



RWS INFORMATIE

**Datarapportage aanvaringen van bruggen, sluizen,
stuwen en keringen**

Datum	28 februari 2020
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving
Informatie	Informatiepunt WVL
E-mail	informatiepuntwvl@rws.nl
Uitgevoerd door	Arcadis, Cor Beenhakker, Ilse Schelling
Opmaak	
Datum	28 februari 2020
Status	Definitief
Versienummer	B

Disclaimer:

Rijkswaterstaat wil leren van incidenten met als doel toekomstige incidenten te voorkomen door het benoemen van risico's en aandachtslocaties en het nemen van beheersmaatregelen. Deze data-analyse kan worden beschouwd als eerste stap, waarbij de bestaande situatie in kaart wordt gebracht.

De ongevalsgegevens kennen een onderregistratie (zowel kwantitatief als kwalitatief). Het is daarom belangrijk om naast de ongevalsgegevens gebruik te maken van aanvullende bronnen, zoals media, ongevalsevaluaties en de kennis van nautische deskundigen.

De bevindingen in het rapport kunnen daardoor gedeeltelijk subjectief van aard zijn. Voor het doel een 'lerende organisatie' te zijn, is de gehanteerde methodiek uitermate waardevol voor data-analyses en risicobeoordelingen. De rapporten geven richting aan gedachtenvorming waarna nog besluitvorming moet plaatsvinden over urgentie en te overwegen maatregelen.

Inhoud

1	Inleiding 5
1.1	Programma Monitoring Nautische Veiligheid 5
1.2	Aanleiding van dit onderzoek 5
1.3	Opbouw van de rapportage 6
2	Algemeen kader 7
2.1	Effectgroepen volgens de risicomethodiek voor Nautische Veiligheid 7
2.2	Effectgroepen volgens de risicomethodiek voor constructieve veiligheid 9
2.3	Aanpak van het onderzoek 10
2.4	Definities in de scheepsongevallen-database 11
2.5	Gehanteerde documentatie en bronnen 12
3	Data-inventarisatie 13
3.1	Onderzoeksmethodiek 13
3.2	Beschrijving van de ongevalshistorie 14
3.2.1	Bruggen 14
3.2.2	Sluizen 34
3.2.3	Stuwen 44
3.2.4	Keringen 55
3.3	Toekomstontwikkelingen 67
4	Conclusies 68
Bijlage A	Effectscores volgens de matrix 77

1 Inleiding

1.1 Programma Monitoring Nautische Veiligheid

Het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (hierna te noemen I&W) en RWS Water Verkeer en Leefomgeving (WVL) hebben de ambitie om het aantal significante scheepsongevallen op de Nederlandse vaarwegen te reduceren en in ieder geval niet te laten toenemen. Dit sluit aan bij het beleidsdoel om de veiligheid op de vaarwegen continu te verbeteren. Om inzicht te krijgen in de progressie van deze ambitie, is het noodzakelijk om de nautische veiligheid periodiek te monitoren.

Monitoring vindt plaats in de landelijke Monitor Nautische Veiligheid (MNV). De MNV rapporteert over de nautische veiligheid op de binnenwateren en op de Noordzee. Hiermee worden trends en ontwikkelingen zichtbaar en ontstaat er een beeld van hoe de ontwikkeling van nautische veiligheid zich verhoudt tot de beleidsdoelstellingen.

De MNV is bedoeld voor verschillende vaarwegbeheerders die met een landelijke en/of regionale blik naar de nautische veiligheid kijken. Het ongevalenbeeld in de monitor geeft zicht op de risico's; de belangrijkste risico's kunnen op deze wijze worden geduid en uitgewerkt. Met dit inzicht kunnen de beheerders verbetermaatregelen ontwikkelen om risico's te beheersen en kan RWS en haar partners sturen op verbetering van de veiligheid. De laatste monitor dateert uit 2015. Een nieuwe monitor wordt verwacht aan het einde van 2019.

Sinds 2015 worden er naast de landelijke MNV-rapportages ook regionale MNV-rapportages opgesteld. Daarnaast komt het voor dat specifieke aandachtsgebieden of risico's nader worden onderzocht. Deze deelstudies geven een verdieping ten opzichte van de landelijke rapportages. RWS heeft Arcadis de opdracht gegeven om dataonderzoek uit te voeren naar aanvaringen van bruggen, sluizen, stuwen en keringen.

1.2 Aanleiding van dit onderzoek

Eind 2016 heeft een serieus ongeval plaatsgevonden bij de stuw van Grave. Een benzeentanker is daarbij door de stuw gevaren, waardoor uiteindelijk een deel van de Maas, alsook een deel van het nabijgelegen Maaskanaal, droog kwam te staan. Alhoewel de benzeentanker gevaarlijke lading bevatte, zijn ernstige milieueffecten in de vorm van uitstroom gelukkig uitgebleven. Wel zijn er benzeendampen vrijgekomen.

Het betreffende ongeval is geëvalueerd door de Onderzoeksraad Voor Veiligheid (OVV)¹. Eén van de aanbevelingen van de OVV luidt (aanbeveling 5):

"Maak voor bruggen, sluizen en stuwen een analyse van het aanvaarrisico, inclusief een expliciete en integrale afweging tussen beschikbare maatregelen om de kans op aanvaringen te beperken. Maak hierbij een expliciete en integrale afweging van de mogelijke gevolgen van een aanvaring voor de scheepvaart en de omgeving."

¹ Stuw aanvaring benzeentanker bij Grave", OVV, 2018

Aan de hand van deze aanbeveling, heeft RWS WVL het initiatief genomen om een onderzoek te starten naar het aanvaarrisico van bruggen, sluizen, stuwen en keringen die onderdeel vormen van het areaal van RWS. In dit document worden als eerste stap de geregistreerde ongevalsgegevens over aanvaringen van bruggen, sluizen, stuwen en keringen op de Nederlandse binnenwateren geanalyseerd. Deze analyse zal worden gebruikt om de vervolgstappen te definiëren, die invulling moeten geven aan de aanbevelingen van het OVV.

1.3

Opbouw van de rapportage

De rapportage bestaat naast dit inleidende hoofdstuk uit de volgende hoofdstukken:

- **Hoofdstuk 2: Algemeen kader**
Dit hoofdstuk beschrijft een algemeen kader met begrippen en methodieken die een rol spelen bij data-inventarisatie.
- **Hoofdstuk 3: Data-inventarisatie**
Hoofdstuk 3 geeft een nadere beschrijving van de objecten, waarbij tevens wordt ingegaan op de ongevalshistorie op basis van de geregistreerde scheepsongevallen. Hoofdstuk 3 geeft een beeld van de aard en gevolgen van de opgetreden aanvaringen in de laatste 10 jaar.
- **Hoofdstuk 4: Conclusies**
Dit hoofdstuk geeft een samenvatting van de onderzoeksbevindingen uit de data-inventarisatie.

2 Algemeen kader

Dit hoofdstuk beschrijft een aantal begrippen en tools die relevant zijn voor de data-analyse.

De data-analyse wordt uitgevoerd aan de hand van een analyse van de scheepsongevallendatabase. In de scheepsongevallendatabase wordt het effect van een scheepsongeval onderscheiden in meerdere effectgroepen. Deze effectgroepen zijn vastgelegd in de risicomethodiek voor de beoordeling van de Nautische Veiligheid. Deze effectgroepen worden beschreven in paragraaf 2.1.

De constructieve veiligheid wordt beoordeeld met behulp van de ProBO-systematiek. Dit is de meest uitgebreide vorm van Beheer en Onderhoud die RWS toepast op de Stormvloedkeringen. Op een systematische manier wordt beschouwd wat de functies zijn van een object en op welke wijze die functies bedreigd kunnen worden. De ProBO-(deel)methode aanvaarrisico maakt ook onderscheid naar een aantal effectgroepen. Paragraaf 2.2 beschrijft de effectgroepen volgens deze methodiek.

Paragraaf 2.3 beschrijft op korte wijze de aanpak van de studie. Vervolgens geeft paragraaf 2.4 een kort overzicht van een aantal definities die relevant is voor de interpretatie van de scheepsongevallendatabase en paragraaf 2.5 geeft een overzicht van de in deze studie gebruikte bronnen.

2.1 Effectgroepen volgens de risicomethodiek voor Nautische Veiligheid

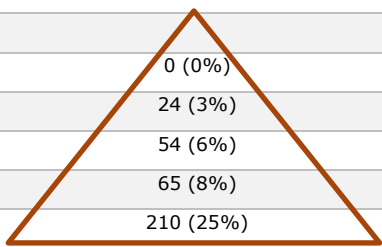
Gemelde en bekende scheepsongevallen worden geregistreerd in de scheepsongevallendatabase (SOS-database). De SOS-database geeft voor ieder scheepsongeval informatie over de locatie, de datum en het tijdstip van het ongeval en zo mogelijk ook informatie over de omstandigheden, de oorzaak en de effecten van het ongeval. Om de ernst van de effecten van ieder scheepsongeval inzichtelijk te maken, worden risicoscores toegekend op het vlak van letselschade (Veiligheid, Gezondheid en Maatschappij), milieuschade en economische schade. De risicoscores zijn daarbij direct gerelateerd aan "Effectklassen", zie Tabel 1.

Niet alle scheepsongevallen leiden tot dezelfde effecten. In de rapportage worden de scheepsongevallen daarom verbijzonderd naar de effectgroepen, zie Figuur 1. Alle ongevallen binnen een effectgroep worden gesommeerd en per effectgroep weergegeven. Hiermee ontstaat inzicht in ernst en frequentie van scheepsongevallen. Het mag duidelijk zijn dat scheepsongevallen in de ernstige effectklassen minder frequent voorkomen dan de scheepsongevallen in de minder ernstige effectklassen. Hierdoor ontstaat de typische driehoeksvorm van de figuur, waardoor deze ook wel risicopiramide wordt genoemd.

Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade voor RWS en eigenaar/stremming	Effectscore in SOS
5 - Zeer ernstig	Meerdere doden of gewonden	Omvangrijke schade aan flora en fauna in een groot gebied, waarbij herstel jaren gaat duren.	Stremming vaargeul meerdere dagen en/of materiële schade groter dan 100 Mln	100000
4 - Ernstig	Een dode of vermiste	Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied. Grotendeels herstel van milieuwwaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul meerdere dagen, en/of materiële schade tussen 15 Mln – 100 Mln	10000
3 - Beperkt	Meerdere zwaargewonden	Lokale verstoring, middelgrote en vooral tijdelijke schade aan flora en fauna, ongewenste milieubelasting duurt maximaal 1 jaar. Volledige herstelmogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag, en/of materiële schade tussen 1 Mln – 15 Mln	1000
2 - Licht	Een zwaargewonde	Kortdurende overschrijding van grenswaarden in een klein gebied zonder blijvende schade aan flora en fauna. Volledig herstel is verzekerd.	Stremming vaargeul in orde van 2 uren, en/of materiële schade tot 1 Mln	100
1 - Zeer licht	Licht letsel	Grenswaarden voor vervuiling niet overschreden	Minder dan 1 uur stremming, en/of materiële schade in orde 10 duizenden euro's.	10
0 - Nihil	Geen slachtoffers	Geen milieuschade	Geen economische schade	0

Tabel 1: Standaard risicomatrix op basis van SOS-definities

Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Aantal ongevallen [in 8 jaar]
5	Zeer ernstig	0 (0%)
4	Ernstig	24 (3%)
3	Beperkt	54 (6%)
2	Licht	65 (8%)
1	Zeer licht	210 (25%)
0	Nihil	489 (58%)
Totaal aantal incidenten		842 (100%)



Figuur 1: Voorbeeld Risicopiramide voor een bepaald risico.

De risicopiramide kan worden opgesteld voor de integrale schade of specifiek voor letselschade, milieuschade of economische schade. De driehoek symboliseert de piramidevorm, maar reflecteert niet de verdeling in de aantallen die in cijfers en percentages zijn weergegeven.

Kanttekening bij de kwantitatieve analyse op basis van de SOS-database

De kwantitatieve analyse op basis van geregistreerde scheepsongevallen (SOS-database) kent een aantal nadelen:

- Niet alle scheepsongevallen worden gemeld en geregistreerd. Hierdoor is er sprake van een onderregistratie in de SOS-database. Het betreft dan vooral scheepsongevallen met minder ernstige effecten;
- De registratiediscipline van de medewerkers die de SOS-database vullen is niet optimaal, waardoor niet alle ongevallen onder het juiste risico of met de juiste informatie worden geregistreerd;
- Risicoscores worden automatisch afgeleid van de geregistreerde data in de SOS-database. Als data ontbreekt of niet volledig is, kan dit resulteren in scores die niet overeenstemmen met de daadwerkelijk opgetreden schade. In bijlage A is de afleiding van de effectscores op basis van de SOS-database opgenomen;
- Scheepsongevallen met meer ernstige effecten komen in de praktijk weinig frequent voor. Bij een laag aantal registraties zal toeval een belangrijke rol gaan spelen. Als in de laatste jaren geen ernstig ongeval heeft plaatsgevonden, dan kan niet geconcludeerd worden dat het scheepsongeval niet zou kunnen plaatsvinden in de volgende periode. Andersom geldt ook, als een enkel ernstig ongeval heeft plaatsgevonden, dan betekent dat niet automatisch dat deze in de volgende periode ook zal optreden;
- De risicoscore voor financiële schade en milieuschade wordt ingeschat door RWS op basis van de ongevalsbeschrijvingen. De werkelijke schade wordt meestal pas bekend na de registratie van het scheepsongeval en er vindt achteraf geen correctie plaats. De ernst van scheepsongevallen kan hierdoor niet altijd goed worden ingeschat.

De kwantitatieve analyse of data-analyse op basis van de SOS-database geeft een indicatie over het aantal opgetreden ongevallen en de gerelateerde effecten, maar de analyse geeft geen volledig betrouwbaar beeld. De resultaten in deze data-analyse moeten daarom met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

2.2

Effectgroepen volgens de risicomethodiek voor constructieve veiligheid

Bij aanvaringen van sluizen en met name bij aanvaringen van stuwen en waterkeringen, kunnen de gevolgen voor de omgeving zeer groot zijn. Bij het incident te Grave is een volledig rivierpand drooggefallen. Enerzijds werd scheepvaart onmogelijk, anderzijds zijn woonboten en liggende schepen drooggefallen en beschadigd. Een aanvaring van een stormvloedkering kan zelfs leiden tot nog ernstigere gevolgen. De constructie kan falen, waardoor er in hoogwatersituaties onvoldoende bescherming bestaat van het achterland. Hierdoor bestaat de kans op grootschalige overstromingen. Deze zeer ernstige effecten zijn impliciet in de nautische risicomatrix ondergebracht door de hoeveelheid slachtoffers en economische schade.

Toch is het lastig om op basis van de risicomethodiek voor nautische veiligheid een goede effectinschatting te doen. Daarom wordt in deze studie ook gekeken naar de constructieve veiligheid conform de ProBO-systematiek. Ook binnen deze methodiek is een aantal effectgroepen gedefinieerd die in de data-analyse zal worden gebruikt.

De indeling lijkt veel op de indeling van effecten voor nautische veiligheid, echter er gelden andere toetsingscriteria. De gevolggroepen (effectgroepen) volgens de ProBO-systematiek zijn weergegeven in Tabel 2 op bladzijde 10.

De beoordeling vindt plaats voor alle gebeurtenissen die de veiligheid van de constructie kunnen beïnvloeden. In dit rapport wordt alleen gekeken naar een specifieke gebeurtenis, namelijk "Aanvaring van bruggen, sluizen, stuwen en keringen".

De beoordeling volgens Tabel 2 is overigens een eerste stap voor de bepaling van de constructieve veiligheid. Met de beoordeling volgens de ProBO-systematiek is het mogelijk een eerste analyse te doen van de constructieve veiligheid, waarna wordt bepaald of gedetailleerd vervolgonderzoek noodzakelijk is.

Gevolklasse	Beschrijving
4	Het betreffende deelsysteem is een cruciale schakel in het systeem. Uitval van de functie, wanneer deze nodig is, leidt tot een (zeer) ernstige mate van onderprestatie van het systeem.
3	Het betreffende deelsysteem is een belangrijke schakel in het systeem. Uitval van de functie, wanneer deze nodig is, leidt tot een significante mate van onderprestatie van het systeem.
2	Het betreffende deelsysteem levert slechts een kleine bijdrage aan de prestaties van het systeem. Uitval van de functie, wanneer deze nodig is, leidt slechts tot lichte mate van onderprestatie van het systeem.
1	Er zijn in het systeem alternatieven voorhanden om de gefaalde functie van het betreffende deelsysteem (snel) over te nemen. Wel dient herstel van het betreffende deelsysteem plaats te vinden. Pas bij uitval van de alternatieven is dit merkbaar voor de prestaties van het systeem.

Tabel 2: Risicomatrix voor constructieve veiligheid

De ProBO-systematiek is in principe opgezet voor individuele kunstwerken en niet zozeer voor een verzameling kunstwerken. Daarmee is de methodiek goed bruikbaar voor de stuwen en keringen, deze objecten worden in dit datarapport op individueel niveau beschouwd. Voor bruggen en sluizen zal ook op hoofdlijnen een toetsing aan de constructieve veiligheid plaatsvinden, maar voor groepen objecten is de systematiek minder goed bruikbaar.

Bij de beoordeling op constructieve veiligheid zijn er wel duidelijke verschillen ten opzichte van de beoordeling van de nautische veiligheid:

- Een aanvaring van een brug zal met betrekking tot de constructieve veiligheid leiden tot overlast in de vorm van stremmingen. De brug kan onbruikbaar worden voor vaarweggebruikers, maar ook voor weggebruikers en spoor. De constructieve veiligheid voor bruggen zal worden beschouwd vanuit de functie "doorstroming", waarbij specifiek wordt gekeken naar stremmingen voor spoor en weg. Stremmingen van de vaarweg worden namelijk al meegenomen als onderdeel van de nautische veiligheid, meer specifiek als onderdeel van de economische effecten.
- Bij aanvaringen van sluizen, stuwen en keringen bestaat er met betrekking tot de constructieve veiligheid vooral het gevaar voor de omgeving als de kerende werking van het object hierdoor verloren gaat. Bij deze objecten wordt de constructieve veiligheid beschouwd vanuit de functie "waterkeren".

2.3

Aanpak van het onderzoek

Op hoofdlijnen bestaat het onderzoek uit een tweetal stappen:

- **Beschrijving algemene ongevalshistorie en specifieke kenmerken**
In het eerste deel van het onderzoek wordt het algemene ongevalsbeeld voor bruggen, sluizen, stuwen en keringen inzichtelijk gemaakt. Hierbij worden de bruggen en sluizen als groep beschouwd. De stuwen en keringen worden individueel beschouwd. De nautische veiligheid wordt beoordeeld aan de hand van een analyse van de SOS-database, voor de constructieve veiligheid wordt gebruik gemaakt van de SOS-database en aanvullende bronnen, zoals rapporten en ongeval evaluaties.

- **Definitie sub-criteria en verdieping van de ongevalshistorie**

De bruggen en sluizen worden in de eerste analyse als groep beschouwd, maar het is gewenst een aantal sub-criteria te definiëren, waarbij de effecten van een aantal specifieke risicofactoren meer inzichtelijk worden gemaakt. De sub-criteria worden gedefinieerd aan de hand van de algemene ongevalshistorie, waarna deze verdieping zal plaatsvinden. Deze verdieping is toegevoegd aan het eerste deel van het onderzoek.

De data-analyse is uitgewerkt in hoofdstuk 3, waarbij de resultaten van deze twee stappen telkens zijn samengevat in aparte subparagrafen voor bruggen, sluizen, stuwen en keringen.

2.4

Definities in de scheepsongevallen-database

Geregistreerde scheepsongevallen zijn een belangrijke indicator voor de omvang van de risico's. De SOS-database maakt onderscheid naar significante scheepsongevallen, niet-significante scheepsongevallen en niet-scheepsongevallen. Voor de beoordeling van de ongevallen is het relevant om inzicht te hebben in de definities. De definities die in de SOS-database sinds 2009 worden gebruikt worden in deze paragraaf toegelicht.

Een scheepsongeval is significant indien voldaan wordt aan één of meerdere van de volgende gevolgen²:

- Slachtoffer(s): dood, vermist of zwaargewond;
- Vaarwegschade: indien direct (binnen 7 dagen) na datum scheepsongeval actie vereist is om herstellende (nood)maatregelen aan infrastructuur of object uit te voeren/de schade te herstellen;
- Scheepsschade: indien een bij een scheepsongeval betrokken vaartuig als gevolg van het scheepsongeval niet meer verder kan varen of, zonder maatregelen, niet meer verder mag varen;
- Ladingschade: bij 10 ton lading of meer of het verlies van minimaal één container;
- Milieuschade: indien er, als gevolg van een scheepsongeval, sprake is van één of meer van de volgende incidenten:
 - Uitstroom van chemicaliën (verpakt of niet verpakt) in het water;
 - Uitstroom van olie (brandstof of lading) in het water;
 - Er is sprake van duidelijk zichtbare gevolgen, zoals calamiteiten bestrijding (geen preventie) en/of vissterfte.
- Stremming: volledige stremming van de vaarweg van 1 uur of meer.

Er is geen één op één verband tussen de risicoscore en de significantie van een scheepsongeval. Een ongeval wordt als significant geclassificeerd als een schip niet verder kan varen, bijvoorbeeld bij een stranding. De herstellkosten van de schade hoeven echter niet groot te zijn, waardoor de score op economische schade beperkt kan zijn. Conform de definitie is het ongeval significant, maar de daadwerkelijke effecten (en de gerelateerde risicoscores) zijn dan gering.

Niet significante scheepsongevallen zijn scheepsongevallen die niet vallen onder de bovengenoemde definitie van "significante scheepsongevallen". Niet alle "niet significante ongevallen" zijn ongevallen met beperkte effecten. Een aanvaring van een damwand, waarbij het schip verder kan varen, wordt geclassificeerd als "niet significant", terwijl de schade in de miljoenen kan lopen.

Niet-scheepsongevallen zijn ongevallen, die niet specifiek te maken hebben met het schip, de verkeerssituatie of de infrastructurele omstandigheden. Denk hierbij aan arbeidsongevallen, maar ook een man-over-boord situatie, waarbij de oorzaak geen directe relatie heeft met het schip of de verkeerssituatie.

² Handleiding en Toelichting, SOS-formulier, versie 4.1.0, RWS, 14 februari 2013

Het is belangrijk om bij het lezen van dit rapport te weten dat “significante scheepsongevallen” niet per definitie leiden tot ernstige effecten of een hoge risicoscore. Ook de “niet significante scheepsongevallen” zijn niet altijd ongevallen met beperkte effecten. In het datarapport worden de effecten daarom primair beoordeeld aan de hand van de risicoscore.

2.5

Gehanteerde documentatie en bronnen

Voor de uitwerking van het onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende documentatie en informatie:

- 1) Google maps.
- 2) Uitkomsten project “vaarwegbeeld Sluis & Stuw complexen”, RWS, 28 mei 2018.
- 3) Stuwaanvaring door Benzeentanker bij Grave, OVV, mei 2018
- 4) Vaarwegen in Nederland, RWS, mei 2019.
- 5) Richtlijnen Vaarwegen 2017, RWS, december 2017.
- 6) Tel- en blokgegevens uit IVS90, RWS, 2018.
- 7) Geregistreeerde scheepsongevallen in de SOS-database, RWS, 2019.
- 8) Handleiding en Toelichting, SOS-formulier, versie 4.1.1, RWS, 24-05-2018.
- 9) Brochure “Onze Waterkeringen, Werken aan veiligheid bij stormen”, RWS, oktober 2018.
- 10) Handreiking Prestatiegestuurde Risico Analyse (PRA), Steunpunt ProBO, RWS, 2018
- 11) Richtlijnen Ontwerpen Kunstwerken (ROK), Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud (RWS, GPO), 2017

3 Data-inventarisatie

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de ongevalshistorie van aanvaringen van bruggen, sluizen, stuwen en keringen. Paragraaf 3.1 geeft een korte beschrijving van de onderzoeksmethodiek bij het bepalen van de ongevalshistorie. Paragraaf 3.2 geeft de uitwerking van het kwantitatief onderzoek. Vervolgens volgt in paragraaf 3.3 de impact van toekomstige ontwikkelingen.

3.1 Onderzoeksmethodiek

Bij het onderzoek naar de ongevalshistorie wordt gebruik gemaakt van de scheepsongevallen database (SOS-database). Deze database bevat de landelijk geregistreerde scheepsongevallen. Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de beschikbare scheepsongevallendata in de periode 2009-2018 (10 jaar).

Op basis van de SOS-database kunnen de aanvaringen met bruggen, sluizen, stuwen en keringen eenvoudig worden geselecteerd en geanalyseerd. In de uitwerking wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Bruggen en sluizen,
- Stuwen en keringen.

De onderzoeksmethodiek voor deze twee groepen wordt hieronder nader uitgewerkt.

Bruggen en sluizen

RWS heeft een relatief hoog aantal bruggen (>1.100 stuks) en sluizen (221 stuks) in beheer. De bruggen en sluizen zullen daarom als groep in de ongevalsanalyse worden beschouwd. In de ongevalsanalyse worden alle ongevallen met bruggen en sluizen beschouwd, ook ongevallen met bruggen en sluizen van andere vaarwegbeheerders.

Aan de hand van een eerste algemene analyse van de SOS-database ontstaat een weinig gedifferentieerd beeld van de aanvaringen van bruggen en sluizen. Het aantal ongevallen en de locatie hiervan kan weliswaar worden herleid, maar daarmee is nog geen inzicht in specifieke oorzaken en risico-verhogende kenmerken. Toch is het interessant in hoeverre bepaalde specifieke kenmerken bijdragen aan het ontstaan van deze aanvaringen.

Er is daarom gevraagd om een aantal sub-criteria te definiëren, waarmee kan worden bepaald in hoeverre specifieke kenmerken bijdragen aan het ontstaan van aanvaringen. Aan de hand van een eerste analyse en expert judgement zijn samen met de opdrachtgever drie kenmerken gedefinieerd waarvoor aanvullend kwantitatief onderzoek zal plaatsvinden.

Het is gebleken dat SOS-database moet worden verrijkt met aanvullende data om het onderzoek naar de sub-criteria te kunnen uitvoeren. Deze aanvullende data heeft betrekking op areaalgegevens, intensiteitsgegevens (IVS90) en ontwerprichtlijnen. Deze aanvullende informatie is, waar nodig, handmatig aan de SOS-database toegevoegd. Aan de hand van de kwantitatieve analyse ontstaat een beeld van de aard en effecten van de aanvaringen van sluizen en bruggen.

Net als de SOS-database kent IVS90 ook beperkingen. IVS90 wordt gevuld aan de reisdata van schepen (BICS-melding, verplicht voor een deel van de beroepsvaart) en aan de hand van de tellingen van scheepspassages bij sluizen. Door middel van de BICS-melding of door middel van communicatie met de brug/sluiswachter bij passage van een brug/sluis wordt de herkomst en bestemming van de schepen geregistreerd. Aan de hand van de bekende informatie worden de intensiteiten op de trajecten afgeleid. Schepen die geen sluis of brug passeren worden hierdoor niet altijd geregistreerd. Daarnaast worden de routes van de schepen door het netwerk

aangenomen op basis van herkomst en bestemming. Dit is echter een aanname die niet altijd zal worden gevolgd. IVS90 kan hierdoor een onderschatting geven op trajecten waar geen sluizen of bruggen aanwezig zijn (bijvoorbeeld corridor Rotterdam – Duitsland). Ook kunnen afwijkingen ontstaan op routes waar veel keuzemogelijkheden zijn en/of waar weinig sluizen aanwezig zijn.

Stuwen en keringen

Het aantal stuwen (10 stuks) en stormvloed- en hoogwaterkeringen (11 stuks) van RWS is beperkt. Vanwege het beperkte aantal objecten kunnen de stuwen en keringen individueel worden beschouwd.

Als eerste zal de situering en de uitvoering van het kunstwerk worden beschreven. Daarbij wordt gekeken hoe het kunstwerk is uitgevoerd, hoe dit in de vaarweg is gelegen en welke kwetsbaarheden er voor aanvaringen bestaan. Tevens wordt geïnventariseerd welke mitigerende maatregelen zijn genomen om aanvaringen met deze kunstwerken te voorkomen.

Vervolgens is gekeken naar de geregistreerde aanvaringen en de effecten van de aanvaringen. Het aantal historische scheepsongevallen per object is beperkt en hierdoor is het mogelijk om de historische ongevallen op individueel niveau in de analyse mee te nemen. Tevens zal voor ieder kunstwerk een indicatie worden gegeven over de constructieve veiligheid op basis van het aantal ongevallen en de ProBO-systematiek.

3.2 Beschrijving van de ongevalshistorie

3.2.1 Bruggen

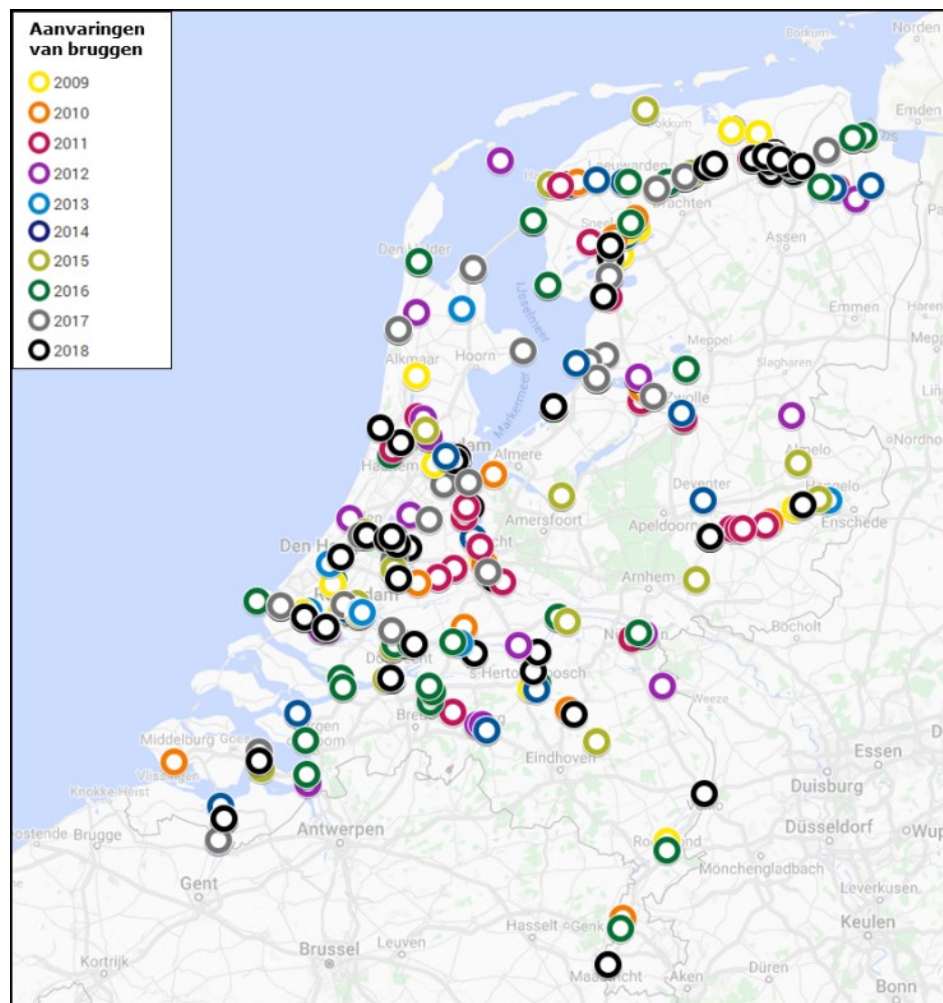
RWS heeft meer dan 1.100 bruggen in beheer. In de SOS-database zijn 528 aanvaringen met bruggen geregistreerd. De geregistreerde aanvaringen omvatten niet alleen de aanvaringen met bruggen van RWS, maar ook de aanvaringen met bruggen van andere vaarwegbeheerders.

In deze paragraaf komt een aantal onderwerpen aan de orde:

- **Het historisch ongevallenbeeld**
De beschrijving van het aantal ongevallen in de periode 2009-2018, een overzicht van ongevalslocaties en een verbijzondering naar de specifieke effecten.
- **Selectie sub-criteria voor nader ongevallen-onderzoek**
Inventarisatie van risico-verhogende kenmerken op basis van opgetreden ongevallen en expert-judgement, waarna de sub-criteria worden geselecteerd;
- **Aanvullend ongevallenonderzoek aan de hand van sub-criteria**
Aantal ongevallen in de periode 2009-2018 binnen de sub-criteria, verbijzonderd naar specifieke effecten.

Historisch ongevallenbeeld

Figuur 2 geeft een kaart met de locaties van de aanvaringen van bruggen. Deze kaart laat een verdeeld beeld zien en geeft geen inzicht in specifieke locaties met verhoogd risico.



Figuur 2: Overzicht van aanvaringen van bruggen

Objecten met hoog aantal aanvaringen

Alhoewel het niet direct blijkt uit de kaart, is er een aantal bruggen te benoemen met een opvallend hoog aantal ongevallen. Het betreft:

- De Botlekbrug (29 ongevallen in 10 jaar);
- Brug Dorkwerd (11 ongevallen);
- De Calandbrug (13 ongevallen);
- Brug over de middensluis van de Houtribsluizen (22 ongevallen);
- IJsselspoorbrug Zutphen (15 ongevallen);
- De Ramspolbrug over Ramsdiep (12 ongevallen).

Daarnaast zijn er veel bruggen waar enkele ongevallen hebben plaatsgevonden en dat impliceert dat er ook erg veel bruggen zijn zonder enige ongevallen. Er zijn immers 528 geregistreerde aanvaringen op meer dan 1.100 RWS-objecten en daarnaast nog vele bruggen van andere beheerders.

Aan de hand van de bijbehorende ongevalsbeschrijvingen is gekeken of er bijzondere kenmerken zijn die een rol hebben gespeeld bij de objecten met een hoog aantal ongevallen, zie Tabel 3. Daarbij wordt opgemerkt dat de meeste omschrijvingen in de SOS-database geen duidelijke indicatie geven van de oorzaak. Dit is slechts incidenteel het geval.

Object	Gevonden kenmerken
Botlekbrug (vernieuwd in 2015) 29 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - 7 ongevallen zeevaart - 2 aanvaringen door motorstoring - 1 aanvaring door losgebroken bak - 2 aanvaringen windgerelateerd - Veel te hoge schepen - Max effectscore 1000 (stremming)
Brug Dorkwerd 11 aanvaringen	- Ongevallen oude (6) en nieuwe brug (5) - 3 problemen in het bedienproces - Veel schepen te hoog onder de brug gevaren - Beperkte zichtbaarheid (na bocht, vaarwegsplitsing, lijkt vast) - Max effectscore 1000 (stremming)
Calandbrug 13 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - 8 ongevallen door zeevaart - Maximale effectscore 1110 (stremming)
Brug over middensluis Houtribsluizen 22 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - 5 aanvaringen door recreatievaart - 17 aanvaringen door beroepsvaart - Vaak hoogtegerelateerd - Max. Effectscore 10
IJsselspoorbrug Zutphen 15 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - Onbekendheid met de situatie - Verwarrende informatie (peilschalen) - Vaste deel te laag bij hoge waterstanden - Beperkte doorvaartbreedte beweegbare deel - Maximale effectscore 10 (stremming) - Experts geven aan dat de pijler onder water trapsgewijs breder wordt.
Ramspolbrug over Ramsdiep (vernieuwd in 2012) 12 aanvaringen	- Ongevallen tot 2012 - Veel schade aan remmingwerk en geleide werk - Na nieuwbouw geen problemen - Max. effectscore 0

Tabel 3: Objecten die frequent zijn aangevaren

Het is opvallend dat deze objecten met de meeste aanvaringen in de regel niet hebben geleid tot de meest ernstige effecten, alhoewel er incidenteel wel behoorlijke schade en stremmingen zijn ontstaan. Hele duidelijke oorzaken konden niet uit de SOS-database worden herleid, maar de volgende aspecten hebben een rol gespeeld.

- Bij de Calandbrug en de Botlekbrug speelt de zeevaart een rol. Zeevaart kan moeilijk afstoppen voor de brug, waardoor de opening moet worden afgestemd op het varende schip.
- De ligging van de Botlekbrug in een bocht en nabij een kruising is complicerend. Bij een motorstoring of bij wind kunnen schepen minder goed ingrijpen om aanvaringen te voorkomen.
- Bij brug Dorkwerd is een aantal ongevallen gerelateerd aan het bedienproces (brug sloot te vroeg).
- Soms speelt de informatievoorziening een rol. Dit betreft fysieke onderdelen (peilschalen, bebording), maar ook informatie vanuit de bediening/verkeersleiding.

De analyse geeft verder geen hele duidelijke ongevalsoorzaken aan.

Aanvaringen met zeer ernstige effecten

Het is interessant om een inzicht te hebben in de meest ernstige ongevallen, zijnde ongevallen met een effectscore van 10.000 of meer. Dit waren in de periode 2009-2018 in totaal 13 ongevallen:

- Dossiernummer: 201844018: Borgbrug, een motorvrachtschip varende vanaf Groningen richting Delfzijl is op 6 december 2018 tegen de gesloten Borgbrug gevaren. De vaarweg is volledig gestremd geweest voor 30 uren, het wegverkeer zal langer gestremd blijven. De geraamde schade die in SOS is opgenomen bedraagt 1,9 miljoen euro. Vanuit andere bronnen (niet aangegeven in de SOS-database) is aangegeven dat de brugklep zwaar beschadigd is geraakt. De klep is verwijderd en na ruim 2 maanden teruggeplaatst. Al die tijd was geen wegverkeer mogelijk over de brug. Dit laatste wordt niet duidelijk vanuit de SOS-database en is in het kader van dit onderzoek toegevoegd aan de SOS-database.
- Dossiernummer 201425584: Borgbrug, een motorvrachtschip is op 5 november 2014 door de dichte mist tegen de gesloten Borgbrug gevaren. Hierdoor is het schip vast komen te zitten. Daarbij is er een stremming van de scheepvaart ontstaan vanaf: 05-11, 22:27 uur tot 09-11, 03:30 uur. De SOS-database gaf in eerste instantie geen duidelijkheid over het schadebedrag, dit is achteraf hersteld ten behoeve van de analyse. RWS heeft aangegeven dat het schadebedrag gelijk is aan 1,945 miljoen euro. Door de aanvaring raakten de brugklep en de draaipunten zwaar beschadigd. De klep van de brug is verwijderd en hersteld en er zijn nieuwe hoofddraaipunten gemaakt. Na ruim 7 maanden (eind juni 2015) werd de klep teruggeplaatst. Al die tijd was geen wegverkeer mogelijk over de brug. Fietzers en autoverkeer kunnen gebruik maken van de Driebondsbrug op 1800 meter. Deze informatie over droge stremmingen was oorspronkelijk niet opgenomen in de SOS-database.
- Dossiernummer 201736364: Brug Ouderkerk aan den Amstel (N522), bij Ouderkerk aan de Amstel is op 13 juni 2017 een man overleden nadat hij met zijn hoofd tegen het gesloten brugdek aanvoer. De politie heeft nog geprobeerd de zwaargewonde man te reanimeren, maar dat mocht niet meer baten. In de SOS-database is geen schadebedrag opgenomen, maar de financiële schade aan het schip zal beperkt zijn geweest in relatie tot de gedefinieerde effectklassen.
- Dossiernummer 201732695: Tollebekerbrug, de Tollebekerbrug in de Noordoostpolder is tot nader order buiten gebruik voor de scheepvaart. Er is namelijk op 15 juni 2017 een vaartuig tegen de brug gebotst. De provincie gaat de brug zo snel mogelijk repareren. Afhankelijk van de levertijd van materialen kan de stremming tot 4 weken duren. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 168 uur gestremd was. In de SOS-database was het schadebedrag oorspronkelijk niet opgenomen, deze informatie is ook niet ten behoeve van dit onderzoek aangeleverd.
- Dossiernummer 201736344: Overzetbrug, de fietsbrug over de Kromme Mijdrecht is op 15 mei 2017 aangevaren door een groot binnenvaartschip. Er is niemand gewond geraakt. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 24 uur gestremd was. Er is geen schadebedrag opgenomen en er is niet aangegeven hoe lang de brug voor het droog verkeer is gestremd.
- Dossiernummer 201733692: Urkersluis, brug over benedenhoofd, een motorvrachtschip had op 1 september 2017 zand gebracht naar Emmeloord en was met een leeg schip op de terugweg. Op het moment dat het schip de sluis invaart voelde de schipper al nattigheid toen hij zag dat het waterpeil begon te stijgen maar de brug omlaag bleef. Via de marifoon probeerde hij contact te krijgen met de bedieningscentrale, maar dat lukte niet, met als gevolg dat de brug het schip plette. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 30 uur gestremd was. In de SOS-database is geen schadebedrag opgenomen.
- Dossiernummer 201528358: hefbrug Waddinxveen, de botsing van een schip met de hefbrug in Waddinxveen op 22 april 2015 heeft grote gevolgen. De schipper raakte gewond, het verkeer moet omrijden en in een straal van 50 meter rond de brug is de omgeving afgezet. De reparatie van de hefbrug gaat zeker tot juni duren. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 600 uur gestremd was. Er is in de SOS-database geen schadebedrag opgenomen.

- Dossiernummer 201526000: Vlakespoorbrug, een schipper van een binnenvaartschip heeft op 20 februari 2015 de Vlakespoorbrug geramd en is onder de Vlakespoorbrug aan de noordoostelijke kant in de Glooiing vastgevangen. Dit heeft een storing veroorzaakt in de spoorwegleidingen en de pijler van de brug was beschadigd. Aan de loopbrug en de recreatie steiger van de Vlakespoorbrug was aanzienlijk veel schade ontstaan. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 30 uur gestremd was. Het schadebedrag bedroeg 260.000 euro.
- Dossiernummer 201424623: Termeerbrug, de eigenaar van een motorjacht is aangehouden vanwege mogelijke schuld aan de dood van één van zijn opvarenden. Tijdens de Vaarparade over de Utrechtse Vecht, in de nacht van 13 op zondag 14 september, voer het slachtoffer (27) als roerganger onder de Termeerbrug door. Wat er toen precies gebeurde is volgens de politie nog onduidelijk, maar het lijkt erop dat de roerganger hard met zijn hoofd tegen de brug is gekomen. Hij is aan de gevolgen daarvan overleden. In de SOS-database is geen schadebedrag opgenomen, maar deze is waarschijnlijk ook niet ontstaan.
- Dossiernummer 201117125: Brug van Montfoort, een motorjacht is op 5 oktober 2011 tegen de brug van Montfoort gevaren. Hierbij is de grendelpen beschadigd waardoor de brug niet kan draaien. Het jacht zat gedeeltelijk klem onder brug en moest eerst ontzet worden. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 26 uur gestremd was. Het schadebedrag bedroeg 19.500 euro.
- Dossiernummer 20099843: Koninginnebrug, schadevaring op 21 oktober 2010 aan een brug veroorzaakt door een motortankschip. In de SOS-database is opgenomen dat de vaarweg 72 uur gestremd was. Er is geen schadebedrag opgenomen.
- Dossiernummer 201732002: Brug Schuilenburg, een binnenvaartschip is op 17 januari 2017 tegen de gesloten brug gevaren. De SOS-database gaf in eerste instantie geen duidelijkheid over het schadebedrag, dit is achteraf hersteld ten behoeve van de analyse. RWS heeft aangegeven dat het schadebedrag gelijk is aan 1,5 miljoen euro. Door de aanvaring raakte het draaimechanisme zwaar beschadigd en moest daarom vervangen worden. Na ruim 5 maanden (half juni 2017) werd de brug weer aangesloten op alle besturingssystemen. Al die tijd was geen wegverkeer mogelijk over de brug. Wegverkeer moet over de brug Kootstertille, 2 km verder op. Er zijn enkele (3) elektrische fietsen beschikbaar gesteld tijdens de stremming voor de oudere buurt bewoners. Ook deze informatie was oorspronkelijk niet opgenomen in de SOS-database.
- Dossiernummer 201732140: Gerrit Krolbrug, een leeg motortankschip is op 28 april 2017 tegen de Gerrit Krolbrug is gevaren. Om 22:45 is een stremming voor de scheepvaart opgegeven en deze is om 02:54 weer opgeheven. Tevens zijn er twee verkeersregelaars ingeschakeld om het verkeer om te leiden. De SOS-database gaf in eerste instantie geen duidelijkheid over het schadebedrag, dit is achteraf hersteld ten behoeve van de analyses. RWS heeft aangegeven dat het schadebedrag gelijk is aan 357.500 euro. Door de aanvaring was de brug 4 weken niet beschikbaar voor autoverkeer. Fietsers en voetgangers konden gebruik maken van de vaste bruggen die ook deel uitmaken van de Gerrit Krolbrug. Ook deze informatie was niet opgenomen in de SOS-database en ten behoeve van dit onderzoek aangevuld.

Bij een aanvaring van een brug is er meestal sprake van schade aan het schip en/of de brug. De omvang van de schade hangt samen met de omvang van het schip, de snelheid en de wijze waarop de aanvaring ontstaat. De schade aan de brug kan in de meer ernstige gevallen leiden tot stremmingen van vaarweg, weg en/of spoor. Uit de beschrijving wordt duidelijk dat de financiële schade en de stremmingen aan de droge zijde van de brug (spoor/weg) slecht geregistreerd worden.

De hier genoemde aanvaringen met zeer ernstige effecten geven overigens geen eenduidig inzicht in de ongevalsoorzaken. Wel hebben de volgende zaken een rol gespeeld:

- Zicht.
- Vaargedrag.
- Bedienproces.
- Type brug (vast of beweegbaar).

Analyse van de nautische veiligheid

Met betrekking tot de nautische veiligheid wordt gekeken naar de ontwikkeling van het aantal aanvaringen met bruggen en de effecten met betrekking tot letselschade, economische schade/stremmingen en milieuschade. Op basis van Tabel 4 kan worden geconcludeerd dat bij aanvaringen van bruggen vooral economische schade (financiële schade en stremmingen) is opgetreden. Incidenteel is er sprake van significante letselschade (7 incidenten) of milieuschade (2 incidenten).

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Tot.
Totaal aantal aanvaringen bruggen											
• Aantal aanvaringen bruggen	52	50	61	55	27	51	52	68	52	60	528
Type aanvaringen											
• Significante aanvaringen	9	11	15	17	7	22	15	11	15	15	137
• Niet significante aanvaringen	43	39	46	38	20	29	37	57	37	45	391
Informatie over letselschade											
• Aantal significante aanvaringen met letsel	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
• Aantal doden en vermisten	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
• Aantal zwaar gewonden	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	5
• Aantal licht gewonden	1	1	2	1	0	2	1	0	1	0	9
Informatie over economische schade											
• Aantal significante aanvaringen met financiële schade	6	11	13	16	4	20	8	9	6	8	101
• Aantal significante aanvaringen met stremmingen	4	3	4	1	4	4	8	5	11	8	52
Informatie over milieuschade											
• Aantal significante aanvaringen met milieuschade	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2

Tabel 4: Aanvaringen van bruggen en effecten

Op basis van Tabel 5 kan worden geconcludeerd dat de meeste aanvaringen van bruggen samenhangen met aanvaringen door binnenvaart. Recreatievaart (klasse 0) heeft met 14 geregistreerde aanvaringen een beperkt aandeel, maar de effecten kunnen in deze groep wel zwaar zijn (2 dodelijke ongevallen, dossiernummers 201424623 en 201736364, zie voorgaand overzicht met ongevallen met meest ernstige effecten). Met name beroepsschepen vanaf klasse IV hebben een groot aandeel in de totale ongevallenhistorie. Het is waarschijnlijk dat massa een belangrijke rol speelt. Daarbij moet worden opgemerkt dat de scheepsklassen VB, VIA en VIB een relatief klein aandeel hebben in de totale scheepsmix.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Tot.
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Aantal aanvaringen per scheepstype											
• Alleen Binnenvaart	36	28	41	36	15	32	31	44	32	28	323
• Alleen Overige vaart	4	7	13	8	3	9	4	12	8	14	82
• Alleen Recreatievaart	5	5	5	3	5	6	6	6	5	11	57
• Alleen Visserijvaart	1						1	1	1	1	5
• Alleen Werk- en dienstvaart	3	4		4	3	2	4	5	1	2	28
• Alleen Zeevaart	3	6	2	4	1	2	5		4	4	31
• Binnenvaart - Overige vaart							1				1
• Binnenvaart - Recreatievaart									1		1
Aantal aanvaringen per type vaarweg											
• Onbekend	1							3	1	1	6
• 0	2		4	1	1	2	1			3	14
• I	2	1	3					1	2		9
• II	8	2	3	6	2	5	2	2	2	4	36
• III	1		1	2	2	3	1	3	3	1	17
• IV	8	11	11	5	2	7	7	5	4	12	72
• VA	11	24	17	22	10	23	14	29	22	19	191
• VB			4	2	3	4	5	1	1	6	26
• VIA					3			4	1	1	9
• VIB	4	5	8	7		4	8	6	6	6	54
• VIC	15	7	10	10	4	3	14	14	10	7	94

Tabel 5: Aanvaringen naar type vaart en scheepstypen.

Aan de hand van de geregistreerde informatie zijn een drietal risicopiramides afgeleid voor letselschade, milieuschade en economische schade.

Letselschade

Bij een aanvaring van een brug is er soms sprake van letsel. Deze ongevallen komen vooral voor onder de recreatievaart. De opvarenden op deze schepen zijn extra kwetsbaar voor verdrinking of letsel door de impact van de aanvaring. In de 10 onderzochte jaren is er sprake geweest van twee dodelijke incidenten (dossiernummers 201424623 en 201736364, zie voorgaand overzicht met ongevallen met meest ernstige effecten) en vijf incidenten met zwaargewonden. Figuur 3 geeft inzicht in de risicopiramide voor letselschade.

RISICOPIRAMIDE LETSELSCHADE – AANVARINGEN BRUGGEN		
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Aantal ongevallen [in 10 jaar]
5	Meerdere doden of vermisten	0 (0%)
4	Een dode of vermiste	2 (0,38%)
3	Meerdere zwaargewonden	0 (0%)
2	Een zwaargewonde	5 (0,95%)
1	Licht letsel	8 (1,52%)
0	Geen slachtoffers	513 (97,16%)
Totaal aantal incidenten		528 (100%)

Figuur 3: Risicopiramide Aanvaringen Bruggen – Letselschade

Dat er geen dodelijke incidenten zijn geregistreerd binnen de beroepsvaart, wil overigens niet zeggen dat dit type ernstige letselschade niet kan optreden. In het buitenland zijn wel degelijk voorbeelden bekend, waarbij een stuurhut van het binnenvaartschip is gevaren en de schipper is overleden:

- In oktober 2018 is een binnenvaarttanker met zijn stuurhuis tegen de Bladenhorsterbrug op het Rhein-Hernekanaal gevaren. Het stuurhuis werd geheel platgedrukt en de kapitein is daarbij overleden. Bron: <https://www.scheepvaartkrant.nl/nieuws/stuurman-sterft-onder-platgedrukt-stuurhuis>.
- In september 2016 is een rivercruiseschip bij Erlangen tegen een brug over het Main-Donaukanaal gevaren. De stuurhut werd door de aanvaring volledig vernield en de twee bemanningsleden die zich in de hut bevonden kwamen daarbij om. Bron: <https://www.schuttevaaer.nl/nieuws/actueel/2016/09/14/twee-doden-bij-brugaanvaring-viking-freya/>.

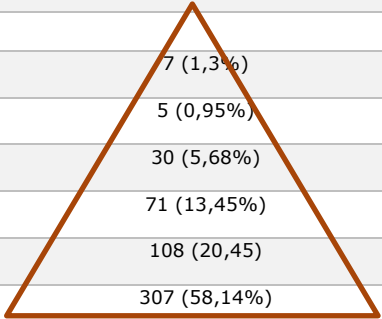
Soortgelijke aanvaringen met letsel hebben in Nederland wel plaatsgevonden, maar hebben in de laatste 10 jaar niet geleid tot dodelijke slachtoffers. Meestal is er ernstige materiele schade. Het meest ernstige ongeval in deze periode betrof de aanvaring van de brug bij Zuidhorn, deze aanvaring resulteerde in een gesneuvelde stuurhut en één zwaargewonde (dossiernummer 201014299).

Economische schade

Economische schade kan ontstaan door schade aan de brug, schade aan het schip of door stremmingen van de vaarweg, het spoor of de weg.

Gaande het onderzoek is gebleken dat de geregistreerde stremmingschade in de SOS-database meestal betrekking heeft op de vaarwegstremmingen. Veel weg- en spoorstremmingen worden niet als zodanig in de SOS-database geregistreerd, terwijl dat wel de bedoeling is. Verduidelijking van de invulinstructie is aan te bevelen, waarbij het wellicht ook beter is om een duidelijk onderscheid te maken naar vaarwegstremmingen en stremmingen van het droog verkeer. De effecten kunnen namelijk aanzienlijk verschillen. Als een brugdek voor langere tijd wordt verwijderd, is de overlast voor het vaarwegverkeer beperkt, terwijl het wegverkeer juist veel hinder zal ondervinden.

RISICOPIRAMIDE ECONOMISCHE SCHADE – AANVARINGEN BRUGGEN		
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Aantal ongevallen [in 10 jaar]
5	Meer dan 100 miljoen Stremming> meerdere dagen	7 (1,3%)
4	Max. 100 Miljoen Stremming> 1 dag	5 (0,95%)
3	Max. 15 miljoen Stremming< 1dag	30 (5,68%)
2	Max 1 miljoen Stremming<2uur	71 (13,45%)
1	Max 10.000'en euro's Stremming< 1uur	108 (20,45%)
0	Geen schade	307 (58,14%)
Totaal aantal incidenten		528 (100%)



Figuur 4: Risicopiramide Aanvaringen Bruggen – Economische schade

Aan de hand van een aantal bekende ongevallen met ernstige stremmingseffecten op weg en spoor (zie hiertoe ook het kopje “constructieve veiligheid” verder in deze paragraaf), is de SOS-database verrijkt met aanvullende informatie. Deze informatie heeft alleen betrekking op de meest ernstige stremmingen, waardoor de correctie zeker niet compleet is. Figuur 4 geeft de getotaliseerde risicopiramide voor economische schade op basis van de aangevulde SOS-database. Figuur 5 geeft een nadere uitsplitsing van de economische schade naar financiële schade, vaarwegstremmingen en stremmingen van weg/spoor.

RISICOPIRAMIDE ECONOMISCHE SCHADE – AANVARINGEN BRUGGEN				
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Stremmingen vaarweg Aantal ongevallen [in 10 jaar]	Stremmingen weg/spoor Aantal ongevallen [in 10 jaar]	Fin. Schade Aantal ongevallen [in 10 jaar]
5	Meer dan 100 miljoen Stremming > meerdere dagen	3	5	0
4	Max. 100 Miljoen Stremming > 1 dag	7	0	0
3	Max. 15 miljoen Stremming < 1dag	31	1	5
2	Max 1 miljoen Stremming < 2uur	12	0	75
1	Max 10.000'en euro's Stremming < 1uur	0	0	111
0	Geen schade	475	522	337
Totaal aantal incidenten		528	528	528

Figuur 5: Risicopiramide Aanvaringen Bruggen – Economische schade gesplitst naar stremmingen en financiële schade³

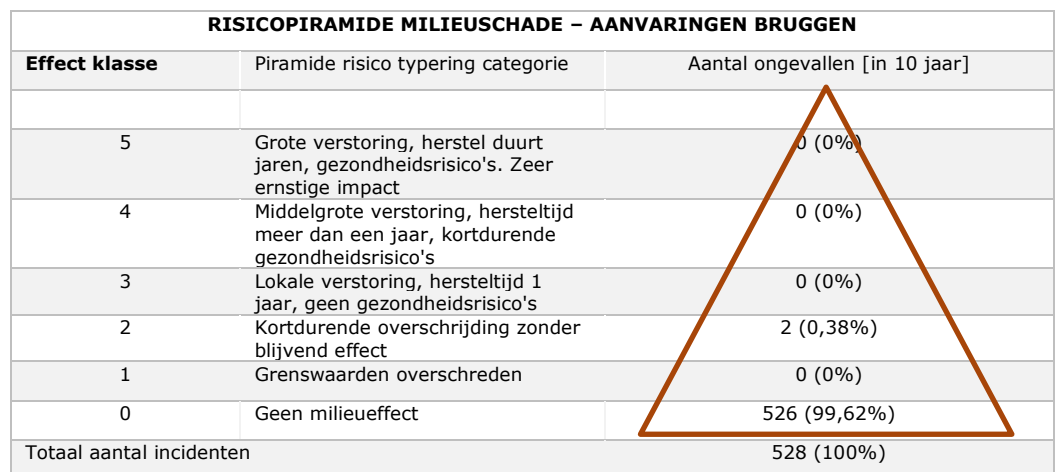
De economische schade in de hogere effectgroepen wordt vooral veroorzaakt door aanvaringen van bruggen door de beroepsvaart. Recreatievaart is licht en kan daardoor relatief weinig schade aan de brug veroorzaken. Toch komt het incidenteel voor dat recreatievaart schade veroorzaakt aan de brug, zie bijvoorbeeld de beschrijving onder dossiernummer 201117125 (de Brug van Montfoort), zoals beschreven bij de ongevallen met de meest ernstige effecten. De kosten van de recreatieve schepen zijn laag in relatie tot de schadebedragen in de effectentabel in Tabel 1, waardoor de effectscore in de meeste gevallen beperkt blijft. De meer ernstige economische effecten hebben betrekking op ernstige financiële schade aan de brug, financiële schade aan de beroepsschepen en in de meeste gevallen een significante stremmingsduur. De meest ernstige stremmingen hebben betrekking op stremmingen van weg en spoor.

Met betrekking tot de financiële schade moet ook een kanttekening worden geplaatst. Na een aanvaring is niet direct het financiële schadebedrag bekend. In het SOS-formulier wordt dan een grove inschatting gedaan van de financiële schade. Ook komt het voor dat het schadebedrag geheel niet wordt ingevuld. Achteraf wordt het schadebedrag meestal niet meer bijgesteld. De SOS-database geeft daarmee niet meer dan grove inschatting van de financiële schade en naar verwachting is er sprake van een onderschatting. Wel is de SOS-database voor deze studie aangevuld met aanvullende financiële informatie voor een aantal zeer ernstige aanvaringen. Voor stremmingsschade geldt deze kanttekening eveneens, maar in iets mindere mate.

³ Aantallen per effectklasse kunnen afwijken van Figuur 5 ten gevolge van afrondingen.

Milieuschade

Milieuschade is bij aanvaringen van bruggen nauwelijks geregistreerd. De risicopiramide voor milieuschade is weergegeven in Figuur 6. Er zijn twee incidenten geregistreerd in effectgroep 2. Het betrof tweemaal vervuiling door stookolie van een motortankschip, in beide gevallen met effectscore 100 (dossiernummer 20099843 en 201221064). In één geval heeft in ieder geval uitstroom van lading plaatsgevonden. In het andere geval was niet duidelijk waar de brandstof vandaan kwam (brandstof of lading).



Figuur 6: Risicopiramide Aanvaringen Bruggen – Milieuschade

Constructieve veiligheid – functie doorstroming

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 wordt de constructieve veiligheid van de bruggen beoordeeld vanuit de functie doorstroming over de weg of het spoor.

Er zijn meerdere incidenten bekend, waarbij de bruggen voor langere tijd buiten bedrijf zijn geweest door ernstige schade en/of het bezwijken van het brugdek. Bij dit type schade kan de doorstroming op de vaarweg in de meeste gevallen in enkele dagen worden hersteld, maar het oponthoud voor spoor/weg kan veel langer duren. Stremmingen van weg en spoor worden in onvoldoende mate in de SOS-database geregistreerd. De onderstaande lijst is verzameld aan de hand van media-artikelen, ongevalsanalyses en inbreng van deskundigen van RWS. De volgende, meer ernstige ongevallen, zijn verzameld:

- De Borgbrug in het Eemskanaal is tweemaal aangevaren, in 2014 en 2018 (dossiernummers: 201425584 en 201844018). Bij het ongeval in 2018 was er sprake van grote financiële schade en was er wekenlang geen wegverkeer mogelijk. Het ongeval komt ook in de SOS-database terug, echter wel met een lage effectscore op financiële schade (effectscore 100). De oorzaak van de aanvaring is onduidelijk.
- In 2017 en 2018 vonden ongevallen plaats met de Paddepoelsterbrug, waarbij de brug werd ontzet (dossiernummers: 201733470 en 201843351). In beide gevallen was er sprake van lange stremmingen van het wegverkeer en beide ongevallen waren veroorzaakt door een issue in het bedienproces. De ongevallen zijn opgenomen in de SOS-database, maar waarschijnlijk met te lage scores op financiële schade (Effectscore 10) en stremmingschade (effectscore 1000).

- De brug in de Oostsluis te Terneuzen is meermalen aangevaren, in 2006, 2012 en 2014. Bij het ongeval met dossiernummer 201423820 was een binnenvaarttankschip op 11 februari 2014 aan de kanaalzijde tegen de brug van de Oostsluis aangevaren terwijl deze dicht was. Het schip zat klem onder de brug. Er was zware schade aan fundering van brug. Alhoewel de brug wekenlang niet bruikbaar was voor vaarwegverkeer en wegverkeer, is de stremming niet geregistreerd in de SOS-database. Ook is er geen schadebedrag in de SOS-database geregistreerd. Het ongeval op 23 november 2012 met dossiernummer 201221310 betrof een aanvaring door een zeeschip met als gevolg een korte stremming van de weg en vaarweg. In de SOS-database is de stremming niet geregistreerd en is de financiële schade geregistreerd met een effectscore 10. Gedetailleerde schade-informatie is niet verstrekt en de SOS-database is hierop niet aangepast.
- Dossiernummer 201426252. Op 17 april 2014 sluit de brug Bosscheweg boven op een passerend schip, waardoor deze knel komt te zitten. Dit heeft geresulteerd in een vaarwegstremming in de orde van weken. Het incident staat in de SOS-database geregistreerd met een effectscore op financiële schade van 10 en een effectscore van 0 op stremmingen. Aan de hand van het gevonden artikel is dat een onderschatting. Het ongeval is veroorzaakt door een issue in het bedienproces. De brug bleef ruim een maand dicht voor reparatie.
- Een aanvaring van de hefbrug te Waddinxveen in 2015 heeft geresulteerd in een stremming van meerdere dagen. Het incident staat in de SOS-database geregistreerd met een effectscore op financiële schade/stremmingen van 100.000. Oorzaak van het ongeval is niet duidelijk.
- In 2017 heeft een aanvaring plaatsgevonden van de spoorbrug Leiden. Dit heeft geleid tot een stremming van het treinverkeer. Het incident staat in de SOS-database geregistreerd met een effectscore op financiële schade/stremmingen van 100. De oorzaak is niet bekend.
- In 2016 is de Oostpoortbrug te Delft aangevaren, waardoor het spoor een weekend is gestremd. Het ongeval staat zonder enige effectscore in de SOS-database.
- Brug Schuilenburg op het Prinses Margrietkanaal werd 17 januari 2017 aangevaren door een binnenvaartschip (dossiernummer 201732002) bij heig zicht. De schipper was in de veronderstelling dat de volgende brug richting Delfzijl hoog genoeg zou zijn om hem te kunnen passeren. Circa 100 m voor de brug constateert de schipper dat hij niet onder de draaibrug kan varen en hij slaat achteruit. Een aanvaring kon niet meer worden voorkomen. De SOS-database gaf in eerste instantie geen duidelijkheid over het schadebedrag, dit is achteraf hersteld ten behoeve van de analyse. RWS heeft aangegeven dat het schadebedrag gelijk is aan 1,5 miljoen euro. Door de aanvaring raakte het draaimechanisme zwaar beschadigd en moest daarom vervangen worden. Na ruim 5 maanden (half juni 2017) werd de brug weer aangesloten op alle besturingssystemen. Al die tijd was geen wegverkeer mogelijk over de brug. Wegverkeer moet over de brug Kootstertille, 2 km verderop. Er zijn enkele (3) elektrische fietsen beschikbaar gesteld tijdens de stremming voor de oudere buurt bewoners. Ook deze informatie is niet opgenomen in de SOS-database.
- Een leeg motortankschip is tegen de Gerrit Krolbrug is gevaren, zie dossiernummer 201732140. Dit heeft geleid tot een kortstondige stremming op de vaarweg. De SOS-database gaf in eerste instantie geen duidelijkheid over het schadebedrag, dit is achteraf hersteld ten behoeve van de analyses. RWS heeft aangegeven dat het schadebedrag gelijk is aan 357.500 euro. Door de aanvaring was de brug 4 weken niet beschikbaar voor autoverkeer. Fietzers en voetgangers konden gebruik maken van de vaste bruggen die ook deel uitmaken van de Gerrit Krolbrug. Deze informatie was oorspronkelijk is niet opgenomen in de SOS-database, maar is ten behoeve van dit onderzoek aangevuld.

- Op 12 september 2017 is een schip tegen de vlotbrug in Burgervlotbrug gevaren, zie dossiernummer 201733094. Door het ongeval zijn de palen bij de brug omver gevaren. De schade is zo groot dat de brug niet meer in staat is om dicht te gaan, waardoor de brug permanent openstaat. De weg over de brug is voor circa 6 maanden gestremd. In de SOS-database is het ongeval geregistreerd met effectscore 1000 voor stremmingen, de effectscore voor de financiële schade is niet geregistreerd in SOS.

Omdat de bovenstaande aanvaringen niet altijd in de SOS-database staan geregistreerd als ongeval met ernstige stremmingseffecten, is de SOS-database verrijkt met aanvullende gegevens die overeenstemmen met de hiervoor beschreven effecten, zie hiertoe ook het kopje "Economische schade".

In aanvulling op de vermelde aanvaringen zijn ook vanuit het buitenland zware aanvaringen bekend. De spoorbrug Weener in Duitsland moest geheel vervangen worden, dit met stremmingen in de orde van jaren tot gevolg. Het overzicht van aanvaringen met grote hinder voor het wegverkeer/spoorverkeer is naar verwachting niet volledig (er wordt niet voldoende nauwkeurig geregistreerd) en daarnaast zijn nog vele aanvaringen te verwachten met minder ernstige stremmingen van spoor- en of wegverkeer. De meest ernstige stremmingen voor weg of spoor in Nederland lopen in de orde van weken/maanden.

Het effect op de omgeving ten gevolge van een stremming kan sterk variëren. Bij bruggen in minder belangrijke wegen zijn er vaak alternatieve routes beschikbaar en kan de weggebruiker omrijden, omfietsen of omlopen. Naarmate de intensiteit op de wegen toeneemt of naarmate de reistijd van de alternatieve route toeneemt, kan de impact van een stremming steeds groter worden. Ook moet rekening worden gehouden met effect van een stremming op de responstijden van hulpdiensten (politie, ambulance, brandweer). Incidenten waarbij hulp noodzakelijk is, kunnen door een stremming ernstiger aflopen. Bij een spoorstremming kan er sprake zijn van een ernstige onderprestatie door de verstoring van de dienstregeling. Reizigers moeten dan omrijden. Echter, als de brug een onderdeel vormt van de meer belangrijke spoorbundels, dan kan de stremming zelfs leiden tot een zeer ernstige onderprestatie, met name als de alternatieve spoorroutes niet voldoende capaciteit bieden hebben om het extra aanbod te verwerken.

Anders dan bij de methodiek voor nautische veiligheid worden de gevolgklassen bij de ProBO systematiek gerelateerd aan de functies van het object en niet aan de omvang van de effecten, zoals dat bij nautische veiligheid het geval is. Volledig functieverlies bij een aanvaring van een brug zal een ander effect op de omgeving hebben dan volledig functieverlies bij een aanvaring van een stormvloedkering. Alhoewel dezelfde gevolgklassen gelden, zullen de gevolgen op de omgeving bij stuwen en waterkeringen naar verwachting ernstiger zijn.

Met betrekking tot de constructieve veiligheid is het van belang dat bij sommige bruggen het gevaar op aanvaringen met ernstige effecten wordt beperkt door middel van aanvaarbeveiligingen. Dit is mogelijk door grote caisson of betonconstructies voor de pijlers te plaatsen, zodat de pijlers worden beschermd tegen frontale aanvaringen. Voorbeelden hiervan zijn terug te vinden bij de Suurhoffbrug, de Stadsbrug Kampen en de draaibruggen Sluiskil en Sas van Gent.

Aandachtspunten

Aan de hand van de uitgebreide ongevalsbeschrijvingen in de SOS-database en overige data verzameld uit artikelen, ongevalsanalyses en rapporten, is er in meer detail gekeken naar de oorzaken van aanvaringen van bruggen. Hierbij kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij de meeste aanvaringen gaat het om beperkte schade aan schip of brug;
- Soms is er sprake van meer ernstige schade, waarbij het functioneren van de brug ernstig wordt aangetast (brug kan niet meer open of dicht). Dit kan ernstige consequenties hebben op de doorstroming op de vaarweg, maar vooral op de doorstroming op de weg en/of het spoor.
- Aanvaringen komen vaak voor ten gevolge van een te hoog schip of door het aanvaren van de pijlers. Omdat de exacte oorzaak van de aanvaring vaak niet is te achterhalen op basis van de SOS-database, kan op basis van de data-analyse niet worden bepaald welke kenmerken resulteren in de hoogste risico's.
- Van de dertien gevonden ongevallen met ernstige hinder voor de omgeving, waren minimaal 3 ongevallen veroorzaakt door verstoringen in het bedienproces (dossiernummers 201733470, 201843351 en 201426252).
- Met name bruggen met weinig massa ten opzichte van de CEMT-klasse lijken gevoelig voor aanvaringen. Denk daarbij aan fiets- en voetgangersbruggen en voorbeelden zoals de Paddepoelsterbrug, Gerrit Krolbrug, fietsbrug Mijdrecht en de Burgervlotbrug.
- Met name het beweegbare deel van de beweegbare bruggen lijken extra gevoelig voor aanvaringen. Schade aan brugdek, scharnieren, grendelpennen en andere gevoelige onderdelen lijken relatief snel te leiden tot stremmingen.

De SOS-database en de artikelen geven slechts in weinig gevallen een duidelijke beschrijving van de oorzaak van de ongevallen. De focus ligt vooral op de effecten, waarbij moet worden opgemerkt dat de effecten op het vlak van financiële schade en stremmingen aantoonbaar slecht worden geregistreerd. Hierdoor kunnen deze effecten in de praktijk ernstiger zijn dan aan de hand van deze analyse is weergegeven. Door het ontbreken van duidelijke oorzaken in de ongevalsbeschrijvingen is ook niet goed te herleiden welke delen van de bruggen meer gevoelig zijn voor aanvaringen (aanwezigheid pijlers, ongevallen ten gevolge van beperkingen in de doorvaarthoogte, ongevallen ten gevolge van beperkingen in de doorvaartbreedte, et cetera). Hierdoor is het niet goed mogelijk gebleken om op basis van dit soort kenmerken te analyseren.

Op basis van de gevonden informatie, artikelen en expert judgement van Arcadis en (nautische) medewerkers van RWS, zijn de volgende technische invloedfactoren benoemd die een rol kunnen spelen bij aanvaringen van bruggen:

- Conformiteit Richtlijnen: Niet alle bruggen voldoen aan de huidige Richtlijn Vaarwegen betreft doorvaarthoogte, doorvaartbreedte, de ligging van landhoofden en de aanwezigheid en ligging van pijlers.
- Positionering brug: Door de positionering van de brug (bijvoorbeeld in een bocht) kan er een minder goed zicht bestaan op de brug en het tegemoetkomend scheepvaartverkeer. De positionering van de brug nabij een kruising kan de verkeerssituatie erg complex maken.
- Massa van de brug: De lichtere bruggen (onder andere fietsbruggen) lijken meer vatbaar voor ernstige schade bij aanvaringen, waardoor de effecten van een aanvaring hier veel hoger kunnen zijn.
- Kleurstelling brug: Soms gaat de brug door de kleurstelling op in de omgeving, waardoor de schipper last heeft de hoogte goed in te schatten.
- Intensiteit vaarweg: Het kans op een aanvaring is mede gerelateerd aan de intensiteit op de vaarweg.
- Vast versus beweegbare bruggen: Bij beweegbare bruggen bestaat de kans dat de meer gevoelige delen van het mechaniek worden aangevaren, waardoor mogelijk eerder sprake is van een stremming.

- De hoogte van het vaste deel van beweegbare bruggen: Naarmate het vaste deel lager is, zal de beweegbare brug meer moeten worden bediend, met wellicht een hoger risicoprofiel tot gevolg.
- Type bediening: Bij lokale bediening en bij bediening op afstand bestaat de kans op verstoringen in het bedienproces. Bediening op afstand is voor de bedienaar meer intensief, waardoor mogelijk een verhoogde kans bestaat op aanvaringen. Bij lokale bediening is de werklast juist weer een stuk lager, waardoor de aandacht kan verslappen met een kans op fouten tot gevolg.
- Uniformiteit van de bruggen: Op een traject waar soortgelijke bruggen in maatvoering verschillen, zijn interpretatiefouten door de schipper mogelijk.
- Informatievoorziening: Informatie die niet op orde is, kan leiden tot verwarring en misinterpretaties. Zo kan de werkelijke beschikbare doorvaarthoogte niet door de schipper worden herleid als peilaanduidingen ontbreken. Ook is het voor de schipper interessant om te weten wat de laagste doorvaarthoogte is op het traject in plaats van de verschillende doorvaarthoogtes bij de individuele objecten.
- Het varen onder ontheffing: Bij het varen met ontheffing (extra hoge/zware ladingen) kan het risico op aanvaringen met bruggen zijn verhoogd.
- Menging zeeverkeer: Grotere zeeschepen kunnen moeilijk afstoppen, waardoor de opening moet worden afgestemd op de passage van het passerende schip.
- Zicht: Slecht zicht leidt mogelijk tot een verhoogde ongevalskans.
- Ligging van de brug in het vaarwegennetwerk: De laagste bruggen in een vaarweg vormen de "zwakste schakel" en kunnen hierdoor een verhoogd aanvaarrisico hebben.
- Type brug: Spoorbruggen zijn erg vatbaar voor schade vanwege de uitlijning van de rails. Spoorbruggen lijken daardoor eerder te leiden tot stremmingen.

Daarnaast is er ook een aantal gedragsgerelateerde aspecten die naar verwachting een rol spelen bij aanvaringen van bruggen:

- Vaargedrag: Schippers kunnen een relatief hoge brug toch passeren door het versnellen van het schip, waardoor de stuurhut inzinkt en het schip tijdelijk lager ligt. Deze manoeuvres houden een risico in. Ook taalissues kunnen leiden tot onvoorspelbaar vaargedrag.
- Reisvoorbereiding: Met een goede reisvoorbereiding heeft de schipper een goed inzicht in de objecten die hij tijdens de reis tegenkomt. Het gebrek aan reisvoorbereiding levert een risico op.
- Onbekendheid met het traject: In het verlengde van de reisvoorbereiding zijn de meeste experts van mening dat onbekendheid van het traject, ook bij een goede reisvoorbereiding, het risico op aanvaringen verhoogt.
- Onoplettendheid: Door afleiding in de stuurhut (TV) of daarbuiten kan het attentieniveau van de schipper zijn verlaagd, waardoor ongevallen kunnen plaatsvinden. Ook alcoholgebruik en slaap kunnen een rol spelen.
- Veel schippers moeten de stuurhut omlaag stellen voor passage van een brug. Hierbij kunnen fouten optreden en technisch falen.

Selectie sub-criteria voor aanvullende data-analyse

Aan de hand van de voorgaande algemene analyse is onderzocht welke kenmerken interessant zijn voor nader onderzoek. Daarbij moet worden opgemerkt dat niet alle kenmerken op kwantitatieve wijze met de SOS-database kunnen worden geanalyseerd. Derhalve is in dit rapport nader onderzoek opgenomen voor:

- Vaste bruggen, waarvan de doorvaarthoogte en doorvaartwijdte al dan niet voldoen aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017.
- Beweegbare bruggen, waarvan de doorvaartwijdte van het vaste en beweegbare deel al dan niet voldoen aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017.
- Bedienwijze (geen, lokaal bediend, afstand bediend).

Aanvullend ongevalsonderzoek

Vaste bruggen

Op voorhand wordt verwacht dat vaste bruggen een minder hoog risicoprofiel hebben ten opzichte van het eerder bepaalde landelijke gemiddelde:

- Vaste bruggen lijken minder gevoelig voor aanvaringen vanwege het ontbreken van een mechanisme.
- Bij vaste bruggen is er geen relatie met bediening.
- Vaste bruggen zijn in de regel ruimer met betrekking tot de doorvaartbreedte en doorvaarthoogte.

In dit deel wordt specifiek gekeken naar aanvaringen van vaste bruggen, waarbij een toets is uitgevoerd voor de doorvaarthoogte en doorvaartbreedte voor een vaarweg met een normaal vaarwegprofiel. De gerelateerde toetswaarden uit de Richtlijnen Vaarwegen 2017 zijn afhankelijk van de vaarwegklasse en zijn weergegeven in Tabel 6. Vaste bruggen worden in de regel toegepast in een vaarweg met een normaal profiel, maar vaste bruggen kunnen incidenteel ook voorkomen in vaarwegen met een krap vaarwegprofiel.

Vaarwegklasse	Minimale doorvaarthoogte [m]	Minimale doorvaartwijdte [m]
0	2,60	7,0
I	5,25	20,4
II	6,10	26,4
III	6,60	32,8
IV	7,00	38,0
Va/Vb	9,10	45,6
VIa/VIb	9,10	91,2

Tabel 6: Toetswaarden volgens RVW voor normaal profiel (vaste brug)

Om de toetsing mogelijk te maken is de SOS-database verrijkt met een bestand met areaalgegevens, waarin informatie is opgenomen over de uitvoering van de brug en de afmetingen. De beide bestanden zijn vervolgens gekoppeld aan de hand van de brugnaam. Aangezien de brugnamen in de beide bestanden niet altijd overeenkomen, zijn beide bestanden hierop handmatig gecorrigeerd. Uiteindelijk konden de meeste velden worden gekoppeld, met uitzondering van 14 ongevallen in de SOS-database, waarvan de individuele brug niet is opgenomen in de areaalgegevens (bijv. Museumbrug Amsterdam) of de registratie geen betrekking had op een brug (bijv. voetgangerssteiger veerboot of vastlopen op Waddenzee).

Bij de analyse wordt de kanttekening geplaatst dat de analyse op basis van de Richtlijnen Vaarwegen 2017 niet compleet is. Zo mogen vaste bruggen in een normaal vaarwegprofiel niet zijn voorzien van pijlers of versmallingen in de landhoofden ten opzichte van het doorgaande vaarwegprofiel. Deze situaties komen frequent voor, maar de datacontrole hierop is niet uitgevoerd, er is alleen gekeken naar de doorvaarthoogte en doorvaartbreedte van de grootste doorvaart in de brug. Ook is niet gekeken naar specifieke omstandigheden die de vereiste doorvaartbreedte doen toenemen (windtoeslagen, bochttoeslagen, et cetera). Een dergelijke toetsing is wel mogelijk, maar vereist een analyse op het niveau van het individuele object.

De resultaten van de toetsing zijn samengevat in Tabel 7. Hieruit is een aantal conclusies te trekken:

- Op basis van "Alle vaste bruggen" blijkt de risicopiramide voor economische schade minder hoog en smaller in de top te zijn ten opzichte van het eerder bepaalde gemiddelde risicoprofiel. Dit impliceert in algemene zin een lager risicoprofiel voor economische schade voor vaste bruggen.

- Op basis van “Alle vaste bruggen” blijkt dat de risicopiramide voor milieuschade iets zwaarder is en de risicopiramide voor letselschade iets minder zwaar is ten opzichte van de eerder bepaalde gemiddelde risicoprofielen. Hier is het aantal geregistreerde aanvaringen echter dusdanig laag dat hier geen conclusies aan verbonden kunnen worden.
- Het aantal aanvaringen van vaste bruggen is veel lager ten opzichte van het totaal aantal aanvaringen, maar dit zegt weinig over de ongevalskans. Er zijn namelijk veel meer kleinere beweegbare bruggen dan vaste bruggen in het areaal en het aantal ongevallen moet in de juiste verhouding worden bekeken.
- Ongeveer de helft van de vaste bruggen is in geval van normale omstandigheden uitgevoerd volgens de vereiste hoogte en breedte in de Richtlijnen Vaarwegen 2017. Bij de objecten die voldoen is de piramide lager en minder breed in de top (minder hoog risico), bij objecten die niet voldoen is de piramide juist hoger en breder in de top. Daarbij moet worden opgemerkt dat objecten die aan de hoogte en breedte-eisen voldoen niet automatisch volledig aan de RVW hoeven te voldoen, denk bijvoorbeeld aan afwijkende locaties van de pijlers.

Alle vaste bruggen			Vaste bruggen conform RVW		Vaste bruggen niet conform RVW	
Letselschade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0		0		0	
4 (10.000)	0		0		0	
3 (1.000)	0		0		0	
2 (100)	1	0,96	0		1	1,75
1 (10)	0		0		0	
0 (0)	103	99,04	47	100	56	98,25
Totaal	104	100%	47	100%	57	100%
Economische schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)						
4 (10.000)						
3 (1.000)	2	1,92			2	3,51
2 (100)	15	19,23	6	12,77	14	24,56
1 (10)	30	28,85	16	34,04	14	24,56
0 (0)	52	50,00	25	53,19	27	47,37
Totaal	104	100%	47	100%	57	100%
Milieu schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)						
4 (10.000)						
3 (1.000)						
2 (100)	1	0,96			1	1,75
1 (10)						
0 (0)	103	99,04	47	100	56	98,25
Totaal	104	100%	47	100%	44	100%

Tabel 7: Risicopiramides naar bedieningswijze

Op basis van de analyse kan worden geconcludeerd dat aanvaringen met vaste bruggen leiden tot minder ernstige effecten en naar verwachting tot een lager risicoprofiel ten opzichte van de gemiddelde landelijke piramides voor alle bruggen samen. Het risico is het laagst voor objecten die aan de richtlijnen voldoen. Bruggen die niet aan de richtlijnen voldoen, hebben nog steeds een verlaagd risicoprofiel ten opzichte van de landelijke piramide, maar hebben in de basis van de analyse een hoger risicoprofiel dan de objecten die wel aan de richtlijnen voldoen. Dit is in overeenstemming met de verwachting.

Met betrekking tot milieuschade en letselschade zijn geen conclusies te trekken. Dit heeft te maken met het lage aantal geregistreerde ongevallen, waardoor geconstateerde afwijkingen in de risicopiramide meer worden bepaald door toevalligheden. Daarmee zijn voor deze schadegroepen geen conclusies te trekken over een verhoogd of verlaagd risicoprofiel.

Alhoewel de conclusie logisch lijkt dat vaste objecten een lager risicoprofiel hebben, moet wel worden opgemerkt dat de opgenomen aanvaringen van bruggen niet altijd gerelateerd zijn aan de hoogte of breedte. Ongevallen kunnen ook samenhangen met de aanwezigheid van pijlers, de zichtbaarheid van de brug, et cetera. De verlaging van het economisch risicoprofiel kan indirect samenhangen met één of meerdere van deze factoren, waardoor de resultaten met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.

Beweegbare bruggen

Op voorhand wordt verwacht dat beweegbare bruggen een hoger risicoprofiel hebben ten opzichte van het eerder bepaalde landelijke gemiddelde:

- Beweegbare bruggen lijken meer gevoelig voor aanvaringen vanwege de aanwezige mechanismen.
- Bij beweegbare bruggen bestaat de kans op bedienfouten en softwarefouten
- Het vaste deel van de beweegbare brug is vaak gelimiteerd met betrekking tot doorvaarthoogte en doorvaartbreedte. Het beweegbare deel van de beweegbare brug heeft vaak een beperkte doorvaartbreedte.
- Het beweegbare deel van de beweegbare bruggen is meestal minder massief en daardoor minder robuust.

Beweegbare bruggen mogen volgens de richtlijnen alleen worden toegepast in een vaarweg met een krap profiel. In dit deel wordt specifiek gekeken naar beweegbare bruggen, waarbij een toets is uitgevoerd voor de doorvaartbreedte van het vaste deel en het beweegbare deel, daarbij uitgaande van een krap vaarwegprofiel. De toetswaarden voor deze analyse zijn gebaseerd op de Richtlijnen Vaarwegen 2017 uitgaande van een krap vaarwegprofiel. De resultaten van de toetsing zijn weergegeven in Tabel 8. Voor individuele bruggen zou deze toets niet valide kunnen zijn, bijvoorbeeld als de beweegbare brug is geplaatst in een vaarweg met een normaal vaarwegprofiel. Dit kan het geval zijn als de brug specifiek is gerealiseerd voor zeevaart of recreatievaart met staande mast. In die gevallen zijn grotere afmetingen vereist.

Vaarwegklasse	Minimale doorvaarthoogte beweegbaar deel [m]	Minimale doorvaartwijdte vast deel [m]
0	2,60	7,0
I	5,25	18,36
II	6,10	23,76
III	6,60	29,52
IV	7,00	34,20
Va/Vb	9,10	41,04
Vla/Vlb	9,10	82,08

Tabel 8: Toetswaarden volgens RVW voor beweegbare brug in krap profiel

Ten behoeve van deze analyse is de SOS-database verrijkt met areaalgegevens, net als bij de analyse van de vaste bruggen. Uiteindelijk konden de meeste velden worden gekoppeld, met uitzondering van 14 ongevallen in de SOS-database, waarvan de individuele brug niet is opgenomen in de areaalgegevens (bijv. Museumbrug Amsterdam) of de registratie geen betrekking had op een brug (bijv. voetgangerssteiger veerboot of vastlopen op Waddenzee). Deze 14 ontbrekende ongevallen hadden echter geen betrekking op de beweegbare bruggen.

Ook hier wordt de kanttekening geplaatst dat de analyse op basis van de Richtlijnen Vaarwegen 2017 niet volledig is. Er wordt alleen een toets gedaan op de doorvaartbreedtes zonder rekening te houden met specifieke omstandigheden die de vereiste doorvaartbreedte doen toenemen (windtoeslagen, bochttoeslagen, et cetera). Een dergelijke toetsing zou een analyse noodzakelijk maken op het niveau van het object zelf.

	Alle beweegbare bruggen		Beweegbare bruggen conform RVW		Beweegbare bruggen niet conform RVW	
Letselschade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)						
4 (10.000)	2	0,49			2	0,55
3 (1.000)						
2 (100)	4	0,98	1	2,13	3	0,83
1 (10)	8	1,95	1	2,13	7	1,93
0 (0)	396	96,59	45	95,74	351	96,69
Totaal	410	100%	47	100%	363	100%
Economische schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	7	1,71			7	1,93
4 (10.000)	5	1,22	2	4,26	3	0,83
3 (1.000)	27	6,59	1	2,13	26	7,16
2 (100)	47	11,71	7	14,89	40	11,29
1 (10)	75	18,29	9	19,15	66	18,18
0 (0)	248	60,49	28	59,57	220	60,61
Totaal	410	100%	47	100%	363	100%
Milieu schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)						
4 (10.000)						
3 (1.000)						
2 (100)	1	0,24%			1	0,28
1 (10)						
0 (0)	409	99,76%	47	100%	362	99,72%
Totaal	410	100%	47	100%	363	100%

Tabel 9: Risicopiramides voor beweegbare bruggen in krap profiel

De resultaten van deze toetsing zijn samengevat in Tabel 9. Hieruit is een aantal conclusies te trekken:

- Op basis van "Alle beweegbare bruggen" blijkt dat de risicopiramides voor letselschade en economische schade iets breder zijn in de top ten opzichte van het eerder bepaalde gemiddelde landelijke risicoprofiel. Dit impliceert een iets hoger risicoprofiel voor letselschade en economische schade.
- Op basis van "Alle beweegbare bruggen" blijkt dat de risicopiramide voor milieuschade iets smaller is ten opzichte van het eerder bepaalde gemiddelde landelijke risicoprofiel. Naar verwachting heeft dat vooral te maken met het lage aantal geregistreerde ongevallen, waardoor hieraan geen conclusies kunnen worden verbonden.
- Het aantal aanvaringen van beweegbare bruggen is relatief hoog ten opzichte van het totaal aantal aanvaringen, maar dit zegt nog weinig over de ongevalsrisico's. Er zijn namelijk veel meer kleinere beweegbare bruggen dan vaste bruggen en het aantal ongevallen moet in de juiste verhouding worden bekeken.

- Ongeveer 30% van de beweegbare bruggen is uitgevoerd volgens de vereiste doorvaartbreedtes in de Richtlijnen Vaarwegen 2017. Bij de objecten die voldoen is de piramide lager en breder (minder hoog risico), bij objecten die niet voldoen is de piramide hoger en breder. Dit laatste wijst op een hoger risico.

Op basis van de analyse kan worden geconcludeerd dat aanvaringen met beweegbare objecten leiden tot meer ernstige effecten en naar verwachting tot een hoger risicoprofiel ten opzichte van de gemiddeld bepaalde landelijke piramides. Dat geldt echter alleen voor de objecten die niet aan de getoetste doorvaartbreedtes voldoen. De objecten die wel voldoen leiden tot een minder hoge en bredere piramide, een indicatie dat het risicoprofiel juist lager is. Het grootste deel van de objecten voldoet niet aan de toetsafmetingen en hier is het risicoprofiel verhoogd.

De analyse laat een afwijkend beeld zien op milieuschade. De verwachting is dat dit vooral samenhangt met het lage aantal geregistreerde ongevallen, waardoor een enkel ongeval zwaar meetelt. Dit is daarmee nog geen indicatie voor een afwijkend risicoprofiel.

Alhoewel de conclusie logisch lijkt dat beweegbare bruggen die niet aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017 voldoen een hoger risicoprofiel hebben, moet wel worden opgemerkt dat niet alle ongevallen zijn gerelateerd aan de getoetste doorvaartbreedtes. Ongevallen kunnen ook samenhangen met de aanwezigheid van pijlers, de zichtbaarheid van de brug, et cetera. Daarnaast is de toetsing niet correct voor alle individuele objecten, aangezien beweegbare bruggen ook in een normaal vaarwegprofiel voorkomen, terwijl alleen is getoetst op de toetsafmetingen bij een krap vaarwegprofiel. Hierdoor moeten de conclusies met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Bedieningswijze

Op voorhand is het effect van bediening op afstand niet geheel duidelijk. Er bestaat een risico-verhogend effect omdat de bedienaar ritsend bezig is met meerdere objecten, waardoor er een kans bestaat op fouten. Aan de andere kant is een bedienaar op afstand meer actief, waardoor de kans op aandachtverlies weer kleiner is. In dit deel wordt gekeken naar het effect van het type bediening conform de SOS-database.

De bedieningswijze van de bruggen is vastgelegd in het bronbestand met areaalgegevens. Hierdoor is het mogelijk om voor de beweegbare bruggen te toetsen in hoeverre het verschil maakt of een brug lokaal, danwel op afstand wordt bediend.

Uiteindelijk konden de meeste velden worden gekoppeld, met uitzondering van 14 ongevallen in de SOS-database, waarvan de individuele brug niet is opgenomen in de areaalgegevens (bijv. Museumbrug Amsterdam) of de registratie geen betrekking had op een brug (bijv. voetgangerssteiger veerboot of vastlopen op Waddenzee). De resultaten van de analyse zijn samengevat in Tabel 10.

De tabel laat een aantal voorzichtige conclusies zien:

- Globaal de helft van de aanvaringen met beweegbare bruggen betreft lokaal bediende bruggen, de andere helft betreft op afstand bediende bruggen.
- Met betrekking tot letselschade valt op dat het verschil tussen op afstand bediende bruggen en lokaal bediende bruggen klein is.
- Met betrekking tot economische schade valt op dat er bij op afstand bediende bruggen sprake is van meer economische schade. In verhouding is de risicopiramide hoger en breder in de top, waardoor er sprake lijkt te zijn van een verhoogd risico bij bediening op afstand.
- Hetzelfde geldt voor milieuschade, maar het aantal ongevallen is dusdanig laag waardoor hieruit geen conclusies kunnen worden getrokken.
- De analyse zegt weinig over het aanvaarrisico.

	Alle beweegbare bruggen		Beweegbare bruggen lokaal bediend		Beweegbare bruggen Afstand bediend	
Letselschade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)						
4 (10.000)	2	0,49	1	0,51	1	0,47
3 (1.000)						
2 (100)	4	0,98	2	1,02	2	0,94
1 (10)	8	1,95	2	1,02	6	2,82
0 (0)	396	96,59	192	97,46	204	95,77
Totaal	410	100%	197	100%	213	100%
Economische schade	Aantal aanvaringen	%				
5 (100.000)	7	1,71			7	3,29
4 (10.000)	5	1,22	2	1,02	3	1,41
3 (1.000)	27	6,59	10	5,08	17	7,98
2 (100)	47	11,71	15	7,61	33	15,49
1 (10)	75	18,29	41	20,81	34	15,96
0 (0)	248	60,49	129	65,48	119	55,87
Totaal	410	100%	197	100%	213	100%
Milieu schade	Aantal aanvaringen	%				
5 (100.000)						
4 (10.000)						
3 (1.000)						
2 (100)	1	0,24%			1	0,47
1 (10)						
0 (0)	409	99,76%	197	100	212	99,53
Totaal	410	100%	197	100%	213	100%

Tabel 10: Risicopiramides van beweegbare bruggen naar bedienwijze

Op afstand bediende bruggen lijken een hoger risicoprofiel te hebben, maar er moet wel worden opgemerkt dat de meeste ongevallen helemaal niet zijn gerelateerd aan de bediening. Ongevallen kunnen ook samenhangen met de lokale situering, zichtbaarheid van het object, het al dan niet voldoen aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017, de hoogte van de brug en de frequentie van bedienen, et cetera. Hierdoor moet de conclusie met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Om toch een beter inzicht te krijgen in de aard van de ongevallen, is geverifieerd welke van de uitgebreide beschrijvingen met een effectscore van meer of gelijk aan effectscore 10.000 zijn veroorzaakt door een bedienfout. Dit is vastgesteld bij één van de 13 dossiers, te weten dossiernummer 201733692. Het ongeval had een totale risicoscore van 10.000 op stremmingen. Op basis van de kwantitatieve analyse lijkt het risico hoger voor de op afstand bediende bruggen, maar de oorzaak van de aanvaringen in effectgroep 4 en 5 hebben vrijwel niets met de bediening te maken. Er is dus sprake van correlatie maar geen causaal verband. Daarmee kan worden verondersteld dat het onderscheid vooral samenhangt met andere factoren, zoals de lokale situering, zichtbaarheid van het object, het al dan niet voldoen aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017, de hoogte van de brug en de frequentie van bedienen, et cetera. Het geeft aan dat de resultaten van de kwantitatieve analyse met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd.

3.2.2

Sluizen

RWS heeft 221 sluizen in beheer. In de SOS-database zijn 333 aanvaringen met sluizen geregistreerd. De geregistreerde aanvaringen omvatten niet alleen de aanvaringen met sluizen van RWS, maar ook de aanvaringen met sluizen van de andere vaarwegbeheerders.

In deze paragraaf komen de volgende aspecten aan de orde:

- **Het historisch ongevallebeeld**

De beschrijving van het aantal ongevallen in de periode 2009-2018, een overzicht van ongevalslocaties en een verbijzondering naar de specifieke effecten.

- **Selectie sub-criteria voor nader ongevallen-onderzoek**

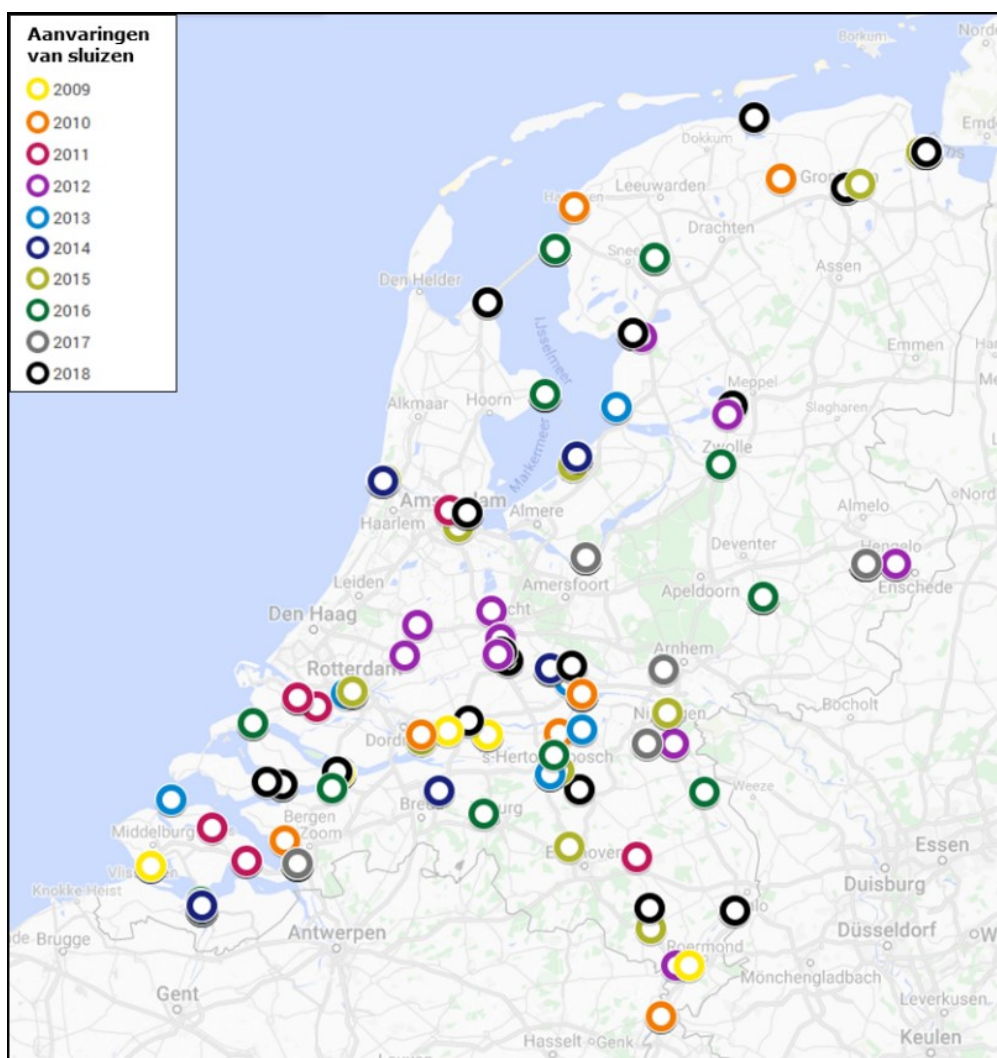
Inventarisatie van risico-verhogende kenmerken op basis van opgetreden ongevallen en expert-judgement, waarna de sub-criteria worden geselecteerd.

- **Aanvullend ongevallenonderzoek aan de hand van sub-criteria**

Aantal ongevallen in de periode 2009-2018 binnen de sub-criteria, verbijzonderd naar specifieke effecten.

Historisch ongevallebeeld

Figuur 7 geeft een kaart weer met de locaties van de aanvaringen van sluizen. Deze kaart laat een verdeeld beeld zien en geeft geen inzicht in specifieke locaties met verhoogd risico.



Figuur 7: Overzicht van aanvaringen van sluizen

Objecten met hoog aantal aanvaringen

Alhoewel het niet direct blijkt uit de kaart, is er een aantal sluizen te benoemen met een opvallend hoog aantal ongevallen in 10 jaar. Het betreft:

- Prinses Beatrixsluizen (25 incidenten).
- Sluizen Terneuzen (22 incidenten).
- Sluis Delden (16 incidenten).
- Houtribsluizen (14 incidenten).
- Naviduct Krabbersgat (13 incidenten).

Aan de hand van de bijbehorende ongevalsbeschrijvingen is gekeken of er bijzondere kenmerken zijn die een rol hebben gespeeld bij de objecten met een hoog aantal ongevallen, zie Tabel 11. Daarbij wordt opgemerkt dat de meeste omschrijvingen in de SOS-database geen duidelijke indicatie geven van de oorzaak. Dit is slechts incidenteel het geval.

Het is opvallend dat deze objecten met de meeste aanvaringen niet hebben geleid tot de meest ernstige effecten, met uitzondering van een enkel ongeval bij het Naviduct Krabbersgat. Toch is er ook bij de andere aanvaringen incidenteel schade ontstaan. Hele duidelijke oorzaken van de aanvaringen konden niet worden herleid, maar de volgende aspecten hebben mogelijk een rol gespeeld:

- Stroming/zuiging in de kolk.
- Wind.
- Bediening.
- Motorstoringen/gebroken trossen.
- Intensiteit op de vaarweg.

Object	Gevonden kenmerken
Prinses Beatrixsluizen 25 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - Alleen binnenvaart - Max effectscore 0, nauwelijks effecten geregistreerd.
Sluizen Terneuzen 22 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - 12 aanvaringen door zeevaart - 10 aanvaringen door overige vaart - 1x Stroming in de sluis - 1x Bedienfout - 1x Gebroken tros sleepboot - 1x Wind - Max effectscore 1000 (stremming)
Sluis Delden 16 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - Alle beroepsvaart-gerelateerd - 1x wind - Maximale effectscore 0, nauwelijks effecten geregistreerd.
Houtribsluizen 14 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - Alle beroepsvaart-gerelateerd - 1x motorproblemen - Max. Effectscore 10, nauwelijks effecten geregistreerd.
Naviduct Krabbersgat 13 aanvaringen	- Aanvaringen verspreid in de tijd - Vooral binnenvaart, 1x recreatievaart en 1x zeevaart - 1x bedienfout - Maximale effectscore 10010 (stremming)

Tabel 11: Objecten die frequent zijn aangevaren

Aanvaringen met zeer ernstige effecten

Het is interessant om inzicht te hebben in de meest ernstige ongevallen, zijnde ongevallen met een effectscore van 10.000 of meer. Deze kunnen als volgt worden samengevat:

- Dossiernummer 201323228: Sluis Eefde, vermoedelijk is een werkschip tegen de sluisdeur van sluis Eefde gevaren. Hierdoor is er schade aan de drempel van het bovenhoofd ontstaan. Ten gevolge van de reparatie is de sluis circa 2 dagen gestremd geweest. Het ongeval is geregistreerd met een effectscore van 10.000 voor stremmingen en een effectscore van 10 voor financiële schade. Deze laatste effectscore lijkt een onderschatting.
- Dossiernummer 201844700: Grote Merwedesluis, beroepsvaart heeft schade veroorzaakt aan het leuningwerk van de Hogebrugsluis, hierdoor is de vaarweg 48 uur gestremd. Het ongeval is geregistreerd met een effectscore van 10.000 voor stremmingen en een effectscore van 100 voor financiële schade.
- Dossiernummer 201839971: Naviductsluis, een duwbakcombinatie heeft schade gevaren aan het geleidewerk van het middeneiland van de oostkolk. Vanwege werkzaamheden aan het geleidewerk is de Naviductsluis 28 uur gestremd geweest. Het ongeval is geregistreerd met een effectscore van 10.000 voor stremmingen en een effectscore van 110 voor financiële schade.
- Dossiernummer 201844793: Sluis Eefde, een motorvrachtschip heeft aanzienlijke schade veroorzaakt aan een stalen balk die in het beton gestort is, waar de sluisdeur opvalt en afdicht. De sluis moet eerst gerepareerd worden voordat de sluis weer in gebruik kan worden genomen. Het ongeval is geregistreerd met een effectscore van 10.000 voor stremmingen en een effectscore van 110 voor financiële schade.

Bij een aanvaring van een sluis is er meestal sprake van schade aan schip en/of sluis. De omvang van de schade hangt samen met de omvang van het schip, de snelheid en de wijze waarop de aanvaring ontstaat. De schade aan de sluis kan bestaan uit schade aan de deur, schade aan betonnen onderdelen (zoals de drempels), schade aan geleidewerken en wrijfborden, et cetera. De schade aan de schepen omvatten veelal deuken, maar in potentie kan het ook voorkomen dat schepen zinken en daarbij de vaarweg stremmen. Dit laatste is niet geregistreerd.

Analyse van de nautische veiligheid

Met betrekking tot de nautische veiligheid wordt gekeken naar de ontwikkeling van het aantal aanvaringen met sluizen en de effecten met betrekking tot letselschade, economische schade/stremmingen en milieuschade. Op basis van Tabel 12 kan worden geconcludeerd dat bij aanvaringen van sluizen vooral economische schade (financiële schade en stremmingen) is opgetreden. Letselschade is in de laatste 10 jaar niet geregistreerd. Er zijn twee significante ongevallen geregistreerd met milieuschade.

	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	Tot.
Totaal aantal aanvaringen sluizen											
• Aantal aanvaringen sluizen	27	35	32	32	29	20	42	41	27	48	333
Type aanvaringen											
• Significante aanvaringen	3	11	7	3	7	3	7	12	4	10	67
• Niet significante aanvaringen	24	24	25	29	22	17	35	29	23	38	266
Informatie over letselschade											
• Aantal significante aanvaringen met letsel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Aantal doden en vermisten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Aantal zwaar gewonden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Aantal licht gewonden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Informatie over economische schade											
• Aantal significante aanvaringen met financiële schade	2	4	4	2	6	3	3	6	3	4	37
• Aantal significante aanvaringen met stremmingen	2	9	3	3	4	2	4	7	2	8	44
Informatie over milieuschade											
• Aantal significante aanvaringen met milieuschade	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2

Tabel 12: Aantal aanvaringen van sluizen en effecten

Op basis van Tabel 13 kan worden geconcludeerd dat de meeste aanvaringen van sluizen samenhangen met aanvaringen door binnenvaart. Recreatievaart (klasse 0) heeft met 4 geregistreerde aanvaringen een klein aandeel. Met name beroepsschepen vanaf klasse IV hebben een groot aandeel in de totale ongevallehistorie. Het is waarschijnlijk dat massa een belangrijke rol speelt. Het aandeel aanvaringen in de klassen VB, VIA en VIC is (nog) beperkt vanwege de kleine aandelen in de passerende vloot.

	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	Tot.
Aantal aanvaringen per scheepstype											
• Alleen Binnenvaart	17	29	23	23	18	10	32	21	22	33	228
• Alleen Overige vaart	4	2	5	4	5	3	4	8	1	7	43
• Alleen Recreatievaart	2	2		1	2		1	2	2	2	14
• Alleen Visserijvaart	2	1				1	1	4			9
• Alleen Werk- en dienstvaart	2		1	2	1		1	1	1	2	11
• Alleen Zeevaart		1	3	1	3	6	3	5	1	3	26
• Binnenvaart - Overige vaart				1							1
• Binnenvaart - Recreatievaart										1	1
Aantal aanvaringen per type vaarweg											
• Onbekend							2	1			3
• 0		1	1				2				4
• I	1	1		1	1				1		5
• II	1	1	2	1	2		4	1		2	14
• III				2			1			1	4
• IV	2	5	5	4	4	1	5		6	4	36
• VA	11	11	11	9	10	10	15	23	10	25	135
• VB	2	3	4	8	5	4	4	3	6	7	46
• VIA	1	1		1							3
• VIB	9	12	8	5	6	5	8	10	4	8	75
• VIC			1	1	1		1	3		1	8

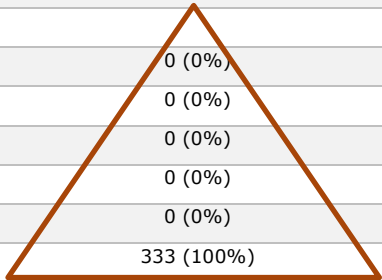
Tabel 13: Aantal aanvaringen sluizen naar type vaart en scheepstype

Aan de hand van de geregistreerde informatie zijn een drietal risicopiramides afgeleid voor letselschade, milieuschade en economische schade.

Letselschade

Figuur 8 geeft de risicopiramide voor letselschade weer. Er zijn in de periode 2009-2018 geen aanvaringen geregistreerd met letsel. Dat wil overigens niet zeggen dat er geen letselschade is geweest. Kleinere letsels worden niet altijd gemeld en daardoor niet geregistreerd.

RISICOPIRAMIDE LETSELSCHADE – AANVARINGEN SLUIZEN		
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Aantal ongevallen [in 10 jaar]
5	Meerdere doden of vermisten	0 (0%)
4	Een dode of vermiste	0 (0%)
3	Meerdere zwaargewonden	0 (0%)
2	Een zwaargewonde	0 (0%)
1	Licht letsel	0 (0%)
0	Geen slachtoffers	333 (100%)
Totaal aantal incidenten		333 (100%)

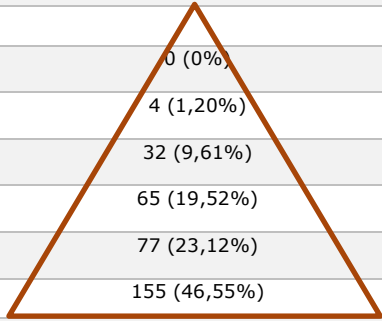


Figuur 8: Risicopiramide Aanvaringen Sluizen – Letselschade

Economische schade

Economische schade kan ontstaan door schade aan de sluis, schade aan het schip of door stremmingen van de vaarweg. Als er een brug over het sluishoofd loopt, dan kan er ook een stremming ontstaan van de weg. Deze schade is echter gerelateerd aan de brug die al in het voorgaande deel is onderzocht. De risicopiramide voor economische schade is weergegeven in Figuur 9.

RISICOPIRAMIDE ECONOMISCHE SCHADE – AANVARINGEN SLUIZEN		
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Aantal ongevallen [in 10 jaar]
5	Meer dan 100 miljoen Stremming> meerdere dagen	0 (0%)
4	Max. 100 Miljoen Stremming> 1 dag	4 (1,20%)
3	Max. 15 miljoen Stremming< 1dag	32 (9,61%)
2	Max 1 miljoen Stremming<2uur	65 (19,52%)
1	Max 10.000'en euro's Stremming< 1uur	77 (23,12%)
0	Geen schade	155 (46,55%)
Totaal aantal incidenten		333 (100%)



Figuur 9: Risicopiramide Aanvaringen Sluizen – Economische schade

De economische schade in de hogere effectgroepen wordt vooral veroorzaakt door de beroepsvaart. Recreatievaart is licht en kan daardoor relatief weinig schade aan de sluis veroorzaken. Daarnaast zijn de kosten van de schepen zelf laag in relatie tot de financiële grensbedragen in de effectgroepen in Tabel 1. De maximale effectgroep 4 wordt met name veroorzaakt door de stremmingen, zie Figuur 10. De financiële schade is maximaal geregistreerd in effectgroep 3.

RISICOPIRAMIDE ECONOMISCHE SCHADE – AANVARINGEN SLUIZEN			
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Stremmingen Aantal ongevallen [in 10 jaar]	Fin. Schade Aantal ongevallen [in 10 jaar]
5	Meer dan 100 miljoen Stremming > meerdere dagen		
4	Max. 100 Miljoen Stremming > 1 dag	4	
3	Max. 15 miljoen Stremming < 1dag	31	1
2	Max 1 miljoen Stremming < 2uur	9	78
1	Max 10.000'en euro's Stremming < 1uur	0	85
0	Geen schade	289	169
Totaal aantal incidenten		333	333

Figuur 10: Risicopiramide Aanvaringen Sluizen – Economische schade gesplitst naar stremmingen en financiële schade

Net als bij aanvaringen van bruggen, moet worden opgemerkt dat de economische schade aan objecten en stremmingsinformatie niet altijd goed wordt geregistreerd. Exacte schadebedragen zijn pas laat bekend en worden niet meer bijgesteld in de SOS-database. Het is waarschijnlijk dat de effectengroep voor economische schade (met name financiële schade) voor een aantal ongevallen is onderschat.

Milieuschade

De risicopiramide voor milieuschade is weergegeven in Figuur 11. Er hebben drie ongevallen plaatsgevonden met milieuschade:

- Dossiernummer: 201115748: Volkeraksluizen, een koppilverband is tegen de sluisdeur is gevaren. Hierbij is hydrauliekolie in het water terecht gekomen. (Effectscore 100).
- Dossiernummer 201527502: Nijkerkersluis, een passagiersschip is tegen de gording van de noordelijke buitendeur Nijkerkersluis gevaren. Deur stak hierdoor iets uit de kast. Aard van het milieu incident is niet beschreven (effectscore 10).
- Dossiernummer 201010200: Prins Bernhardsluis, de scheepshuid van het schip werd door één van de deuren onder water opengereten ter hoogte van een ladingtank. Hierdoor kwam er ongeveer 90.000 liter nafta in het oppervlaktewater terecht. Dit ongeval had kunnen leiden tot brand en/of explosies, maar uiteindelijk zijn de effecten beperkt gebleven (effectscore 10)

Het betreft in alle gevallen incidenten met beperkte effecten. Het laatste ongeval is echter een ongeval die in potentie tot meer ernstige effecten had kunnen leiden.

RISICOPIRAMIDE MILIEUSCHADE – AANVARINGEN SLUIZEN			
Effect klasse	Piramide risico typering categorie	Aantal ongevallen [in 10 jaar]	
5	Grote verstoring, herstel duurt jaren, gezondheidsrisico's. Zeer ernstige impact	0	(0%)
4	Middelgrote verstoring, hersteltijd meer dan een jaar, kortdurende gezondheidsrisico's	0	(0%)
3	Lokale verstoring, hersteltijd 1 jaar, geen gezondheidsrisico's	0	(0%)
2	Kortdurende overschrijding zonder blijvend effect	1	(0,30%)
1	Grenswaarden overschreden	2	(0,60%)
0	Geen milieueffect	330	(99,10%)
Totaal aantal incidenten		333	(100%)

Figuur 11: Risicopiramide Aanvaringen Sluizen – Milieuschade

Constructieve veiligheid

Sluizen hebben meer functies:

1. Het borgen van het waterpeil voor en achter de sluis en/of het scheiden van zout/zoet water.
2. Het borgen van de doorstroming van het scheepvaartverkeer.
3. Het borgen van de doorstroming van het wegverkeer als een brug over het sluishoofd aanwezig is.

Het aspect 2 is al beschouwd als onderdeel van de nautische veiligheid. Het aspect 3 is al beschouwd onder het onderdeel "bruggen". Vanuit dat perspectief wordt voor de constructieve veiligheid alleen gekeken naar de eerste functie, namelijk het behouden van het waterpeilverschil voor en achter de sluis en/of het scheiden van zout en zoet water.

De functie "waarborgen waterpeil" komt pas in gevaar als de beide sluisdeuren niet meer kunnen functioneren ten gevolge van een aanvaring. Het is onwaarschijnlijk dat twee gesloten deuren gelijktijdig kapot worden gevaren, maar als één deur wordt aangevaren en de andere staat open, dan kan de kerende functie wel in gevaar komen. Of dat het geval is, hangt af van de uitvoering van de deuren, het volume water en het verval. Bij de meeste deuren bestaat de kans dat het lekstroom dusdanig groot is, dat de functionerende deuren niet meer kunnen worden gesloten. De effecten op de constructieve veiligheid is daarmee sterk afhankelijk van de uitvoering van de deuren van het individuele object.

Mocht een lekstroom optreden, dan kunnen de effecten ernstig zijn. Een aanvaring van een sluis die onderdeel is van de hoogwaterkering kan leiden tot overstromingen in het achterland. Sluizen die het getijdeverschil moeten overbruggen kunnen bij het verlies van de functie leiden tot ernstige milieu-incidenten door vermenging van zoet en zout water. Bij sluizen in kanalen kan het functieverlies leiden tot het leeglopen van een kanaalpand of het overstromen van het gebied stroomafwaarts van de sluis (vergelijkbaar met het ongeval met de stuw te Grave). Afhankelijk van de functie en de positionering van de sluis kan de ernst van de aanvaringen vanuit de constructieve veiligheid oplopen tot gevolgsgroep 4. De kans dat dit gebeurt is afhankelijk van de constructie van de deuren. De kansgroep kan per individueel object sterk verschillen.

De SOS-database geeft overigens geen indicatie van sluizen met volledig functieverlies. Buiten de SOS-database is bekend dat de sluis te Maasbracht in 1942 zijn waterkerende functie is verloren.

Met betrekking tot de constructieve veiligheid is het van belang dat bij sommige sluizen het gevaar op aanvaringen met ernstige effecten wordt beperkt door middel van aanvaarbeveiligingen. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden:

- Bij hefdeuren kan een beweegbare starre balk voor de gesloten schuif worden geplaatst (Sluis Eefde).
- Bij groot verval kan er een permanente starre balk voor de deur worden geplaatst op het laagste waterniveau, al; dan niet met hydraulische demping. Hiertoe dient het verval wel voldoende groot te zijn, zodat het schip op het hoogste waterniveau kan passeren (Sluis Maasbracht, Born, WHK sluis III).
- Toepassing van een mechanisme voor de deur, waarmee een geremde kabel voor de deur wordt geborgd (sluis Empel, Sluis Terneuzen).
- Bij groot verval kan een permanente geremde kabel voor de sluisdeur worden geplaatst (schip moet onderlangs kunnen passeren). Toegepast bij Panheel.
- Bij hefdeuren kan de geremde kabel met de deur mee naar beneden worden bewogen (Irenesluizen/Bernhard sluizen).

De aanwezigheid van dit type beveiligingen kan ernstige gevolgschade voorkomen of reduceren en het risico beperken.

Aandachtspunten

Op basis van de gevonden informatie, artikelen en expert judgement van Arcadis en (nautische) medewerkers van RWS, zijn de volgende technische invloedfactoren benoemd die een rol kunnen spelen bij aanvaringen van sluizen:

- Conformiteit richtlijnen: Niet alle sluizen voldoen aan de Richtlijn Vaarwegen 2017 betreft lengte en/of breedte of de uitvoering van de voorhavens.
- Intensiteit vaarweg: De kans op een aanvaring is mede gerelateerd aan de intensiteit op de vaarweg of het aantal bedieningen van de sluis.
- Bedienproces: Bij bediening op afstand kunnen er mogelijk meer verstoringen ontstaan in het bedienproces.
- Inrichting voorhavens: De inrichting van de voorhaven, waaronder voldoende capaciteit aan wachtplaatsen, kan een rol spelen bij de kans op ongevallen.
- Aanwezigheid van aanvaarbeveiligingen: De aanwezigheid van aanvaarbeveiligingen kan het risico op ernstige effecten beperken.
- Aanwezigheid reservedeur: De duur van stremmingen kan beperkt worden door het beschikbaar houden van een reservedeur, waardoor de stremming bij een incident eerder kan worden opgelost.
- Aanwezigheid andere kolk of derde deur in de kolk: Effecten van stremmingen kunnen beperkt worden als er meer sluizen in het complex aanwezig zijn en/of de sluis is voorzien van een derde sluisdeur in het complex.

Daarnaast zijn er ook een aantal gedragsgerelateerde aspecten die een rol kunnen spelen bij aanvaringen van sluizen:

- Vaargedrag: Schippers kunnen in hun streven om snel de sluis in te varen andere vaarweggebruikers in problemen brengen.
- Reisvoorbereiding: Met een goede reisvoorbereiding heeft de schipper een goed inzicht in de objecten die hij op de reis tegenkomt. Het gebrek aan reisvoorbereiding levert een risico op.

De SOS-database en de artikelen geven slechts in weinig gevallen een duidelijke beschrijving van de oorzaak van de ongevallen. De focus zit vooral op de effecten. Toch kan op basis van de ongevalsbeschrijvingen worden vastgesteld dat de meeste, meer ernstige, ongevallen betrekking hebben op aanvaringen van deuren en betonnen drempels. Ook komen aanvaringen voor met remmingwerken/wrijfhout, maar deze aanvaringen zijn in de regel minder ernstig. De oorzaken die hebben geleid tot deze ongevallen kunnen in de regel niet uit de SOS-database worden herleid.

Selectie sub-criteria voor aanvullende data-analyse

Aan de hand van de voorgaande algemene analyse is vastgesteld welke kenmerken interessant zijn voor nader kwantitatief onderzoek. Daarbij wordt opgemerkt dat niet alle kenmerken aan de hand van de SOS-database geanalyseerd kunnen worden. Derhalve is nader onderzoek gedaan naar:

- Conformiteit Richtlijn Vaarwegen 2017 (kolk lengte en kolk breedte).
- Aanwezigheid bediening op afstand.

Aanvullend ongevalsonderzoek

Conformiteit Richtlijnen Vaarwegen 2017

De afmetingen van sluizen worden afgestemd op de vaarwegklasse van de vaarweg. In dit deel wordt specifiek gekeken naar aanvaringen van sluizen, waarbij een toets is uitgevoerd voor de kolk breedte en kolkwijdte van de sluis. Deze toetswaarden zijn afhankelijk van de vaarwegklasse en zijn weergegeven in Tabel 14. Er zijn overigens meer aspecten relevant die conformiteit aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017 bepalen, denk hierbij bijvoorbeeld aan de uitvoering van de voorhavens en de aanwezigheid van wachtvoorzieningen. Op deze aanvullende aspecten is echter niet getoetst.

Vaarwegklasse	Minimale kolklengthe [m]	Minimale kolkbreedte [m]
0	Geen eis	Geen eis
I	43	6
II	60	7,5
III	95	9,0
IV	115	10,5
Va	150	12,5
Vb	210	12,5
Vla	160	23,8
Vlb	215	23,8

Tabel 14: Toetswaarden volgens RVW voor sluizen

Om de toetsing mogelijk te maken is de SOS-database verrijkt met een bestand met areaalgegevens, waarin informatie is opgenomen over de uitvoering van de sluis en de afmetingen. De beide bestanden zijn vervolgens gekoppeld aan de hand van de sluisnaam. Aangezien de sluisnamen in de beide bestanden niet altijd overeenkomen, zijn beide bestanden hierop handmatig gecorrigeerd. Uiteindelijk konden de meeste velden worden gekoppeld, met uitzondering van enkele ongevallen in de SOS-database. De resultaten van de analyse zijn samengevat in Tabel 15.

Alle sluizen			Kolkafmetingen conform RVW		Kolkafmetingen niet conform RVW	
Letselschade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0		0		0	
4 (10.000)	0		0		0	
3 (1.000)	0		0		0	
2 (100)	0		0		0	
1 (10)	0		0		0	
0 (0)	333	100	239	100	87	100
Totaal	333	100%	239	100%	87	100%
Economische schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0		0			
4 (10.000)	4	1,20	1	0,42	3	3,45
3 (1.000)	32	9,61	26	10,88	5	5,75
2 (100)	65	19,52	47	19,67	17	19,54
1 (10)	77	23,12	61	25,52	15	17,24
0 (0)	155	46,55	104	43,51	47	54,02
Totaal	333	100%	239	100%	87	100%
Milieu schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0					
4 (10.000)	0					
3 (1.000)	0					
2 (100)	1	0,30	1	0,42		
1 (10)	2	0,60	1	0,42	1	1,15
0 (0)	330	99,10	237	99,16	86	98,85
Totaal	333	100%	239	100%	87	100%

Tabel 15: Risicopiramide voor sluizen conform en niet conform de RVW

Uit de tabel is een aantal voorzichtige conclusies te trekken:

- Bij 70% van de aanvaringen was er sprake van een aanvaring van een sluis, waarbij de kolkafmetingen voldeden aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017.
- Bij aanvaringen van objecten die voldoen aan de vereiste kolkafmetingen lijkt de top van de risicopiramide voor economische schade smaller in de hoogste effectgroep, waardoor gemiddeld genomen sprake lijkt van een lager risicoprofiel ten opzichte van het gemiddelde landelijke profiel.
- Bij aanvaringen van objecten die niet voldoen aan de vereiste kolkafmetingen lijkt de top van de risicopiramide in de hoogste effectgroep een stuk breder, waardoor gemiddeld genomen sprake lijkt van een verhoogd risicoprofiel.
- Een conclusie over de kans van optreden is aan de hand van de analyse niet te maken. De kans van optreden is mede gerelateerd aan het werkelijk aantal objecten die wel of niet voldoen aan de RVW. Hierin is geen volledig inzicht.

Alhoewel de conclusie logisch lijkt dat objecten die niet aan de regelgeving voldoen een verhoogd risicoprofiel hebben, moet wel worden opgemerkt dat niet alle ongevallen veroorzaakt worden door de kolkafmetingen. De inrichting van de voorhavens en andere aspecten kunnen bij deze ongevallen ook een rol spelen. Hierdoor moet de sortering in Tabel 15 met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Wijze van bediening

Sluizen worden of lokaal of op afstand bediend. Om te onderzoeken in hoeverre de wijze van bediening een effect heeft op de ongevallen is specifiek gekeken naar sluizen met lokale bediening en sluizen met bediening op afstand. Om deze analyse mogelijk te maken is de SOS-database verrijkt met areaalgegevens. De resultaten van de analyse zijn samengevat in Tabel 16.

Alle sluizen			Lokaal bediende sluizen		Op afstand bediende sluizen	
Letselschade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0					
4 (10.000)	0					
3 (1.000)	0					
2 (100)	0					
1 (10)	0					
0 (0)	333	100	298	100	21	100
Totaal	333	100%	298	100%	21	100%
Economische schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0					
4 (10.000)	4	1,20	4	1,34		
3 (1.000)	32	9,61	31	10,40		
2 (100)	65	19,52	58	19,46	7	33,33
1 (10)	77	23,12	67	22,48	6	28,57
0 (0)	155	46,55	138	46,31	8	38,10
Totaal	333	100%	298	100%	21	100%
Milieu schade	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%	Aantal aanvaringen	%
5 (100.000)	0					
4 (10.000)	0					
3 (1.000)	0					
2 (100)	1	0,30	1	0,34		
1 (10)	2	0,60	2	0,67		
0 (0)	330	99,10	295	98,99	21	100
Totaal	333	100%	298	100%	21	100%

Tabel 16: Risicopiramides voor sluizen conform en niet conform de RVW

Uit de tabel is een aantal voorzichtige conclusies te trekken:

- De meeste aanvaringen hebben plaatsgevonden bij lokaal bediende sluizen. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de meeste sluizen nog lokaal bediend worden. Er vinden meer aanvaringen plaats om dat er meer objecten in de groep vallen.
- Bij de op afstand bediende objecten is de piramide lager en breder. Dit impliceert een lager risicoprofiel. Het aantal aanvaringen bij op afstand bediende objecten is echter aan de lage kant, waardoor dit ook door toeval kan zijn veroorzaakt.
- Een conclusie met betrekking tot de kans van optreden is aan de hand van de analyse niet te maken. De kans van optreden is mede gerelateerd aan het werkelijk aantal objecten dat al dan niet lokaal of op afstand bediend wordt. Hierin is geen volledig inzicht.

Op basis van de analyse lijken de op afstand bediende objecten een lager risicoprofiel te kennen. Hierbij moet worden opgemerkt dat niet alle ongevallen veroorzaakt worden door de bediening. De inrichting van de voorhavens en andere aspecten spelen immers ook een rol. Hierdoor moet de conclusie met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, zeker gezien het beperkte aantal aanvaringen bij op afstand bediende sluizen.

3.2.3

Stuwen

Een stuw is een waterbouwkundig object met het doel om het waterpeil in de rivier te reguleren. Stuwen zijn er in een vaste uitvoering, waarbij een vast waterpeil wordt nagestreefd, dan wel in een regelbare uitvoering, waarbij het waterpeil instelbaar is.

Scheepvaart kan een stuw in gesloten toestand niet passeren. Stuwen worden daarom vaak gecombineerd met sluizen om de scheepvaart doorgang te bieden. Stuwen zonder sluis komen ook voor, bijvoorbeeld op de Maas, waar de scheepvaart wordt geacht om gebruik te maken van alternatieve vaarwegen, zoals bijvoorbeeld het Julianakanaal.

Vanuit nautische veiligheid kan er bij een aanvaring van een stuw letselschade, economische schade (financiële schade stuw en/of schip, stremmingen) en milieuschade ontstaan. Vanuit constructieve veiligheid dient de stuw het waterpeil te reguleren. Bij een aanvaring van een stuw bestaat de kans dat er functieverlies optreedt. Hierdoor kan schade ontstaan aan de omgeving door het droogvallen (woonboten), dan wel het vollopen (overstroming omgeving) van een stuwpan.

RWS beheert de volgende stuwen in Nederland:

- Stuw Borgharen.
- Stuw Linne.
- Stuw Roermond.
- Stuw Belfeld.
- Stuw Sambeek.
- Stuw Maas Lith.
- Stuw Grave.
- Stuw Driel.
- Stuw Hagestein.
- Stuw Amerongen.

Stuw Borgharen

De stuw Borgharen is gelegen op de Maas nabij Maastricht. De stuw is uitgevoerd met een aantal beweegbare stalen schuiven tussen betonnen kolommen. Naast het stuwcomplex bevindt zich een sluis voor schepen tot circa 50 m. Doorgaande en grotere scheepvaart wordt echter geacht gebruik te maken van het nabijgelegen Julianakanaal. De stuw, gelegen in de Maas, bevindt zich in een aftakking van het doorgaande vaarwater richting het Julianakanaal.



Figuur 12: Stuwcomplex Borgharen [bron Wikimedia]

De splitsing tussen de Maas en het Julianakanaal bevindt zich op korte afstand van het stuwcomplex. Om zorg te dragen dat de scheepvaart niet richting de stuw vaart, is de stuw stroomafwaarts middels een bollenlijn afgeschermd van de doorgaande vaarweg. Daarnaast zijn geleidingstonnen aangelegd.

Op de Maas achter de stuw komt ook scheepvaart voor, vooral recreatievaart en kleinere beroepsvaart (bestemmingsvaart). Stroomafwaarts van de stuw zijn geen voorzieningen aanwezig om aanvaringen te voorkomen.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen met de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest. Wel heeft er in de periode ervoor een dodelijk ongeval plaatsgevonden met een jachtje dat over de stuw dreef.

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Gezien de leeftijd van het object en het feit dat inmiddels grotere scheepvaart is toegelaten op de Maas kan worden gesteld dat het object niet op de maatgevende stootbelastingen is ontworpen.

Stuw Linne

Stuw Linne bevindt zich op de afgesneden Maas. Nabij Linne komen de Maas en Julianakanaal samen, waarna de Maas zijn weg vervolgt als de Afgesneden Maas, terwijl de scheepvaart de weg dient te vervolgen via het Lateraalkanaal. Direct na de splitsing naar de Afgesneden Maas bevindt zich het stuwcomplex Linne. Naast het stuwcomplex bevindt zich een waterkrachtcentrale.



Figuur 13: Stuw Linne [Bron: Wikimedia]

De stuwen in de Maas op het traject van Linne tot en met Sambeek zijn volgens hetzelfde principe gebouwd. Iedere stuw bestaat uit twee onderdelen:

- Een deel van de stuw is gebouwd volgens het Poirée-principe. De Poirée-stuw bestaat uit 13 openingen van 4,85 m tussen jukken. In iedere opening kunnen drie schotten van 1,56 m boven elkaar worden geplaatst. Als de schotten zijn verwijderd kunnen de jukken plat op de rivierbodem worden gelegd, waardoor het Poirée-deel overvaarbaar wordt.
- Het tweede deel van de stuw is opgebouwd uit zogenaamde Stoney-schuiven, welke zijn voorzien in twee doorstroomopeningen van 17 m.

De waterafvoer is als volgt geregeld:

- Bij waterafvoer tot 200 m³ wordt het peil geregeld door de Stoney-schuiven, het Poirée-deel is gesloten.
- Bij een waterafvoer tussen 200 m³ en 1070 m³ per uur worden er schotten in het Poirée-deel verwijderd.
- Bij een waterafvoer boven 1070 m³ zijn alle schotten verwijderd en worden de Poirée-jukken plat op de boden neergelaten. De Stoney-schuiven zijn dan helemaal opgetrokken.

Bij de meeste stuwen in de Maas is het Poirée-deel overvaarbaar als de stuw geheel geopend is. Bij stuw Linne is dat niet toegestaan.

De Afsesneden Maas is stroomafwaarts niet direct toegankelijk voor de doorgaande scheepvaart, deze wordt geacht gebruik te maken van het Lateraalkanaal. Scheepvaart met een bestemming op de Afsesneden Maas maakt gebruik van sluis Linne, welke op een later moment aftakt van het Lateraalkanaal. Om zorg te dragen dat de scheepvaart niet richting de stuw vaart, is stroomopwaarts van de stuw een bollenlijn aangebracht net achter de splitsing naar de stuw. Daarnaast zijn geleidingstonnen aangelegd.

Op de Afsesneden Maas bevinden zich veel jachthavens en steigers. Er is dus ook sprake van lokaal scheepvaartverkeer dat zich ook stroomopwaarts beweegt. Er zijn in stroomopwaartse richting geen zichtbare maatregelen genomen om de stuw uit deze richting te beschermen tegen aanvaringen.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen met de stuw hebben plaatsgevonden. Wel is sprake geweest van een stuurloos schip nabij de sluis (dossiernummer 201115920), echter dit schip is niet in de nabijheid van de stuw geweest.

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Stuw Roermond

Stuw Roermond bevindt zich weer iets verder op de Afgesneden Maas nabij Roermond. Dit deel van de afgesneden Maas wordt door zowel recreatievaart als beroepsvaart benut en daarom is er naast de stuw een sluis aanwezig. De stuw en sluis zijn gescheiden door middel van een strekdam. Door de parallelle ligging van het stuw- en sluiskanaal zal de schipper extra moeten opletten dat hij daadwerkelijk het sluiskanaal invaart. Stroomopwaarts van de stuw is de vaarweg richting de gesloten stuw afgesloten middels een bollenlijn en geleidingstonnen. De bollenlijn wordt verwijderd als de stuw geheel geopend is. Beneden de stuw is geen beveiliging opgenomen. De stuw is uitgevoerd als sluis Linne met een Stoney-deel en een Poirée-deel. Het Poirée-deel van de stuw is overvaarbaar wanneer de stuw volledig geopend is.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen met de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Stuw Belfeld

Stuw Belfeld is onderdeel van het stuw- en sluiscomplex Belfeld. De Maas is hier volledig toegankelijk voor het scheepvaartverkeer en daarom is er naast de stuw een sluisencomplex aangelegd. De stuw en het sluisencomplex zijn van elkaar gescheiden door middel van een strekdam. De stuw is uitgevoerd als sluis Linne met een Stoney-deel en een Poirée-deel. Het Poirée-deel van de stuw is overvaarbaar wanneer de stuw volledig geopend is.

De stuw is hier gelegen in het verlengde van de vaarweg (rode pijl in Figuur 14) en de sluizen liggen meer parallel (groene pijl). De schipper moet op deze locatie afwijken van het doorgaande vaarwater, waardoor wellicht verwarring kan ontstaan. Een soortgelijke configuratie is echter bij meer stuw- en sluiscomplexen toegepast.



Figuur 14: situering sluizencomplex Belfeld

Stroomopwaarts van de stuw is het kanaal naar de stuw afgesloten middels een bollenlijn en geleidingstonnen. Beneden de stuw zijn geen voorzieningen getroffen. De bollenlijn wordt verwijderd als de stuw geheel geopend is.

Beneden het stuwkanaal is het stuwkanaal voorzien van wachtplaatsen voor de beroepsvaart. Deze geven extra wachtcapaciteit ten behoeve van de sluizen. De wachtende schepen moeten eerst terug om naar de sluis te varen en komen in het domein van de stuw.



Figuur 15: Sluis Belfeld

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar twee aanvaringen met de stuw hebben plaatsgevonden. Het betreft:

- Dossiernummer 201223617: Een motortankschip heeft schade veroorzaakt aan de stuw te Belfeld. Het schip wilde ten anker gaan vanwege motorstoring. Echter het anker bleef achter de stuw van Belfeld hangen.
- Dossiernummer 201845597: Schadevaring stuw door een beroepsschip.

Daarnaast is er ook nog een schip geweest met een motorstoring in de nabijheid van de stuw (dossiernummer 201218728).

Met betrekking tot de nautische veiligheid zijn er in de SOS-database de volgende effectscores geregistreerd voor deze incidenten:

- | | |
|---------------------|-----------------|
| • Letselschade | Effectscore 0 |
| • Economisch schade | Effectscore 100 |
| • Milieuschade | Effectscore 0 |

Bij deze aanvaringen is de stuwfunctie "peilbeheer" niet in gevaar gekomen. Daarmee is er geen impact geweest op de constructieve veiligheid. Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Stuw Sambeek

Stuw Sambeek is onderdeel van het stuw- en sluiscomplex Sambeek. De Maas is hier volledig toegankelijk voor het scheepvaartverkeer en daarom is er naast de stuw een sluisencomplex aangelegd. De configuratie is nautisch identiek aan de situatie bij de stuw Belfeld. Net als bij sluis Belfeld ligt de stuw meer in het verlengde van de doorgaande vaarweg en ligt de sluis meer parallel in een inkassing, waardoor de scheepvaart bewust moet afslaan. Stroomopwaarts van de stuw is het kanaal naar de stuw afgesloten middels een bollenlijn en geleidingstonnen. Beneden de stuw zijn geen voorzieningen getroffen. De bollenlijn wordt verwijderd als de stuw geheel geopend is.



Figuur 16: Sluis Sambeek

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen met de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest. Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Stuw Grave

Stuw Grave is onderdeel van het stuw- en sluiscomplex Grave. De Maas is hier volledig toegankelijk voor het scheepvaartverkeer en daarom is er naast de stuw een sluis aangelegd. De configuratie is nautisch identiek aan de situatie bij Stuw Belfeld. Wel is er een technisch verschil. De meeste stuwen in de Maas zijn voorzien van grote schuiven, beweegbaar tussen grote betonnen kolommen. De stuw in Grave is gelegen onder een brug en voorzien van veel minder brede schuiven opgevangen in een relatief lichte stalen constructie. Dit heeft invloed op de zichtbaarheid op de radar en de constructieve gevoeligheid bij aanvaringen.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar één aanvaring met de stuw heeft plaatsgevonden. Het betreft:

- Dossiernummer 201630743 (en 2016307934): Een tanker geladen met 2000 ton benzeen is afvarig door de gesloten stuw Grave gevaren. Van de tanker is van het dek alle leidingen plus de stuurhut eraf gevaren. Er zijn dampen benzeen vrijgekomen en er zijn klachten uit de omgeving binnengekomen, maar er is geen uitstroom of lekkage. De stuw is ernstig beschadigd, de hersteltijd is afhankelijk van beschadiging aan de betonnen aanslag. De verkeersbrug is met uitzondering van lichte voertuigen en hulpdiensten volledig gestremd. Door de beschadiging is er water weggelopen uit het gedeelte van de Maas tussen Sambeek en Grave. Dit zorgde voor een stremming voor de scheepvaart. Diverse woonboten zijn droog komen te liggen.

Ondanks de aanwezigheid van de bollenlijn en geleidetonnen, is het schip onder slechte zichtomstandigheden ongemerkt door de bollenlijn en vervolgens door de stuw onder de brug gevaren.

⁴ Opmerking: Dit specifieke ongeval staat onder twee dossiernummers in de SOS-database geregistreerd.



Figuur 17: Stuw Grave met zichtbare schade na de aanvaring

Met betrekking tot de nautische veiligheid zijn er in de SOS-database de volgende effectscores geregistreerd voor dit specifieke incident:

- Letselschade Effectscore 0
- Economisch schade Effectscore 110.010
- Milieuschade Effectscore 0

Op basis van de SOS-database heeft geen milieuschade plaatsgevonden. Hierbij moet wel een kanttekening worden geplaatst. Er heeft weliswaar geen uitstroom van lading plaatsgevonden, maar bij het ongeval te Grave is wel benzeen in de lucht terechtgekomen, waardoor een kleine milieuschade naar verwachting wel te verantwoorden is. Daarnaast kan er ook een vraagteken worden gezet bij het leeglopen van het kanaalpand, wat van invloed kan zijn geweest op de flora en fauna in en rondom het kanaal.

Voor de constructieve veiligheid heeft Arcadis op basis van expert judgement een gevolgklasse 4 (zeer ernstige onderprestatie) ingeschat. Het bezwijken van de stuw, zoals opgetreden, heeft een ernstig effect in de omgeving gehad.

Stuw Maas Lith

Stuw Maas Lith is onderdeel van het stuw- en sluiscomplex Maas Lith. De Maas is hier volledig toegankelijk voor het scheepvaartverkeer en daarom is er naast de stuw een sluizencomplex aangelegd. De configuratie is nautisch identiek aan de situatie bij Stuw Belfeld met het verschil dat er nabij de stuw geen wachtplaatsen zijn aangebracht voor de beroepsvaart. Net als bij sluis Belfeld ligt de stuw meer in het verlengde van de doorgaande vaarweg en ligt de sluis meer parallel in een inkassing, waardoor de scheepvaart bewust moet afslaan.

Het complex heeft in vergelijking met de andere stuwen een grote en degelijke uitstraling. Dit heeft vooral te maken met de technische uitvoering van de stuw. De stuw bestaat uit grote keerschuiven opgehangen tussen betonnen geleiders. Bij een volledig geopende stuw mag de scheepvaart onder de keerkleppen doorvaren. Bij deze stuw worden in gesloten toestand bollenlijnen aangebracht en er is betonning aanwezig aan beide zijden van de stuw. Nabij de stuw is ook een waterkrachtcentrale aangebracht.



Figuur 18: Stuw Maas Lith [Bron: Wikimedia]

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest. Wel is er in het stuwkanaal een schip verlegd (dossiernummer 201013281). Dit laatste had in potentie kunnen leiden tot een aanvaring met de stuw.

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Stuw Driel

De stuw bij Driel verdeelt het water dat via de Rijn ons land binnenstroomt, tussen de Nederrijn en Lek en de IJssel. De stuw bepaalt in sterke mate de waterstand in Noord-Nederland en op het IJsselmeer. De stuw bestaat uit twee vizierschuiven, twee ronde bogen die de rivier volledig kunnen afsluiten. Naast de stuw bevindt zich een sluis, waarbij de stuw en de sluis zijn gescheiden door middel van een langgerekt eiland.

De toegang richting de stuwen is stroomafwaarts en stroomopwaarts niet fysiek gescheiden van de doorgaande vaarweg met een bollenlijn. Wel is de doorgaande vaarweg via de sluis goed aangegeven door middel van boeien. Onder gunstige omstandigheden wordt het de scheepvaart toegestaan om onder de geopende vizierschuiven door te varen. Net als bij sluis Belfeld ligt de stuw hier meer in het verlengde van de doorgaande vaarweg en ligt de sluis meer parallel in een parallelroute, waardoor de scheepvaart bewust moet afslaan.



Figuur 19: Stuw Driel [Bron: Pixabay]

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Er zijn wel wat andere ongevallen geregistreerd in het stuwkanaal die potentieel gevaarlijk kunnen zijn voor de stuw:

- Dossiernummer 201012196: Gezonken speedboot.
- Dossiernummer 201321905: Voetveer vastgelopen op stuweiland.
- Dossiernummer 201525955: Bijna aanvaring tussen schepen.
- Dossiernummer 201628694: Motorjacht met motorstoring.

Stuw Hagestein

Stuw Hagestein is technisch en nautisch gelijkwaardig aan de stuw Driel. De nautische situatie is ook gelijkwaardig met het verschil dat de sluis en de stuw zijn gescheiden door middel van een lange strekdam in plaats van een eiland. Het stuwpaand Hagestein – Amerongen bepaalt met name de waterstand in het Amsterdam-Rijnkanaal.



Figuur 20: Stuw Hagestein

In 2011 is een schip gezonken. Het betreft dossiernummer 201114759, waarbij een werkvlet is gezonken ten gevolge van de waterbeweging na het openen van de stuw. Dit ongeval heeft echter geen relatie met het onderwerp van deze studie, zijnde aanvaringen van de stuw.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Stuw Amerongen

Stuw Amerongen is technisch gelijkwaardig aan de stuw Driel. De nautische situatie is ook gelijkwaardig. De stuw bij Amerongen moet met name de waterstand tussen Driel en Amerongen op peil houden. Als weinig water aangevoerd wordt via de Rijn dan zorgt het sluiten van de stuw ervoor dat het water in het achterland niet te laag komt te staan. Op die manier blijft voldoende zoet water voor landbouw beschikbaar en blijft de vaarweg voldoende diep voor de scheepvaart.



Figuur 21: Stuw in Rijn bij Amerongen

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de stuw hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Er zijn wel wat andere ongevallen geregistreerd in het stuwkanaal die soms potentieel gevaarlijk kunnen zijn voor de stuw:

- Dossiernummer 201526164: Aanvaringen tussen schepen
- Dossiernummer 201733737: Afgemeerd vlet gezonken na bedienen van de stuw
- Dossiernummer 201838559: Aanvaringen tussen schepen

Vanwege de leeftijd van het object is niet goed duidelijk in hoeverre de constructie is berekend om aanvaringen te weerstaan. Wel is aangegeven dat geen enkel object is ontworpen om alle aanvaringen fysiek te kunnen weerstaan.

Aandachtspunten

Naar aanleiding van het ongeval in Grave heeft RWS-onderzoek gedaan naar radar, ECDIS, vaartaakanalyse en visueel waarnemen⁵. Aan de hand van dit onderzoek zijn een aantal belangrijke aandachtspunten gevonden:

- De fysieke inrichting rondom stuw & sluiscomplexen is niet uniform. Verschillen met betrekking tot de fysieke inrichting kunnen leiden tot interpretatiefouten.
- Stuw & sluiscomplexen worden niet uniform weergegeven op de Inland ECDIS. Ook deze verschillen kunnen leiden tot interpretatiefouten.
- Inland ECDIS en IENC (elektronische kaart) geven niet altijd duidelijk weer hoe de vaarweg (gewenste route) loopt.

⁵ Onderzoek "Vaarwegbeeld Sluis & Stuw Complexen", RWS. 2018

De belangrijkste aanbeveling uit het onderzoek is dat de stuw & sluiscomplexen meer uniform moeten worden ingericht waarbij de route richting de sluis duidelijk en uniform is aangegeven. Daarbij spelen zowel de fysieke inrichting als de aanduidingen op de elektronische kaart een belangrijke rol. Het rapport geeft concrete aanbevelingen voor de fysieke inrichting rondom een gesloten stuw en de inrichting van de elektronische kaart (IENC).

Verder heeft RWS aangegeven⁶ dat stuwen bij voorkeur niet doorvaarbaar moeten worden uitgevoerd. Dit advies komt voort uit de constatering dat de schuiven en Poirée-keringen nauwelijks aanvaarbestendig kunnen worden uitgevoerd. Door waterstandverschillen is de toepassing van een aanvaarbescherming bijzonder complex. Het is wel goed mogelijk om de pijlers aanvaarbestendig uit te voeren, maar een volledige bescherming wordt in dit document niet haalbaar geacht.

Naast de genoemde aandachtspunten zijn op basis van de ervaring van Arcadis en de (nautische) medewerkers van RWS de volgende technische invloedsfactoren benoemd die een rol kunnen spelen bij aanvaringen van stuwen:

- **Situering:** De situering kan een rol spelen bij aanvaringen van stuwen, denk hierbij aan de ligging van de stuwen eventuele sluizen ten opzichte van de doorgaande vaarweg, de lengte van het stuwkanaal, de ligging ten opzichte van de doorgaande vaarweg.
- **Constructieve stijfheid:** Het vermogen van de stuw om aanvaringen te weerstaan.
- **Mitigerende maatregelen:** De maatregelen die genomen zijn om aanvaringen te voorkomen (bollenlijn, boeien, borden, fysieke bescherming, et cetera).
- **Intensiteit vaarweg:** Het kans op een aanvaring is mede gerelateerd aan de intensiteit op de vaarweg.
- **Drijfvuil:** Alhoewel geen onderdeel van het onderzoek is aangegeven dat een aanvaring door drijfvuil kan ontstaan. Deze kunnen de beschermingsmiddelen bij de stuwen onklaar maken.

⁶ "Aanvaarbeschermingen", RWS

3.2.4

Keringen

Een kering, een stormvloedkering of een hoogwaterkering, is een waterbouwkundig object met de functie om het achterland te beschermen tegen een hoog waterpeil van buiten. Afhankelijk van de technische uitvoering van de kering kan de scheepvaart de kering al dan niet in open toestand passeren. In dit onderzoek is alleen gekeken naar keringen in beheer van RWS. Sluizen met een kerende functie zijn in principe meegenomen in het onderzoek naar sluizen (zie 3.2.2).

Vanuit nautische veiligheid kan er bij een aanvaring van een kering letselschade, economische schade (financiële schade kering en/of schip, stremmingen) en milieuschade ontstaan. Vanuit constructieve veiligheid heeft de kering de functie om het waterpeil in het achterland te beheersen. Bij een aanvaring van een kering bestaat de kans dat er functieverlies optreedt. Hierdoor kan, in het geval van hoogwater, een overstroming ontstaan in het achterland. De bevindingen met betrekking tot de constructieve veiligheid in deze paragraaf zijn expliciet getoetst bij faalkansspecialisten van de stormvloedkeringen.

RWS beheert de volgende stormvloedkeringen in Nederland:

- Oosterscheldekering.
- Maeslantkering.
- Hartelkering.
- Hollandsche IJsselkering.
- Haringvlietsluizen.
- Stormvloedkering Ramspol.

Daarnaast beheert RWS nog de volgende hoogwaterkeringen:

- Sluizencomplex IJmuiden.
- Afsluitdijk.
- Hoogwaterkering Ravenswaaij.
- Limmel.
- Heumen.

Oosterscheldekering

De Oosterscheldekering is 9 km lang, met een afsluitbaar deel van 3 km. De kering heeft 65 pijlers van 18.000 ton en 62 schuiven die 42 m lang en 6 tot 12 m hoog zijn. Bij een verwachte waterstand van 3 m boven NAP op de Noordzee, gaan de schuiven dicht. Dat gebeurt met één druk op de knop in het Topshuis, het bedieningscentrum van de kering. Na 74 minuten is de kering helemaal dicht. Als de kering gesloten is, beschermt deze de gebieden rondom de Oosterschelde tegen het water van de Noordzee.



Figuur 20: Oosterscheldekering

In de Oosterscheldekering is een sluis opgenomen die de verbinding geeft tussen de Oosterschelde en de Noordzee, de Roompotsluis. De sluis is aan beide kanten voorzien van een voorhaven en de vaarroutes vermijden op deze wijze de Oosterscheldekering. Het vaarwater is echter vrij toegankelijk.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar één ernstige aanvaring van de stormvloedkering heeft plaatsgevonden aan de binnenzijde van de stormvloedkering. Het betrof het volgende ongeval:

- Dossiernummer 201844830: Een werkschip heeft na passage van de Zeelandbrug koers verlegd richting de Oosterscheldekering met als bestemming de Roompotsluis. Na deze passage van de Zeelandbrug is het werkschip zonder enige koerswijziging tot tegen de Oosterscheldekering gevaren. Het werkschip heeft flinke schade opgelopen en het gehavende schip wordt naar Sluiskil versleept.

Het ongeval heeft geresulteerd in materiele schade aan het schip zonder letselschade of milieuschade. De kering is daarbij niet beschadigd geraakt. Alhoewel de kering is ontworpen om kleinere aanvaringen te weerstaan, kan de stormvloedkering wel beschadigd raken door aanvaringen. Als er tijdens een dergelijke schade een hoogwatersituatie ontstaat, kan dat ertoe leiden dat 1 of 2 schuiven niet bediend kunnen worden en dat hierdoor een lekstroom ontstaat. De kerende functie van de stormvloedkering blijft in dat geval echter in voldoende mate geborgd. Door een aanvaring kan wel schade ontstaan voor de functie doorstroming. Denk dan aan een stremming van de weg.

Met betrekking tot de nautische veiligheid zijn er in de SOS-database de volgende effectscores geregistreerd voor dit specifieke incident:

- | | |
|---------------------|-----------------|
| • Letselschade | Effectscore 0 |
| • Economisch schade | Effectscore 110 |
| • Milieuschade | Effectscore 0 |

Bij deze aanvaringen is de functie "waterkering" niet in gevaar gekomen. Daarmee is er geen impact geweest op de constructieve veiligheid.

Maeslantkering

De Maeslantkering heeft twee halvemaaanvormige, holle deuren van 22 m hoog en 210 m breed. De deuren worden in geopende toestand geparkeerd in twee inkassingen, waardoor de deuren niet direct aangevaren kunnen worden. Als de stormvloedkering wordt gesloten, dan drijven de deuren de vaarweg op, waarna de deuren worden afgezonden. Bij een verwachte waterstand die hoger is dan 3 m boven NAP in Rotterdam (of in Dordrecht 2,90 m boven NAP) gaat de kering automatisch dicht.



Figuur 21: Maeslantkering

In de reguliere situatie bestaat er geen direct aanvaringsgevaar van de deuren van de kering. Wel kunnen de deuren van het dok worden aangevaren, waardoor de deuren van de kering niet meer naar buiten kunnen. Als de deuren van de kering worden gesloten, dan is het aanvaarrisico een stuk hoger. De scheepvaart wordt dan tijdig geïnformeerd en RWS zal bij proefsluitingen aan beide zijden van de waterkering patrouilleboten en sleepboten inzetten om te voorkomen dat er eventueel toch nog schepen in het domein van de waterkering komen. Onder stormcondities gebeurt deze inzet niet, aangezien de kans dat de patrouilleboten zelf schade veroorzaken relatief groot is.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de Maeslantkering hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Er is echter wel een aantal incidenten in de nabijheid geweest, waarbij een aanvaring van de damwandconstructie nabij de inkassing van de deuren heeft plaatsgevonden of mogelijk was:

- Dossiernummer 201011168: Aanvaring schip met de oever.
- Dossiernummer 201012849: Een zeeschip is stuurloos geraakt en is tegen de oever van de Nieuwe Waterweg tegen de kade van de Noordzeeweg gelopen.
- Dossiernummer 201012777: Een zeeschip kwam uit de richting van de Maasmond en was in de opvaart richting Rotterdam. Ter hoogte van de Maeslantkering voer de schipper kort op de wal. Hierbij werd de damwand van de Maeslantkering geraakt. Het schip raakte hierdoor beschadigd, er ontstond een scheur in de huid van het schip.
- Dossier 201631313: Black-out van een zeeschip in de nabijheid van de Maeslantkering;
- Dossier 201424357: Een vrachtduwbak ging als zelfstandige duwbak overstuurt afvarend in de richting van de stormvloedkering om aldaar te keren en gekoppeld te worden met een motorvrachtschip, Hierbij werd de oever geraakt.
- Dossiernummer 201845088: Near miss tussen twee zeevaartschepen.
- Dossiernummer 201845095: Black-out aan boord van een schip.

Hollandsche IJsselkering

De Hollandsche IJsselkering heeft vier torens van 45 m hoog. Hiertussen hangen twee afzonderlijk beweegbare schuiven van 80 m breed en 12 m hoog. Bij een verwachte waterstand van 2,25 m boven NAP bij Krimpen aan den IJssel moet minimaal één schuif dicht zijn tot op de bodem van de rivier. Dit gebeurt gemiddeld zo'n drie keer per jaar. De kering houdt dan het hoge water van de Nieuwe Maas tegen en beschermt zo – samen met andere keringen – de gebieden langs de Hollandsche IJssel tegen hoogwater. De andere schuif is direct achter de eerste schuif geplaatst en biedt extra zekerheid als de eerste schuif niet zou sluiten.

In open toestand kan de scheepvaart onder de schuiven door varen. Als de schuiven zijn gesloten, dient de scheepvaart te passeren via de naastgelegen schutsluis, tot een bepaalde waterstand. Stijgt het water nog verder dan wordt alle scheepvaart gestremd. In open toestand bestaat het risico op het aanvaren van de schuif als het schip te hoog is. In gesloten toestand bestaat er een kans op een frontale aanvaring.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de Hollandsche IJsselkering hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.



Figuur 22: Hollandsche IJsselkering

Wel is een ongeval uit 1999 bekend, waarbij een motorvrachtschip bij dichte mist een gat in één van de schuiven heeft gevaren (schade 4 mln euro). Doordat de stormvloedkering dubbel is uitgevoerd, heeft dit niet geleid tot ernstige effecten in de omgeving. Ernstige effecten zijn alleen te verwachten als één schuif wordt lekgevaren en de andere schuif door een storting niet kan worden benut. De redundante uitvoering van de stormvloedkering resulteert in een laag risicoprofiel, ondanks het feit dat aanvaringen niet kunnen worden uitgesloten. In de nabijheid van de Hollandsche IJssel of Algerakering zijn wel motor- en zeiljachten geregistreerd met motorproblemen (dossiernummer 201630131 en dossiernummer 2018341659). Dit soort storingen kunnen potentieel tot aanvaringen leiden, maar van recreatievaart zijn geen ernstige consequenties te verwachten.

Belangrijk met betrekking tot de constructieve veiligheid is het feit dat de deuren redundant zijn uitgevoerd. Bij beschadiging van één deur kan de andere deur worden benut voor de functie waterkeren.

Hartelkering

De Hartelkering vormt samen met de Maeslantkering, de dijk bij Rozenburg en delen van de A15 de Europoortkering. De Hartelkering heeft vier ovale torens, waartussen twee ellipsvormige schuiven hangen. De kleine schuif is 49 m breed en de grote schuif is 98 m breed. De schuiven van de kering hangen 14 m boven zeeniveau als de kering open is. Naast de kering is ook een schutsluis aanwezig die gebruikt kan worden door hogere scheepvaart.

In open toestand kan de scheepvaart onder de schuiven door varen. Scheepvaart die te hoog is zal gebruik maken van de naastgelegen schutsluis. In open toestand bestaat het risico op het aanvaren van de schuif als het schip te hoog is. In gesloten toestand bestaat er een kans op een frontale aanvaring.

Overigens wordt er na het sluiten van de stormvloedkering geen scheepvaartverkeer meer toegelaten, ook niet door de aanwezige schutsluis. Bij proefsluitingen wordt aan de beide zijden van de stormvloedkering gepatrouilleerd om scheepvaart uit de buurt van het object te houden.



Figuur 25: Hartelkering

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar twee aanvaringen hebben plaatsgevonden. Het betrof de volgende ongevallen:

- Dossiernummer 20098080, 20097662, en 20098371⁷: Een beroepsschip voer op het Hartelkanaal. Op ongeveer 400 m van de Hartelkering/brug viel de generator uit van genoemd schip en kon een aanvaring met de pijlers niet meer worden voorkomen. Het schip was beladen met: 3150 ton stookolie VNnr.: 9003.
- Dossiernummer 201220883: Een motortankschip is op het Hartelkanaal tegen de brug Hartelkering gevaren. Door deze aanvaring is het schip lekgeraakt.

Met betrekking tot de nautische veiligheid zijn er in de SOS-database de volgende effectscores geregistreerd voor de gevonden incidenten:

- | | |
|---------------------|----------------|
| • Letselschade | Effectscore 0 |
| • Economisch schade | Effectscore 20 |
| • Milieuschade | Effectscore 0 |

Bij deze historische aanvaringen is de functie “waterkering” niet in gevaar gekomen. Daarmee is er geen impact geweest op de constructieve veiligheid. Het is niet duidelijk in hoeverre de kerende functie in gevaar kan komen bij aanvaringen van de Hartelkering.

Wel is een aantal ongevallen gevonden die potentieel ook tot een aanvaring met de kering hadden kunnen leiden:

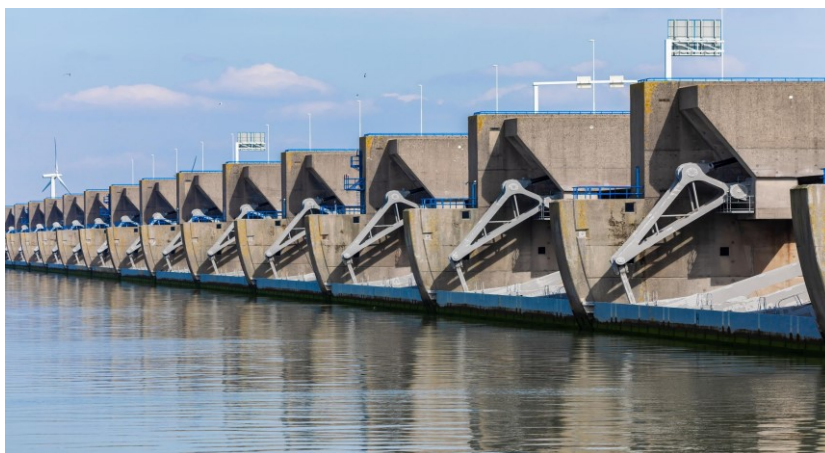
- Dossiernummer 201013780 en 201014340: De schipper van een binnenvaartschip gaf aan de grote doorvaart te nemen. Er waren diverse schepen vanuit tegenovergestelde richting onderweg. Door communicatieproblemen is een aanvaring ontstaan.
- Dossiernummer 201631158: Een binnenvaartschip heeft in de nabijheid van de kering de oever geraakt.

⁷ Dit betreft een dubbele registratie

Haringvlietsluizen

De Haringvlietsluizen liggen in de Haringvlietdam, die Goeree-Overflakkee met Voorne-Putten verbindt. De sluizen beschermen de eilanden Goeree-Overflakkee, Voorne-Putten, Noord-West Brabant, Hoeksche waard en het eiland van Dordrecht tegen hoogwater van de Noordzee. Daarnaast voeren de sluizen een groot deel van het toegestroomde Rijn- en Maaswater in het Haringvliet af naar de Noordzee.

De sluizen zijn 1 km lang, hebben 34 schuiven, 17 spuiopeningen van elk 56,5 m breed en voeren jaarlijks 30 miljard m³ water af. Voor scheepvaart is er een aparte sluis: de Goereese sluis. Bij vloed gaan de sluizen op een 'kier' om het ecologisch functioneren van het Haringvliet, met name de vismigratie, te kunnen verbeteren. Door de kier ontstaat er namelijk een meer natuurlijke overgang tussen zoet en zout water.



Figuur 23: Haringvlietsluizen

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen ongevallen hebben plaatsgevonden. Toch is er aan beide zijden van de waterkering open vaarwater aanwezig, waardoor de kans op aanvaringen niet is uitgesloten. In dat geval zal er sprake zijn van een lokale schade. Bij hoogwaterproblemen kan dat ertoe leiden dat één of twee schuiven niet bediend kunnen worden en dat hierdoor een lekstroom ontstaat. De kerende functie blijft echter in voldoende mate geborgd. Wel is het denkbaar dat er hierbij een stremming van de weg kan plaatsvinden over een langere periode.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de Haringvlietsluizen hebben plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Stormvloedkering Ramspol

De stormvloedkering Ramspol ligt onzichtbaar onder water, totdat hij wordt gesloten. De kering bestaat uit drie balgen – fietsbanden – die in de reguliere situatie opgevouwen liggen op de waterbodem. Bij sluiting worden de balgen volgepompt met 3.500.000 liter lucht en 3.500.000 liter water. Als de balgen opgeblazen zijn, vormen ze een barrière van 10 m hoog en 80 m lang. Bij een waterstand van 50 cm boven NAP en stroming landinwaarts gaat de kering automatisch dicht en beschermt dan Noordwest-Overijssel tegen overstromingen.



Figuur 24: Stormvloedkering Ramspol

Voor en tijdens het sluiten van de stormvloedkering wordt geen scheepvaartverkeer meer toegelaten in de nabijheid van de stormvloedkering.

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van de stormvloedkering Ramspol heeft plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Op basis van de SOS-database kan overigens wel worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar meerdere grondingen hebben plaatsgevonden die potentieel de stormvloedkering hadden kunnen beschadigen:

- Dossiernummer 201118577: Gronding nabij de kering.
- Dossiernummer 201424505: Sleepboot is vastgevaren nabij de stuw.
- Dossiernummer 201424571: Zeiljacht is vastgevaren in de Ramsgeul bij de Balgstuw.
- Dossiernummer 201425042: Schip zit aan de grond bij Balgstuw en maakt water, twee personen aan boord.
- Dossiernummer 201630064: Skutsje heeft een obstakel geraakt 200 - 300 m na de Balgstuw.

Een daadwerkelijke aanvaring heeft niet plaatsgevonden. Doordat de componenten van de stuw dieper liggen ten opzichte van het vaarwater, is de kans op schade door aanvaringen van de verzonken stormvloedkering klein. Er is wel een gevaar voor objecten (zinkend schip, ankers). De balgstuw kan hierdoor zijn kerende functie in principe verliezen.

Hoogwaterkering Ravenswaaij

De keerschuiф Ravenswaaij is gelegen naast de Prinses Marijkesluizen in het Amsterdam-Rijnkanaal. De hoogwaterkering heeft een stalen constructie met een breedte van 80 m, opgehangen tussen twee betonnen heftorens. Een gemaal maakt deel uit van het complex om water uit het Betuwepand te kunnen pompen. De Prinses Marijkesluizen en de keerschuiф vallen onder de sector Wijk bij Duurstede.

Het complex bestaat uit twee schutkolken en een keerschuiф om het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal af te sluiten van de Lek. Onder normale omstandigheden is de keersluis geopend en kunnen de schepen onder de keersluis doorvaren. Bij een waterpeil van 5,55 m +NAP wordt de keersluis gesloten en dienen schepen via de schutsluizen te varen. In gesloten toestand wordt aan de beide zijden van de kering een drijvende vangconstructie aangebracht. Hiermee wordt een aanvaring met de keerschuiф voorkomen.



Figuur 28: keerschuiф Ravenswaaij

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaring van de keerschuiф Ravenswaaij heeft plaatsgevonden. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn er in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Op basis van de SOS-database kan overigens wel worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar ongevallen hebben plaatsgevonden die potentieel de keerschuiф hadden kunnen beschadigen:

- Dossiernummer 201323025: aanvaring van twee binnenvaartschepen met significante schade.
- Dossiernummer 201838559: geen significante schade na een aanvaring van twee binnenvaartschepen.

Daarnaast hebben er in het begin van de jaren negentig twee aanvaringen met de vangconstructie van keerschuiф plaatsgevonden:

- De kapitein van een tanker was eerder op de route in de sluis verteld dat hij moest schutten bij de Marijkesluis omdat de kering dicht was. Echter binnen de sluis heeft men gewisseld en de kapitein ging slapen terwijl hij had verzuimd om dit door te geven aan de roerganger. Met 21 km/uur voer de tanker in de drijvende versperring, die in het geheel omsloeg maar niet brak en de tanker bleef hangen. Toen dit gebeurd was zijn de drijvers naar de werf gegaan om enerzijds te repareren en anderzijds stabiel(er) gemaakt te worden.
- Bij het tweede ongeval betrof het eveneens een tanker. De kapitein zag de drijvende remming bijtijds op zijn radarscherm liggen en wist door vol aan achteruit te slaan grote schade te voorkomen. De vangconstructie werd net aangetikt.

Heumen

Sluis Heumen verbindt het Maas-Waalkanaal met de Maas en heeft een belangrijke functie als hoogwaterkering. Behoudens bij hoge waterstanden op de Maas staan beide doorgangen van sluis Heumen nagenoeg altijd open. Bij een waterstand in de Maas gemeten te Mook van 8,30 m+ NAP of hoger, gaat de keerschuiф dicht en dient de scheepvaart via de schutsluis te schutten. Heumen moet ook dicht om het Maas-Waalkanaal bevaarbaar te houden in het geval dat de waterstand op de Maas te diep wegzakt. Er wordt dan niet geschut, omdat alleen het middenhoofd voorzien is van laagwaterdeuren.

Als gevolg van de verdieping van de Maas komen hoge waterstanden steeds minder vaak voor. In 2012 was het de laatste keer dat er geschut werd in Heumen.



Figuur 29: Sluiscomplex Heumen (bron: objectbeschrijving november 2016)

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen hebben plaatsgevonden van de keersluis. Als de sluisen buiten beschouwing worden gelaten, dan zijn er vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Limmel

Keersluis Limmel heeft als taak in het geval van hoogwater op de Maas het Julianakanaal af te sluiten als zijnde een voorliggende kering voor de normtrajecten achter de sluis. De keersluis heeft één hefdeur die normaal gesproken geopend staat en welke in twee torens hangt, ieder op een oever van het Julianakanaal. Aan beide zijden van de keersluis staan scheepvaartseinen. Er is bij de kering geen sprake van een vernauwing in de vaarweg, de doorvaarbare breedte is gelijk aan die van het kanaal. Bij het sluiten van de keersluis is er geen scheepvaartverkeer mogelijk. In gesloten toestand ligt er daarom vaak een patrouilleboot om de scheepvaart tegen te houden.



Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen hebben plaatsgevonden van de keerschuiif. Vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid zijn in de periode 2009-2018 geen effecten geweest. Hierbij wordt opgemerkt dat Limmel in huidige vorm recent is opgeleverd. De SOS-database heeft vooral betrekking op de oude situatie, waarin Limmel een keer-/schutsluis was.

Sluizencomplex IJmuiden

Het sluizencomplex IJmuiden is een sluizencomplex voor zeeschepen. Het sluizencomplex vormt daarnaast ook een hoogwaterkering. Het complex bestaat uit een viertal sluisen met verschillende afmetingen en een spuigemaal/hoogwaterkering. De grootste sluis van het complex, de Nieuwe Zeesluis, wordt op dit moment gerealiseerd. Deze kolk krijgt een lengte van 500 m.



Figuur 30: bouw nieuwe zeesluis Noordzeekanaal IJmuiden

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar meerdere aanvaringen hebben plaatsgevonden met het sluisencomplex/stuw. Deze ongevallen hebben echter alle betrekking op aanvaringen van de sluisen in het complex en dit onderwerp is al behandeld onder "Sluizen".

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen van het spuigemaal van de hoogwaterkering van sluisencomplex IJmuiden hebben plaatsgevonden. Als de sluisen buiten beschouwing worden gelaten, dan zijn er vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid in de periode 2009-2018 geen effecten geweest. Het is onduidelijk in hoeverre de spuisluis tegen aanvaringen is ontworpen of beschermd.

Afsluitdijk

De Afsluitdijk is een belangrijke hoogwaterkering die de Noordzee van de Waddenzee scheidt. De afsluitdijk bestaat uit een dijklichaam, twee sluiscomplexen (de Lorentzsluizen en de Stevinssluis) en drie stuwcomplexen (2 in Kornwerderzand en 1 in Den Oever). Een aanvaring van het dijklichaam zal in de regel geen grote effecten hebben. Diepstekende en zware schepen zullen eerst gronden, waardoor deze het dijklichaam niet bereiken. Kleinere schepen hebben niet voldoende massa om schade te kunnen berokkenen aan het dijklichaam. De twee sluisen zijn wel gevoelig voor aanvaringen, maar de sluisen zijn echter al eerder behandeld. Wat resteert zijn de spui- en gemaalgroepen in de Hoogwaterkering nabij de Lorentzsluizen en de Stevinssluis. De complexen in de Afsluitdijk worden gerenoveerd en de historische situatie zal daarbij aanzienlijk worden aangepast.



Figuur 25: Afsluitdijk

Op basis van de SOS-database kan worden geconcludeerd dat er in de afgelopen 10 jaar geen aanvaringen hebben plaatsgevonden van de spuigemalen. Als de sluisen buiten beschouwing worden gelaten, dan zijn er vanuit het oogpunt van letselschade, economische schade, milieuschade en constructieve veiligheid in de periode 2009-2018 geen effecten geweest.

Gezien de leeftijd van de complexen is het waarschijnlijk dat de spuisluizen niet tegen aanvaringen zijn ontworpen of beschermd.

Aandachtspunten

Naast de genoemde aandachtspunten zijn op basis van de ervaring van Arcadis en de (nautische) medewerkers van RWS de volgende technische invloedsfactoren benoemd die een rol kunnen spelen bij aanvaringen van keringen:

- **Situering:** De situering kan een rol spelen bij aanvaringen van keringen, denk hierbij aan de ligging van de keringen ten opzichte van de doorgaande vaarweg, de mogelijkheid dat de kering schade kan oplopen ten gevolge van aanvaringen in open en gesloten toestand.
- **Constructieve stijfheid:** Het vermogen van de kering om kleine of grote aanvaringen te weerstaan.
- **Mitigerende maatregelen:** De maatregelen die genomen zijn om aanvaringen te voorkomen of te mitigeren (betonning, bebording, redundante uitvoering elementen, fysieke afschermingen, et cetera)
- **Intensiteit vaarweg:** De kans op een aanvaring is mede gerelateerd aan de intensiteit op de vaarweg.

Met betrekking tot de bescherming van stormvloedkeringen en hoogwaterkeringen heeft RWS aangegeven⁸ dat deze bij voorkeur niet doorvaarbaar moeten worden uitgevoerd. Dit advies komt voort uit de constatering dat het enorm lastig is om de waterkeringen volledig aanvaarbestendig uit te voeren. Toch is hier wel een aantal oplossingen aangegeven, zoals de inkassingen in de Maeslantkering, de redundante schuiven van de Algerakering/Hollandsche IJsselkering en het drijvende remmingwerk bij de waterkering Ravenswaaij.

⁸ "Aanvaarbeschermingen", RWS

3.3

Toekomstontwikkelingen

Met betrekking tot de aanvaring van bruggen, sluizen, stuwen en keringen zijn drie ontwikkelingen relevant:

- Schaalvergroting in de scheepvaart.
- Intensivering van recreatievaart en beroepsvaartscheepvaart.
- Klimaatverandering.

Schaalvergroting

In de loop der jaren zijn binnenvaartschepen steeds groter geworden. Schepen vervoeren meer lading. In de praktijk heeft dit ertoe geleid dat vaarwegen geschikt worden gemaakt voor steeds grotere scheepsklassen.

Een voorbeeld hiervan is de Maas, waar de vaarweg inmiddels geschikt wordt gemaakt voor scheepvaartklasse Vb. Dit kan consequenties hebben voor de bestaande stuwen. Stuwen die zijn geconstrueerd om bepaalde aanvaringen te weerstaan, zijn in de regel gedimensioneerd op de origineel geplande scheepsklassen. Als er na opwaardering grotere schepen worden toegelaten, dan kunnen deze stuwen de aanvaringen met deze grotere schepen mogelijk niet meer weerstaan, waardoor de constructieve veiligheid wordt aangetast. Grotere schepen kunnen leiden tot grotere effecten.

Intensivering

Recreatievaart

Binnen de recreatievaart zijn twee ontwikkelingen te zien. Het aantal eigenaren neemt af, maar de verhuur van schepen neemt toe. Op basis van het aantal sluispassages is de algehele trend niet geheel duidelijk, in bepaalde gebieden is er sprake van groei, in andere gebieden is er sprake van krimp. Het effect van de intensivering van recreatievaart in relatie tot aanvaringen van bruggen, sluizen, stuwen en keringen is beperkt. De kans op een aanvaring neemt toe, maar in de regel zal een aanvaring door recreatievaart niet leiden tot ernstige effecten vanwege de beperkte massa.

Beroepsvaart

De ladingstromen in de beroepsvaart zijn toenemende. Dit wordt in de praktijk opgevangen door schaalvergroting enerzijds en meer inzet van schepen anderzijds. Wanneer meer schepen worden ingezet, zal de kans op een incident toenemen. Immers, hoe drukker, hoe hoger de kans op ongevallen. Tot op de dag van vandaag is de intensivering vooral opgevangen door schaalvergroting. De schepen worden groter, maar het wordt niet veel drukker op de vaarweg. Dit geldt echter alleen op nationaal niveau. Met name op kleinere vaarwegen is schaalvergroting vaak niet mogelijk vanwege de lokale beperkingen en op die locaties kan de intensivering alleen worden opgevangen door het inzetten van meer schepen.

Alhoewel de kans op aanvaringen door beroepsvaart niet significant toeneemt, zullen de steeds zwaarder wordende schepen wel steeds meer schade kunnen veroorzaken, zie ook de bevindingen onder schaalvergroting.

Klimaatverandering

Door de klimaatverandering zullen debieten op de vaarwegen veranderen. Er zijn langere periodes te verwachten met laag water en extreem hoog water. De intensiteit van de waterafvoer zal extremer worden. Hiermee neemt het belang van de functie van de stuwen toe en wordt het lastiger om de vaarwegdiepte te reguleren. Dit kan ertoe leiden dat er in de toekomst stuwen moeten worden aangepast en/of bijgeplaatst. Daarnaast hebben de waterstanden ook invloed op de doorvaarthoogte beschikbaar bij bruggen en de doorvaartbreedte. Ook heeft het invloed op de frequentie en het gebruik van sluizen en brugopeningen.

4 Conclusies

Kwaliteit SOS-database

Gaande het onderzoek is gebleken dat de kwaliteit van de SOS-database niet op alle onderdelen even hoog is. Dit heeft met name betrekking op de registratie van economische effecten:

- Financiële schade is niet direct bij de aanvaring bekend. Bij de registratie wordt een grove schatting opgenomen of de financiële schade wordt in het geheel niet geregistreerd. Correctie achteraf vindt niet plaats.
- Voor vaarwegstremmingen geldt nagenoeg hetzelfde als voor de financiële schade. De exacte stremmingsduur is pas later bekend en wordt achteraf niet meer gecorrigeerd.
- Stremmingen op weg en het spoor worden vaak niet geregistreerd. De meeste geregistreerde stremmingsschade heeft betrekking op vaarwegstremmingen. Overigens is de interpretatie van stremmingsschade ook erg lastig. Bij ernstige schade aan de brug kan het effect voor de vaarweg klein zijn, maar is het effect op de droge infrastructuur heel erg groot. Denk hierbij aan zware schade aan de brug, waarbij de brugklep wordt verwijderd in afwachting van reparatie. De hinder voor de vaarweg beperkt zich tot enkele dagen, de hinder voor de weg kan oplopen tot in de orde van maanden. Het verdient aanbeveling het SOS-invulformulier te verduidelijken en wellicht is zelfs beter om de stremmingseffecten voor de vaarweg en de stremmingseffecten voor de weg/het spoor afzonderlijk te registreren.

In dit onderzoek is een aantal aanvaringen met ernstige effecten geïdentificeerd, waarvan de ernst in eerste instantie niet uit de SOS-database is gebleken. Om dit te herstellen is de SOS-database in dit onderzoek verrijkt met aanvullende informatie. Dat geldt echter alleen voor de geïdentificeerde ernstige aanvaringen. Daarmee is het waarschijnlijk dat de analyse een onderschatting geeft van de economische schade.

Bruggen

RWS heeft meer dan 1.100 bruggen in beheer. In de SOS-database zijn 528 aanvaringen met bruggen geregistreerd. De geregistreerde aanvaringen in de SOS-database omvatten overigens niet alleen de aanvaringen met bruggen van RWS, maar ook de aanvaringen met bruggen van andere vaarwegbeheerders.

Nautische veiligheid

Letselschade

Incidenteel kan een aanvaring van bruggen leiden tot zeer ernstige letselschade, waarbij mensen komen te overlijden. In de afgelopen periode zijn twee dodelijke incidenten geregistreerd met pleziervaart. De pleziervaart betreft een groep waarbij de opvarenden extra kwetsbaar zijn, zeker bij hogere snelheden. Onder de beroepsvaart zijn geen dodelijke incidenten geregistreerd, maar dat betekent niet dat er geen ernstige letselschade binnen de beroepsvaart mogelijk is. In het buitenland zijn er voorbeelden van dodelijke ongevallen binnen de beroepsvaart, waarbij de schipper in de kapot gevaren stuurhut kwam te overlijden. In de afgelopen periode hebben dit soort aanvaringen ook in Nederland plaatsgevonden, echter hierbij is geen dodelijk letsel geregistreerd.

Economische schade

Economische schade kan ontstaan door schade aan de brug, schade aan het schip of door stremmingen van de vaarweg, het spoor of de weg. Zoals eerder beschreven, worden de stremmingseffecten voor het spoor en de weg slecht in SOS-geregistreerd. Dit specifieke aspect is daarom nader onderzocht als onderdeel van de constructieve veiligheid (met als functie doorstroming). De vaarwegstremmingen worden uiteraard wel in de SOS-database geregistreerd.

De economische schade in de hogere effectgroepen wordt vooral veroorzaakt door de beroepsvaart. Recreatievaart is licht en kan daardoor relatief weinig schade aan de brug veroorzaken. Daarnaast zijn de kosten van de recreatieve schepen laag in relatie tot de schadebedragen in de effectengroepen in Tabel 1, waardoor de effectscores beperkt blijven. Overigens komt het incidenteel wel voor dat een aanvaring door recreatievaart resulteert in schade aan de brug. De meer ernstige effecten hebben in de regel betrekking op significante (vaarweg)stremmingen en in een iets mindere mate op ernstige financiële schade aan de brug en/of schepen.

Wel wordt bij de registratie van de economische schade een kanttekening geplaatst. Doordat de schade of stremmingsduur pas laat bekend is, wordt de SOS-database vaak ingevuld met grove inschattingen voor zowel financiële schade als stremmingen. Soms wordt de financiële schade zelfs helemaal niet ingevuld. De SOS-database is gaande het onderzoek verrijkt met aanvullende informatie, met name van de meer ernstige ongevallen, maar het is de verwachting dat de daadwerkelijke economische schade in de praktijk hoger ligt dan op basis van de analyse blijkt.

Milieuschade

Milieuschade door aanvaringen van bruggen is in de laatste 10 jaar twee keer geregistreerd, telkens met beperkte gevolgen. In één geval heeft uitstroom van lading (stookolie) plaatsgevonden. In het andere geval werd niet duidelijk waar de brandstof vandaan kwam (brandstof of lading).

Constructieve veiligheid

De primaire functie van een brug is het waarborgen van de doorstroming over water en over de weg/spoor. De effecten van stremmingen worden geregistreerd in de SOS-database, maar zoals eerder beschreven worden meestal alleen de stremmingseffecten op de vaarweg geregistreerd. Hierdoor geeft de analyse van de economische schade een onderschatting. Als onderdeel van de constructieve veiligheid is in meer detail gekeken naar de stremmingseffecten op weg en spoor.

Op basis van artikelen, ongevalueerde evaluaties en ervaring van deskundigen zijn zeker dertien aanvaringen gevonden die hebben geleid tot significante stremmingen van weg en/of spoor. In een aantal gevallen kon de ernst van deze aanvaringen niet direct uit de registraties in de SOS-database worden herleid. Dit, is tot zover mogelijk, achteraf hersteld ten behoeve van dit onderzoek.

Bij ernstige aanvaringen van bruggen kan een stremming op het water vaak sneller worden opgelost, bijvoorbeeld door verwijdering van het brugdek. Het mag duidelijk zijn dat de stremming op de weg of het spoor dan nog weken of maanden kan doorlopen. Dit zijn ernstige effecten voor de omgeving. Het daadwerkelijke effect voor de omgeving is afhankelijk van de locatie en functie van de brug. Effecten kunnen laag zijn bij een brug die laag intensief wordt gebruikt en waarvoor voldoende alternatieven zijn. Effecten kunnen zeer hoog zijn voor bijvoorbeeld een spoorbrug in een primaire spoorbundel, waarbij de alternatieve routes de extra vraag niet meer kunnen afhandelen.

Aan de hand van de analyse van bekende aanvaringen van bruggen met significante stremmingseffecten voor spoor en weg is de SOS-database aangevuld. Het is de verwachting dat de daadwerkelijke stremmingsschade van weg en spoor in de praktijk hoger ligt dan op basis van de analyse in dit rapport blijkt.

Risicoverhogende invloedfactoren

In de SOS-registraties is de oorzaak van de aanvaringen vaak niet beschreven. Hierdoor is het lastig om een goed inzicht te verkrijgen in de risico verhogende invloedfactoren. Op basis van ervaring en expert judgement is wel een aantal potentieel risicoverhogende factoren verzameld. Deze betreffen:

- **Conformiteit Richtlijnen Vaarwegen 2017:** Niet alle bruggen voldoen aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017 betreft doorvaarthoogte, doorvaartbreedte, de ligging van landhoofden en de aanwezigheid en ligging van pijlers.
- **Positionering brug:** Door de positionering van de brug (bijvoorbeeld in een bocht) kan er een minder goed zicht bestaan op de brug en het tegemoetkomend scheepvaartverkeer. De positionering van de brug nabij een kruising kan de verkeerssituatie erg complex maken.
- **Massa van de brug:** De lichtere bruggen (onder andere fietsbruggen) lijken meer vatbaar voor ernstige schade bij aanvaringen, waardoor de effecten van een aanvaring hier veel hoger kunnen zijn.
- **Kleurstelling brug:** Soms gaat de brug door de kleurstelling op in de omgeving, waardoor de schipper moeite heeft om de hoogte goed in te schatten.
- **Intensiteit vaarweg:** De kans op een aanvaring is mede gerelateerd aan de intensiteit op de vaarweg.
- **Vast versus beweegbare bruggen:** Bij beweegbare bruggen bestaat de kans dat de meer gevoelige delen van het mechaniek worden aangevaren, waardoor mogelijk eerder sprake is van een stremming.
- **De hoogte van het vaste deel van beweegbare bruggen:** Naarmate het vaste deel lager is, zal de beweegbare brug meer moeten worden bediend, met wellicht een hoger risicoprofiel tot gevolg.
- **Type bediening:** Bij lokale bediening en bij bediening op afstand bestaat de kans op verstoringen in het bedienproces. Bediening op afstand is voor de bedienaar meer intensief, waardoor mogelijk een verhoogde kans bestaat op aanvaringen.
- **Uniformiteit van de bruggen:** Op een traject waar soortgelijke bruggen in maatvoering verschillen, zijn interpretatiefouten door de schipper mogelijk.
- **Informatievoorziening:** Informatie die niet op orde is kan leiden tot verwarring en misinterpretaties. Zo kan de werkelijke beschikbare doorvaarthoogte niet door de schipper worden herleid als peilaanduidingen ontbreken.
- **Het varen onder ontheffing:** Bij het varen met ontheffing (extra hoge/zware ladingen) kan het risico op aanvaringen met bruggen zijn verhoogd.
- **Menging zeeverkeer:** Grotere zeeschepen kunnen moeilijk afstoppen, waardoor de opening moet worden afgestemd op de passage van het passerende schip.
- **Zicht:** Slecht zicht leidt mogelijk tot een verhoogde ongevalskans.
- **Ligging van de brug in het vaarwegennetwerk:** De laagste bruggen in een vaarweg vormen de "zwakste schakel" en kunnen hierdoor een verhoogd aanvaarrisico hebben.
- **Type brug:** Spoorbruggen zijn erg vatbaar voor schade vanwege de uitlijning van de rails. Spoorbruggen lijken daardoor eerder te leiden tot stremmingen.

In het laatste deel van het onderzoek naar de aanvaringen van bruggen is gekeken in hoeverre deze kenmerken een bijdrage leveren aan het risicoprofiel. Helaas heeft de SOS-database een beperkte functionaliteit en is er een slecht inzicht in de ongevalsoorzaken. Hierdoor is het aanvullend onderzoek beperkt tot een aantal kenmerken die op basis van de SOS-database, al dan niet verrijkt met aanvullende informatie, kon worden verkregen.

Data-analyse invloedsfactoren

Eerst is detailonderzoek gedaan naar vaste bruggen. Het risicoprofiel van vaste bruggen lijkt lager ten opzichte van het gemiddelde landelijke risicoprofiel, waarbij de vaste bruggen met een doorvaarwijdte en doorvaarthoogte conform de Richtlijnen Vaarwegen 2017 weer iets beter scoren dan de bruggen die daar niet aan voldoen.

Vervolgens is gekeken naar beweegbare bruggen. Het risicoprofiel van beweegbare bruggen lijkt hoger ten opzichte van het gemiddelde landelijke risicoprofiel als de brug niet aan de doorvaarwijdtes in de Richtlijnen Vaarwegen 2017 voldoet. Bij de meeste aanvaringen van beweegbare bruggen is er vaak sprake van afwijkende doorvaartbreedtes ten opzichte van de Richtlijnen Vaarwegen 2017. Als de Richtlijnen Vaarwegen 2017 worden gerespecteerd, dan lijkt het risico iets lager ten opzichte van de gemiddelde beoordeling.

Tenslotte is gekeken naar het verschil tussen op afstand bediende objecten en lokaal bediende objecten. Ook hier lijkt in eerste instantie sprake van een verhoogd risico voor op afstand bediende objecten, maar op basis van de gedetailleerde beschrijvingen kan deze conclusie niet worden onderbouwd. Er is sprake van een correlatie, maar een causaal verband is niet aangetoond.

Bij de data-analyse naar specifieke kenmerken is de risicopiramide verbijzonderd naar een aantal kenmerken, maar dat betekent niet dat alle ongevallen ook daadwerkelijk door dit kenmerk zijn veroorzaakt. Er kunnen andere factoren meespelen, zoals zicht, aanwezigheid van pijlers, de situering, et cetera. De nadere analyse naar de invloedsfactoren moet daarom met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Sluizen

RWS heeft 221 sluizen in beheer. In de SOS-database zijn 332 aanvaringen met sluizen geregistreerd. De geregistreeerde aanvaringen omvatten niet alleen de aanvaringen met sluizen van RWS, maar ook de aanvaringen met sluizen van de andere vaarwegbeheerders.

Nautische veiligheid

Letselschade

Letselschade door aanvaring van sluizen is in de laatste 10 jaar niet geregistreerd, ook niet onder de recreatievaart die meer kwetsbaar is voor letselschade.

Economische schade

Economische schade kan ontstaan door schade aan de sluis, schade aan het schip of door stremmingen van de vaarweg. (Er is geen sprake van een stremming van de weg of het spoor, tenzij er een brug aanwezig is).

In veel gevallen is de economische schade bij aanvaringen van sluizen beperkt, maar incidenteel kan ernstige schade optreden, bijvoorbeeld als de sluisdeuren of de drempel worden beschadigd. Bij dergelijke schade kan ook een ernstige vaarwegstremming ontstaan. In de SOS-database zijn vier aanvaringen geregistreerd met vaarwegstremmingen van meer dan één dag.

Net als bij de bruggen wordt er een kanttekening geplaatst bij de analyse van de economische schade. Doordat de schade of stremmingsduur pas laat bekend is, wordt de SOS-database vaak ingevuld met grove inschattingen voor zowel financiële schade als stremmingen. Soms wordt de financiële schade zelfs helemaal niet ingevuld. Het is de verwachting dat de daadwerkelijke economische schade in de praktijk hoger ligt dan op basis van de analyse blijkt.

Milieuschade

Milieu-incidenten zijn incidenteel geregistreerd (drie incidenten in 10 jaar). Het betreft in alle gevallen aanvaringen met beperkte milieueffecten. Bij een enkel ongeval is er 90.000 liter nafta uit de lading tank vrijgekomen en deze aanvaring had in potentie kunnen leiden tot ernstige milieuschade (brand/explosies).

Constructieve veiligheid

Sluizen hebben meer functies:

- 1 Het borgen van het waterpeil voor en achter de sluis en/of het scheiden van zout/zoet water.
- 2 Het borgen van de doorstroming van het scheepvaartverkeer.
- 3 Het borgen van de doorstroming van het wegverkeer als een brug over het sluishoofd aanwezig is.

Het aspect 2 is al beschouwd als onderdeel van de nautische veiligheid. Het aspect 3 is al beschouwd onder het onderdeel "bruggen". Vanuit dat perspectief wordt voor de constructieve veiligheid alleen gekeken naar de eerste functie, namelijk het behouden van het waterpeilverschil voor en achter de sluis en/of het scheiden van zout en zoet water.

De functie "waarborgen waterpeil" komt pas in gevaar als de beide sluisdeuren niet meer kunnen functioneren ten gevolge van een aanvaring. Dat kan gebeuren als één deur wordt aangevaren, terwijl de andere nog open staat. Als de nog functionerende deur niet sterk genoeg is om te sluiten onder de lekstroom, dan kan de waterkerende functie niet langer worden geborgd. De kans op een dergelijke situatie is bij puntdeuren hoger dan bij hef- of roldeuren. De effecten bij functieverlies kunnen zeer ernstig zijn. Of deze effecten kunnen optreden is sterk afhankelijk van de constructie van het individuele object en de peilverschillen die moeten worden overbrugd. Het constructieve risico zal per individueel object sterk kunnen verschillen.

De SOS-database heeft geen ongevallen geregistreerd waarbij sprake is van functieverlies. Ook buiten de SOS-database zijn geen voorbeelden gevonden.

Risicoverhogende invloedsfactoren

In de SOS-registraties is de oorzaak van de aanvaringen vaak niet beschreven. Hierdoor is het lastig om een goed inzicht te verkrijgen in de risicoverhogende invloedsfactoren. Op basis van ervaring en expert judgement is wel een aantal potentieel risico verhogende factoren verzameld. Deze betreffen:

- **Conformiteit richtlijnen:** Niet alle sluizen voldoen aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017 betreft lengte en/of breedte of de uitvoering van de voorhavens.
- **Intensiteit vaarweg:** De kans op een aanvaring is mede gerelateerd aan de intensiteit op de vaarweg of het aantal bedieningen van de sluis.
- **Bedienproces:** Bij bediening op afstand kunnen er mogelijk meer verstoringen ontstaan in het bedienproces.
- **Inrichting voorhavens:** De inrichting van de voorhaven, waaronder voldoende capaciteit aan wachtplaatsen, kan een rol spelen bij de kans op ongevallen.
- **Aanwezigheid van aanvaarbeveiligingen:** De aanwezigheid van aanvaarbeveiligingen kan het risico op ernstige effecten beperken.
- **Aanwezigheid reservedeur:** De duur van stremmingen kan beperkt worden door het beschikbaar houden van een reservedeur, waardoor de stremming bij een incident eerder kan worden opgelost.
- **Aanwezigheid andere kolk of derde deur in de kolk:** Effecten van stremmingen kunnen beperkt worden als er meer sluizen in het complex aanwezig zijn en/of de sluis is voorzien van een derde sluisdeur in het complex.

In het laatste deel van het onderzoek naar de aanvaringen van sluizen is gekeken in hoeverre deze kenmerken een bijdrage leveren aan het risicoprofiel. Helaas heeft de SOS-database een beperkte functionaliteit en is er een slecht inzicht in ongevalsoorzaken. Hierdoor is het aanvullend onderzoek beperkt tot een aantal kenmerken die op basis van de SOS-database, al dan niet verrijkt met aanvullende informatie, kon worden verkregen.

Data-analyse invloedfactoren

Bij de sluizen is eerst nader detailonderzoek gedaan naar de kolkbreedte en kolk lengte. Aanvaringen zijn verbijzonderd naar sluizen die voor wat betreft de kolkafmetingen wel en niet aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017 voldoen. Hieruit blijkt dat objecten die voldaan aan de Richtlijnen Vaarwegen 2017 een beter risicoprofiel kennen dan de objecten die hier niet aan voldoen.

Ook is gekeken naar het type bediening. Op basis van deze analyse lijkt een marginaal beter risicoprofiel voor op afstand bediende objecten. De verschillen zitten hier vooral in het midden van de piramide, waardoor het effect op het risicoprofiel erg klein is.

Bij de data-analyse naar specifieke kenmerken is de risicopiramide verbijzonderd naar een aantal kenmerken, maar dat betekent niet dat alle ongevallen ook daadwerkelijk door dit kenmerk zijn veroorzaakt. Er kunnen andere factoren meespelen, zoals zicht, de situering, et cetera. De beoordelingen van de invloedsfactoren moet daarom met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Stuwen

Ernstige aanvaringen van stuwen komen zelden voor. Het ongeval in Grave is uniek in zijn soort. Op basis van de SOS-database is één andere aanvaring geregistreerd waarbij de schipper per ongeluk een koers inzet en doorzet richting de stuw. De ongevalsbeschrijving bij dit tweede ongeval geeft echter niet aan of de schipper per ongeluk tegen de stuw is gevaren of dat daar andere oorzaken aan ten grondslag lagen, zoals bijvoorbeeld een motorstoring.

Het ongeval in Grave laat echter wel zien dat aanvaringen van stuwen niet zijn uitgesloten. Het ongeval toont aan dat de toegepaste boeien en bollenlijnen onvoldoende waarborg zijn om dit soort ongevallen helemaal uit te sluiten. De andere stuwen in Nederland zijn vrijwel identiek beveiligd en daarmee is een soortgelijk ongeval ook bij de andere stuwen denkbaar.

Toch zijn er ook verschillen. De stuw te Grave vormt één geheel met de brug. Een dergelijk constructie komt niet vaak voor en daarmee bestaat de kans dat de stuw als een traditionele brug wordt aangezien, zeker onder slechte zichtomstandigheden. Hiermee kan worden verondersteld dat er op deze locatie sprake is van een verhoogd risicoprofiel ten opzichte van de andere locaties. Ook is de constructieve sterkte van stuw Grave minder hoog in vergelijking met de andere stuwen. Het aantal andere stuwen is in de regel voorzien van zwaardere pijlers en zware keerschuiven en deze kunnen daardoor een hogere aanvaarenergie weerstaan. Het is aannemelijk dat het risicoprofiel voor de stuw Grave hoger is in vergelijking tot andere stuwen.

Op basis van de geregistreerde ongevallen zijn er drie echte aanvaringen geweest van stuwen. Naast de aanvaring van stuw Grave betrof het een aanvaring van stuw Belfeld door een motortanker en een anker in stuw Belfeld van een binnenvaartschip met motorstoring. De verhoogde ongevalsrisico's bij stuw Belfeld is heeft mogelijk te maken met het feit dat de stuw in het verlengde van de vaarweg is gelegen, terwijl de sluizen meer in een parallelbaan liggen. Deze situering vereist extra aandacht van de schipper. Deze situering is echter niet uniek en komt bij meer stuwen voor. Het verhoogde aantal ongevallen bij stuw Belfeld kan hiermee niet voldoende worden verklaard en hangt mogelijk samen met toeval.

Naast de daadwerkelijke aanvaringen zijn er meerdere scheepsincidenten geregistreerd in de nabijheid van de stuwen. In de meeste gevallen was er daarbij sprake van een schip met motorstoring. De schipper maakt de manoeuvre naar de stuw niet bewust, maar wordt door de omstandigheden gedwongen. De stroming bij de stuw is extra complicerend omdat het schip boven de stuw naar de stuw wordt toegetrokken. In de praktijk zullen beroepsschippers snel maatregelen nemen door het anker uit te werpen, zoals bij het incident te Belfeld. Een meer ernstige aanvaring is in potentie mogelijk, vooral als de schipper weinig tijd heeft om te reageren op de situatie. Dat is met name het geval als het stuwkanaal is uitgevoerd met een korte lengte. De lengte van het stuwkanaal met name aan de bovenzijde van de rivier kan wellicht medebepalend zijn voor het risicoprofiel van de stuw.

Ook zijn aanvaringen tussen schepen geregistreerd in de nabijheid van de stuw. Dat is met name het geval bij stuwen die in open toestand gepasseerd mogen worden (stuw Driel, stuw Amerongen en stuw Hagestein). Ook deze aanvaringen tussen schepen kunnen in potentie leiden tot een aanvaring van (de pijlers van) de stuw.

In hoeverre er bij het ontwerp van de stuwen rekening is gehouden met het aanvaarrisico, is aan de hand van dit onderzoek niet duidelijk geworden. Het is echter duidelijk dat niet alle stuwen de aanvaringen volledig kunnen weerstaan.

In dit kader moet ook rekening worden met schaalvergroting. Op sommige vaarwegen worden zwaardere schepen toegelaten, waardoor de aanvaarenergie kan toenemen. Dit risico is met name relevant op de Maas, waar de vaarweg is opgewaardeerd van klasse Va tot klasse Vb. Als de stuwen zijn ontworpen om een aanvaring van een klasse Va schip te weerstaan, dan is zeker niet geborgd dat dat ook het geval is voor een klasse Vb schip.

Naar aanleiding van het ongeval in Grave heeft RWS onderzoek gedaan naar radar, ECDIS, vaartaakanalyse en visueel waarnemen⁹. De belangrijkste aanbeveling uit het onderzoek is dat de stuw & sluiscomplexen meer uniform moeten worden ingericht waarbij de route richting de sluis duidelijk en uniform moet worden aangegeven. Daarbij spelen zowel de fysieke inrichting als de aanduidingen op de elektronische kaart een belangrijke rol. Het rapport geeft concrete aanbevelingen voor de fysieke inrichting rondom een gesloten stuw en de inrichting van de elektronische kaart (IENC).

Nautische Veiligheid

Letselschade

In totaal zijn er in de periode 2009-2018 drie aanvaringen van stuwen geregistreerd. Hierbij is geen letselschade optreden.

Economische schade

In totaal zijn er in de periode 2009-2018 drie aanvaringen van stuwen geregistreerd. Bij het ongeval te Grave is ernstige economische schade opgetreden in de vorm van financiële schade en stremmingen. Bij de overige ongevallen was de economische schade beperkt.

Milieuschade

Bij de drie geregistreerde ongevallen is volgens de SOS-database geen milieuschade opgetreden. Hierbij moet wel een kanttekening worden geplaatst. Er heeft weliswaar geen uitstroom van lading heeft plaatsgevonden, maar bij het ongeval te Grave is wel benzeen in de lucht terechtgekomen, waardoor een kleine milieuschade wel te verantwoorden is. Daarnaast kan er ook een vraagteken worden gezet bij het leeglopen van het kanaalpand, wat van invloed kan zijn geweest op de flora en fauna in en rondom het kanaal.

⁹ Onderzoek "Vaarwegbeeld Sluis & Stuw Complexen", RWS. 2018

Constructieve veiligheid

Met betrekking tot de nautische veiligheid is geen functieverlies geregistreerd, behoudens bij stuw Grave. Stuw Grave heeft mogelijk een verhoogd risico vanuit constructieve veiligheid vanwege de lichte constructie en de afwijkende oplossing onder de brug. De stuw is in ieder geval niet ontworpen om aanvaringen te weerstaan. In hoeverre een soortgelijk ongeval ook kan spelen bij de andere stuwen is niet geheel duidelijk. Veel stuwen zijn constructief sterker, maar geen van de stuwen is ontworpen om alle mogelijke aanvaringen te weerstaan.

De meetperiode is kort ten opzichte van de levensduur van het object en daarmee zijn geen goede conclusies te trekken over de constructieve veiligheid van individuele objecten.

Keringen

Waterkeringen en met name de stormvloedkeringen zijn essentieel voor het behoud van droge voeten in het achterland. Als de stormvloedkering niet functioneert en er een hoog watersituatie optreedt, dan kan dat zeer ernstige gevolgen hebben in het achterland. De gevolgen zijn daarbij van een andere orde in vergelijking met het bezwijken van een stuw. Aanvaringen van met name stormvloedkeringen kunnen in potentie tot zeer gevaarlijke situaties leiden als de schade samenvalt met een hoogwatersituatie.

De Maeslantkering is een voorbeeld van een belangrijke stormvloedkering, maar deze stormvloedkering kan in open toestand niet worden aangevaren, omdat de waterkering is weggewerkt in een uitsparing naast de vaarweg. Sommige waterkeringen, zoals de Hollandsche IJsselkering zijn door de dubbele deuren volledig redundant uitgevoerd. Bij een aanvaring is er dan altijd nog een tweede waterkering aanwezig, waardoor het peilbeheer en de veiligheid in het achterland niet in het geding komen.

Lange stormvloedkeringen, zoals de Oosterscheldekering en de Haringvlietsluizen, bestaan uit meerdere secties, die individueel een stuk van de waterkering afsluiten. In de afgelopen periode is één ongeval geregistreerd bij de Oosterscheldekering, waarbij overigens geen schade aan de waterkering is ontstaan. Mocht desondanks schade ontstaan, dan blijft de waterkerende functie in voldoende mate behouden door de resterende secties. Wel kan functieverlies optreden door een stremming van de weg.

De meer gevoelige waterkeringen zijn uiteindelijk de Hartelkering, de stormvloedkering Ramspol en de stuwen in de Afsluitdijk en het spuigemaal van het sluisencomplex IJmuiden. Van deze objecten zijn er alleen bij de Hartelkering aanvaringen geregistreerd. Dit object ligt in de doorgaande vaarweg en de scheepvaart mag onder de kering passeren. Door deze interactie is de waterkering meer gevoelig voor aanvaringen. De balgstuw Ramspol kent ook gevoeligheden, met name als de balg door het zinken van een schip of door een anker lek raakt. Alle stormvloedkeringen kennen een wettelijke eis op niet-sluiten. RWS toont halfjaarlijks aan of deze eis gehaald wordt door toepassen van de meest uitgebreide vorm van risicogestuurd beheer en onderhoud (ProBO). Onderdeel daarvan is een continu bewustzijn van mogelijke bedreigingen van de functie(s) en mogelijke maatregelen.

Als voorbeeld van dat bewust omgaan met risico's: RWS hanteert tijdens de functioneringssluiting van de gevoelige waterkeringen een aangescherpt regime, onder andere met aanwezigheid van patrouilleboten aan weerszijden van de keringen. Op die wijze wordt het aanvaarrisico in gesloten toestand zoveel mogelijk gemitigeerd.

Nautische Veiligheid

Letselschade

In de periode 2009-2018 zijn drie aanvaringen van keringen geregistreerd. Hierbij is geen letselschade ontstaan.

Economische schade

In de periode 2009-2018 zijn drie aanvaringen van keringen geregistreerd. Hierbij is zeer beperkte economische schade ontstaan.

Milieuschade

In de periode 2009-2018 zijn drie aanvaringen van keringen geregistreerd. Hierbij is geen milieuschade ontstaan.

Constructieve veiligheid

Een kering is een waterbouwkundig object met de functie om het achterland te beschermen tegen een hoog waterpeil van buiten. Dit soort functieverlies is in de periode 2009-2018 niet geregistreerd. De meetperiode is echter kort ten opzichte van de levensduur van het object en daarmee zijn geen harde conclusies te trekken over de constructieve veiligheid van individuele objecten.

Wel is geconstateerd dat de constructieve veiligheid voor de verschillende objecten sterk kan variëren. Sommige objecten zijn veiliger uitgevoerd door de onbereikbaarheid in open toestand of door een redundante uitvoering van de kering. Bij de beoordeling van de constructieve veiligheid spelen overigens ook meer aspecten een rol, zoals de impact van een aanvaring, aanwezigheid van redundantie, de reparatietijd, etc.

Bijlage A Effectscores volgens de matrix

Definities:

Slachtoffers

=ALS((aantal overledenen+aantal vermisten)>1;100000;ALS((aantal overledenen+aantal vermisten)=1;10000;ALS(aantal gewonden zwaar>1;1000;ALS(aantal gewonden zwaar=1;100;ALS((aantal gewonden licht+aantal gewonden overig)>0;10;0))))))

Milieugevolgen

=ALS(OF(milieuschadeklasse omschrijving="aanzienlijke milieugevolgen";milieuschadeklasse omschrijving="ernstige milieugevolgen";EN(milieuklasse omschrijving="ja";indicatie zichtbare gevolgen omschrijving="gevolgen"))=WAAR;100;ALS(OF(milieuschadeklasse omschrijving="mogelijk enige milieugevolgen";milieuschadeklasse omschrijving="Ja")=WAAR;10;0))

Economische schade

=ALS((aantal significant op vaarwegschade+aantal significant op ladingschade+aantal significant op scheepsschade)=3;1000;ALS((aantal significant op vaarwegschade+aantal significant op ladingschade+aantal significant op scheepsschade)=2;100;ALS((aantal significant op vaarwegschade+aantal significant op ladingschade+aantal significant op scheepsschade)=1;10;0)))

Check op effectscores door:

=ALS(vaarwegschade bedrag>=100000000;100000;ALS(vaarwegschade bedrag>=15000000;10000;ALS(vaarwegschade bedrag>=1000000;1000;ALS(vaarwegschade bedrag>=10000;100;ALS(vaarwegschade bedrag>0;10;0))))))

Stremming

=ALS(aantal uren stremming>=120;100000;ALS(aantal uren stremming >=24;10000;ALS(aantal uren stremming>2;1000;ALS(aantal uren stremming>=1;100;ALS(aantal uren stremming>0;10;0))))))

Risicomatrix:

Effect klasse	Veiligheid, Gezondheid, Maatschappij	Milieuschade	Economische schade voor RWS en eigenaar/stremming	Effectscore in SOS	Maximaal 1x per 20 jaar	Tussen 1x per 20 jaar en 1x per 2 jaar	Tussen 1x per 2 jaar en 5x per jaar	Tussen 5x per jaar en 50x per jaar	Meer dan 50x per jaar
5 -Zeer ernstig	Meerdere doden of gewonden	Omvangrijke schade aan flora en fauna in een groot gebied, waarbij herstel jaren gaat duren.	Stremming vaargeul meer dan 7 dagen en/of materiële schade groter dan 100 Mln	100.000	5000	50000	500000	5000000	50000000
4 - Ernstig	Een dode of vermiste	Ernstige verstoring van meer dan 1 jaar in een middelgroot gebied. Grotendeels herstel van milieubaarden binnen een periode van enkele jaren mogelijk.	Stremming vaargeul meerdere dagen, en/of materiële schade tussen 15 Mln – 100 Mln	10.000	500	5000	50000	500000	5000000
3 - Beperkt	Meerdere zwaargewonden	Lokale verstoring, middelgrote en vooral tijdelijke schade aan flora en fauna, ongewenste milieubelasting duurt maximaal 1 jaar. Volledige herstel mogelijkheden van het milieu.	Stremming vaargeul 1 dag, en/of materiële schade tussen 1 Mln – 15 Mln	1.000	50	500	5000	50000	500000
2 - Licht	Een zwaargewonde	Kortdurende overschrijding van grenswaarden in een klein gebied zonder blijvende schade aan flora en fauna. Volledig herstel is verzekerd.	Stremming vaargeul in orde van 2 uren, en/of materiële schade tot 1 Mln	100	5	50	500	5000	50000
1 - Zeer licht	Licht letsel	Grenswaarden voor vervuiling niet overschreden	Minder dan 1 uur stremming, en/of materiële schade in orde 10 duizenden euro's.	10	0,5	5	50	500	5000
0 -Nihil	Geen slachtoffers	Geen milieuschade	Geen economische schade	0	0	0	0	0	0