit bij geothermie.
- TNO (2020b, 17 december). Probabilistic Seismic Hazard and Risk Analysis in the TNO Model Chain Groningen.
- TNO (2021, 24 maart). Publieke Seismische Dreigings- en Risicoanalyse Groningen gasveld 2021. TNO2021 R10441.
- Trouw (2019, 22 mei). De Groningse bodem blijft nog wel 'twee, twintig of tweehonderd jaar' onrustig. Geraadpleegd op 02-12-2021, via: <https://www.trouw.nl/nieuws/de-groningse-bodem-blijft-nog-wel-twee-twintig-of-tweehonderd-jaar-onrustig~b20bd7bo/>
- Tweede Kamer der Staten-Generaal (2018, 5 juni). Wijziging van de Gaswet en van de Mijnbouwwet betreffende het minimaliseren van de gaswinning uit het Groningenveld. Geraadpleegd op 22-03-2022, via: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-34957-4.html>
- University of Groningen (2018, 31 januari). Induced earthquakes damage health and perceived safety. Geraadpleegd op 16-03-2022, via: <https://www.rug.nl/news/2018/01/earthquake-damage-enormous-impact-on-health-and-perceived-safety>
- Veiligheidsregio Groningen (2019a, 28 juni). 3 daagse aardbevingsoefening.
- Veiligheidsregio Groningen (2019b, 12 december). Veiligheidsplan Veiligheidsregio Groningen 2020-2024.
- Veiligheidsregio Groningen. Incidentbestrijdingsplan Aardbevingen. Geraadpleegd op 8-12-2021, via: <https://veiligheidsregiogroningen.nl/wp-content/uploads/2020/05/Incidentbestrijdingsplan-Aardbevingen.pdf>
- World Health Organization (WHO). (2019, 11 juni). Mental health in emergencies. Geraadpleegd op 14-02-2022, via: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-in-emergencies>
- Sluimerende dreigingen en wild cards scenario's**
- Glas, P.C.G. (2021, 3 december) 'Spoor 2' briefadvies woningbouw en klimaatadaptatie.
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (2021, oktober). Klimaatsignaal'21. Hoe het klimaat in Nederland snel verandert.
- Jongejan, R.B. (2010, december). Veiligheid Nederland in Kaart 2. Overstromingsrisico dijkkring 14 Zuid-Holland.
- Nu.nl (2021a, 9 maart). Hogere dijken voor Nederland geen oplossing bij sterkere opwarming. Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <https://www.nu.nl/klimaat/6120669/hogere-dijken-voor-nederland-geen-oplossing-bij-sterkere-opwarming.html>
- Nu.nl (2021, 9 oktober). Ziet Nederland de eigen kwetsbaarheid voor klimaatverandering wel onder ogen? Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <https://www.nu.nl/nu-klimaat/6160712/ziet-nederland-de-eigen-kwetsbaarheid-voor-klimaatverandering-wel-onder-ogen.html?redirect=1>
- Nu.nl (2021c, 21 december). Losbreken ijsplaat Antarctica slecht teken voor toekomst van Nederland. Geraadpleegd op 21-12-2021, via: <https://www.nu.nl/nu-klimaat/6174160/losbreken-ijsplaat-antarctica-slecht-teken-voor-toekomst-van-nederland.html>
- Nu.nl (2021d, 9 augustus). Snellere afsmelting Antarctica vormt grote bedreiging voor Nederland. Geraadpleegd op 21-12-2021, via: <https://www.nu.nl/klimaat/6149888/snellere-afsmelting-antarctica-vormt-grote-bedreiging-voor-nederland.html>
- Rijkswaterstaat (2021). Combineren overstromings-scenario's. Geraadpleegd op 22-12-2021, via: <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/combined/7/18374,5108,621,19452,18388,19545,18397/waterdepth?center=51.98763,4.23420&zoom=11>
- Volkskrant (2021, 16 december). Cruciale ijsplaat op Antarctica kan binnen 5 jaar versplinteren, mogelijk grote gevolgen voor zeespiegel. Geraadpleegd op 21-12-2021, via: <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/cruciale-ijsplaat-op-antarctica-kan-binnen-5-jaar-versplinteren-mogelijk-grote-gevolgen-voor-zeespiegel~b8eafbc8/>
- Centraal Planbureau (2021). Risicorapportage Financiële Markten 2021.
- Slotbeschouwing**
- Financieel Dagblad. Boon, V. van der & Lange, R. de (2021, 28 maart). Deltacommissaris vraagt kabinet miljarden voor behoud Nederlandse kredietstatus. Geraadpleegd op 08-06-2021, via: <https://fd.nl/economie-politiek/1378318/deltacommissaris-vraagt-kabinet-miljarden-voor-behoud-nederlandse-kredietstatus>
- IPCC (2022, 27 februari). Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability.
- Nu.nl (2022, 6 april). In veertig bulletpoints: wat er in het IPCC-rapport van 2021/2022 staat. Geraadpleegd op 06-04-2022, via: <https://www.nu.nl/nu-klimaat/6193477/in-veertig-bulletpoints-wat-er-in-het-ipcc-rapport-van-20212022-staat.html>



# Bijlage 1. Deelnemende organisaties expertsessies

## Expertsessie Overstromingen (26 januari 2022)

|                                    |
|------------------------------------|
| Blueland Consultancy               |
| Deltares                           |
| Dunea                              |
| HKV lijn in water                  |
| Rijkswaterstaat                    |
| TNO                                |
| Veiligheidsregio Zeeland           |
| Veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid |
| Vewin                              |
| Universiteit Utrecht               |

## Expertsessie natuurbranden (13 januari 2022)

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| Brandweer Nederland/Instituut Fysieke Veiligheid (IFV) |
| Deltares                                               |
| Staatsbosbeheer                                        |
| TNO                                                    |
| Veiligheidsregio Noord- en Oost Gelderland             |
| Veiligheidsregio Zuidoost-Brabant                      |
| Wageningen University & Research                       |

## Expertsessie extreem weer (3 februari 2022)

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| Blueland Consultancy                                  |
| Havenbedrijf Rotterdam                                |
| Klimaatverbond Nederland                              |
| Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) |
| KWR Water Research Institute                          |
| Tennet                                                |
| Verbond van Verzekeraars                              |
| Vrije Universiteit Amsterdam                          |
| Waterbedrijf Vitens                                   |

## Expertsessie aardbevingen (3 februari 2022)

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) |
| Staatstoezicht op de Mijnen                           |
| TNO                                                   |
| Veiligheidsregio Groningen                            |
| Veiligheidsregio Limburg Noord                        |

Tijdens de digitale expertsessie aardbevingen van 3 februari 2022 waren experts van verschillende organisaties aanwezig. Sommige daarvan zijn op verzoek niet opgenomen in onderstaand overzicht.







Rijksoverheid

## **Analistennetwerk Nationale Veiligheid**

Dit is een uitgave van:

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

Juli 2022