



Robuust basisnet: Risicobeheersing met BowTie

Definitief



INTERGO

International Centre for Safety
Ergonomics & Human Factors

© 2025 Intergo B.V.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van Intergo. Het ter inzage geven van deze uitgave aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de *Algemene Leverings- en Verkoopvoorwaarden Intergo B.V.*, dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.



Colofon

<i>Titel</i>	Robuust basisnet: Risicobeheersing met BowTie
<i>Projectnr</i>	4264-42
<i>Datum</i>	12-09-2025
<i>Auteur(s)</i>	Sven van Wincoop, Ebelien Min, Benjamin Jansen
<i>Interne reviewer</i>	Alfred van Wincoop
<i>Opdrachtgever</i>	Rijkswaterstaat
<i>Contactpersoon</i>	Ruben Polman
<i>Versie</i>	1.0
<i>Status</i>	Definitief
<i>Aantal pagina's</i>	60

Versiehistorie

Versie	Datum	Status	Auteurs	Opmerking
V0.90	28-08-2025	Concept	S. van Wincoop, E. Min & B. Jansen	Voor review, kwaliteitstoets
V0.95	12-9-2025	Concept	S. van Wincoop, E. Min & B. Jansen	Voor review door betrokken experts
1.0	03-10-2025	Definitief	S. van Wincoop, E. Min & B. Jansen	Definitief na verwerking van feedback uit review.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5	6.1 Gebruik van ontwerpnormen in aanleg- en renovatieprojecten	19
2. Aanpak	6	6.2 Opleveringscontroles	19
2.1 Informatieverzameling	6	6.3 Onderhoud van de infrastructuur	20
2.2 Analyse	7	6.4 Zicht op afwijkingen ten opzichte van de normstelling	20
2.3 Rapportage en oplevering	7	7. Conclusies en aanbevelingen	21
3. Overzicht BowTies	8	7.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen	21
3.1 Keuze van hazard en top events	8	7.2 Aanbevelingen	23
3.2 Bedreigingen en gevolgen	9	Bijlage 1: Afkortingenlijst	24
3.2.1 Bedreigingen en gevolgen op de weg	10	Bijlage 2: Geraadpleegde documenten	25
3.2.2 Bedreigingen en gevolgen op het water	11	Bijlage 3: Toelichting BowTie-methodiek	26
4. Indicatieve risicobeoordeling	13	Bijlage 4: Barrièreregister – BowTie wegtransport	27
4.1 Indicatieve risicobeoordeling voor wegen	13	Bijlage 5: Barrièreregister – BowTie watertransport	46
4.2 Indicatieve risicobeoordeling voor waterwegen	15		
5. Beoordeling van normenstelling	16		
5.1 Inrichting van verzorgingsplaatsen langs snelwegen	17		
5.2 Vluchtstroken op snelwegen	17		
5.3 Afwateringsvoorzieningen op snelwegen	17		
5.4 Verandering van brandstof van schepen	18		
6. Realisatie en instandhouding van de barrières	19		

1. Inleiding

Om overzicht te verkrijgen in de vele maatregelen en normen rond veiligheid, kan de BowTie-methodiek een belangrijke rol vervullen. Deze internationaal erkende methode biedt een visuele en gestructureerde weergave van risico's, oorzaken en gevolgen, en de daarbij behorende beheersmaatregelen. Binnen RWS wordt de methodiek al toegepast in andere domeinen, zoals de nautische veiligheid. De opgedane ervaring laat zien dat BowTie effectief is om complexe veiligheidsvraagstukken inzichtelijk te maken en handelingsperspectief te bieden.

Voor het waarborgen van veiligheid bij het vervoer van gevaarlijke stoffen beheert RWS diverse normenkaders die betrekking hebben op de inrichting en het gebruik van infrastructuur. Deze normenkaders dragen rechtstreeks bij aan het veilig transport van gevaarlijke stoffen. De uitdaging voor RWS is om het overzicht te behouden over de afzonderlijke risicobehersmaatregelen die hieruit voortkomen, en grip te houden op hun samenhang en effectiviteit.

RWS wil met behulp van de BowTie-methodiek meer grip krijgen op de kwaliteit en effectiviteit van risicobehersmaatregelen. Deze studie vormt daarin een eerste stap en richt zich specifiek op de normenkaders voor het ontwerp van de weg- en vaarweginfrastructuur bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. Een belangrijk kader hierbij is het Basisnet: een landelijk aangewezen netwerk voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het bestaat uit de (snel)wegen, vaarwegen en spoorwegen die van (nationaal) belang zijn voor vervoer van gevaarlijke stoffen. Wettelijk gezien is het Basisnet verankerd in de Wet vervoer gevaarlijke stoffen, het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en de Omgevingsregeling.

Doelstelling en onderzoeksvragen

Tegen deze achtergrond heeft RWS aan Intergo gevraagd om een BowTie-studie uit te voeren naar de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het doel van het onderzoek is het signaleren van mogelijke hiaten in bestaande beschermingsmaatregelen en het bepalen van noodzakelijke vervolgstappen. Denk hierbij aan het identificeren van aanvullende databronnen of het

beoordelen of extra maatregelen vereist zijn. Tijdens het onderzoek staan de volgende vragen centraal:

1. Welke barrières zijn momenteel vastgelegd in de bestaande standaarden (ROA, Richtlijn Vaarwegen 2017 en aanvullende relevante kaders en richtlijnen) met betrekking tot externe veiligheid?
2. Wat is de kwaliteit, effectiviteit en het verbeterpotentieel van deze barrières in relatie tot het beperken van de gevolgen van incidenten met gevaarlijke stoffen?
3. Wat levert een eerste indicatieve risicobeoordeling op, op basis van de BowTie-analyses voor weg en vaarweg?
4. Welke aanvullende informatie en data zijn nodig om een verdiepte risico-afweging te kunnen maken ten behoeve van besluitvorming over aanvullende maatregelen op gebied van externe veiligheid?

Leeswijzer

Hoofdstuk	Toelichting
2	Uitwerking van de aanpak van dit onderzoek.
3	Overzicht van de BowTies die zijn ontwikkeld.
4	Indicatieve risicobeoordeling op basis van de BowTie en incidentdatabronnen, inclusief afweging welke data noodzakelijk is voor verdiepende risicobeoordeling.
5	Analyse van de kwaliteit van de huidige normenkaders voor infrastructuurontwerp.
6	Analyse van de kwaliteit van de realisatie en instandhouding van de infrastructuur conform de normenkaders.
7	Conclusies en aanbevelingen op basis van het onderzoek.
Bijlage 1	Afkortingenlijst.
Bijlage 2	Lijst van geraadpleegde documentatie.
Bijlage 3	Verdiepende toelichting op de BowTie-methodiek.
Bijlage 4, 5	Volledige lijst van barrières uit de BowTies.

2. Aanpak

In dit onderzoek zijn de activiteiten in de onderstaande tabel ondernomen, waarvoor de aanpak in dit hoofdstuk nader wordt uitgewerkt.

Fase	Activiteit
1) Informatieverzameling	1) Deskresearch en documentatiestudie 2) Expertinterviews
2) Analyse	1) Indicatieve risicobeoordeling 2) BowTie-analyse
3) Rapportage en oplevering	1) Rapportage schrijven

2.1 Informatieverzameling

Deskresearch

Voor dit onderzoek is uitgebreid deskresearch uitgevoerd. Daarbij zijn beleids- en normdocumenten bestudeerd die relevant zijn voor het vervoer van gevaarlijke stoffen, zoals het Basisnet, de Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA), de Richtlijn Vaarwegen 2020 en aanvullende relevante kaders en richtlijnen. Daarnaast zijn bestaande risicobeoordelingen en studies naar externe veiligheid geraadpleegd, evenals nationale en internationale literatuur over risico's bij vervoer van gevaarlijke stoffen over weg en water.

Deze documentanalyse gaf inzicht in de formele verankering van risicobehersmaatregelen en de wijze waarop deze bijdragen aan het beperken van dreigingen en gevolgen. De resultaten vormden de inhoudelijke basis voor het verder uitwerken van de BowTies.

Expertinterviews

Ter aanvulling op de documentstudie zijn 11 expertinterviews gehouden met kennishouders van RWS en RIVM. In deze gesprekken is praktijkervaring en actuele kennis opgehaald om de resultaten van de deskresearch te verrijken en te verdiepen. De deskresearch en expertinterviews richtten zich op:

- **Human factors:** Het (vaar)wegontwerp heeft invloed op diverse menselijke factoren, zoals situatiebewustzijn en vermoeidheid. Kennishouders van RWS zijn geïnterviewd om inzicht te krijgen in de ontwerpkeuzes die hierop inspelen en in recente ontwikkelingen binnen dit vakgebied.
- **Wegontwerp:** Het wegontwerp is een belangrijke factor die de verkeersveiligheid beïnvloedt. Hieronder valt bijvoorbeeld de lengte van invoeg- en uitvoegstroken, boogstralen en vluchtstroken.
- **Verlichting en bebording:** Adequate verlichting en bebording hebben een positieve bijdrage aan het situatiebewustzijn van bestuurders en daarmee de verkeersveiligheid. In interviews met RWS-experts is nader onderzocht hoe deze maatregelen worden toegepast en onderhouden.
- **Veiligheidsschermen:** Veiligheidsschermen worden ingezet om te voorkomen dat objecten van viaducten op het onderliggende verkeer terechtkomen. In een interview is toegelicht hoe dit risico samenhangt met het vervoer van gevaarlijke stoffen.
- **Tunnels:** Incidenten met gevaarlijke stoffen in tunnels hebben vaak grotere impact dan vergelijkbare incidenten buiten tunnels. In een interview is verkend welke barrières specifiek in tunnels worden toegepast om die impact te voorkomen of te beperken.
- **Bermbeveiliging:** Bermbeveiliging is een belangrijke mitigerende barrière om te voorkomen dat er aanrijdingen plaatsvinden met obstakels in de zogenaamde obstakelvrije zone. Dit onderwerp is verder toegelicht in een interview met een RWS-kennishouder.
- **Nautische veiligheid:** Voor een bredere verkenning van bedreigingen, gevolgen en barrières op het water is een nautisch veiligheidsexpert van RWS geïnterviewd.
- **Richtlijn Vaarwegen (2020) en Scheepvaarttekens (2023):** Interviews met kennishouders van RWS gaven inzicht in de toepassing en het beheer van vaarwegen en scheepvaarttekens, en mogelijke hiaten in de praktijk.

- **Transportveiligheid:** Tot slot is een expert van het RIVM geïnterviewd om de opgedane inzichten van buiten RWS aan te vullen, zodat de analyse breder ingebed is.

De bevindingen uit de interviews zijn direct verwerkt in de opbouw van de BowTies. Door het parallel combineren van deskresearch en interviews zijn bedreigingen, gebeurtenissen, gevolgen en barrières systematisch geïdentificeerd, getoetst en verfijnd.

2.2 Analyse

Indicatieve risicobeoordeling

Om een indicatieve risicobeoordeling uit te voeren voor het vervoer van gevaarlijke stoffen, zijn verschillende scenario's opgesteld die uiteenlopen in ernst en waarschijnlijkheid. Voor weg en waterweg zijn separate scenario's gedefinieerd. Daarbij is aanvullend per domein onderscheid gemaakt tussen:

- **Worstcasescenario's:** dit betreft de zwaarst denkbare scenario's die onder realistische omstandigheden kunnen optreden. Dergelijke scenario's zijn zeldzaam, maar worden meegenomen om de uiterste gevolgen inzichtelijk te maken.
- **Overige scenario's** – dit zijn scenario's met minder ingrijpende gevolgen, maar met een aanzienlijk grotere kans van optreden. Deze scenario's geven een realistischer beeld van de alledaagse risico's.

Voor elk scenario is op basis van beschikbare incidentdata een inschatting gemaakt van de kans op optreden. Vervolgens zijn deze scenario's systematisch beoordeeld met de risicomatrix van Rijkswaterstaat, waarin kans en gevolg worden gecombineerd tot een integrale risicobeoordeling.

BowTie-analyse

De BowTie-methodiek is toegepast om bedreigingen, gebeurtenissen, gevolgen en risicobehersmaatregelen systematisch in kaart te brengen. Deze internationaal erkende methode visualiseert de relatie tussen oorzaken en gevolgen rondom een centraal incident en maakt inzichtelijk welke barrières beschikbaar zijn om risico's te beheersen. Daarmee sluit de aanpak goed aan

bij de vraag van RWS om een integraal overzicht te krijgen van de normenkaders en de effectiviteit van bestaande maatregelen.

Voor dit onderzoek zijn twee BowTies opgesteld: één voor de weg en één voor het water. De modellen zijn ontwikkeld op basis van deskresearch en expertinterviews en uitgewerkt in BowTieXP-software. De BowTie-methodiek wordt uitgebreid toegelicht in bijlage 3. Bij de uitwerking van de BowTies is de Handreiking BowTies van RWS gehanteerd.

2.3 Rapportage en oplevering

Op basis van de onderzoeksresultaten is een conceptrapport opgesteld. Dit conceptrapport is gereviseerd door de opdrachtgever binnen RWS en de geïnterviewde experts. Vastgestelde feitelijke onjuistheden zijn verwerkt in de definitieve rapportage.

3. Overzicht BowTies

Dit hoofdstuk geeft een overzicht en toelichting van de bedreigingen en gevolgen die zijn opgenomen in de opgestelde BowTies. Daarmee wordt de basis gelegd voor het beantwoorden van onderzoeksvraag 1: “Welke barrières zijn momenteel vastgelegd in de bestaande standaarden (ROA, Richtlijn Vaarwegen 2017 en onderliggende richtlijnen) met betrekking tot externe veiligheid?”. De kwaliteit en beschikbaarheid van deze barrières staat centraal in de analyse van de volgende hoofdstukken, hetgeen onderzoeksvraag 1 beantwoordt. In dit hoofdstuk worden eerst de hazard en top events beschreven, gevolgd door de bedreigingen en gevolgen voor de weg en het water.

Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd:

- De hazard en top events van de BowTies (§3.1)
- Bedreigingen en gevolgen op de weg (§3.2)
- Bedreigingen en gevolgen op het water (§3.3)

3.1 Keuze van hazard en top events

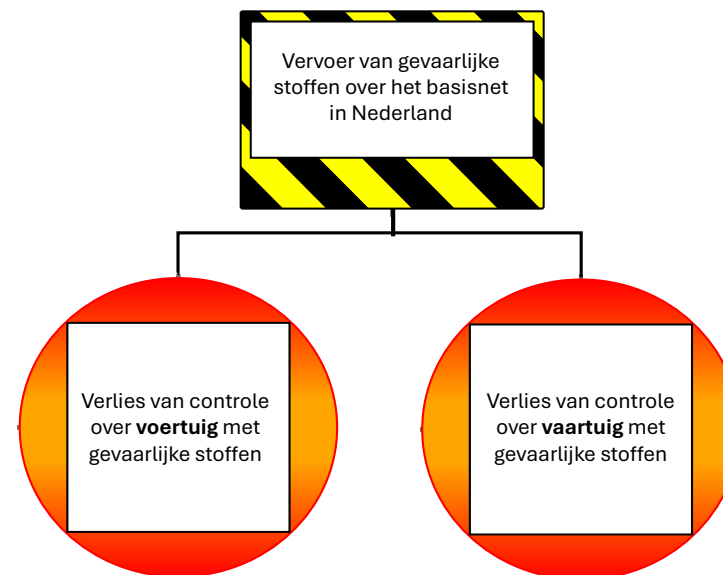
In een BowTie-analyse vormt de hazard het startpunt van de risicobeoordeling. Een hazard is een normale activiteit waarin risico's besloten liggen. Vanuit de hazard kunnen, onder bepaalde omstandigheden, top events ontstaan: ongewenste gebeurtenissen waarbij de controle over de hazard verloren gaat. Het top event staat centraal in de BowTie-methodiek, met daaraan gekoppeld preventieve en mitigerende barrières om het risico te beheersen.

Voor dit onderzoek is de volgende hazard gehanteerd: vervoer van gevaarlijke stoffen over het Basisnet in Nederland, zie figuur 1. De volgende top events zijn daarbij ook onderscheiden:

- Verlies van controle over een voertuig met gevaarlijke stoffen;
- Verlies van controle over een vaartuig met gevaarlijke stoffen.

Het verlies van controle leidt niet direct tot schade aan mens of infrastructuur, maar kan wel ernstige gevolgen hebben. Daarom zijn de BowTies opgesteld

rond deze top events, om inzicht te geven in de maatregelen die beschikbaar zijn om verlies van controle te voorkomen of de gevolgen ervan te beperken.



Figuur 1: Hazard en top events van de BowTies.

3.2 Bedreigingen en gevolgen

De bedreigingen en gevolgen zijn gecategoriseerd volgens de *Handreiking BowTie* van RWS, om structuur en uniformiteit in de analyse aan te brengen.

Categorieën bedreigingen

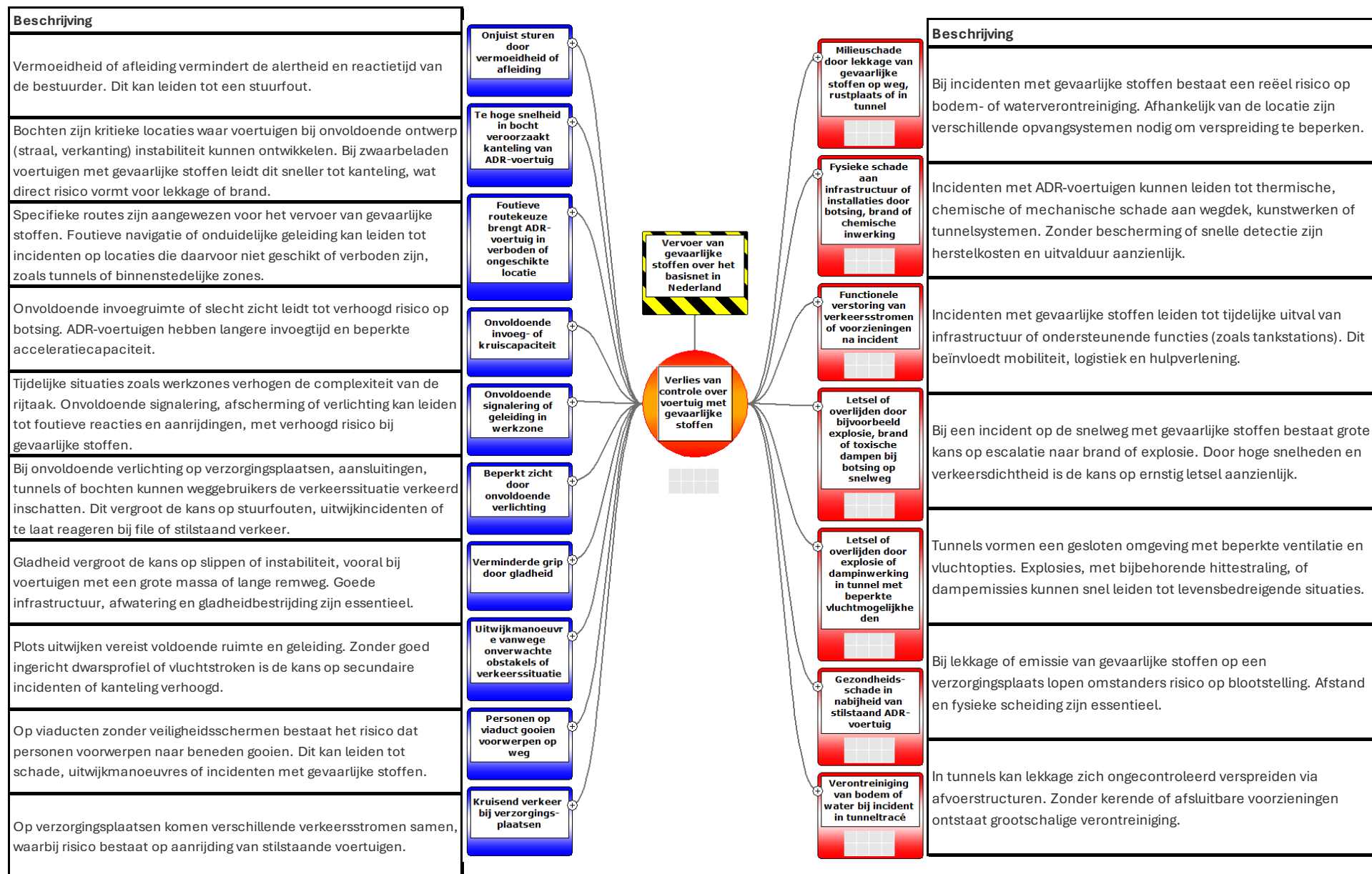
- **Technisch:** falen van infrastructuur of hiaten in het ontwerp van de infrastructuur, zoals uitval van matrixborden of onoverzichtelijke vaarwegkruisingen.
- **Menselijk:** fouten van bestuurders, bijvoorbeeld onjuiste stuurbewegingen of misinterpretaties van de verkeerssituatie.
- **Omgevingsgebonden:** externe factoren zoals slecht weer of ijsvorming.

Categorieën gevolgen

- **Veiligheid & gezondheid:** letsel of overlijden van betrokkenen.
- **Milieu:** verontreiniging van bodem of water door lekkage van gevaarlijke stoffen.
- **Materieel:** schade aan infrastructuur door bijvoorbeeld een aanrijding of aanvaring.

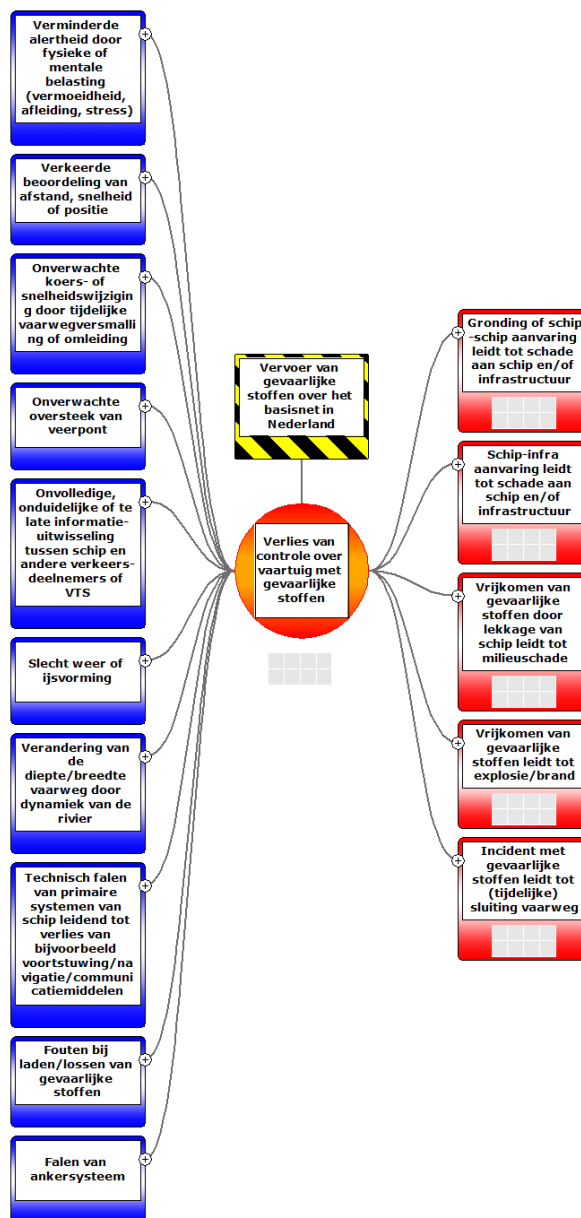
De uitwerking van bedreigingen en gevolgen voor weg en water is opgenomen in secties 3.2.1 en 3.2.2. Deze worden weergegeven in een visueel overzicht van de BowTies op de volgende pagina's.

3.2.1 Bedreigingen en gevolgen op de weg



3.2.2 Bedreigingen en gevolgen op het water

Beschrijving
Vermoeidheid, afleiding of stress verminderen het concentratie- en reactievermogen van de schipper. Hierdoor worden signalen gemist, worden handelingen trager uitgevoerd en neemt de kans toe op verlies van controle in complexe of drukke verkeerssituaties.
De schipper interpreteert beschikbare gegevens onjuist, bijvoorbeeld over doorvaartbreedte, hoogte, afstand tot obstakels of snelheid van andere schepen. Dit kan leiden tot te krappe manoeuvres of foutieve koerscorrecties die verlies van controle veroorzaken.
Tijdelijke afsluitingen, versmalde doorgangen of gewijzigde vaarwegen door onderhoudswerkzaamheden of omleidingen kunnen leiden tot onvoorziene manoeuvres, zeker bij gebrekkige informatievoorziening. Alternatieve routes kunnen extra risico's opleveren door beperkte doorvaartbreedte, lagere doorvaarthoogte of hogere verkeersintensiteit.
Niet-vrijvarende en vrijvarende veerponten die haaks op de vaarweg oversteken vormen een verhoogd aanvaringsrisico, vooral bij beperkte zichtlijnen, smalle vaargeulen of hoge verkeersdrukte. Bij niet-vrijvarende veerponten (zoals kabel- en gierponten) is de hinder voor de doorgaande scheepvaart groter doordat zij een deel van de vaarweg permanent of tijdelijk afsluiten.
Essentiële informatie over koers, snelheid, positie of manoeuvre-intentie wordt niet, te laat of onduidelijk gedeeld tussen schepen of met verkeersbegeleiding (VTS). Hierdoor ontstaat onzekerheid of verkeerde aannames over het gedrag van andere schepen, met verhoogd risico op verlies van controle.
Slecht zicht, harde wind, sterke stroming, hoogwater en ijsvorming kunnen de manoeuvreerbaarheid van schepen ernstig beperken. Bij onvoldoende aanpassing van vaargedrag aan deze omstandigheden neemt het risico op aanvaringen, grondingen of verlies van lading aanzienlijk toe, zeker bij transport van gevaarlijke stoffen.
Natuurlijke veranderingen, zoals sedimentatie, erosie of verschuiving van geulen, kunnen de beschikbaarheid en veiligheid van de vaargeul aantasten. Zonder tijdige monitoring en communicatie kunnen schepen verrast worden door ondieptes of versmallingen, wat kan leiden tot vastlopen of aanvaringen.
Storingen aan motoren, roeren, radar, AIS of communicatieapparatuur kunnen leiden tot verlies van controle over het schip, vooral in drukke of krappe vaargebieden. Hierdoor neemt het risico toe op drift, aanvaringen of onbedoelde koerswijzigingen, wat een direct gevaar kan vormen bij vervoer van gevaarlijke stoffen.
Hoewel RWS niet verantwoordelijk is voor de operationele handelingen bij het laden en lossen. De rol van RWS ligt in het inrichten, reguleren en monitoren van overslaglocaties om te voorkomen dat gemorste stoffen in de vaarweg terechtkomen of zich verspreiden.
Wanneer het anker onvoldoende houdt – bijvoorbeeld door slechte bodemgesteldheid, te korte ketting of technische defecten – kan een schip onbedoeld gaan drijven. Dit vergroot de kans op aanvaringen met andere schepen of infrastructuur. In gebieden waar gevaarlijke stoffen worden opgeslagen of overgeslagen, kan dit leiden tot ernstige gevolgen voor veiligheid en milieu.



Beschrijving
Wanneer een schip buiten de vaargeul terechtkomt en vastloopt, kan dit leiden tot beschadiging van de romp, schroef of stuurinrichting. Ook infrastructuur zoals damwanden, oevers of baggerinstallaties kan worden geraakt.
Aanvaringen met bruggen, sluizen of andere kunstwerken veroorzaken vaak zware schade aan zowel het schip als de infrastructuur.
Indien bij een incident gevaarlijke stoffen vrijkomen in het water, kan dit grote ecologische schade veroorzaken. Het aquatisch milieu, oevers en waterbodembodem kunnen worden verontreinigd, met risico's voor flora, fauna en drinkwaterbronnen. Afhankelijk van de stof kunnen de gevolgen langdurig zijn.
Bij vluchtige of ontvlambare stoffen kan het vrijkomen van lading leiden tot brand of explosie, zeker bij aanwezigheid van ontstekingsbronnen. Dergelijke incidenten vormen een groot risico voor bemanning, hulpdiensten en omgeving, en vereisen onmiddellijke noodmaatregelen.
Wanneer een incident plaatsvindt waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen, kan het noodzakelijk zijn om het betreffende vaarwegsegment af te sluiten voor alle verkeer. Deze maatregel dient ter bescherming van hulpdiensten, andere schepen en de omgeving. De economische impact kan aanzienlijk zijn bij langdurige stremming of omleiding van transportstromen.

Onderstaand zijn er, per bedreiging, voorbeelden opgenomen van incidenten in Nederland met het vervoer van gevaarlijke stoffen op de binnen- en zeevaart, gebaseerd op praktijkcases uit de OVV-rapportages (2020–2024). Het gaat om aanvaringen, grondingen, lekkages en branden waarbij tankers of schepen met olie, chemicaliën of bulkgoederen betrokken waren.

Mallorca – pont NZK-103 (2024)

- *Incident:* Tanker voer in dichte mist tegen overstekende pont.
- *Gevolg:* Schade aan pont, uit de vaart; geen lekkage of gewonden.
- *Illustreert bedreigingen:* Verminderde alertheid, onverwachte oversteek van veerpont.

Karen – Oralora (2023)

- *Incident:* Te hoge snelheid bij afmeren, aanvaring met chemicaliëntanker.
- *Gevolg:* Scheuren van ca. 30 cm in beide schepen; geen lekkage.
- *Illustreert bedreigingen:* Verminderde alertheid.

Murray Star (2023)

- *Incident:* Gronding tijdens afmeren Botlek, met roerschade.
- *Gevolg:* Schip niet zelfstandig verder; geen lekkage.
- *Illustreert bedreigingen:* Verminderde alertheid, technisch falen (roerschade).

Zinnia – Torm Signe (2023)

- *Incident:* Binnenvaarttanker palmolie raakte benzinetanker door motor/roerproblemen.
- *Gevolg:* Torm Signe liep aan de grond; geen lekkage.
- *Illustreert bedreigingen:* Verkeerde beoordeling positie/afstand, technisch falen (motor/roerproblemen).

Viking Idun – Chemical Marketer (2019)

- *Incident:* Cruise- en chemicaliëntanker (benzeen/heptaan/methanol) botsten door gebrekkige communicatie en verkeerde inschatting vaargebied.
- *Gevolg:* Groot gat in tankerwand; geen lekkage door dubbelwandige tanks; lichte gewonden op cruiseschip.

- *Illustreert bedreigingen:* Verkeerde beoordeling positie/afstand, onvolledige/onjuiste informatie-uitwisseling.

RN Privodino (2018)

- *Incident:* Voorspring brak tijdens meren in IJmuiden, met gebrekkige communicatie brug-dek.
- *Gevolg:* Bemanningslid dodelijk geraakt door terugslag tros.
- *Illustreert bedreigingen:* Verkeerde beoordeling positie/afstand, onvolledige/onjuiste informatie-uitwisseling.

Stanley – Callisto (2023)

- *Incident:* Schrootvrachtschip en ongeladen tanker botsten; loods kreeg geen antwoord via marifoon.
- *Gevolg:* Stanley liep zware rompschade, dreigde te zinken; Callisto lekte gasolie; lekkage opgeruimd.
- *Illustreert bedreigingen:* Onvolledige/onjuiste informatie-uitwisseling, rivierdynamiek (gevolg: op zandbank gezet).

Da Vinci (2023)

- *Incident:* Vastgelopen met 3548 ton natronloog buiten vaargeul Volkerak.
- *Gevolg:* Lading overgepompt; geen lekkage.
- *Illustreert bedreigingen:* Verandering diepte/breedte vaarweg.

Ursala Valentin (2023)

- *Incident:* Bij verladen vloeibare bitumen lekkage in water + brand.
- *Gevolg:* Ca. 20 m³ bitumen in water; grote brandbestrijding; geen slachtoffers.
- *Illustreert bedreigingen:* Fout bij laden/lossen gevaarlijke stoffen.

Shannon Star (2021)

- *Incident:* Fout afsluiter tijdens bunkeren.
- *Gevolg:* 1,5–2 m³ gasolie in water; vervuiling opgeruimd.
- *Illustreert bedreigingen:* Fout bij laden/lossen gevaarlijke stoffen.

Bow Jubail (2018)

- *Incident:* Aanvaring met steiger tijdens het afmeren.
- *Gevolg:* ≈217 ton stookolie gelekt in de haven.
- *Illustreert bedreigingen:* Aanvaring/afmeefout met milieuschade; lekkage uit bunkertanks; grootschalige havenvervuiling en wildlife-impact.

4. Indicatieve risicobeoordeling

In dit hoofdstuk wordt een indicatieve risicobeoordeling uitgewerkt voor incidenten met gevaarlijke stoffen op zowel weg als waterweg. Hiermee wordt antwoord gegeven op onderzoeksvraag 3: “Wat levert een eerste indicatieve risicobeoordeling op, op basis van de BowTie-analyses voor weg en vaarweg?”. De beoordeling is gebaseerd op scenario's. Voor beide modaliteiten, weg en waterweg, wordt een risicobeoordeling uitgevoerd van een realistisch worstcasescenario. Voor de vaarwegen wordt daarnaast ook gekeken naar enkele minder ernstige scenario's, waarbij gebruik is gemaakt van gegevens uit de Monitor nautische veiligheid. Voor het wegtransport zijn dergelijke gegevens niet systematisch vastgelegd bij RWS en worden zij ook niet periodiek geëvalueerd. Hoewel de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) registraties beheert, wegens wettelijke verplichtingen om incidenten met gevaarlijke stoffen bij ILT te melden, heeft RWS geen inzage in deze data. Om die reden is in dit hoofdstuk geen risicobeoordeling opgenomen van minder ernstige wegincidenten. Wel wordt hiervoor een aanbeveling gedaan voor toekomstig onderzoek. Dit geeft antwoord op onderzoeksvraag 4: “Welke aanvullende informatie en data zijn nodig om een verdiepte risico-afweging te kunnen maken ten behoeve van besluitvorming over aanvullende maatregelen op gebied van externe veiligheid?”

Dit hoofdstuk behandelt de volgende onderdelen:

- Risicobeoordeling van het worstcasescenario voor de wegen - §4.1
- Risicobeoordeling van het worstcasescenario voor de waterwegen - §4.2

4.1 Indicatieve risicobeoordeling voor wegen

Worstcasescenario-risicobeoordeling

Door het gebrek aan dataregistraties binnen RWS over incidenten met gevaarlijke stoffen op de weg, wordt voor de indicatieve risicobeoordeling van de wegen alleen een worstcasescenario-risicobeoordeling uitgevoerd. Het worstcasescenario perspectief betreft een incident op de weg waarbij er met een gevaarlijke stof brand, explosie of gifwolk ontstaat, met als gevolg: meerdere mensen overlijden en/of grote chemische ramp, als gevolg van de

brand zelf, of van de giftige dampen die hieruit vrijkomen. Met name bij tunnels is dit een vergroot risico. In Nederland zijn er incidenten bij vervoer van gevaarlijke stoffen geweest, waarbij er schade is ontstaan aan het milieu, maar geen dodelijke slachtoffers als gevolg van de vrijgekomen gevaarlijke stoffen. Hoewel er in Nederland diverse incidenten hebben plaatsgevonden in bijvoorbeeld tunnels, waarbij gevaarlijke stoffen zijn vrijgekomen, hebben mitigerende maatregelen zoals ventilatiesystemen en evacuatie bijgedragen aan het voorkomen van overlijdens. Twee voorbeelden uit het buitenland waarin wel meerdere dodelijke slachtoffers zijn ontstaan als gevolg van blootstelling, zijn als volgt:

Incident	Toelichting
Teutopolis, Illinois (Verenigde Staten) – september 2023	Op 29 september 2023 kantelde een tankwagen gevuld met watervrije ammoniak op U.S. 40 nabij Teutopolis. De tank, met een lading van circa 7.500 gallon (28.390 L), kreeg een lek toen deze een utiliteitsaanhanger raakte, waardoor ongeveer 4.000 gallon (15.142 L) vrijkwam in de vorm van een toxische wolk van gas. Er waren vijf doden als gevolg van blootstelling aan het gas. 7 andere personen werden opgenomen in het ziekenhuis. Ongeveer 500 inwoners werden geëvacueerd binnen een straal van 1 mijl (1,6 km) vanwege de ammoniakwolk
Bologna, Italië – 6 augustus 2018	Tankwagen met LPG botste bij Borgo Panigale op de A14 op een vrachtwagen. Na de botsing ontstond brand; kort daarop explodeerde de tankwagen. De vuurbal verwoestte een viaduct en omliggende gebouwen. Wat resulteerde in 2 doden en circa 145 gewonden.

De combinatie van de zeer ingrijpende mogelijke gevolgen en het feit dat incidenten van deze omvang in Nederland tot op heden niet of nauwelijks zijn voorgekomen op zowel weg als waterweg, leidt tot de indicatieve restrisicobeoordeling zoals weergegeven in de risicomatrix van RWS in figuur 2 met nummer 1. Het gaat hierbij om een zogenoemd high-impact, low-probability (HILP) risico. Dit houdt in dat de kans op optreden gering is, mede door de aanwezige veiligheidsmaatregelen, maar dat de gevolgen bij realisatie buitengewoon ernstig kunnen zijn. Het gaat dan om scenario's met veel slachtoffers, langdurige verstoring van vitale infrastructuur en grootschalige milieuschade. Vergelijkbare internationale incidenten laten zien dat dergelijke scenario's niet alleen theoretisch zijn, ook al is de waarschijnlijkheid klein. Juist door de disproportionele impact vraagt dit type risico blijvende aandacht in het risicomanagement en is het van belang om het als restrisico te erkennen en te voorzien van adequate mitigerende en preventieve maatregelen die onderhouden blijven.

Potentiële gevolgen				Potentiële kans				
Categorie	Veiligheid, Gezondheid, Welzijn (of)	Imago (of)	Financiële gevolgen (of)	a. Onwaarschijnlijk	b. Zelden	c. Niet vaak	d. Regelmatig	e. Vaak
				Nooit voorgekomen bij RWS 1/100.000 jaar	Wel eens van gehoord bij RWS 1/1000 jaar	Wel eens plaats gevonden bij RWS 1/10 jaar	Een tot enkele keren per jaar binnen RWS 1/jaar	Enkele keren per jaar binnen vestiging/afdeling 10/jaar
0. nihil	Geen gevolgen	Geen gevolgen	Geen schade					
1. licht	EHBO-ongeval, onwel	Geen publieke ernst	< € 10.000,=					
2. beperkt	Licht letsel, kort verzuim	Lokale onrust	> € 10.000,= < € 100.000,=					
3. ernstig	Ernstig letsel, beperkt blijvend verzuim	Regionale onrust	> € 100.000,= < € 500.000,=					
4. zeer ernstig	Zeer ernstig, blijvend letsel, arbeidsongeschikt	Nationale onrust	> € 0,5 miljoen < € 10 miljoen					
5. rampzalig	Meerdere doden	Internationale onrust	> € 10 miljoen					
Laag risico (1-3) Risico behoeft geen vervolg actie								
Midden risico (4) (Additionele) beheersmaatregel nodig ter vermindering van het risico								
Hoog risico (5) Onacceptabel, altijd beheersmaatregel nodig ter verlaging risico								
Extreem risico (6) Absoluut onacceptabel, stopzetten werkzaamheden, herzien								

Figuur 2: Worstcasescenario-beoordeling voor wegtransport

Vervolgstappen voor toekomstige nadere risicobeoordeling

Om risicobeoordelingen buiten het beschreven worstcasescenario mogelijk te maken, is het noodzakelijk dat RWS toewerkt naar een systematische incidentendatabase voor het droge areaal, waarin externe veiligheid als apart risicogebied wordt uitgelicht. Zonder een dergelijke database is een bredere beoordeling van incidenten met gevaarlijke stoffen op de weg niet haalbaar. Een toekomstige incidentendatabase zou idealiter de volgende elementen bevatten:

• Basisgegevens van het incident

Voor ieder incident wordt idealiter datum, tijd en locatie vastgelegd, inclusief het wegnummer en de kilometring. Ook wordt idealiter geregistreerd welk(e) vervoermiddel(len) betrokken waren, of er gevaarlijke stoffen zijn vervoerd, en of deze stoffen zijn vrijgekomen.

• Type incident en ernst

Het incident wordt idealiter ook omschreven naar aard, bijvoorbeeld een lekkage, aanrijding, brand of het omvallen van een tankwagen. De registratie omvat de gevolgen voor mens, milieu en infrastructuur, waaronder aantallen gewonden of doden, eventuele evacuaties en milieuverontreiniging. Op basis hiervan kan het incident worden ingedeeld naar ernst, bijvoorbeeld klein, middel of groot.

• Oorzaken en omstandigheden

Voor bredere trendanalyse van oorzaken kan onderscheid gemaakt naar directe oorzaken, zoals technische gebreken, menselijk handelen of omgevingsfactoren. Ook worden idealiter relevante omstandigheden vastgelegd, waaronder de weersomstandigheden, de verkeerssituatie en kenmerken van de infrastructuur, zoals de ligging van de weg, aanwezigheid van kruispunten, tunnels of hellingen.

• Afhandeling en beheersmaatregelen

Tot slot wordt idealiter vastgelegd welke hulpdiensten zijn ingezet en welke nood- of herstelmaatregelen zijn getroffen. Daarbij kan tevens worden beoordeeld in hoeverre bestaande infrastructuur- en veiligheidsvoorzieningen doeltreffend hebben gefunctioneerd.

4.2 Indicatieve risicobeoordeling voor waterwegen

In Nederland hebben zich diverse significante scheepsongevallen voorgedaan die geleid hebben tot substantiële milieuschade en hoge opruimkosten. Deze variëren van tienduizenden tot tientallen miljoenen euro's. De *Monitor Nautische Veiligheid* (2009–2018) registreert tientallen scheepsongevallen met gevaarlijke stoffen, waarbij vaak milieuschade optreedt. Hoewel de monitor geen financiële gegevens bevat en geen onderscheid maakt naar type lading, geeft de registratie een indicatief beeld van de aard en omvang van incidenten.

Voor de scenarioanalyse zijn drie categorieën te onderscheiden:

- **Kleine lekkages – categorie beperkt** (kleine olievlekken, tienduizenden euro's). Deze laad/los incidenten komen frequent voor (>10 per jaar) en zijn in de risicomatrix aangeduid met nummer 1.
- **Middelgrote tot grote lekkages – categorie (zeer) ernstig** (tientallen tonnen, schadeposten tot enkele miljoenen euro's). Op basis van de monitor kan conservatief worden aangenomen dat in een periode van tien jaar ten minste één incident betrekking had op gevaarlijke stoffen. Dit scenario is in de risicomatrix aangeduid met nummer 2.
- **Worstcasescenario – categorie rampzalig** (meer dan 100 ton, of meerdere doden, tientallen miljoenen euro's). Dit type incident is zeldzaam, maar de gevolgen zijn zeer ernstig. Een bekend voorbeeld is het Bow Jubail-incident in 2018, waarbij 217 ton stookolie in de haven van Rotterdam vrijkwam en aanzienlijke milieu- en infrastructuurschade veroorzaakte. Dit scenario wordt geschat op eens per 1000 jaar en aangeduid met nummer 3.

Uit deze analyse blijkt dat restrisico's bij het vervoer van gevaarlijke stoffen over de vaarwegen (inclusief laden en lossen), ondanks bestaande maatregelen, structureel hoog blijven. Dit vraagt om blijvende aandacht voor infrastructuur, vaartuigeisen, toezicht en calamiteitenbestrijding, inclusief het onderhoud en de borging van bestaande risicobeheersmaatregelen.

Potentiële gevolgen				Potentiële kans				
Categorie	Veiligheid, Gezondheid, Welzijn (of)	Imago (of)	Financiële gevolgen (of)	a. Onwaarschijnlijk	b. Zelden	c. Niet vaak	d. Regelmatig	e. Vaak
				Nooit voorgekomen bij RWS 1/100.000 jaar	Wel eens van gehoord bij RWS 1/1000 jaar	Wel eens plaats gevonden bij RWS 1/10 jaar	Een tot enkele keren per jaar binnen RWS 1/jaar	Enkele keren per jaar binnen vestigingsafdeling 10/jaar
0. nihil	Geen gevolgen	Geen gevolgen	Geen schade					
1. licht	EHBO-ongeval, onwel	Geen publieke ernst	< € 10.000,=					
2. beperkt	Licht letsel, kort verzuim	Lokale onrust	> € 10.000,= < € 100.000,=					1
3. ernstig	Ernstig letsel, beperkt blijvend verzuim	Regionale onrust	> € 100.000,= < € 500.000,=					
4. zeer ernstig	Zeer ernstig, blijvend letsel, arbeidsongeschikt	Nationale onrust	> € 0.5 miljoen < € 10 miljoen			2		
5. rampzalig	Meerdere doden	Internationale onrust	> € 10 miljoen		3			
Laag risico (L)				Risico behoeft geen vervolg actie				
Midden risico (M)				(Additionele) beheersmaatregel nodig ter vermindering van het risico				
Hoog risico (H)				Onacceptabel, altijd beheersmaatregel nodig ter verlaging risico				
Extreem risico (E)				Absoluut onacceptabel, stopzetten werkzaamheden, herzien				

5. Beoordeling van normstelling

Op basis van de BowTie-analyse is de normstelling voor de infrastructuur van weg en vaarweg beoordeeld. Hoewel in dit hoofdstuk een verdiepende uitwerking is opgenomen van een deel van de barrières, is een volledig overzicht van alle barrières in de BowTie-analyse opgenomen in bijlage 2.

Daarmee wordt antwoord gegeven op onderzoeksvraag 1 en 2. In algemene zin kan worden geconcludeerd dat de normstelling van RWS robuust is opgebouwd. Dit geldt zowel voor de technische aspecten als voor de integratie van mens, techniek en omgeving (human factors). Uit de analyse blijkt dat er wel barrières zijn waarbij de huidige normstelling ruimte laat voor verbetering, met name in relatie tot het vervoer van gevaarlijke stoffen.

Lacune in normstelling

In veel ontwerpnormen wordt gebruikgemaakt van risicoprofielen om te bepalen welke maatregelen noodzakelijk zijn. Deze profielen sturen de keuze en uitvoering van barrières, bijvoorbeeld:

- **Bermbeveiliging:** afhankelijk van de situatie wordt gekozen voor verschillende vormen van afscherming of geleiderails. De keuze is gebaseerd op obstakels in de obstakelvrije zone en de ligging nabij risicogebieden zoals spoorlijnen, bebouwing of waterlichamen.
- **Veiligheidsschermen op viaducten:** deze worden toegepast waar fiets- of voetgangersverkeer langs de railing aanwezig is, om af- of overklimmen en het naar beneden vallen van objecten te voorkomen.

Opvallend is dat externe veiligheid in veel risicoprofielen nauwelijks is meegenomen. Alleen bij tunnelontwerpen wordt een directe koppeling gelegd met het vervoer van gevaarlijke stoffen. Hierdoor ontstaat een lacune: locaties waar intensief transport van gevaarlijke stoffen plaatsvindt kennen aantoonbaar een verhoogd risico, terwijl dit in de normstelling vaak niet expliciet wordt meegenomen.

Het opnemen van externe veiligheid in risicoprofielen kan de ontwerpkeuzes van infrastructuur rechtstreeks beïnvloeden. Voorbeelden zijn:

- **Wegen langs waterlichamen of nabij woongebieden:** een ongeval met gevaarlijke stoffen kan leiden tot grootschalige milieuschade of slachtoffers. Dit kan de keuze beïnvloeden voor sterkere bermbeveiliging.
- **Incidenten vanaf viaducten:** het werpen van objecten op een vrachtwagen met gevaarlijke stoffen kan veel ernstiger gevolgen hebben dan bij andere voertuigen. Dit kan bepalend zijn voor de keuze om veiligheidsschermen wel of niet toe te passen.
- **Kruisend vaarwegverkeer:** gekoppeld aan het worstcasescenario van een schip-schipaanvaring waarbij een beroepsvaartschip de romp van een kegelschip penetreert. In vaarwegsplitsingen met relatief hoge intensiteit van kegelschepen moet rekening worden gehouden met zichtlijnen, vaarwegbreedte en uitwijkmogelijkheden.

Veranderende regelgeving

Naast de risico's van kruisend vaarwegverkeer is ook de veranderde regelgeving rondom het aan- en afmeren van kegelschepen relevant. Deze regels hebben directe invloed op de wijze waarop kegelschepen gebruik kunnen maken van ligplaatsen, kades en sluiscolken (gemengd met overig vaarwegverkeer), en bepalen daarmee mede het risicoprofiel van locaties waar gevaarlijke stoffen worden overgeslagen of tijdelijk opgeslagen. Voor de normstelling betekent dit dat ontwerp- en beheerkaders niet alleen rekening moeten houden met de intensiteit van vaarbewegingen, maar ook met de praktische uitvoerbaarheid en veiligheid van ligplaatsen onder de nieuwe regelgeving. In de volgende secties in dit hoofdstuk worden nog vier andere belangrijke elementen van de infrastructuur uitgewerkt waarin er een beperkte koppeling met externe veiligheid is geconstateerd:

- Verzorgingsplaatsen langs snelwegen voor vervoerders van gevaarlijke stoffen - §5.1
- Vluchtstroken op snelwegen - §5.2
- Afwateringsvoorzieningen op snelwegen - §5.3
- Verandering van brandstof van schepen - §5.4

5.1 Inrichting van verzorgingsplaatsen langs snelwegen

Verzorgingsplaatsen langs snelwegen vervullen een belangrijke functie als rustpunt voor bestuurders. Voor vrachtwagens die gevaarlijke stoffen vervoeren brengen zij echter extra risico's met zich mee. Bij lekkage of defecten aan tanks kunnen brandbare of toxische stoffen onbedoeld vrijkomen. Omdat chauffeurs hier vaak langere tijd verblijven, is het blootstellingselement groter dan bij doorgaand verkeer.

Daarnaast bevinden veel verzorgingsplaatsen zich in de nabijheid van kwetsbare objecten zoals natuurgebieden, waterlichamen of stedelijke zones. Dit vergroot de potentiële impact van een incident.

Opvallend is dat verzorgingsplaatsen geen specifieke voorzieningen kennen voor voertuigen met gevaarlijke stoffen. Waar tankstations verplicht zijn uitgerust met vloeistofdichte bodems om lekkages van brandstoffen op te vangen, ontbreken dergelijke voorzieningen bij reguliere parkeerplaatsen. Mogelijke lekkages kunnen daardoor direct in de bodem of het oppervlaktewater terechtkomen, met risico's voor bodem- en waterkwaliteit.

5.2 Vluchtstroken op snelwegen

Vluchtstroken vormen een cruciale barrière in de BowTie voor het beheersen van de gevolgen van controleverlies over voertuigen en incidenten met gevaarlijke stoffen. Ze bieden uitwijkmogelijkheden bij noodgevallen, fungeren als aanrijdroute voor hulpdiensten en maken het mogelijk verkeer gecontroleerd terug te leiden. Dit is essentieel bij ongevallen met gevaarlijke stoffen, zodat burgers zich snel uit de gevarenzone kunnen verwijderen.

Het belang hiervan bleek uit een calamiteit op de A58 (Re 39.0) in 2023, geëvalueerd door Intergo in opdracht van RWS. Een gekantelde vrachtwagen leidde daar tot ernstige knelpunten omdat geen vluchtstrook aanwezig was. Hulpdiensten bereikten de locatie pas na uren en verkeer kon niet worden teruggeleid. Als daadwerkelijk giftige dampen waren vrijgekomen, zouden weggebruikers langdurig blootgesteld zijn geweest.

Juist op trajecten van het Basisnet, waar vervoer van gevaarlijke stoffen intensief is, zijn vluchtstroken onmisbaar. Toch zijn ze niet overal aanwezig. In de praktijk worden zij vaak benut voor wegverbredingen of spitsstroken om de doorstroming te verbeteren. Dit gaat ten koste van de noodzakelijke hulpverlening en kan evacuatie ernstig belemmeren.

5.3 Afwateringsvoorzieningen op snelwegen

Afwateringsvoorzieningen vormen in de BowTie voor het wegtransport van gevaarlijke stoffen een belangrijke barrière tegen gladheid en waterophoping. Door regenwater snel af te voeren, wordt de kans op verlies van voertuigbeheersing beperkt. Daarmee dragen deze voorzieningen bij aan de verkeersveiligheid.

Bij incidenten met gevaarlijke stoffen ontstaat echter een hiaat. Wanneer vloeibare stoffen na een lekkage in de afwatering terechtkomen, kunnen zij via kolken en riolen ongehinderd het oppervlaktewatersysteem bereiken. Dit kan leiden tot ernstige milieuschade, vervuiling van bodem en water, en schade aan rioolwaterzuiveringsinstallaties die hiervoor niet zijn ontworpen.

In tunnelsystemen wordt dit risico beter ondervangen, doordat vloeistoffen daar vaak worden opgevangen in reservoirs en tijdelijk gebufferd. Op open wegvakken ontbreekt een dergelijke voorziening: daar stromen vloeistoffen via de reguliere afwatering rechtstreeks het riool in, zonder specifieke maatregelen om gevaarlijke stoffen te scheiden of op te vangen.

Dit maakt duidelijk dat afwateringsvoorzieningen in hun huidige vorm wel effectief zijn als verkeersveiligheidsbarrière, maar onvoldoende functioneren als milieubarrière bij incidenten met gevaarlijke stoffen.

5.4 Verandering van brandstof van schepen

Uit de expertinterviews kwam naar voren dat schepen steeds vaker overstappen op alternatieve brandstoffen, zoals ammoniak, methanol, waterstof en LNG. Deze transitie draagt bij aan verduurzaming, maar introduceert ook nieuwe risico's die in de huidige risicoprofielen en ontwerpnormen slechts beperkt zijn meegenomen.

- **Ammoniak:** sterk toxisch bij inademing, schadelijk voor het aquatisch milieu en kan zich bij lekkage snel verspreiden als gaswolk. Een incident kan daardoor zowel acute gezondheidseffecten veroorzaken als grootschalige ecologische schade.
- **Waterstof:** zeer ontvlambaar en explosief.
- **LNG (vloeibaar aardgas):** naast brandrisico's ook cryogene effecten en de vorming van zeer vluchtige dampwolken bij contact met water.
- **Elektrisch varen (accu's):** risico op thermische runaway en langdurige, lastig te blussen branden met kans op herontsteking en toxische/corrosieve rookgassen (o.a. HF). Extra risico's bij laden en waterinslag (kortsluiting/boogvorming) vragen om strengere eisen aan compartimentering, detectie, koeling en brandbestrijding.

Deze eigenschappen beïnvloeden de risicoprofielen van vaarwegen. De huidige normen en externe veiligheidsafstanden zijn voornamelijk gebaseerd op traditionele fossiele brandstoffen (zoals diesel en stookolie). Voor alternatieve brandstoffen is een herijking nodig, waarbij niet alleen de kans op incidenten, maar ook de aard en ernst van de mogelijke gevolgen wordt meegewogen.

6. Realisatie en instandhouding van de barrières

De ontwerpnormen leggen een groot aantal barrières vast die essentieel zijn voor het veilig transport van gevaarlijke stoffen. Om deze barrières blijvend te laten functioneren, is het noodzakelijk dat infrastructuur bij aanleg en renovatie conform de normen wordt uitgevoerd en dat instandhouding structureel plaatsvindt.

RWS staat daarbij voor een omvangrijke renovatie- en vervangingsopgave. Recente incidentonderzoeken laten zien dat verouderde infrastructuur in meerdere gevallen heeft bijgedragen aan het ontstaan van incidenten op zowel weg als waterweg. Dit heeft ook directe consequenties voor de veiligheid bij het vervoer van gevaarlijke stoffen.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste aandachtspunten voor de realisatie en instandhouding nader uitgewerkt:

- Gebruik van ontwerpnormen in aanleg- en renovatieprojecten - §6.1
- Controles bij oplevering van aanleg- en renovatieprojecten - §6.2
- Onderhoud van de infrastructuur - §6.3
- Monitoring van afwijkingen ten aanzien van de ontwerpnormen - §6.4

6.1 Gebruik van ontwerpnormen in aanleg- en renovatieprojecten

Om te waarborgen dat de ontwerpnormen van RWS ook daadwerkelijk doorwerken in de praktijk, is het van belang dat zij structureel worden toegepast in aanleg- en renovatieprojecten. Binnen RWS zijn verschillende uitvoeringsorganisaties hiervoor verantwoordelijk: Programma's Projecten en Onderhoud (PPO) voor regulier onderhoud en kleinere vervangingen, Grote Projecten en Onderhoud (GPO) voor grootschalige renovaties en nieuwe aanleg, en Centrale Informatievoorziening (CIV) voor de industriële en kantoorautomatisering.

Ontwerpnormen worden doorgaans vastgelegd in de eisenpakketten die aan aannemers worden gesteld. In de praktijk blijkt echter dat de mate van

toepassing en de ruimte voor afwijkingen per norm sterk verschillen. Zo wordt bij de tunnelstandaard vrijwel nooit afgeweken, vanwege de strikte wettelijke kaders en veiligheidsvoorschriften. Daarentegen blijkt uit interviews met experts dat bij de toepassing van de *Richtlijn Vaarwegen* regelmatig afwijkingen optreden in de ontwerpfase van projecten.

De belangrijkste oorzaken van het afwijken van ontwerpnormen zijn:

- **Ruimtelijke beperkingen:** sommige richtlijnen zijn fysiek niet uitvoerbaar door bestaande bebouwing, watergangen of geografische omstandigheden.
- **Tijd en budget:** tijdsdruk of beperkte financiële middelen leiden ertoe dat niet alle richtlijnen strikt worden gevolgd.
- **Projectprioritering:** de weging die een projectteam zelf toekent aan bepaalde richtlijnen bepaalt mede of ze volledig worden toegepast.

6.2 Opleveringscontroles

Naast het ontwerpen van infrastructuur conform de geldende normstelling is het van belang dat aannemers nieuwe of gerenoveerde objecten ook daadwerkelijk zo opleveren. De mate van controle bij oplevering verschilt echter per type infrastructuur:

- Bij risicovolle en complexe objecten, zoals tunnels, wordt zeer nauwgezet getoetst of het gerealiseerde werk voldoet aan het programma van eisen. Dit gebeurt via uitgebreide verificatie- en validatieprocedures, mede vanwege de hoge veiligheidsrisico's die aan deze objecten verbonden zijn.
- Voor andere onderdelen, zoals verlichtingsinstallaties, is het toezicht aanzienlijk minder strikt. Vaak ontbreekt hier een gedetailleerd programma van eisen en wordt volstaan met beperkte steekproeven om te beoordelen of de installatie correct is uitgevoerd.

Volgens geraadpleegde experts hangt dit verschil nauw samen met de aard en omvang van de risico's waarop de maatregelen betrekking hebben: hoe groter het potentiële veiligheidsrisico, hoe strenger en uitgebreider de oplevercontroles.

6.3 Onderhoud van de infrastructuur

Na oplevering is het van groot belang dat infrastructuur gedurende de gehele levensduur wordt onderhouden, zodat barrières hun functie blijven vervullen zoals vastgelegd in de normstelling. In de praktijk bestaan er echter uitdagingen in het onderhoud van weg- en waterweginfrastructuur. Uit veiligheidsonderzoeken van Intergo en expertinterviews komen de volgende hiaten naar voren:

- **Verlichting en matrixborden:** De kwaliteit van (openbare) verlichting en dynamische verkeerssystemen is niet altijd op orde. Op meerdere locaties ontbreekt of hapert verlichting door achterstallig onderhoud, wat de verkeersveiligheid en het transport van gevaarlijke stoffen ondermijnt. Registraties van mastlocaties, type en leeftijd zijn vaak verouderd, waardoor effectief onderhoud bemoeilijkt wordt. Het uitvallen van matrixborden leidt tot gevaarlijke situaties, omdat bestuurders verkeerswijzigingen niet tijdig waarnemen. Zowel verlichting als matrixborden zijn belangrijke barrières in de BowTie.
- **Asfaltstroefheid:** Periodieke metingen, onder meer in regio Noord-Nederland, hebben afwijkingen in stroefheid aangetoond op tientallen locaties. Verminderde stroefheid verhoogt het risico op slipincidenten.
- **Vaarwegen:** Onderhoud, zoals baggerwerkzaamheden, blijft regelmatig achter. Dit verkleint de bevaarbaarheid, vergroot manoeuvreerrisico's en verhoogt de kans op incidenten. Vaarwegbreedte is daarmee een essentiële barrière in de BowTie. Daarnaast neemt de kans op het niet goed functioneren of uitvallen van sluizen ook toe bij slecht onderhoud of verouderde sluizen. Dit kan leiden tot incidenten met uitstroom van gevaarlijke stoffen als gevolg.

Normontwikkeling en onderhoud

De normstelling wordt periodiek herzien. Hierdoor kan bestaande infrastructuur na een wijziging niet langer volledig in overeenstemming zijn met de actuele normen. Dit gebeurde bijvoorbeeld bij de vernieuwing van de Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen (ROA) in 2023, waardoor veel invoeg- en uitvoegstroken formeel niet meer voldeden. Het is in de praktijk niet haalbaar

om alle actualisaties te koppelen aan grootschalig onderhoud, maar bij omvangrijke renovaties verdient het aanbeveling om actualisaties waar mogelijk mee te nemen. Achterstanden in onderhoud en de omvangrijke renovatieopgave van RWS vergroten de kans op afwijkingen. Op bepaalde locaties kan dit leiden tot aanzienlijke verschillen tussen praktijk en norm, met directe gevolgen voor de veiligheid bij vervoer van gevaarlijke stoffen.

6.4 Zicht op afwijkingen ten opzichte van de normstelling

In de voorgaande paragrafen is uiteengezet hoe in verschillende fasen van de levensduur van infrastructuur (van ontwerp en oplevering tot en met de instandhouding) afwijkingen ten opzichte van de normstelling kunnen ontstaan. Een overkoepelende uitdaging is dat de regionale dienstonderdelen van RWS beperkt zicht hebben op de actuele mate van conformiteit. Vaak is onbekend welke infrastructuuronderdelen nog voldoen aan de geldende richtlijnen en welke inmiddels zijn verouderd of afwijken. Juist dit inzicht is cruciaal, omdat de mate van afwijking het risicoprofiel van het areaal in belangrijke mate bepaalt. Er is daarbij een directe relatie met prioritering. Op locaties waar het wegverkeer het meest risicovol is, door hoge intensiteit van gevaarlijke stoffen of nabijheid van kwetsbare objecten, zou extra nadruk moeten liggen op het voldoen aan de actuele normstelling. In de praktijk gebeurt dit echter niet: de intensiteit van gevaarlijke-stoffentransporten weegt momenteel niet mee in de keuzes waar onderhoud wordt versneld of uitgesteld.

Het gericht toewijzen van middelen en capaciteit aan deze hotspots zou de effectiviteit van maatregelen versterken en de kans op incidenten verkleinen. Deze benadering sluit aan bij het principe van risicogestuurd asset management, zoals vastgelegd in ISO 55001 en uitgewerkt in het Asset Management 2.0-programma van RWS. Dit programma benadrukt dat asset management gestuurd wordt op onderbouwde afweging van risico's, prestaties en kosten. Het zichtbaar maken van afwijkingen ten opzichte van de normstelling vormt daarbij een essentiële randvoorwaarde om het areaal gericht en toekomstbestendig te beheren.

7. Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek verkent welke barrières de richtlijnen van RWS beschrijven, die de risico's rondom het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg en het water beheersen. De bedreigingen, gevolgen en barrières zijn in kaart gebracht en gestructureerd met de BowTie-methodiek. De input voor de BowTies komt vanuit het doorzoeken van de richtlijnen en interviews met experts. De volgende onderzoeksvragen zijn beantwoord:

- 1) Welke barrières zijn momenteel vastgelegd in de bestaande standaarden (ROA, Richtlijn Vaarwegen 2020 en aanvullende relevante kaders en richtlijnen) met betrekking tot externe veiligheid?
- 2) Wat is de kwaliteit, effectiviteit en het verbeterpotentieel van deze barrières in relatie tot het beperken van de gevolgen van incidenten met gevaarlijke stoffen?
- 3) Wat levert een eerste indicatieve risicobeoordeling op, op basis van de BowTie-analyses voor weg en vaarweg?
- 4) Welke aanvullende informatie en data zijn nodig om een verdiepte risico-afweging te kunnen maken ten behoeve van besluitvorming over aanvullende maatregelen op gebied van externe veiligheid?

In dit hoofdstuk wordt de beantwoording van de onderzoeksvragen en aanbevelingen gegeven.

7.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen

Onderzoeksvraag 1: Welke barrières zijn momenteel vastgelegd in de bestaande standaarden (ROA, Richtlijn Vaarwegen 2020 en aanvullende relevante kaders en richtlijnen) met betrekking tot externe veiligheid?

De BowTie-analyse laat zien dat in de huidige normstelling een breed scala aan barrières is vastgelegd. Dit betreft zowel technische voorzieningen (zoals bermbeveiliging, verlichting, vluchtstroken, afwateringssystemen) als organisatorische en procedurele kaders (zoals tunnelstandaarden en vaarwegprofielen). Daarmee is een robuuste basis aanwezig ter overzicht van barrières in de door RWS aangeleverde standaarden.

Onderzoeksvraag 2: Wat is de kwaliteit, effectiviteit en het verbeterpotentieel van deze barrières in relatie tot het beperken van de gevolgen van incidenten met gevaarlijke stoffen?

Voor de algemene verkeersveiligheid zijn de bestaande ontwerpnormen van goede kwaliteit, met aandacht voor zowel (verkeers)technische aspecten als human factors. Een geconstateerd hiaat is dat externe veiligheid in de ontwerpfase van infrastructuur slechts beperkt wordt meegenomen, met uitzondering van tunnels. In de praktijk worden risicogebaseerde afwegingen gemaakt bij de inzet van maatregelen, bijvoorbeeld bij bermbeveiliging. De intensiteit van vervoer van gevaarlijke stoffen speelt hierin echter geen rol.

De kwaliteit van barrières wordt niet alleen bepaald door de normen, maar ook door de realisatie in de praktijk. Infrastructuur dient idealiter conform normenkaders te worden aangelegd en onderhouden, zodat de functionaliteit behouden blijft. Bij onderdelen als verlichting en matrixborden wordt de effectiviteit nadelig beïnvloed door afwijkingen van de norm, achterstallig onderhoud en onvolledige opleveringscontroles.

RWS streeft ernaar om binnen Asset Management 2.0 risicogestuurd assetmanagement toe te passen, met aansluiting bij internationale normen zoals ISO 55001. Voor milieuaspecten, waaronder externe veiligheid, is echter ISO 14001 het relevante kader. Binnen RWS wordt daarnaast gewerkt aan de ontwikkeling van een integraal veiligheidsmanagementsysteem (VMS), waarin de ambities van het bestuur zijn vastgelegd. Dit systeem combineert elementen uit meerdere ISO-normeringen, waaronder ISO 14001, zodat risico's rond externe veiligheid expliciet worden meegewogen bij de prioritering van onderhoud en bij de realisatie van normstelling.

Onderzoeksvraag 3: Wat levert een eerste indicatieve risicobeoordeling op, op basis van de BowTie-analyses voor weg en vaarweg?

Voor zowel weg als waterweg is het worstcasescenario geanalyseerd. Voor wegtransport betreft het geanalyseerde worstcasescenario een brand, explosie of gifwolk (in een tunnel) met meerdere dodelijke slachtoffers. Een dergelijk incident heeft zich in Nederland niet voorgedaan, maar wel in het buitenland. Voor waterwegen gaat het om een schip-schipsaanvaring bij een kruising, waarbij een zwaar vaartuig de romp van een kegelschip doorboort. Dit is in het verleden eenmaal gebeurd. Dankzij beschikbare data kan voor waterwegen onderscheid worden gemaakt tussen kleine, middelgrote en worstcasescenario's. Voor wegtransport ontbreken dergelijke gegevens, waardoor uitsluitend een worstcasescenario is beoordeeld.

Hoewel er voor wegtransport wel een risicobeoordeling kan worden uitgevoerd, vormt het gebrek aan systematische incidentregistratie een belangrijke lacune. Zonder deze informatie is het lastiger om te leren van ongevallen en de effectiviteit van maatregelen in de praktijk te beoordelen.

Uit de risicobeoordeling van deze scenario's blijkt dat zowel de worstcasescenario's als de kleinere en middelgrote scenario's laten zien dat het risiconiveau als 'Hoog' moet worden ingeschaald volgens de risicomatrix van Rijkswaterstaat. De analyse ondersteunt dat externe veiligheid (als hoog risico) structureel zou moeten worden meegenomen in ontwerpnormen, beheer en assetmanagement, en dat borging van bestaande maatregelen essentieel is om restrisico's beheerst te houden.

Onderzoeksvraag 4: Welke aanvullende informatie en data zijn nodig om een verdiepte risico-afweging te kunnen maken ten behoeve van besluitvorming over aanvullende maatregelen op gebied van externe veiligheid?

In dit onderzoek was het niet mogelijk om een indicatieve risicobeoordeling uit te voeren voor het wegvervoer van gevaarlijke stoffen, anders dan voor het worstcasescenario. Dit vormt een hiaat dat risicogestuurde afwegingen bij de selectie van beheersmaatregelen belemmert. Voor een systematische risico-afweging is een landelijke incidentendatabase noodzakelijk, waarin wegincidenten met gevaarlijke stoffen structureel worden vastgelegd. Deze zou minimaal gegevens moeten bevatten over type incident, vervoerde stoffen, ernst, oorzaken, context en afhandeling.

Voor de vaarwegen bieden de SOS-database en de daarop gebaseerde Monitor Nautische Veiligheid een indicatief beeld van de risico's bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. De Monitor maakt echter geen expliciet onderscheid tussen incidenten met lekkages van kegelschepen, mogelijk vanwege de zeer lage frequentie van dergelijke voorvallen. Aangezien de SOS-database niet naar wens kan worden aangepast voor specifieke risicoanalyses, moet worden gewaakt voor te ver doorgevoerde aanpassingen of 'tuning' richting één analysevraag.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies geeft Intergo de volgende aanbevelingen:

1. **Veranker externe veiligheid explicieter in risicoprofielen:** Leg vast dat ontwerpkeuzes voor onder meer bermbeveiliging, veiligheidsschermen, verzorgingsplaatsen en vaarwegkruisingen mede worden bepaald door de aanwezigheid en intensiteit van gevaarlijke-stoffentransporten. Neem waar mogelijk en bijdragend externe veiligheid op in de risicoprofielen die ten grondslag liggen aan de ontwerpnormen van de infrastructuur.
2. **Borg consistent gebruik van ontwerpnormen en afwijkingen:** Zorg dat voor alle infrastructuuronderdelen, en niet alleen voor hoogrisico-elementen, duidelijke programma's van eisen op basis van ontwerpnormen worden opgesteld, met structurele opleveringscontroles conform deze eisen. Afwijkingen van ontwerpnormen mogen uitsluitend gemotiveerd en gedocumenteerd worden toegestaan. Zo wordt voorkomen dat externe veiligheid afhankelijk is van projectmatige afwegingen en wordt transparantie geborgd in de gehele infrastructuur.
3. **Integreer intensiteit van gevaarlijke stoffen in asset management:** Neem het aantal en de intensiteit van gevaarlijkstoffentransporten expliciet op als factor in risicogestuurd asset management. In de huidige praktijk weegt dit nauwelijks mee in de keuzes waar onderhoud wordt versneld of uitgesteld, terwijl dit juist de locaties zijn waar incidenten de grootste impact kunnen hebben.
4. **Ontwikkel een landelijke incidentendatabase:** Bouw een landelijke database waarin incidenten met gevaarlijke stoffen op de weg uniform worden geregistreerd, inclusief wat er is gebeurd, de gevolgen, de oorzaken en contextuele factoren. Dit is een randvoorwaarde om risicobeoordelingen verder te verdiepen en kwantitatief te onderbouwen. Overleg hierbij ook met de Inspectie Leefomgeving en Transport over uitwisseling van informatie uit hun registraties voor deze database.

5. **Voer een pilot in om de BowTie te gebruiken als auditmiddel om afwijkingen van normstellingen te identificeren voor asset management.**

Momenteel heeft RWS nog geen volledig overzicht van op welke trajecten op weg en waterweg er afwijkingen zijn ten opzichte van de normstelling. De BowTies kunnen worden ingezet om te audits uit te voeren op trajecten om afwijkingen in normstelling in kaart te brengen.

Voer op basis hiervan een pilotproject uit:

- Ontwikkel een auditchecklist op basis van de BowTies uit dit onderzoek.
- Selecteer een traject (weg en/of vaarweg) met intensief vervoer van gevaarlijke stoffen.
- Gebruik dit traject om de uit dit onderzoek afgeleide checklist praktisch te toetsen. Beoordeel of infrastructuuronderdelen daadwerkelijk voldoen aan de normstelling, onderzoek hoe contextuele factoren (zoals gebruiksintensiteit en onderhoudsstaat) de risico's beïnvloeden.
- Vertaal de resultaten naar concrete prioriteiten voor onderhoud en beheer.

Deze pilot helpt de BowTie-methodiek te verankeren in de dagelijkse praktijk en draagt bij aan draagvlak binnen RWS.

Voor externe veiligheid levert een audit met BowTies op dit moment minder nieuwe inzichten op, omdat externe veiligheid in de meeste normeringen (met uitzondering van de tunnelstandaard) nog niet expliciet is meegenomen. Het bevestigt vooral de reeds bekende lacune. De waarde van de pilot ligt daarom vooral in het praktisch toepassen van BowTies als auditinstrument voor normconformiteit en assetmanagement.

Bijlage 1: Afkortingenlijst

Afkorting	Toelichting
ADR	– Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (Europese overeenkomst voor het internationaal vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg).
CIV	Centrale Informatievoorziening (organisatieonderdeel van RWS).
GPO	Grote Projecten en Onderhoud (organisatieonderdeel van RWS).
HILP	High Impact, Low Probability (scenario met zeer grote gevolgen, kleine kans).
ISO	International Organization for Standardization
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport.
LNG	Liquefied Natural Gas (vloeibaar aardgas).
PPO	Programma's, Projecten en Onderhoud (organisatieonderdeel van RWS).
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
ROA	Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen.
RWS	Rijkswaterstaat.

Bijlage 2: Geraadpleegde documenten

Ontwerpnormen

Rijkswaterstaat. FPS Tijdelijke signaleringssystemen. Versie 2.1.16 juli 2024.

Rijkswaterstaat. Kader Inrichting Verzorgingsplaatsen. Versie 1.1. 20 februari 2019.

Rijkswaterstaat. Kader Verkeersveiligheid (deel A). Versie 3.0. 17 maart 2020.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Bus op Vluchtstrook. 26 februari 2015.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Hemelwaterafvoer voor bruggen en viaducten. Versie 1.0. 15 maart 2017.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Hectometrering. Versie 4.2. 30 januari 2015.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Ontwerp Autosnelwegen. Versie 1.1. 12 januari 2022.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Ontwerp Kunstwerken. Versie 2.0. December 2021.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Veiligheidsschermen. Versie 1.1. 16 november 2022.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Veilige Inrichting van Bermen. Versie 11. 15 december 2021.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Verlichting. 21 april 2023.

Rijkswaterstaat. RWS Tunnelsysteem. Versie 1.2.9. 27 januari 2023.

Rijkswaterstaat. Specificaties ontwerp Asfaltverhardingen. Versie 2.0. November 2020.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Scheepvaarttekens. Versie 1.0. 1 februari 2023.

Rijkswaterstaat. Richtlijn Vaarwegen. 20 november 2020.

Wetenschappelijke literatuur en onderzoeksrapporten

Onderzoeksraad voor Veiligheid. Rapportage Ongevallen Scheepvaart januari. 2023-juli 2023. Oktober 2023.

Onderzoeksraad voor Veiligheid. Rapportage Ongevallen Scheepvaart november 2020 – mei 2021. Oktober 2021.

Onderzoeksraad voor Veiligheid. Rapportage Ongevallen Scheepvaart juli 2024 – december 2024. April 2025.

Rijkswaterstaat. Monitor nautische veiligheid binnenwateren 2009-2018 : datarapport en risicoanalyserapport. 6 november 2019.

Bijlage 3: Toelichting BowTie-methodiek

De Bow Tie-methodiek is een visuele analysetool voor risicobeheersing. De methode maakt op overzichtelijke wijze inzichtelijk welke oorzaken kunnen leiden tot een ongewenste gebeurtenis (*top event*), welke gevolgen daaruit kunnen voortvloeien en welke maatregelen (barrières) beschikbaar zijn om deze risico's te beheersen. De Bow Tie bestaat uit de volgende elementen:

• Hazard (Gevaar)

De *hazard* is de bron van mogelijk letsel, schade of verstoring. Dit is geen gebeurtenis, maar een toestand of activiteit waarmee een risico samenhangt. Denk aan het uitvoeren van werkzaamheden aan de infrastructuur of het vervoeren van gevaarlijke stoffen. De *hazard* vormt de context van de analyse en wordt meestal weergegeven in het zwart-gele blok bovenaan de Bow Tie.

• Top event (Topgebeurtenis)

Het *top event* is de centrale gebeurtenis in de Bow Tie. Dit is het moment waarop de controle over de hazard is verloren, maar er nog geen schade is opgetreden. Denk bijvoorbeeld aan een aanvaringskoers tussen twee schepen.

• Bedreigingen – links van het top event

Dit zijn gebeurtenissen of omstandigheden die kunnen leiden tot het optreden van het top event. Voorbeelden zijn gladheid op de weg, hoge verkeersintensiteit van kruisend vaarwegverkeer of een verkeerde handeling van een bestuurder van een vrachtauto.

• Preventieve barrières

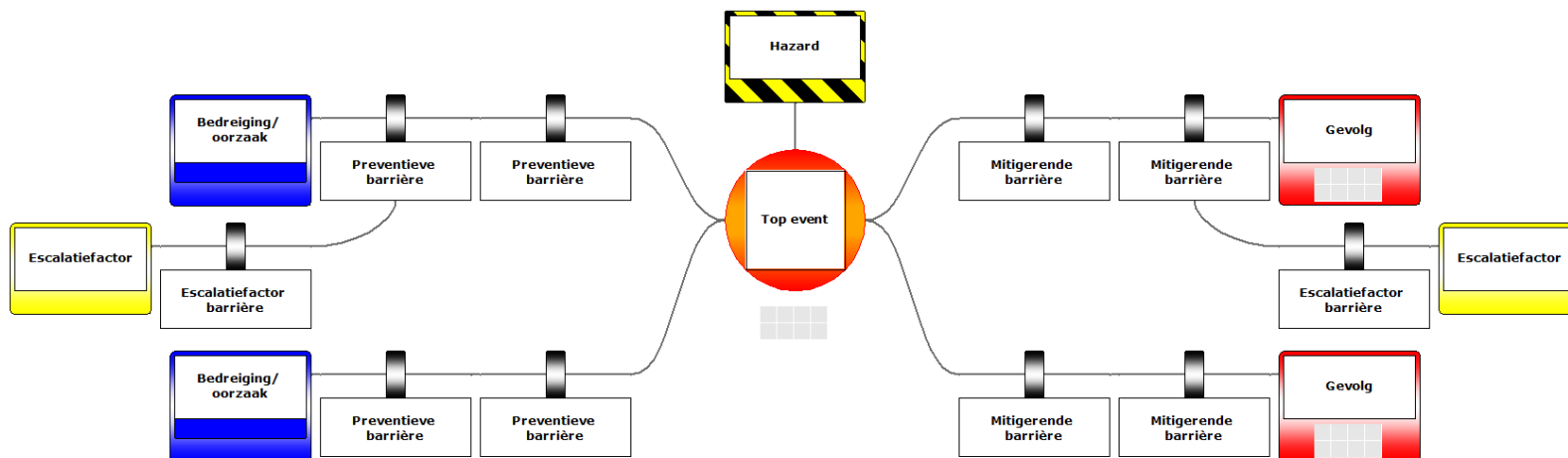
Dit zijn maatregelen die het optreden van het top event moeten voorkomen door de bedreiging weg te nemen of te beheersen. Bijvoorbeeld: een invoeg-en uitvoegstrook met voldoende lengte om veilig in te voegen, of strooien van zout om gladheid op de weg te bestrijden.

• Gevolgen – rechts van het top event

De mogelijke schade of verstoring die kan optreden nadat het top event zich heeft voorgedaan. Voorbeelden zijn gezondheidsschade voor burgers of aannemers, materiële schade aan infrastructuur en milieuschade.

• Mitigerende barrières

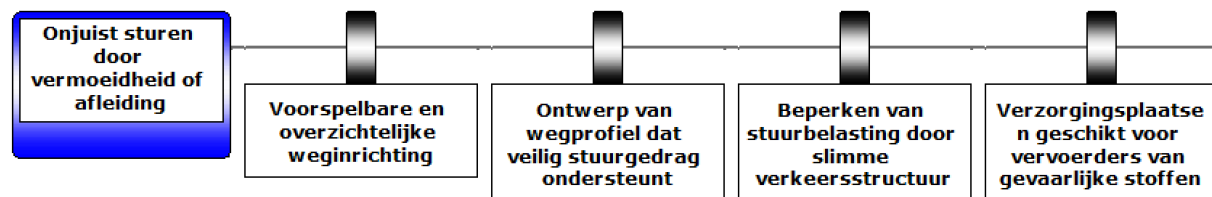
Maatregelen die de gevolgen van het top event beperken of ongedaan maken. Bijvoorbeeld een vluchstrook die door calamiteitendiensten kan worden gebruikt, of bermbeveiliging.



Bijlage 4: Barrièreregister – BowTie wegtransport

In deze bijlage worden per bedreiging en gevolg de barrières toegelicht van de opgestelde BowTie over de wegtransport.

1. Onjuist sturen door vermoeidheid of afleiding



Barrière	Toelichting
Voorspelbare en overzichtelijke weginrichting	De weg is zodanig ontworpen dat het verloop voorspelbaar is en aansluit op de intuïtieve verwachtingen van de weggebruiker. Dit vermindert het risico op sturfouten, zeker bij verminderde alertheid. Dit wordt bereikt via een logische indeling van knooppunten, consistente strook- en boogstructuren, en herkenbare vormgeving van het wegbeeld. Gebaseerd op: • ROA 2019 §4.4.1 – Wegindeling knooppunten • ROA 2019 §5.6.2 – Visuele aansluiting op omgeving • ROA 2019 §8.3 – Consistent wegbeeld • Handreiking Human Factors §2.2 en §2.7 – Verwachtingspatronen en ontwerpconsistentie
Ontwerp van wegprofiel dat veilig stuurgedrag ondersteunt	Het dwars- en lengteprofiel van de weg maakt gecontroleerd sturen en tijdig anticiperen op het wegverloop mogelijk. Door voldoende rijstrookbreedte, zichtlengte, vrije ruimte, boogstraat en verkanting kunnen ook vermoeide chauffeurs veilig koers houden. Gebaseerd op: • ROA 2019 §§9.2.1 t/m 9.2.7 – Samenhangend profielontwerp • ROA 2019 §9.2.2 – Zichtlengte • ROA 2019 §9.2.3 – Horizontale bogen • ROA 2019 §8.2 en §9.2.4 – Verticale alignement
Beperken van stuurbelasting door slimme verkeersstructuur	De verkeersstructuur is zo ingericht dat stressvolle of complexe stuurmomenten gespreid en voorspelbaar zijn. Door slimme plaatsing van weefvakken, uitvoegers en convergentiepunten wordt overbelasting van vermoeide bestuurders voorkomen. Gebaseerd op: • ROA 2019 §6.1.5 – Spreiden van invoegmomenten • ROA 2019 §9.2.6 – Convergentie- en divergentiepunten • ROA 2019 §5.4.9 – Ruimte voor uitwijken bij sturfouten

Verzorgingsplaatsen geschikt voor vervoerders van gevaarlijke stoffen	Op dit moment zijn er nog geen specifieke verzorgingsplaatsen voor vervoerders van gevaarlijke stoffen. Deze barrière is daarom niet geformuleerd op basis van de richtlijnen. Deze scheiding van voertuigen beperkt de kans dat omstanders giftige dampen inademen.
--	--

2. Te hoge snelheid in bocht veroorzaakt kanteling van ADR-voertuig



Barrière	Toelichting
Afstemmen van bochtontwerp op snelheid en voertuigstabiliteit	Het bochtontwerp is afgestemd op de verwachte snelheden en voertuigkenmerken, zodat de kans op kanteling door overbelasting of instabiliteit sterk wordt verminderd. Dit ontwerp omvat voldoende bochtstraal, bochtlengte, bochtverbreding en correcte verkanting, zodat voertuigen de bocht veilig kunnen nemen. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.2.2 – Minimale bochtstralen en -lengtes • ROA 2019 §5.4.8 – Bochtverbreding • ROA 2019 §5.5.2 – Verkanting • ROA 2019 §4.2.2 – Toepassing ontwerpsnelheden
Inrichting van knooppunten en uitvoegstructuren gericht op stabiliteit	Knooppunten zijn zodanig ontworpen dat voertuigen geleidelijk snelheid kunnen verminderen en koers kunnen houden, zonder abrupte stuur- of remmanoeuvres die kanteling kunnen veroorzaken. Hieronder valt het juist toepassen van taperuitvoegingen en deceleratielengtes. Gebaseerd op: • ROA 2019 §4.6.5 – Taperuitvoeging onder voorwaarden • ROA 2019 §6.1.2 – Deceleratielengte • ROA 2019 §4.4.3 – Rechtsafslaande hoofdrichting voor grootste verkeersstroom
Toepassen van systeemkenmerken afgestemd op wegtype	Het gekozen snelwegtype (autosnelweg of stadsautosnelweg) bepaalt de ontwerpeisen. Door een juiste categoriekeuze en toepassing van de bijbehorende ontwerpkenmerken wordt rijgedrag gestuurd en stabiliteit bevorderd. Gebaseerd op: • ROA 2019 §3.2 – Scheiding autosnelweg en stadsautosnelweg
Asfaltstroefheid voor grip van voertuig op de weg	Een stroef asfaltoppervlak geeft voertuigen voldoende grip, waardoor de bestuurder controle behoudt in bochten. Dit verkleint de kans dat een ADR-voertuig kantelt bij te hoge snelheid. De deklaag moet daarom blijvend voldoen aan eisen voor stroefheid en weerstand tegen polijsting en vervorming. Gebaseerd op: • Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen §4.2.2.3 - Deklagen

3. Foutieve routekeuze brengt ADR-voertuig in verboden of ongeschikte locatie



Barrière	Toelichting
Uniforme routegeleiding voor ADR-verkeer via statische bebording en markering	Fysieke bewegwijzering, verbodsborden en visuele geleiding (zoals markeringen en barrières) worden zodanig geplaatst dat voertuigen met gevaarlijke stoffen tijdig correct worden geleid en foutieve afslagen worden voorkomen. Dit is met name bevorderlijk bij knooppunten en complexe aansluitingen. Gebaseerd op: • ROA 2019 §7.2.1 – Bewegwijzering ADR-routes • ROA 2019 §7.2.2 – Verbodsborden gevaarlijke stoffen • ROA 2019 §7.2.3 – Visuele geleiding bij complexe wegdelen
Dynamische routegeleiding via verkeersmanagementvoorziening en (DVM)	Via matrixborden, DRIPs en tekstkarren wordt ADR-verkeer in real-time bijgestuurd bij onvoorziene omstandigheden of routewijzigingen, binnen de bestaande infrastructuur van RWS. Gebaseerd op: • ROA 2019 §7.4 – Dynamisch verkeersmanagement (DVM)
Plaatsbepaling en meldkamerondersteuning via hectometrering	Correcte hectometerborden en rijstrookspecifieke plaatsaanduidingen ondersteunen oriëntatie van bestuurders en maken snelle ondersteuning mogelijk bij foutieve routekeuze of incidenten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hectometrering H3–H7

4. Onvoldoende invoeg- of kruiscapaciteit



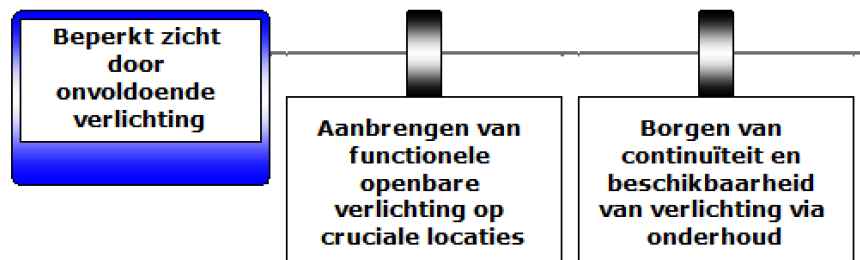
Barrière	Toelichting
Dimensioneren van invoegzones en weefvakken op verkeersdrukke	Invoeg- en uitvoegsituaties zijn ontworpen met voldoende lengte, breedte en capaciteit, zodat voertuigen veilig kunnen invoegen, uitvoegen of kruisen – ook bij hoge intensiteit of snelheidsverschil. Op drukke trajecten of locaties met herhaalde invoegbewegingen worden extra rijstroken toegepast. Gebaseerd op: • ROA 2019 §6.6 – Weefvakken • ROA 2019 §4.6.10 – Extra rijstrook na samenvoeging • ROA 2019 §6.8 – Extra rijstroken bij intensief in-/uitvoegen • Capaciteitswaarden Autosnelwegen §§3, 4, 5 – Afstemming op standaard en afwijkende verkeerspatronen
Voorkomen van zichtbelemmering bij invoeg- en kruispunten	De fysieke inrichting van het tracé, inclusief bebording en begroeiing, waarborgt voldoende zicht op invoegende voertuigen. Zichtcriteria zijn afgestemd op snelheid en wegtype. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.1 – Zichtcriteria
Verlichting bij complexe rijtaak en beperkte zichtomstandigheden	Op locaties met complexe invoegsituaties of verhoogd risico op zichtverlies door mist, duisternis of begroeiing is openbare verlichting aanwezig. Verlichting is afgestemd op locatie (kruising, uitvoeger), intensiteit, en wordt consistent doorgetrokken om plotselinge overgangen te vermijden. Gebaseerd op: • ROA 2019 §7.2.4 – Verlichting bij verhoogde rijtaakcomplexiteit • ROA Verlichting §3.1 – Functioneel vs markerend licht • ROA Verlichting §3.2.5 – Voorkomen van plotselinge overgang tussen licht en donker
Verkeersgeleiding en fasering bij tijdelijke situaties	Bij werk in uitvoering of tijdelijke inrichting wordt extra aandacht besteed aan restcapaciteit, verkeersfasering, markering en duidelijke geleiding, zodat ook onder afwijkende omstandigheden veilig ingevoegd kan worden. Gebaseerd op: • Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen §5 – Tijdelijke situaties en fasering

5. Onvoldoende signalering of geleiding in werkzone veroorzaakt verlies van controle



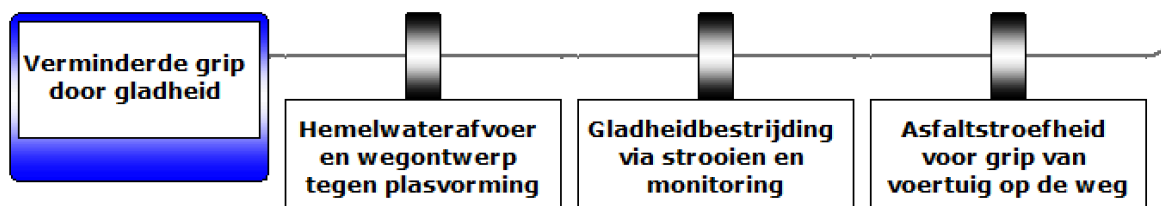
Barrière	Toelichting
Tijdelijke signalering en geleiding conform functionele eisen	Alle tijdelijke verkeerssignalering bij werkzones voldoet aan functionele en positionele eisen om tijdige herkenning en veilige geleiding te garanderen. Dit betreft tijdelijke verkeerslichten, waarschuwingslampen, signaalgevers en informatiewagens met retroreflectie en juiste lichtintensiteit. Gebaseerd op: • FPS Tijdelijke signaleringssystemen §5.5 – Signaalgevers • Functionele specificatie informatiewagen §5 • ROA Verlichting §3.2.11 – Tijdelijke verlichting werkzones
Afscherming en botsveiligheid van werkzones en voorzieningen	Tijdelijke voorzieningen en werkzones zijn fysiek beschermd met botsabsorberende constructies of afzetmaterialen. Informatiewagens en signaleringsapparatuur zijn botsveilig ingericht om de gevolgen van aanrijdingen te beperken. Gebaseerd op: • FPS Tijdelijke signaleringssystemen §5.4 – Botsbeveiliging • Functionele specificatie informatiewagen §5 – Botsveilig ontwerp

6. Beperkt zicht door onvoldoende verlichting



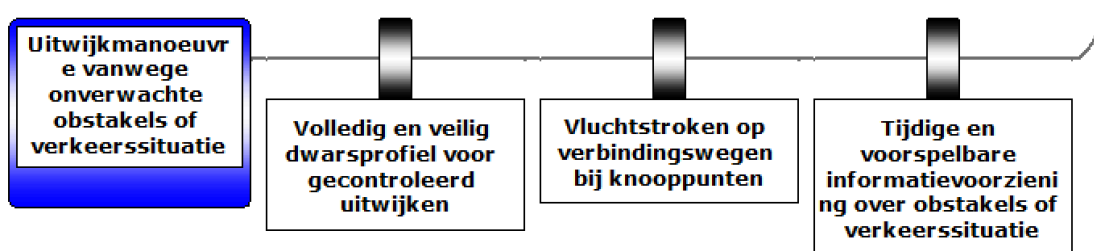
Barrière	Toelichting
Aanbrengen van functionele openbare verlichting op cruciale locaties	Op locaties met verhoogde rijtaakcomplexiteit (zoals kruisingen, bochten, verzorgingsplaatsen of tunnelinritten) wordt verlichting aangebracht conform ROA-verlichtingsnormen, zodat het wegverloop, andere voertuigen en obstakels tijdig zichtbaar zijn. Gebaseerd op: • ROA Verlichting §3.1 en §7.2.4
Borgen van continuïteit en beschikbaarheid van verlichting via onderhoud	Technische controle, onderhoud en beschikbaarheid van verlichting worden geborgd, zodat uitval wordt beperkt. Verlichting die permanent of langdurig defect is, wordt geclassificeerd als verhoogd risico. Gebaseerd op: • Aantekeningen Openbare Verlichting, expertinterview

7. Verminderde grip door gladheid veroorzaakt verlies van controle



Barrière	Toelichting
Hemelwaterafvoer en wegontwerp tegen plasvorming	De rijbaan en kunstwerken zijn zodanig ontworpen dat regen- en smeltwater snel wordt afgevoerd. Hiermee wordt plasvorming, aquaplaning en ijsvorming voorkomen. Dit omvat wegprofiel, dwarshelling en afvoerinstallaties op bruggen en viaducten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hemelwaterafvoer voor bruggen en viaducten §2.7.1 – Ontwerp en installatie
Gladheidbestrijding via strooien en monitoring	RWS voert proactieve gladheidbestrijding uit op basis van weersverwachting en wegdek-informatie. Door tijdig zout te strooien en het netwerk te monitoren wordt gladheid actief voorkomen. Gebaseerd op: • Praktijkrichtlijn gladheidbestrijding RWS • Operationele systemen zoals WIS en NDW-monitoring (in gebruik door RWS)
Asfaltstroefheid voor grip van voertuig op de weg	Een stroef asfaltoppervlak geeft voertuigen voldoende grip, waardoor de bestuurder controle behoudt in bochten. Dit verkleint de kans dat een ADR-voertuig kantelt bij te hoge snelheid. De deklaag moet daarom blijvend voldoen aan eisen voor stroefheid en weerstand tegen polijsting en vervorming. Gebaseerd op: • Specificaties Ontwerp Asfaltverhardingen §4.2.2.3 - Deklagen

8. Uitwijkmanoeuvre vanwege onverwachte obstakels of verkeerssituatie veroorzaakt verlies van controle



Barrière	Toelichting
Volledig en veilig dwarsprofiel voor gecontroleerd uitwijken	Het wegontwerp voorziet in voldoende ruimte voor voertuigen om gecontroleerd uit te wijken bij onverwachte situaties. Dit betreft het aanleggen van vluchtstroken, voldoende rijbaan- en rijstrookbreedtes, redresseerstroken en vrije zones langs de weg. Deze elementen zijn op elkaar afgestemd en sluiten aan bij snelheid, verkeerssamenstelling en voertuigdynamiek. Gebaseerd op: • ROA 2019 §§5.4.1 t/m 5.4.5 – Dwarsprofiel, vluchtstroken, redresseerstrook • ROA 2019 §5.4.9 – Vluchtruimte en bergingszones • ROA 2019 §5.4.11 – Middenberm met geleiding • ROA 2019 §5.4.12 – Buitenberm met obstakelvrije ruimte
Vluchtstroken op verbindingswegen bij knooppunten	Op alle verbindingswegen van knooppunten zijn permanente vluchtstroken aanwezig om voertuigen bij plotselinge uitwijkmanoeuvres op te vangen zonder conflicten met andere weggebruikers. Gebaseerd op: • ROA 2019 §4.3.4 – Vluchtstroken bij knooppunten
Tijdige en voorspelbare informatievoorziening over obstakels of verkeerssituatie	Bestuurders worden tijdig geïnformeerd over afritten en rijstrookwissels, zodat abrupte stuurbewegingen worden voorkomen. Gebaseerd op: • ROA 2019 §6.1.7 – Aankondigingsafstand bewegwijzering

9. Personen op viaduct gooien voorwerpen op de weg



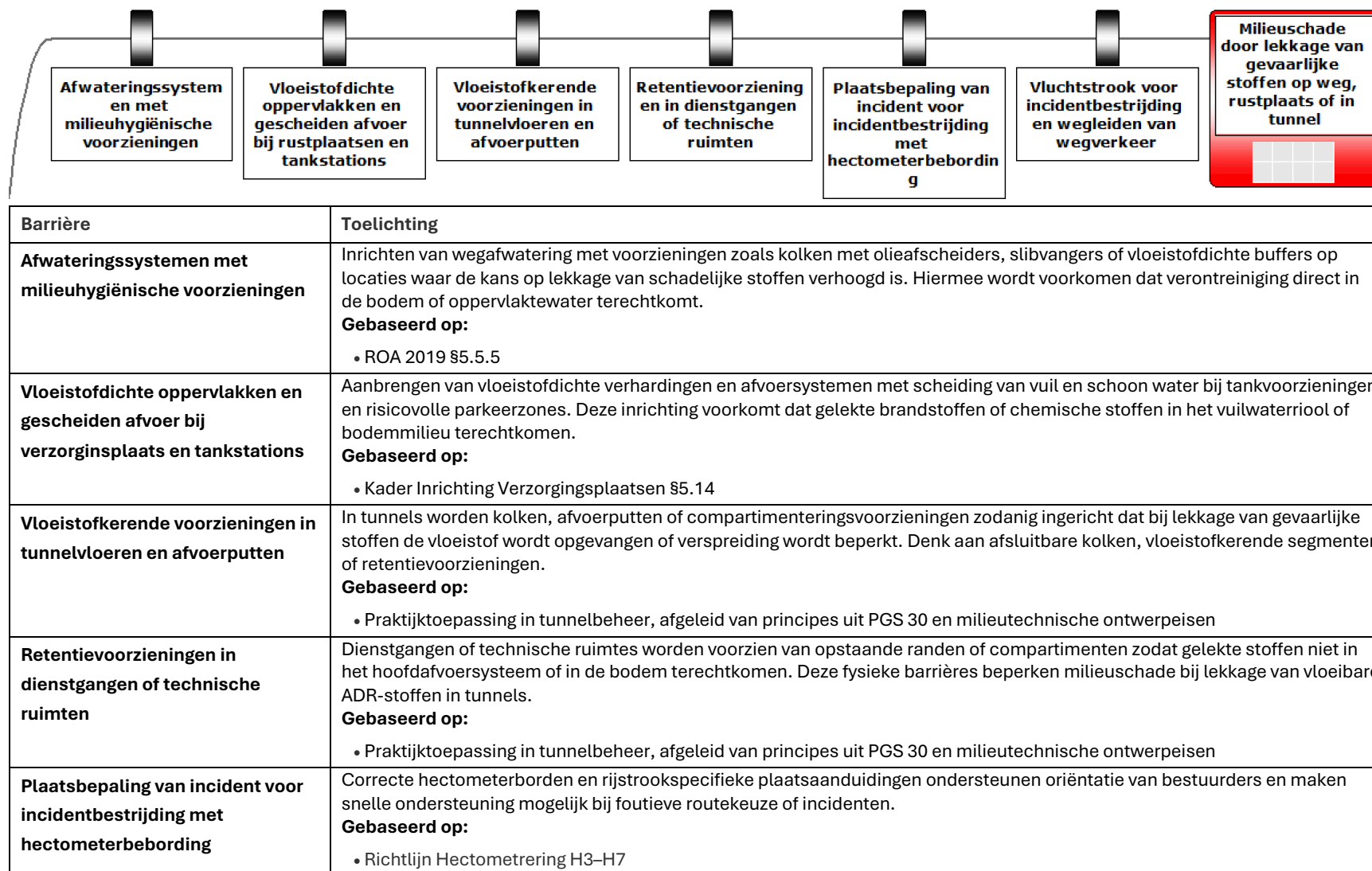
Barrière	Toelichting
Plaatsen van veiligheidsschermen op risicovolle kunstwerken	Op viaducten boven wegen met doorgaand verkeer worden veiligheidsschermen geplaatst conform de RTD-richtlijn, indien risicofactoren aanwezig zijn (fietsverkeer, scholen, voetgangersroutes). Gebaseerd op: • Richtlijn Veiligheidsschermen (RTD); • Aantekeningen Veiligheidsschermen

10. Kruisend verkeer bij verzorgingsplaatsen



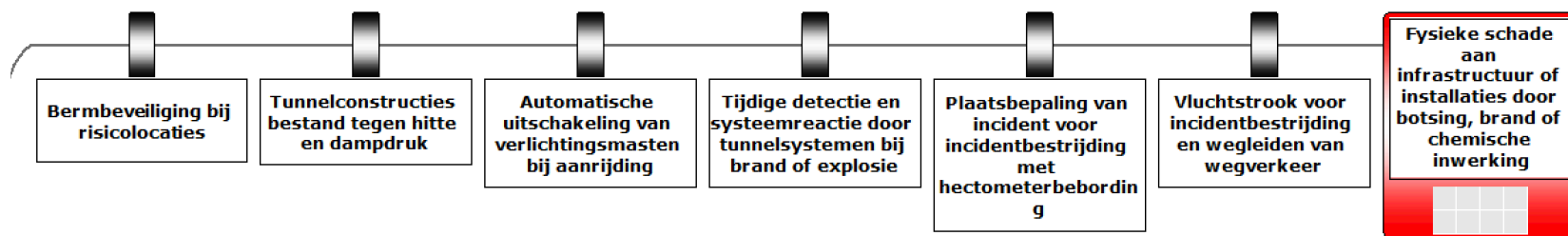
Barrière	Toelichting
Verlagen van snelheid op verzorgingsplaatsen	De inrichting van verzorgingsplaatsen is gericht op het actief verlagen van de snelheid van passerend verkeer. De toepassing van snelheidsremmende maatregelen zoals drempels, wegversmallingen en duidelijke markering verkleint de kans op aanrijding met stilstaand ADR-voertuig, wat kan leiden tot lekkage of escalatie. Gebaseerd op: • Kader Inrichting Verzorgingsplaatsen §5.6 – Snelheidsremmende maatregelen
Overzichtelijke verkeersstromen op verzorgingsplaatsen	De positionering van beplanting, verlichting en objecten is zodanig gekozen dat bestuurders goed zicht hebben op kruisende of uitrijdende voertuigen. Dit voorkomt aanrijdingen bij beperkte reactietijd, bijvoorbeeld bij weggrijden of oversteken. Gebaseerd op: • Kader Inrichting Verzorgingsplaatsen §5.8 – Zichtlijnen en inrichting bij parkeervakken

11. Milieuschade door lekkage van gevaarlijke stoffen op weg, verzorgingsplaats of in een tunnel



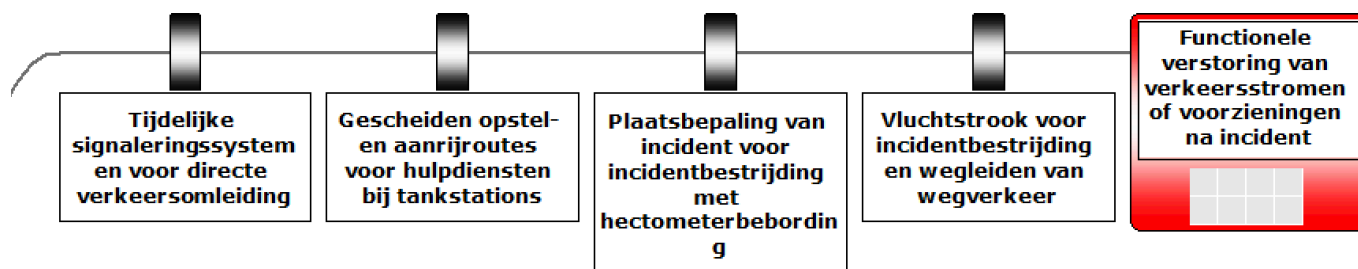
Vluchtstrook voor incidentbestrijding en wegleiden van wegverkeer	Een vluchtstrook biedt ruimte voor incidentbestrijding en maakt het mogelijk om verkeer veilig weg te leiden bij een ongeval. Kanttekening hierbij is dat de vluchtstrook niet consistent beschikbaar is op het Basisnet, gezien de toepassing als spitsstrook. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.4.4
--	--

12. Fysieke schade aan infrastructuur of installaties door botsing, brand of chemische inwerking



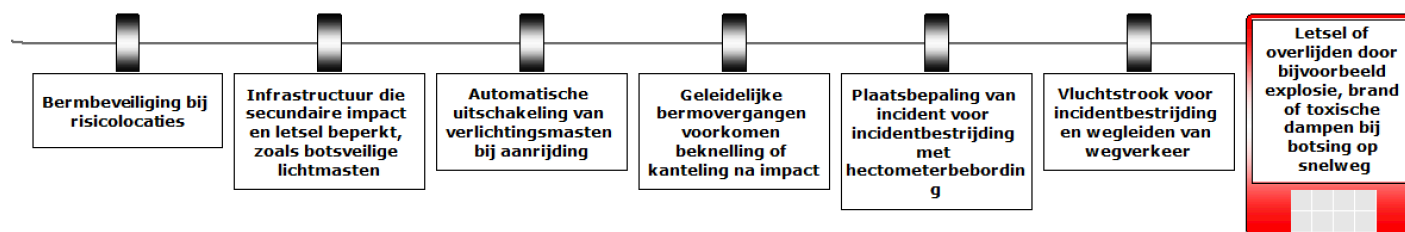
Barrière	Toelichting
Bermbeveiliging bij risicolocaties	Inzetten van tijdelijke of permanente botsabsorberende systemen, zoals botskussens of afschermconstructies, om te voorkomen dat voertuigen met gevaarlijke stoffen in aanraking komen met constructieve delen van het wegdek of kunstwerken. Dit beperkt thermische en mechanische schade. Gebaseerd op: Functionele productspecificatie Tijdelijke en mobiele signaleringssystemen §5.1.5
Tunnelconstructies bestand tegen hitte en dampdruk	Dragende constructieonderdelen zijn ontworpen voor bepaalde mate van thermische en mechanische belasting bij brand of explosie. Dit omvat brandwerend materiaal, dampdrukbestendige detaillering en toepassing van afspatbestendig beton. Gebaseerd op: ROK §4.5.1 sub a t/m c, f, h
Automatische uitschakeling van verlichtingsmasten bij aanrijding	Toepassen van schakelvoorzieningen die de elektrische voeding van masten automatisch onderbreken bij aanrijding. Dit voorkomt kortsluiting, thermische schade of vervolgincenten na initiële botsing. Gebaseerd op: Praktijkafpraak binnen ROA Verlichting
Tijdige detectie en systeemreactie door tunnelsystemen bij brand of explosie	Tunneltechnische systemen (zoals detectie, ventilatie en afsluiters) functioneren binnen de vereiste reactietijd, afgestemd op de ontwikkeling van hitte of explosiedruk. Hiermee wordt voorkomen dat constructies of installaties onnodig zwaar worden belast. Gebaseerd op: RWS Tunnelsysteem §5.5.6
Plaatsbepaling van incident voor incidentbestrijding met hectometerbebording	Correcte hectometerborden en rijstrookspecifieke plaatsaanduidingen ondersteunen oriëntatie van bestuurders en maken snelle ondersteuning mogelijk bij foutieve routekeuze of incidenten. Gebaseerd op: Richtlijn Hectometrering H3–H7
Vluchtstrook voor incidentbestrijding en weggeleiden van wegverkeer	Een vluchtstrook biedt ruimte voor incidentbestrijding en maakt het mogelijk om verkeer veilig weg te leiden bij een ongeval. Een kanttekening hierbij is dat de vluchtstrook niet consistent beschikbaar is op het Basisnet, gezien de toepassing als spitsstrook. Gebaseerd op: ROA 2019 §5.4.4

13. Functionele verstoring van verkeersstromen of voorzieningen na incident



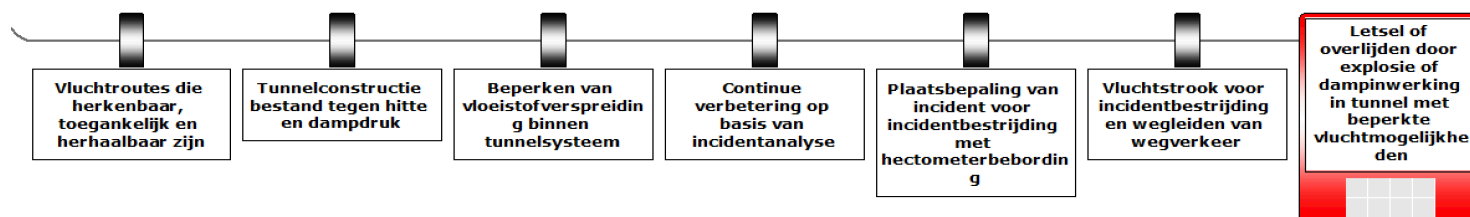
Barrière	Toelichting
Tijdelijke signaleringssystemen voor directe verkeersomleiding	Inzetten van tijdelijke signalering zoals tekstwagens, lichtpijlen of afsluitbomen bij incidenten om verkeer snel, duidelijk en veilig om te leiden. Hierdoor wordt de impact op doorstroming en netwerkfunctionaliteit beperkt. Gebaseerd op: • Functionele productspecificatie Tijdelijke en mobiele signaleringssystemen §4.1
Gescheiden opstel- en aanrijroutes voor hulpdiensten bij tankstations	Zorgen voor directe, conflictvrije bereikbaarheid van tankvoorzieningen vanaf de openbare weg voor brandweer, ambulance en politie. Dit maakt snelle beheersing van incidenten mogelijk en voorkomt langdurige verstoring van de voorziening. Gebaseerd op: • Kader Inrichting Verzorgingsplaatsen §5.11
Plaatsbepaling van incident voor incidentbestrijding met hectometerbebording	Correcte hectometerborden en rijstrookspecifieke plaatsaanduidingen ondersteunen oriëntatie van bestuurders en maken snelle ondersteuning mogelijk bij foutieve routekeuze of incidenten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hectometrering H3–H7
Vluchtstrook voor incidentbestrijding en weggeleiden van wegverkeer	Een vluchtstrook biedt ruimte voor incidentbestrijding en maakt het mogelijk om verkeer veilig weg te leiden bij een ongeval. Kanttekening hierbij is dat de vluchtstrook niet consistent beschikbaar is op het Basisnet, gezien de toepassing als spitsstrook. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.4.4

14. Letsel of overlijden door explosie, brand of toxische dampen bij botsing op snelweg



Barrière	Toelichting
Bermbeveiliging bij risicolocaties	Bermbeveiliging bij risicolocaties voorkomt dat voertuigen bij een ongeval de berm inrijden en daar objecten raken of afgronden bereiken. Gebaseerd op: • ROA Veilige Inrichting van Bermen §3.1
Infrastructuur die secundaire impact en letsel beperkt, zoals botsveilige lichtmasten	Barrières, botsveilige lichtmasten en portalen, en voertuigerkende constructies beperken secundaire aanrijdingen, lichamelijk letsel en vonkvorming bij incidenten met gevaarlijke stoffen. Gebaseerd op: • ROA Veilige Inrichting van Bermen §3.2.1; • ROA Verlichting §3.3.6
Automatische uitschakeling van verlichtingsmasten bij aanrijding	Verlichtingsmasten kunnen zo ontworpen worden dat bij impact de stekker eruit getrokken wordt, in plaats van dat de kabel breekt of lostrekt. Gebaseerd op: • Aantekeningen interview Verlichting
Geleidelijke bermovergangen voorkomen beknelling of kanteling na impact	Geleidelijke bermovergangen, verkanting en correcte bochtgeometrie zorgen ervoor dat voertuigen bij uitwijking of botsing niet kantelen of zijdelings botsen, zodat zelfredding en hulpverlening mogelijk blijven. Gebaseerd op: • ROA §2.4.1; §5.2.2; §5.4.8; §5.5.2
Plaatsbepaling van incident voor incidentbestrijding met hectometerbebording	Correcte hectometerborden en rijstrookspecifieke plaatsaanduidingen ondersteunen oriëntatie van bestuurders en maken snelle ondersteuning mogelijk bij foutieve routekeuze of incidenten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hectometrering H3–H7
Vluchtstrook voor incidentbestrijding en weggeleiden van wegverkeer	Een vluchtstrook biedt ruimte voor incidentbestrijding en maakt het mogelijk om verkeer veilig weg te leiden bij een ongeval. Kanttekening hierbij is dat de vluchtstrook niet consistent beschikbaar is op het Basisnet, gezien de toepassing als spitsstrook. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.4.4

15. Letsel of overlijden door explosie of dampinwerking in tunnel met beperkte vluchtmogelijkheden



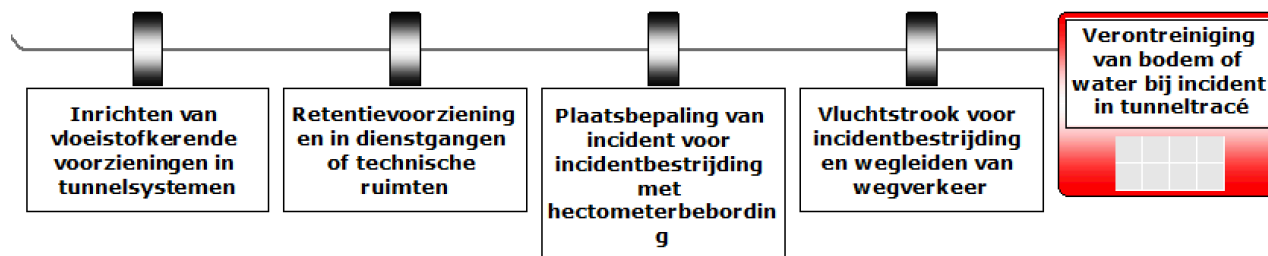
Barrière	Toelichting
Vluchtroutes die herkenbaar, toegankelijk en herhaalbaar zijn	Tunnels zijn voorzien van eenduidige signalering, herhaalde visuele aanwijzingen en fysiek toegankelijke vluchtvoorzieningen. Dit zorgt ervoor dat weggebruikers vluchtroutes tijdig herkennen, ook onder stress of bij rookvorming. Gebaseerd op: • RWS Tunnelsysteem §5.5.1, §5.5.2; • ROK §5.3b; • ROK-0460
Tunnelconstructie bestand tegen hitte en dampdruk	Dragende constructieonderdelen zijn ontworpen voor extreme thermische en mechanische belasting bij tankbrand of explosie. Hierbij horen brandwerende bekleding, dampdrukbestendige detaillering en afspatbestendig beton. Gebaseerd op: • ROK §4.5.1 sub a t/m c, f, h
Beperken van vloeistofverspreiding binnen tunnelsysteem	Afvoerstructuren en tunnelvloeren zijn voorzien van vloeistofkerende of afsluitbare voorzieningen om te voorkomen dat brandbare of toxische vloeistoffen zich verspreiden bij calamiteiten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hemelwaterafvoer §1.4 en §2.7.2
Continue verbetering op basis van incidentanalyse	Op basis van registraties en evaluaties van eerdere incidenten worden vluchtscenario's en inrichting van tunnels structureel verbeterd. Gebaseerd op: • RWS Tunnelsysteem §8.2
Plaatsbepaling van incident voor incidentbestrijding met hectometerbebording	Correcte hectometerborden en rijstrookspecifieke plaatsaanduidingen ondersteunen oriëntatie van bestuurders en maken snelle ondersteuning mogelijk bij foutieve routekeuze of incidenten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hectometrering H3–H7
Vluchtstrook voor incidentbestrijding en weggeleiden van wegverkeer	Een vluchtstrook biedt ruimte voor incidentbestrijding en maakt het mogelijk om verkeer veilig weg te leiden bij een ongeval. Kanttekening hierbij is dat de vluchtstrook niet consistent beschikbaar is op het Basisnet, gezien de toepassing als spitsstrook. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.4.4

16. Gezondheidsschade in nabijheid van stilstaand ADR-voertuig



Barrière	Toelichting
Gescheiden parkeerzones voor gevaarlijke stoffen	ADR-voertuigen staan op veilige afstand van publiek of voorzieningen. Gebaseerd op: • Kader Inrichting Verzorgingsplaatsen §3.2.3

17. Verontreiniging van bodem of water bij incident in tunneltracé



Barrière	Toelichting
Inrichten van vloeistofkerende voorzieningen in tunnelsystemen	In tunnels worden kolken, afvoerputten of compartimenteringsvoorzieningen zodanig ingericht dat bij lekkage van gevaarlijke stoffen de vloeistof wordt opgevangen of beperkt verspreid. Denk aan afsluitbare kolken, vloeistofkerende segmenten of bufferruimtes. Gebaseerd op: • Richtlijn Hemelwaterafvoer voor Bruggen en Viaducten §2.7.2; • aanvullende tunneltechnische richtlijnen (functionele toepassing)
Retentievoorzieningen in dienstgangen of technische ruimten	Dienstgangen of technische ruimtes worden voorzien van opstaande randen of compartimenten zodat gelekte stoffen niet in het hoofdafvoersysteem of in de bodem terechtkomen. Deze fysieke barrières beperken milieuschade bij lekkage van vloeibare ADR-stoffen in tunnels. Gebaseerd op: • Praktijkttoepassing in tunnelbeheer, afgeleid van principes uit PGS 30 en milieutechnische ontwerpbeisen
Plaatsbepaling van incident voor incidentbestrijding met hectometerbebording	Correcte hectometerborden en rijstrookspecifieke plaatsaanduidingen ondersteunen oriëntatie van bestuurders en maken snelle ondersteuning mogelijk bij foutieve routekeuze of incidenten. Gebaseerd op: • Richtlijn Hectometrering H3–H7
Vluchtstrook voor incidentbestrijding en wegleiden van wegverkeer	Een vluchtstrook biedt ruimte voor incidentbestrijding en maakt het mogelijk om verkeer veilig weg te leiden bij een ongeval. Kanttekening hierbij is dat de vluchtstrook niet consistent beschikbaar is op het Basisnet, gezien de toepassing als spitsstrook. Gebaseerd op: • ROA 2019 §5.4.4

Bijlage 5: Barrièreregister – BowTie watertransport

In deze bijlage wordt per bedreiging en consequentie de barrières toegelicht van de opgestelde BowTie over de watertransport.

1. Verminderde alertheid door fysieke of mentale belasting (vermoeidheid, afleiding, stress)



Barrière	Toelichting
Verstrekken van actuele en betrouwbare vaarweginformatie	Aanbieden van actuele, betrouwbare en toegankelijke informatie over vaarwegcondities, afmetingen, doorvaarthoogtes, stremmingen, waterstanden en verkeersdrukte via digitale kanalen, AIS en verkeersposten. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie • RVW 2020 §4.11 – Verlichting
Realiseren van kegelligplaatsen langs de vaarweg	Aanbieden van voldoende en goed bereikbare lig- en wachtplaatsen voor kegelschepen, om doorvaren bij vermoeidheid te voorkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.6.11 – Opstel-/wachtplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §5.9.2 – Eisen wachtplaats beroepsvaart • RVW 2020 §6.2.6 – Ligplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §6.4 – Overnachtingshaven beroepsvaart

2. Verkeerde beoordeling van afstand, snelheid of positie ondanks beschikbare informatie



Barrière	Toelichting
Realiseren van veilige doorvaartopeningen met marges in hoogte en breedte	Ontwerpen en realiseren van doorvaartopeningen bij bruggen en sluizen met voldoende verticale en horizontale marges, passend bij het grootste toegestane scheepstype, om fouten in koers of hoogte-inschatting te compenseren. Gebaseerd op: • RVW 2020 §5.4.1 – Doorvaartopening • RVW 2020 §5.6.1 – Doorvaarhoogte bruggen
Markeren en communiceren van vaarweginformatie bij kunstwerken en vaarwegindeling	Plaatsen en onderhouden van snelheidsborden, verkeerstekens, geleidelichten, naamborden en dieptemeters bij bruggen, sluizen en kades om regels, vaarweginrichting, objectidentificatie en uitlijning expliciet zichtbaar te maken. Hiermee wordt miscommunicatie voorkomen en kan de schipper zijn koers en snelheid tijdig aanpassen. Markeren van vaargeulen, objecten en ondieptes met verkeerstekens, boeien, verlichting en dieptemeters op kritieke punten, conform richtlijnen. Gebaseerd op: • RST 2023 §2.3.2 – Letters en cijfers • RST 2023 §2.3.3 – Standaardformaten • RST 2023 §6.2 – Markeringsvoorwerpen • RST 2023 §6.2.7 – Verlichting boeien • RVW 2020 §7.6.5 – Naambord • RVW 2020 §4.11 – Verlichting
Hoogtedetectie en waarschuwingssystemen bij bruggen	Installeren van detectiesystemen die te lage doorvaarhoogte of onjuiste belading signaleren, met automatische waarschuwing aan de schipper en/of verkeersbegeleiding. Hiermee wordt het risico op aanvaring van de bovenzijde van het schip en schade aan vitale onderdelen zoals leidingenstraten beperkt. Gebaseerd op: • Ontwikkelpject Hoogtedetectie RWS; • RVW 2020 §5.6.1 – Doorvaarhoogte bruggen
Realiseren van voorspelbare en uniforme vaarwegprofielen	Ontwerpen en onderhouden van vaarwegen met eenduidige indeling, breedte, bochtstralen en diepte, zodat schippers hun koers kunnen plannen zonder onverwachte interpretatieverschillen of risicovolle manoeuvres. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.2 – Vaarwegprofiel

3. Onverwachte koers- of snelheidswijziging door tijdelijke vaarwegversmalling of omleiding



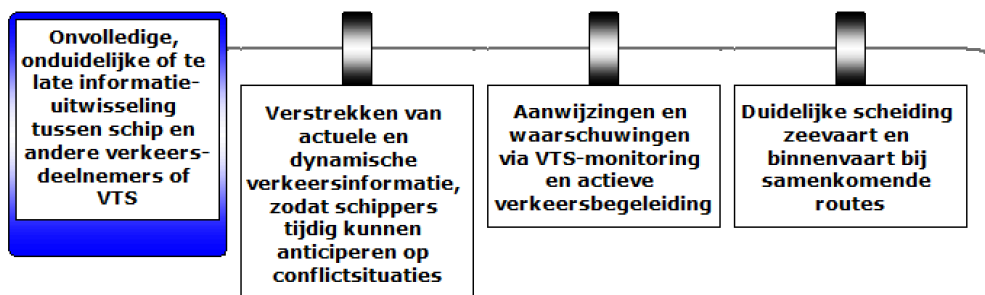
Barrière	Toelichting
Realiseren van kegelligplaatsen bij risicolocaties	Aanbieden van voldoende en goed bereikbare lig- en wachtplaatsen nabij locaties met kans op stremming, zodat schepen veilig kunnen afmeren in afwachting van duidelijkheid of heropening. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.6.11 – Opstel-/wachtplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §5.9.2 – Eisen wachtplaats beroepsvaart • RVW 2020 §6.2.6 – Ligplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §6.4 – Overnachtingshaven beroepsvaart
Plaatsen van tijdelijke bebording en dynamische informatiepanelen	Aanbieden van voldoende en goed bereikbare lig- en wachtplaatsen voor kegelschepen, om doorvaren bij vermoeidheid te voorkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.6.11 – Opstel-/wachtplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §5.9.2 – Eisen wachtplaats beroepsvaart • RVW 2020 §6.2.6 – Ligplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §6.4 – Overnachtingshaven beroepsvaart
Verstrekken van actuele stremmingsinformatie via VTS en digitale kanalen	Actief informeren door VTS en verkeersposten over stremmingen, werkzaamheden en gewijzigde vaarroutes, gecombineerd met routeringsadviezen. Aanvullend verspreiden van deze informatie via digitale kanalen, AIS en marifoonuitzendingen. Gebaseerd op: • RWS BowTie aanvaring schip-schip • Richtlijn Vaarweginformatie

4. Onverwachte oversteek van veerpont



Barrière	Toelichting
Realiseren van voldoende vaarwegbreedte en vrij zicht bij veerpontlocaties	Ontwerpen en onderhouden van een vaarwegprofiel met voldoende breedte en vrij zicht op naderend verkeer, rekening houdend met de pont, kabels en veerbootjes. Waar nodig inkassen of aanpassen van de aanleglocatie om de manoeuvreerruimte te vergroten. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.2 – Vaarwegprofiel
Plaatsen en onderhouden van visuele signalering en bebording	Aanbrengen van aankondigingsborden, aanwijzingstekens en markeringen aan beide oevers en voldoende ver vóór de locatie, conform BPR en RPR. Zorgen voor goede zichtbaarheid bij alle weersomstandigheden en regelmatige inspectie en onderhoud om zichtbelemmering of beschadiging te voorkomen. Gebaseerd op: • RST 2023 §3.5 – Aanwijzingstekens • BPR/RPR – Aanduiding veerponten
Aanbrengen van aanvullende markeringen en uitlijnhelpmiddelen	Gebruik van uitlijnlichten, radarmarkeringen en waar nodig drijvende afbakeningen om de oversteekroute van de veerpont voorspelbaar en zichtbaar te maken voor passerende schepen. Gebaseerd op: • RST 2023 §6.2 – Markeringsvoorwerpen
Inrichten van veilige wachtplaatsen voor veerponten	Creëren van vaste wachtlocaties waar de pont kan verblijven totdat de oversteek veilig kan worden uitgevoerd, zodat onvoorspelbare pontbewegingen of obstructies van de vaarweg worden voorkomen. Gebaseerd op: • Interviews – Richtlijn Scheepvaarttekens, 29/07/2025 • RVW 2020 §3.7.4 – Vrije zichtlijnen
Verstrekken van actuele operationele informatie	Communiceren van de status en geplande oversteekmomenten via VTS, AIS, marifoon of andere digitale kanalen, met speciale aandacht voor drukke of risicovolle trajecten. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie

5. Onvolledige, onduidelijke of te late informatie-uitwisseling tussen schip en andere verkeersdeelnemers of VTS



Barrière	Toelichting
Verstrekken van actuele en dynamische verkeersinformatie, zodat schippers tijdig kunnen anticiperen op conflictsituaties	Aanbieden van actuele gegevens over scheepvaartdrukke, verkeerssituaties, stremmingen en vaarwegcondities via digitale kanalen, AIS, DRIPs en verkeersposten, zodat schippers tijdig kunnen anticiperen op conflictsituaties. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie
Aanwijzingen en waarschuwingen via VTS-monitoring en actieve verkeersbegeleiding	Monitoren van scheepvaartbewegingen door verkeersposten (VTS) om conflictsituaties vroegtijdig te signaleren en via directe communicatie aanwijzingen of waarschuwingen te geven. Gebaseerd op: • RWS BowTie schip-schip aanvaring
Duidelijke scheiding zeevaart en binnenvaart bij samenkomende routes	Markeren en communiceren van aparte verkeersstromen voor zeevaart en binnenvaart op samenkomende trajecten om misverstanden over voorrang en manoeuvreerruimte te voorkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.1.3 – Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte • RST 2023 §6.2 – Markeringsvoorwerpen

6. Slecht weer of ijsvorming



Barrière	Toelichting
Aanbrengen van radarreflectoren en weerbestendige markeringen	Voorzien van radarreflectoren op kunstwerken en plaatsen van scheepvaarttekens die ook bij slecht zicht, neerslag of mist goed herkenbaar zijn qua grootte, kleur en verlichting. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.11.6 – Radarreflector • RST 2023 §6.2.8 – Radarreflectoren • RVW 2020 §3.7.4 – Vrije zichtlijnen • RST 2023 §2.3.2 – Letters en cijfers • RST 2023 §2.3.3 – Standaardformaten
Ontwerpen van vaarwegprofielen voor extreme weersomstandigheden	Aanleggen van bredere of diepere vaarprofielen op windgevoelige of ijskansrijke trajecten om extra manoeuvreerruimte te bieden bij harde wind, stroming of ijsvorming. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.4 – Windhinder • RVW 2020 §4.10 – Ijsbestrijding
Verstrekken van actuele weer- en vaarweginformatie	Aanbieden van real-time informatie over zicht, wind, stroming, waterstanden, ijsvorming en alternatieve routes via digitale kanalen, AIS en verkeersposten, zodat schippers hun vaargedrag kunnen aanpassen. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie
Inrichten van alternatieve routes bij ijsvorming of hoogwater	Vooraf definiëren en communiceren van alternatieve vaarroutes bij onveilige omstandigheden op reguliere trajecten, zodat scheepvaart veilig kan omvaren. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.10 – Ijsbestrijding

7. Verandering van de diepte/breedte vaarweg door dynamiek van de rivier



Barrière	Toelichting
Uitvoeren van structurele bagger- en oeverwerken	Systematisch verwijderen van sedimentophopingen en herstellen van oeverprofielen om de vaarwegdiepte en -breedte binnen veilige marges te houden. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.5.1 – Vaarwegdiepte kanalen • RVW 2020 §3.5.2 – Vaarwegdiepte rivieren
Aanpassing van vaargedrag naar actuele vaarweginformatie	Communiceren van meetresultaten en veranderde vaarwegcondities via digitale kanalen, AIS, DRIPs en verkeersposten, zodat scheepvaart tijdig kan anticiperen op versmallingen of ondieptes. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie
Aanwijzingen en waarschuwingen via VTS-monitoring en actieve verkeersbegeleiding	Begeleiden van scheepvaartbewegingen door verkeersposten met routeringsadviezen en snelheidsaanpassingen op basis van actuele vaarwegcondities. Gebaseerd op: • RWS BowTies aanvaring schip-schip en schip-infra

8. Technisch falen van schip leidend tot verlies van voortstuwing/navigatie/communicatiemiddelen



Barrière	Toelichting
Realiseren van kegelligplaatsen op risicovolle trajecten	Aanbieden van voldoende en goed bereikbare lig- en wachtplaatsen waar schepen met technische problemen veilig buiten de vaargeul tot stilstand kunnen komen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.6.11 – Opstel-/wachtplaatsen kegelschepen • RVW 2020 §5.9.2 – Eisen wachtplaats beroepsvaart • RVW 2020 §6.2.6 – Ligplaatsen kegelschepen
Aanbrengen van noodmeervoorzieningen op strategische locaties	Plaatsen van bolders, remmingwerken of andere noodaanmeeropties op geschikte punten langs de vaarweg, zodat schepen met verlies van voortstuwing of stuurvermogen zichzelf of met assistentie tot stilstand kunnen brengen. Gebaseerd op: • RWS BowTie grondingen

9. Fouten bij laden/lossen van gevaarlijke stoffen



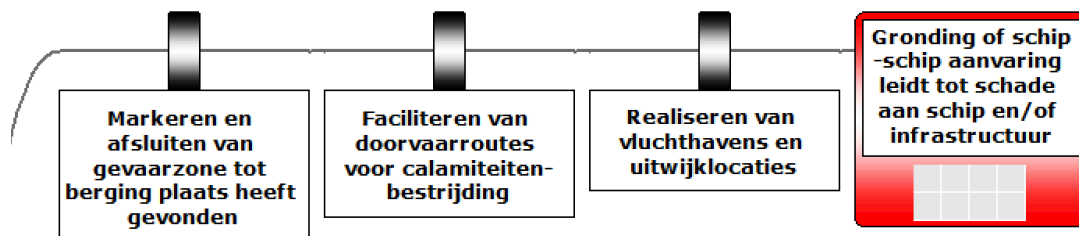
Barrière	Toelichting
Realiseren van afgeschermd overslaglocaties	Inrichten van overslagfaciliteiten op een wijze die interferentie met passerende scheepvaart minimaliseert en de impact van eventuele morsingen beperkt, bijvoorbeeld door fysieke afscheiding van de hoofdvaarweg. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.10.2 – Laad- en losplaatsen gevaarlijke stoffen
Aanbrengen van lokale opvangstructuren bij overslagpunten	Plaatsen van vloeistofdichte voorzieningen onder slangen, aansluitpunten en laadarmen om te voorkomen dat morsingen tijdens overslag in het oppervlaktewater terechtkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.3 – Hydraulische randvoorwaarden
Toepassen van noodafsluit- en opvangsystemen bij lozingsgevaar	Installeren van afsluitbare kolken, noodschotten of absorberende barrières in afwateringssystemen rondom overslaglocaties om verspreiding van gemorste stoffen naar de vaarweg te voorkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.4 – Bescherming vaarweggebruikers

10. Falen van ankersysteem



Barrière	Toelichting
Realiseren van een stabiel en voldoende diep ankergebied met structureel bodemonderzoek	Ontwerpen en onderhouden van ankergebieden en havens met een stabiel diepteprofiel, zodat schepen hun anker volledig kunnen laten vallen en voldoende grip hebben, ook bij wisselende waterstanden. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.6.5 – Diepte voorhaven
Aanpassing van vaargedrag bij ankergebieden na verstrekken van actuele informatie over ankergebieden	Informeren van scheepvaart via VTS, AIS en marifoon over bodemgesteldheid, diepte, stroming en eventuele beperkingen of werkzaamheden in ankergebieden. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie
Aanbrengen van fysieke beschermingsconstructies bij kritieke infrastructuur	Ontwerpen en plaatsen van geleide- en remmingwerken rond kwetsbare infrastructuur nabij ankergebieden, zodanig dat afdrijvende schepen worden opgevangen zonder schade aan de scheepshuid of bovenzijde te veroorzaken. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.4 – Bescherming vaarweggebruikers • RVW 2020 §4.9 – Geleide- en remmingwerken

11. Gronding of schip-schip aanvaring leidt tot schade aan schip en/of infrastructuur



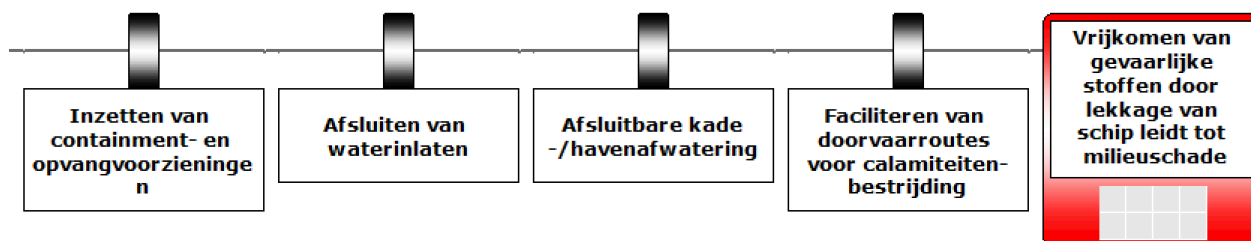
Barrière	Toelichting
Markeren en afsluiten van gevaarzone tot berging plaats heeft gevonden	Afzetten van het gebied rond de gronding met bebording, verlichting en AIS-waarschuwingen om andere scheepvaart uit de risicogebieden te houden. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie; • RST 2023 §6.2 – Markeringsvoorwerpen
Faciliteren van doorvaarroutes voor calamiteitenbestrijding	Inrichten en vrijhouden van aanmeerplaatsen en toegangswegen voor hulpdiensten bij incidentlocaties. Gebaseerd op: • RVW 2020 §6.6
Realiseren van vluchthaven en uitwijklocaties	Strategisch geplaatste vluchthavens en uitwijkplaatsen bieden schippers een veilige mogelijkheid om drukke of gevaarlijke verkeerssituaties te vermijden en escalatie te voorkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §6.4 – Vluchthavens

12. Schip-infra aanvaring leidt tot schade aan schip en/of infrastructuur



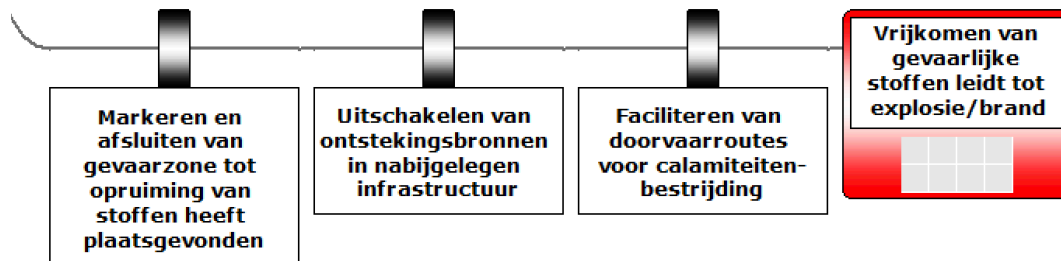
Barrière	Toelichting
Botsabsorberende elementen vangen aanvaringsenergie op zonder romp- of tankpenetratie	Toepassen van geleide- en remmingwerken die vervormen en energie absorberen zonder de scheepshuid te doorboren, met speciale aandacht voor flankbescherming bij tankschepen. Ook voorkomen deze schade aan de bovenzijde van schepen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §5.9.5; • RVW 2020 §4.4
Markeren en afsluiten van gevaarzone tot berging plaats heeft gevonden	Afzetten van het gebied rond de gronding met bebording, verlichting en AIS-waarschuwingen om andere scheepvaart uit de risicogebieden te houden. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie; • RST 2023 §6.2 – Markeringsvoorwerpen
Faciliteren van doorvaarroutes voor calamiteitenbestrijding	Inrichten en vrijhouden van aanmeerplaatsen en toegangswegen voor hulpdiensten bij incidentlocaties. Gebaseerd op: • RVW 2020 §6.6
Realiseren van vluchthavens en uitwijklocaties	Strategisch geplaatste vluchthavens en uitwijkplaatsen bieden schippers een veilige mogelijkheid om drukke of gevaarlijke verkeerssituaties te vermijden en escalatie te voorkomen. Gebaseerd op: • RVW 2020 §6.4 – Vluchthavens

13. Vrijkomen van gevaarlijke stoffen door lekkage van schip leidt tot milieuschade



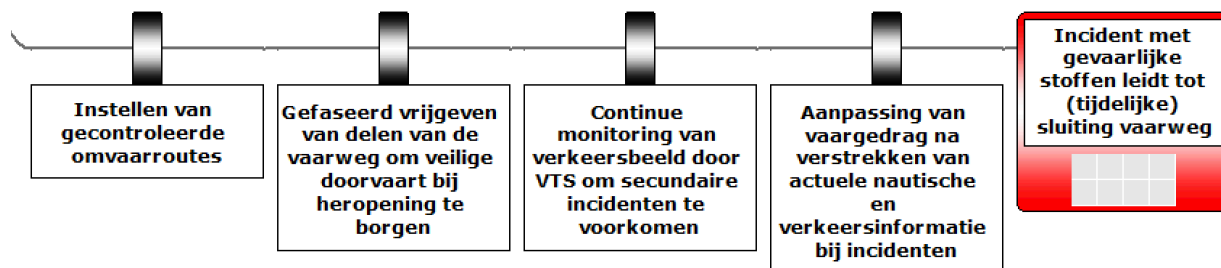
Barrière	Toelichting
Inzetten van containment- en opvangvoorzieningen	Uitrollen van olie- en chemicalienschermen, inclusief systemen geschikt voor stoffen die met water mengen, om verspreiding te beperken. Inclusief systemen geschikt voor stoffen die mengen met water (oplosbare chemicaliën) Gebaseerd op: • Calamiteitenvoorraden RWS; • RVW 2020 §3.3
Afsluiten van waterinlaten	Sluiten van drinkwater- of industriewaterinlaten in het getroffen gebied om verontreiniging te voorkomen. Gebaseerd op: • Waterwet; • Richtlijn Vaarweginformatie
Afsluitbare kade-/havenafwatering	Installeren van afsluitbare afwateringssystemen (bijvoorbeeld schuiven, kleppen of noodschotten) bij kades en haveninfrastructuur in RWS-beheer. Hiermee wordt voorkomen dat verontreinigd water, bijvoorbeeld door morsingen of lekkages van gevaarlijke stoffen, via regenwaterafvoer of drainage in de vaarweg terechtkomt. De voorzieningen zijn zodanig ontworpen dat ze snel en veilig handmatig of automatisch kunnen worden bediend bij incidenten. Gebaseerd op: • RVW 2020 §4.4 – Bescherming vaarweggebruikers; • RVW 2020 §3.3 – Hydraulische randvoorwaarden
Faciliteren van doorvaarroutes voor calamiteitenbestrijding	Inrichten en vrijhouden van aanmeerplaatsen en toegangswegen voor hulpdiensten bij incidentlocaties. Gebaseerd op: • RVW 2020 §6.6

14. Vrijkomen van gevaarlijke stoffen leidt tot explosie/brand



Barrière	Toelichting
Markeren en afsluiten van gevaarzone tot opruiming van stoffen heeft plaatsgevonden	Afzetten en evacueren van het incidentgebied om mensen te beschermen en hulpdiensten ruimte te geven. Gebaseerd op: • Incidentmanagement RWS
Uitschakelen van ontstekingsbronnen in nabijgelegen infrastructuur	Afsluiten van elektrische installaties en verplaatsen van schepen uit de gevarezone. Gebaseerd op: • RVW 2020 §3.1
Faciliteren van doorvaarroutes voor calamiteitenbestrijding	Inrichten en vrijhouden van aanmeerplaatsen en toegangswegen voor hulpdiensten bij incidentlocaties. Gebaseerd op: • RVW 2020 §6.6

15. Incident met gevaarlijke stoffen leidt tot (tijdelijke) sluiting vaarweg



Barrière	Toelichting
Instellen van gecontroleerde omvaarroutes	Rerouten van scheepvaart via vooraf vastgestelde veilige alternatieven om stremmingsduur te beperken. Gebaseerd op: • Richtlijn Vaarweginformatie
Gefaseerd vrijgeven van delen van de vaarweg om veilige doorvaart bij heropening te borgen	Gefaseerd vrijgeven van delen van de vaarweg met actieve verkeersbegeleiding door VTS om veilige doorvaart tijdens heropening te borgen. Gebaseerd op: • Incidentmanagement RWS
Continue monitoring van verkeersbeeld door VTS om secundaire incidenten te voorkomen	Realtime volgen van scheepsbewegingen om opstoppen en secundaire incidenten te voorkomen. Gebaseerd op: • RWS BowTie aanvaring schip-schip en schip-infra
Aanpassing van vaargedrag na verstrekken van actuele nautische en verkeersinformatie bij incidenten	Gefaseerd vrijgeven van delen van de vaarweg met actieve verkeersbegeleiding door VTS om veilige doorvaart tijdens heropening te borgen. Gebaseerd op: • Incidentmanagement RWS



INTERGO

International Centre for Safety
Ergonomics & Human Factors

Snouckaertlaan 42,
3811 MB Amersfoort
Nederland

intergo.nl
info@intergo.nl
+31 (0) 850 600 245

IBAN: NL33 INGB 0006 2571 87
BIC: INGBNL2A
KvK Utrecht: 30.175.547
Btw-nummer: NL8103.27.478.B01

Part of:



**HUMAN SAFETY
ALLIANCE**

