Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

RWS INFORMATIE

Achtergrondrapportage Vaarwegen Integrale Mobiliteitsanalyse 2021

Datum	10 mei 2021
Versie	4.2
Status	DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving (WVL)
Auteur	Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving (WVL)
Informatie	Informatiepunt WVL
E-mail	informatiepuntwvl@rws.nl
Datum	10 mei 2021
Versie	4.2
Status	DEFINITIEF

Inhoud

Samenvatting 5
Inleiding 10

1 Marktontwikkelingen – goederen en scheepvaart 12
1.1 Goederenvervoerprognoses 12
1.1.1 Referentieprognoses Goederenvervoer 2021 12
1.1.2 Binnenvaartprognoses 14
1.2 Recreatievaart 18
1.3 Passagiersvaart 20
1.4 Netwerkbeelden ontwikkeling binnenvaart 22
1.5 Herziene prognoses 26
1.6 Prognose sluis Weurt 27

2 Capaciteit en toegankelijkheid van het vaarwegnetwerk 28
2.1 Sluiscapaciteitsstudie 28
2.1.1 Selectie van te analyseren sluizen 28
2.1.2 Eerste filtering op basis van I/C-verhouding 29
2.1.3 Simulatiestudie 31
2.1.3.1 Vlootsamenstelling beroepsvaart 32
2.2 Doorvaarthoogte en -breedte van bruggen 33
2.3 Ligplaatsen en overnachtingshavens 34
2.4 Corridoranalyse 34

3 Corridor Noord: Rotterdam–Amsterdam–Noord-Nederland 36
3.1 Robuustheid 36
3.2 Sluiscapaciteit 36
3.3 Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen 38
3.4 Vaarwegdimensionering, klimaatinvloeden en bodemerosie 38
3.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens 41

4 Corridor Oost: Rotterdam–Duitsland 42
4.1 Robuustheid 42
4.2 Sluiscapaciteit 42
4.3 Doorvaarthoogte en –wijdte van bruggen 43
4.4 Vaarwegdimensionering, bodemerosie en klimaatinvloeden 45
4.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens 47

5 Corridor Zuidoost: Rotterdam–Brabant/Limburg 50
5.1 Robuustheid 50
5.2 Sluiscapaciteit 51
5.3 Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen 52
5.4 Vaarwegdimensionering, bodemerosie en klimaatinvloeden 52
5.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens 53

6 Corridor Zuid: Rotterdam–Antwerpen 55
6.1 Robuustheid 55
6.2 Sluiscapaciteit 55
6.3 Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen 56
6.4 Vaarwegdimensionering, bodemerosie en klimaatinvloeden 57
6.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens 57

7 Andere aspecten 59
7.1 Scheepvaartveiligheid 59
7.2 Duurzaamheid 60
7.3 Verkeersplanning, smart shipping 61

Bijlage A. Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen 62

Samenvatting

In de achtergrondrapportage Vaarwegen voor de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA) is in kaart gebracht welke capaciteitsknelpunten in de vaarweginfrastructuur verwacht worden, onder andere op basis van de geprognotiseerde groei van de scheepvaart (inclusief recreatie- en passagiersvaart). Voor het goederenvervoer op de vaarwegen wordt in 2040 een groei van 18 tot 34% verwacht ten opzichte van 2014. Dit is gebaseerd op de omgevingsscenario's Hoog en Laag van de WLO. De toename van het vervoer over water wordt veroorzaakt door de sterke groei van het binnenlands vervoer en de groei van de import, onder invloed van een groeiende bevolking en economie. In deze groeicijfers zit bijvoorbeeld de toenemende vraag naar producten zoals zand, grind en klei voor onder andere de woningbouwopgave. Dat geldt ook voor biomassa (in het kader van de energietransitie), waarbij er tevens rekening gehouden wordt met een verminderd gebruik van fossiele grondstoffen zoals steenkool, bruinkool en cokes door het sluiten van kolencentrales. Daarnaast is er sprake van een aanzienlijke groei van containervervoer van en naar terminals.

Het faciliteren van de verwachte groei van het goederenvervoer en de recreatie/passagiersvaart is het doel voor het hoofdvaarwegennet (HVWN), zodat het verkeer vlot en veilig over de vaarwegen geleid wordt. Hierin spelen verschillende zaken een rol, zoals sluiscapaciteit, robuustheid, brughoogten en dimensionering van de vaarweg. Daarnaast zijn de vaarwegen en kunstwerken ook onderhevig aan slijtage en effecten van bodemerosie en klimaatverandering (bijvoorbeeld droogte). De belangrijkste knelpunten die hieruit voortkomen zijn weergegeven in figuur 1 (voor het scenario '2040 Hoog') en figuur 2 (voor het scenario '2040 Laag').

Sluiscapaciteit
De grootste capaciteitsknelpunten wat betreft wachttijden bij sluizen worden voorzien bij de Volkeraksluizen en de Kreekraksluizen. In het lage groeipad resulteert dit al in 2030 in een overschrijding van de norm van 30 minuten. In het hoge groeipad komt dit voor de Kreekraksluizen vanaf 2040 zelfs uit boven de 60 minuten. Bij deze twee sluizen is er verder sprake van een erg hoge verkeersintensiteit, waardoor het aantal vaartuigverliesuren ook zeer substantieel is.

Ook de gemiddelde wachttijden bij de Prinses Margrietsluis, de Oostersluis en sluis Sint Andries zijn al in 2030 groter dan een half uur. Het aantal vaartuigverliesuren is hier minder hoog door de lagere verkeersintensiteit. Bij de Prinses Margrietsluis treden echter ook veel vaartuigverliesuren op door de volop aanwezige recreatie- en passagiersvaart.

Verder zijn er meerdere sluizen waarbij de wachttijd in het hoge groeipad meer is dan 30 minuten, soms al in 2030. Het gaat hier om sluis Delden, sluis Gaarkeuken, de Oranjesluizen, de Houtribsluizen en sluis Weurt. Met name voor de drie laatstgenoemde sluizen, met een hogere verkeersintensiteit, resulteert dit in een relatief veel vaartuigverliesuren.



Figuur 1. Knelpuntenoverzicht hoofdvaarwegen in scenario '2040 Hoog'.



Figuur 2. Knelpuntenoverzicht hoofdvaarwegen in scenario '2040 Laag'.

Naast capaciteitsproblemen spelen ook zaken met betrekking tot robuustheid van het netwerk, mede veroorzaakt door (on)geplande stremmingen bij kunstwerken zoals sluizen. Ook is bij meerdere sluizen slechts één sluiskolk beschikbaar voor maatgevende schepen, waardoor routes bij een incident of toenemend laag- of hoogwater kwetsbaar kunnen zijn en extra wachttijden mogelijk zijn. Dit levert robuustheidsknelpunten op bij onder andere de Oranjesluizen, de Prinses Margrietsluis, sluis Gaarkeuken, de Oostersluis, sluis Farmsum (allen corridor

Noord), sluis Grave en sluis Weurt. Ook bij de sluizen Delden en Sint Andries speelt dit, maar daar is de problematiek minder ernstig door lagere verkeersvolumes en/of de aanwezigheid van omvaarroutes.

Sluis Grave is hierbij de negatieve uitschieter, aangezien de dimensionering van deze enkele sluiskolk als enige niet voldoet voor maatgevende klasse Vb-schepen op de Maascorridor. Hierdoor moeten klasse Vb-schepen noodgedwongen varen via sluis Weurt en de Waal om vanuit Brabant en Limburg richting Rotterdam en Antwerpen te varen.

Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen
Er zijn circa 100 vaste bruggen die na uitvoering van het huidige MIRT-programma niet aan de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) streefhoogte van 7,00 m of 9,10 m voldoen. Het overgrote deel van de vaste bruggen dat niet voldoet aan de streefwaarde vormt echter geen (direct) groot knelpunt voor de scheepvaart, met uitzondering van de containervaart met high cubes. Naar aanleiding van het toenemend aandeel high cube-containers, waardoor een 4-laags containerschip een doorvaarthoogte nodig heeft van 11,35 m in plaats van 9,10 m en een 3-laags containerschip een doorvaarthoogte nodig heeft van 8,65 m in plaats van 7,00 m, zijn twee kosten-batenanalyses opgeleverd voor de directe generieke verhoging van bruggen. Uitkomst op basis van deze twee onderzoeken is, dat het verhogen van bruggen boven de huidige streefwaarden uit de SVIR op alle corridors negatief is wat betreft MKBA-saldo. Zodoende worden bruggen pas vervangen en –afhankelijk van de locatie- verhoogd teruggelegd bij einde levensduur.

Ligplaatsen en overnachtingshavens
Door de toename van het scheepvaartverkeer ontstaat op enkele plaatsen behoefte aan extra (kegel)ligplaatsen om schippers te kunnen laten voldoen aan de vaar- en rusttijden. Daarnaast zijn er twee ontwikkelingen die de druk op de beschikbare kegelligplaatsen vergroten. De eerste is een recente wijziging in de regelgeving rond het vervoer van gevaarlijke stoffen (ADN), de tweede heeft te maken met de zgn. ontgassingsverboden volgend uit het Scheepsafvalstoffenverdrag (CDNI).

Vaarwegdimensionering, klimaatinvloeden en bodemerosie
Door klimaatverandering (droogte) en bodemerosie zijn er reeds en ontstaan er nog meer knelpunten op de Boven-Rijn, de Waal, het Pannerdensch Kanaal, de Nederrijn (tot Driel) en de IJssel. De gronddekking van kabels en leidingen neemt af en er ontstaan problemen met drempels van sluizen, vaste lagen, stabiliteit van kades, kribben, brugpijlers en het beschikbare vaarwegprofiel met als gevolg dat de scheepvaart vaker te maken krijgt met diepgangbeperkingen. Het meest bovenstroomse deel van de Waal (bovenstrooms van het Maas-Waalkanaal) is het meest kwetsbaar, maar ook de trajecten benedenstrooms hiervan (tussen Maas-Waalkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal en tot Sint Andries) zijn over lange trajecten kwetsbaar voor lage rivierafvoeren. Benedenstrooms van het Kanaal van Sint Andries is enkel de lokale ondiepte benedenstrooms van de vaste laag een significant knelpunt.

De IJssel is een zeer kwetsbare rivier. Door de bodemerosie op de Waal daalt de afvoer naar de IJssel waardoor de gevoeligheid voor onvoldoende diepte toeneemt. De IJssel bovenstrooms van het Twentekanaal is steil en smal en daardoor het meest kwetsbaar. De aansluiting naar het Twentekanaal (nabij sluis Eefde) is een beperkende ondiepte. De IJssel erodeert veel sterker dan het Pannerdensch Kanaal en de Nederrijn, waardoor een steeds groter verschil in bodemligging ontstaat. Dit leidt er onder andere toe, dat de vaardiepte afneemt in de relatief steeds hoger

liggende Nederrijn tussen het splitsingspunt en Driel. Dit wordt daardoor een traject dat gevoelig is voor aanzanding.

Voor de sluizen Born, Maasbracht en Heel en op kanalen langs de Maas (Julianakanaal en Lateraalkanaal) geldt tijdens lage rivierafvoeren op de Maas, als gevolg van droogte, dat er onvoldoende water beschikbaar is voor een normaal schutbedrijf. Alternatieve schutregimes met langere wachttijden voor de beroepsvaart zijn dan noodzakelijk.

Overig
Naast de knelpunten die aan bod komen in deze achtergrondrapportage als gevolg van de capaciteitsvraag en ontwikkelingen zoals klimaatverandering en bodemerosie speelt er op de vaarwegen ook een grote instandhoudingsopgave. Vele kunstwerken zoals bruggen, tunnels en sluizen zijn of komen de komende decennia aan het eind van hun technische levensduur en zullen onderhouden of (gedeeltelijk) vervangen moeten worden. Deze opgave neemt toe: regelmatig komen nieuwe objecten in beeld die reden tot zorgen geven. Tot slot zijn ook de aspecten veiligheid, duurzaamheid en verkeersplanning van belang om het verkeer op een goede manier over de vaarwegen te leiden.

Inleiding

Dit rapport presenteert de resultaten van de IMA Vaarwegen, één van de deelonderzoeken van de Integrale Mobiliteitsanalyse (IMA). In deze analyse is in kaart gebracht welke capaciteitsknelpunten in de vaarweginfrastructuur verwacht worden, onder andere op basis van de geprognotiseerde groei van de scheepvaart. Hierbij zijn de realisatie- en planstudieprojecten uit het huidige MIRT meegenomen.

De IMA richt zich dus op knelpunten waarbij de huidige (en reeds geplande) functionaliteit onvoldoende is om de toekomstige goederenstromen op een vlotte, veilige en betrouwbare manier te faciliteren. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de gevolgen van klimaatverandering en bodemerosie op de capaciteit van het vaarwegennetwerk.

De (modelmatige) capaciteitsanalyse richt zich met name op de capaciteit van sluizen, omdat daar bij voortgaande groei conform de WLO-scenario's nieuwe capaciteitsknelpunten kunnen ontstaan. Voor de analyse van de doorvaarthoogte en -breedte van de bruggen, wordt vooral gebruik gemaakt van de MKBA Doorvaarthoogte kunstwerken en containervaart, en de stresstest doorvaarthoogte. Voor de lig- en overnachtingsplaatsen en de vaarwegafmetingen zijn diversie studies geraadpleegd. Voor klimaatverandering en bodemerosie zijn de stresstesten van het project Klimaatbestendige Netwerken geraadpleegd.

Naast die capaciteitsvraag is het ook belangrijk om te vermelden dat de vaarwegen een grote instandhoudingsopgave kent. Vele kunstwerken zijn of zullen de komende decennia aan het eind van hun technische levensduur komen en geheel of gedeeltelijk vervangen moeten worden. In het kader van de Vervanging- en Renovatie (V&R)-opgave worden kunstwerken zoals bruggen, tunnels en sluizen onderzocht en opgeknapt. Deze opgave neemt toe: regelmatig komen nieuwe objecten in beeld die reden tot zorgen geven. Bij zowel vervanging, onderhoud/renovatie als aanlegmaatregelen wordt waar mogelijk bezien of maatregelen te combineren zijn; waarbij dan ook oog is voor de capaciteitsbehoefte die voortkomt uit deze achtergrondrapportage. Dit is verstandig vanuit kostenoogpunt en bij het streven naar het beperken van stremmingen. De aanzienlijke vervangingsopgaven op vaarwegen staan niet in deze IMA, maar worden steeds opgenomen in de rijksbegroting in de bijlage Instandhouding en in het jaarlijkse MIRT-overzicht.

Hoofdstuk 1 beschrijft de marktontwikkelingen van het goederenvervoer (met focus op de binnenvaart), de recreatievaart en de passagiersvaart. Daarnaast zijn de netwerkuitkomsten van het prognosejaar 2040 gevisualiseerd, met een vergelijking ten opzichte van 2018. Daarbij wordt er duiding gegeven aan de uitkomsten.

Hoofdstuk 2 bevat een introductie van de sluiscapaciteitsstudie en het onderzoek naar beperkingen rond bruggen en ligplaatsen.

Hoofdstukken 3 tot en met 6 bevatten per corridor (Noord, Oost, Zuidoost en Zuid) het resultaat van de factoren die de capaciteit van de vaarweg beperken. Deze factoren zijn: robuustheid, sluiscapaciteit, doorvaarthoogte en –breedte van bruggen, vaarwegdimensionering, klimaatinvloeden en bodemerosie, en ligplaatsen en overnachtingshavens.

Hoofdstuk 7 gaat ten slotte in op de scheepvaartveiligheid, duurzaamheid en verkeersplanning als overige aspecten die van invloed zijn op mogelijke capaciteitsknelpunten.

1 Marktontwikkelingen – goederen en scheepvaart

Binnen de IMA Vaarwegen zijn we op zoek naar de toekomstige capaciteitsknelpunten op het vaarwegennet. Voordat knelpunten geïdentificeerd kunnen worden, is het allereerst nodig de ontwikkelingen in de markt in kaart te brengen. Het vrachtvervoer is de dominante gebruiker en heeft het grootste effect op de capaciteit van de vaarweginfrastructuur, waaronder die van sluizen en bruggen. In dit hoofdstuk presenteren we daarom eerst de prognoses voor het goederenvervoer gerelateerd aan de binnenvaart (paragraaf 1.1). Op sommige plekken in het netwerk is er daarnaast ook een aanzienlijk gebruik door passagiers- en recreatievaart. Dit komt aan bod in respectievelijk paragrafen 1.2 en 1.3. Ten slotte belichten we in paragraaf 1.4 de netwerkbeelden van hoe het toekomstige scheepvaartverkeer op het vaarwegennetwerk terecht komt.

1.1 Goederenvervoerprognoses

Een groot deel van het scheepvaartverkeer is bestemd voor vervoer van goederen. Een beeld van de ontwikkeling van het goederenvervoer is daarom nodig als input voor de prognoses voor de scheepvaart. Het maken van deze prognoses gebeurt dan ook in stappen. Eerst worden prognoses gemaakt van de hoeveelheid goederen die er in totaal vervoerd worden. Vervolgens wordt een verdeling gemaakt over de modaliteiten binnenvaart, weg en spoor. De goederen voor de binnenvaart worden verdeeld over de verschillende scheepstypen, waarbij de voortgaande schaalvergroting in acht is genomen. Ten slotte wordt gekeken welke route deze schepen waarschijnlijk gaan varen. Op basis hiervan is vervolgens bepaald hoeveel schepen een specifieke sluis gaan passeren. Dit vormt de input voor de sluiscapaciteitsstudie, waar het volgende hoofdstuk onder andere verder op in gaat.

1.1.1 Referentieprognoses Goederenvervoer 2021

Met het goederenvervoermodel BasGoed zijn integrale prognoses opgesteld voor het goederenvervoer over de weg, het spoor en de vaarwegen, voor de zichtjaren 2030, 2040 en 2050: de Referentieprognoses Goederenvervoer 2021 (met gelijknamig rapport).

De referentieprognoses vormen een ijkpunt om inzicht te krijgen in de effecten van complexe vraagstukken die nu en in de toekomst spelen. De vraagstukken bestaan uit twee onderdelen: enerzijds hoe Nederland sociaaleconomisch verandert en anderzijds hoe het transportsysteem zich ontwikkelt.

De verandering van de sociaaleconomische omgeving is weergegeven in een *omgevingsscenario*. Hierin zijn veranderingen op uiteenlopende gebieden meegenomen zoals demografie, economie, samenleving, technologie en milieu. Deze gebieden vallen buiten het transportsysteem. De verwachtingen voor de toekomst zijn vastgelegd in de Welvaart en Leefomgeving (WLO2)-scenario's van de planbureaus CPB en PBL. Er zijn twee scenario's: een 'Hoog' scenario met een hoge economische groei, en een 'Laag' scenario met lage economische groei.

De veranderingen in het transportsysteem zelf zijn opgenomen in een *transportscenario* om uiteenlopende beleidsmaatregelen en ontwikkeling binnen het transportsysteem mee te nemen. De maatregelen en ontwikkelingen hebben vooral betrekking op het goederenvervoer. Ze beïnvloeden de omvang van het vervoer per modaliteit en goederensoort.

Voorbeelden zijn de met zekerheid te verwachten verbeteringen aan de (vaar)weg-infrastructuur volgens het MIRT of de CO_2-heffing op binnenvaartvervoer in scenario Hoog. Voor het maken van beide scenario's is gekeken naar trends en ontwikkelingen uit het verleden. Deze zijn doorgetrokken naar de toekomst en gecombineerd met verwachtingen van de planbureaus CPB en PBL voor de toekomst.

Bij de nadere uitwerking van deze scenario's tot de prognoses voor het goederenvervoer, is gebruik gemaakt van zo actueel mogelijke basisgegevens en de meest recente inzichten ten aanzien van specifieke en lokale ontwikkelingen met grote invloed op het goederenvervoer. Enkele ontwikkelingen zijn:

- de modal shift afspraken voor het containervervoer van/naar de Maasvlakte (verlaging aandeel wegvervoer, ten gunste van aandelen spoor en binnenvaart)
- uitwerking van het energie- en klimaatscenario: de gevolgen van de klimaatdoelen zijn nu opgenomen. Dit leidt tot een daling in sommige goederengroepen, en tot een stijging in andere. Zo nemen fossiele brandstoffen (kolen, aardgas, olie) af, terwijl biomassa (landbouw) toeneemt. Dit als gevolg van:
    - de sluiting/opening van verschillende kolencentrales[1]
    - de opkomst van biomassa als alternatief voor steenkool en aardolie(producten)
- de geografische verschuivingen in de zand- en grindwinning (afname winning in Limburg en omgeving)
- sluiting ENCI Maastricht (cementproductie)
- diverse nieuwe containerterminals[2]

Voor meer informatie over welke maatregelen en ontwikkelingen zijn meegenomen in de basisprognoses 2021, zie de memo 'Uitgangspunten Referentieprognoses Goederenvervoer 2021 (RPGV2021)'.

Tabel 1 laat zien dat de groei in percentages in 2040 ten opzichte van 2014 voor alle modaliteiten vergelijkbaar in grootte is (per scenario). Absoluut gezien is de groei van het vervoer per binnenvaart en over de weg echter veel groter dan het vervoer per spoor. Het aandeel van het spoorvervoer in het totaal is slechts gering.

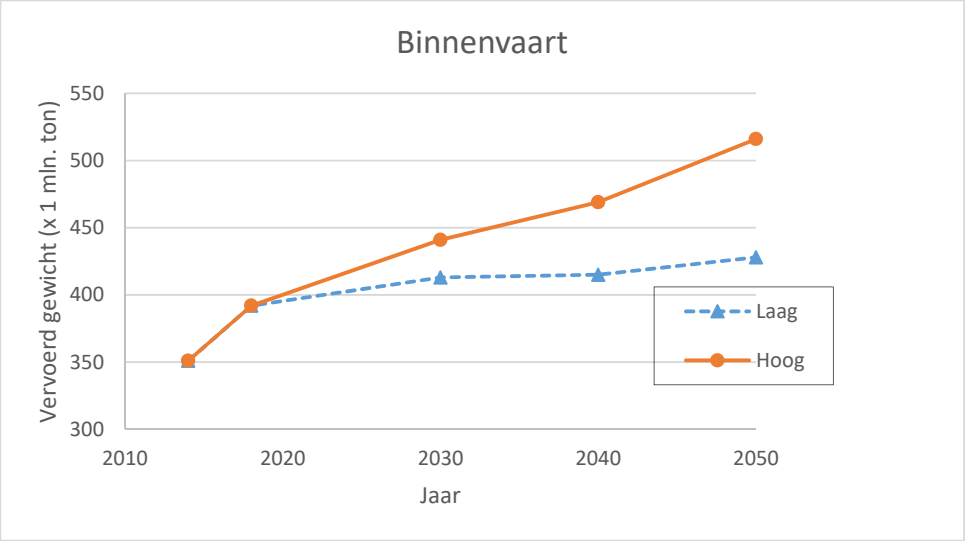
Tabel 1. Groei 2014-2040 per modaliteit in scenario's Laag en Hoog

Modaliteit	Gewicht 2014 (mln. ton)	Toename gewicht 2014-2040		*Gemiddelde groei per jaar 2014-2040*	
		Scenario LAAG	Scenario HOOG	*Scenario LAAG*	*Scenario HOOG*
Binnenvaart	351	18%	34%	*0,65%*	*1,12%*
Spoor	41	15%	28%	*0,55%*	*0,96%*
Weg	747	16%	40%	*0,56%*	*1,31%*
Totaal	1.139	17%	38%	*0,59%*	*1,24%*

[1] Alleen de sluitingen/openingen die reeds plaats hebben gevonden (na 2014, het basisjaar van de prognoses) of met grote zekerheid nog plaats zullen gaan vinden.
[2] Alleen de nieuwe containerterminals die reeds geopend zijn (na 2014, het basisjaar van de prognoses) of waarvan de komst voldoende zeker is om in de prognoses meegenomen te worden.

1.1.2 *Binnenvaartprognoses*

Figuur 3 toont hoe de omvang van het binnenvaartvervoer zich ontwikkelt in de scenario's Laag en Hoog voor de zichtjaren 2030, 2040 en 2050. In beide scenario's blijft de binnenvaart groeien. In vergelijking met de NMCA 2017 neemt de bandbreedte tussen de twee scenario's toe. Dit is lastig toe te wijzen aan één aspect of ontwikkeling. In de nieuwe versie van het model BasGoed zijn verbeteringen doorgevoerd aan de kostenberekeningen van vervoer (en de doorwerking ervan). Dit is van invloed op de modal split en dus ook op de resultaten van de referentieprognoses voor de binnenvaart.



Figuur 3. Ontwikkeling totale omvang binnenvaartvervoer binnen, van, naar en door Nederland in de Basisprognoses Goederenvervoer 2021.

Op de referentieprognoses goederenvervoer is in het kader van de IMA een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd, waarvan er voornamelijk één effect heeft op de binnenvaart: economische verschuivingen en distributiepatronen. Hier wordt onderzocht wat de mogelijke gevolgen zijn van verschuivingen in internationale handelsstromen voor het goederenvervoer binnen Nederland. Mede onder invloed van veranderende geopolitieke verhoudingen ontstaan er nieuwe handelsroutes en distributiepatronen, zoals de Nieuwe Zijderoute. Er is ook toenemende aandacht van landen voor het beschermen van de eigen industrie (protectionisme), hetgeen kan leiden tot een afname van de internationale handel. Naast veranderingen in stromen is ook het soort goederen dat wordt vervoerd aan het veranderen. De overstap naar nieuwe en schonere energiebronnen en het opraken van de fossiele brandstoffen maakt dat de handel in energiedragers gaat veranderen in de komende decennia. In plaats van vervoer van grondstoffen in bulk worden er daarnaast relatief gezien steeds meer hoogwaardige producten met containers vervoerd. De waarde per gewichtseenheid van vervoerde producten neemt toe. Ook zijn er steeds meer producten die nu digitaal geleverd kunnen worden in plaats van in fysieke vorm. Deze ontwikkelingen leiden tot een dematerialisatie en als gevolg daarvan ook tot minder vervoer van goederen en grondstoffen. Voor de binnenvaart geldt, dat – afhankelijk van deze ontwikkelingen – het goederenvervoer binnen Nederland 5%-punten lager of 8%-punten hoger uitvalt dan wat is verondersteld in de basispaden van de referentieprognoses. In het kader van de IMA Vaarwegen is deze gevoeligheidsanalyse niet meegenomen.

Tabel 2 laat zien dat er grote verschillen zijn tussen de (gemiddelde) groeicijfers per richting (binnenlands, aanvoer, afvoer en doorvoer). Wat opvalt is de sterke groei van het binnenlands vervoer en de groei van de internationale aanvoer (laadplaats buiten NL, losplaats in NL).

Goederengroepen die qua binnenlands vervoer en internationale aanvoer een zeer sterke stijging laten zien (met een substantieel aandeel in totaal tonnage) zijn:

- Landbouw, bosbouw en visserijproducten
- Zout, zand, grind en klei (import groeit harder dan binnenlands vervoer, en export daalt)
- Chemische producten
- Overige Goederen (stukgoederen)

Aanvullend voor alleen binnenlands vervoer geldt nog dat aardolieproducten en voedings- en genotsmiddelen aanzienlijk groeien. Er is meer vraag naar deze producten vanwege de groeiende bevolking en economie.

Meerdere van deze goederengroepen laten ook een aanzienlijke stijging zien van de internationale afvoer, echter de gemiddelde groei over het totaal wordt 'gedrukt' door de negatieve groei van de bepaalde goederengroepen, zoals steenkool en bruinkool, aardolieproducten en zout, zand, grind en klei.

Tabel 2. Groei binnenvaartvervoer (vervoerd gewicht) 2014-2040 per richting

Richting	Gewicht 2014 (mln. ton)	Toename 2014-2040		Gem. groei per jaar 2014-2040	
		Scenario LAAG	Scenario HOOG	*Scenario LAAG*	*Scenario HOOG*
Binnenlands (laad- en losplaats beiden in NL)	112	27%	49%	*0,92%*	*1,54%*
Aanvoer (laadplaats buiten NL, losplaats in NL)	64	44%	65%	*1,41%*	*1,94%*
Afvoer (laadplaats in NL, losplaats buiten NL)	128	2%	11%	*0,06%*	*0,41%*
Doorvoer (laad- en losplaats beiden buiten NL)	47	9%	16%	*0,33%*	*0,58%*
Totaal	351	18%	34%	*0,65%*	*1,12%*

Tabel 3 toont de ontwikkelingen in het binnenvaartvervoer per goederengroep, voor de beide scenario's. Te zien is dat hier grote verschillen voorkomen. De groei van goederengroep 'landbouw, bosbouw en visserijproducten' – qua tonnage van beperkte omvang – wordt veroorzaakt door het toenemende gebruik van biomassa. Dit maakt onderdeel uit van het (nieuwe) energietransitiescenario.

De goederengroep 'chemische producten' laat eveneens een zeer sterke groei zien, en heeft een groter aandeel in het totale vervoer. Dit is het resultaat van een meer detailleerde uitwerking van de economische ontwikkelingen op bedrijfstakniveau (bedrijfstak chemische industrie groeit) en de gewijzigde samenstelling van producten die gebruikt worden in de samenleving (onder andere meer plastics). Mogelijk speelt de energietransitie ook een rol, waarbij chemische basiselementen (waterstof) ook als energiedrager gaat fungeren.

Tabel 3. Groei binnenvaartvervoer (vervoerd gewicht) 2014-2040 per goederengroep.

Goederengroep	Gewicht 2014 mln. ton	Toename 2014-2040		*Gem. groei p. jaar 2014-2040*	
		Scenario LAAG	Scenario HOOG	*Scenario LAAG*	*Scenario HOOG*
1 Landbouw-, bosbouw- en visserijproducten	19	54%	91%	*1,66%*	*2,51%*
2 Steenkool, bruinkool en cokes	33	-60%	-58%	*-3,49%*	*-3,27%*
3 Ruwe aardolie en aardgas	0,2	-21%	-21%	*-2,63%*	*-2,63%*
4 Ertsen	30	-2%	5%	*-0,08%*	*0,2%*
5 Zout, zand, grind, klei	77	-5%	11%	*-0,19%*	*0,4%*
6 Aardolieproducten	59	25%	22%	*0,87%*	*0,76%*
7 Chemische producten	50	48%	89%	*1,51%*	*2,48%*
8 Kunststoffen/rubber	5	57%	96%	*1,71%*	*2,62%*
9 Basismetalen en metaalproducten	16	47%	63%	*1,50%*	*1,89%*
10 Overige minerale producten	8	47%	68%	*1,52%*	*2,03%*
11 Voedings- en genotsmiddelen	27	32%	51%	*1,09%*	*1,6%*
12 Machines, elektronica en transportmiddelen	6	82%	90%	*2,36%*	*2,54%*
13 Overige goederen	21	57%	62%	*1,74%*	*1,87%*
Totaal	351	18%	34%	*0,65%*	*1,12%*

In beide scenario's daalt het vervoer van 'steenkool, bruinkool en cokes' en 'ruwe aardolie en aardgas', waarbij eerstgenoemde een redelijk aandeel heeft (met 33 ton in 2014) in het totale vervoer. Reden is de sluiting van kolencentrales.

Het volume van de goederensoort met het grootste aandeel in de totale vervoersomvang, 'zout, zand, grind en klei' laat een kleine krimp zien voor scenario Laag, en een kleine groei voor scenario Hoog. Echter, het getoonde percentage is een gemiddelde opgebouwd uit vier richtingen: binnenlands vervoer, aanvoer, afvoer en doorvoer. De eerstgenoemde twee richtingen geven een groei, de overige twee een krimp. Er wordt geconcludeerd dat de consumptie in Nederland stijgt (gegeven groei import en binnenlands) maar productie afneemt (minder export). De vraag naar deze goederensoort overstijgt de Nederlandse productie, waardoor de import ervan toeneemt (incl. aanvoer vanaf productielocaties op zee).

Het containervervoer in de prognoses (tabel 4) laat een bovengemiddelde groei zien. Dat is niet toe te wijzen aan alleen goederengroep 13, maar aan meerdere tezamen. Goederen die in containers vervoerd worden, groeien allemaal harder dan de goederen die niet in containers zitten. Echter is het aandeel van containers beperkt in vergelijking met de 'overige lading'.

Tabel 4. Groei binnenvaart (vervoerd gewicht) 2014-2040 voor containers en overige lading

Verschijningsvorm	Gewicht 2014 (mln. ton)	Toename 2014-2040		*Gem. groei per jaar 2014-2040*	
		Scenario LAAG	Scenario HOOG	*Scenario LAAG*	*Scenario HOOG*
Containers	47	66%	85%	*1,96%*	*2,39%*
Overige lading	304	14%	26%	*0,40%*	*0,89%*
Totaal	351	18%	34%	*0,65%*	*1,12%*

Al met al wordt voor de goederenvervoerprognoses een groei toegepast op basis van de goederensoorten en verschillende herkomst- en bestemmingszones die daarbij horen. Voor de ene goederensoort wordt dus een andere groei geprognosticeerd dan voor de andere (afhankelijk van de scenario-invoer voor onder andere economie), en voor een gegeven goederensoort zal de groei op de ene herkomst-bestemmingsrelaties anders zijn dan op de andere.

De groei over alle goederengroepen en herkomst-bestemmingsrelaties resulteert uiteindelijk in een totale toekomstige goederenstroom per scenario. Hierbij is bewust nog geen rekening gehouden met beperkingen in sluiscapaciteit, beperkingen door bruggen of beperkte capaciteit aan ligplaatsen. Het doel van de IMA is juist om toekomstige knelpunten te identificeren, door confrontatie van de toekomstige vraag naar goederen (en bijbehorende transportbewegingen) met de beschikbare capaciteit. In de volgende hoofdstukken komt dit verder aan bod.

Vooruitlopend op de selectie van nader te onderzoeken sluizen in 2.1.2, is in Tabel 5 aangegeven welke verandering, in aantal scheepspassages op de onderzochte sluizen, de vervoersprognoses tot gevolg hebben.

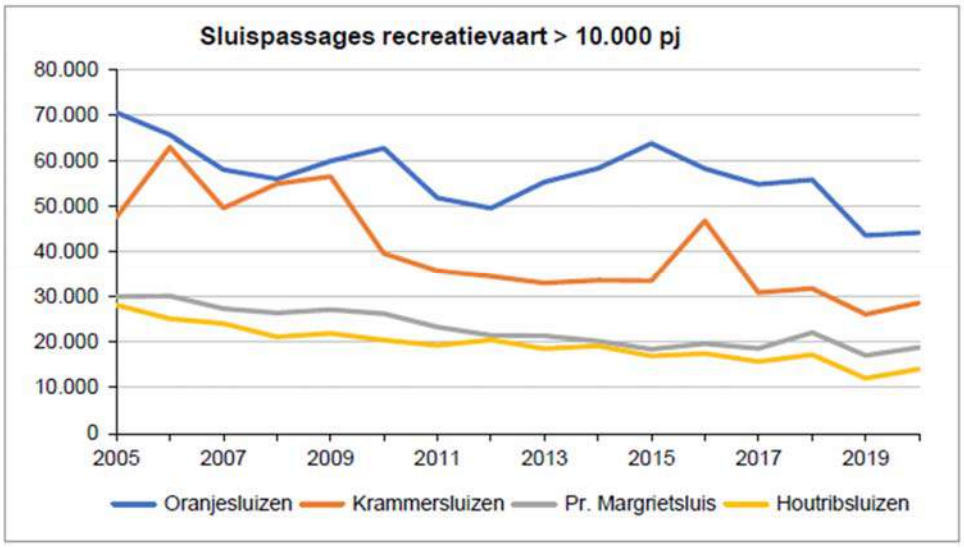
Tabel 5 Groei aantal scheepspassages op onderzochte sluiscomplexen

Object	Corridor	2014 IVS	Toename 2014-2040		*Gem. groei per jaar 2014-2040*	
			Scenario LAAG	Scenario HOOG	*Scenario LAAG*	*Scenario HOOG*
Oranjesluizen	Noord	42451	2%	19%	*0.1%*	*0.7%*
Houtribsluizen	Noord	35033	15%	32%	*0.5%*	*1.1%*
Prinses Margrietsluis	Noord	18645	23%	39%	*0.8%*	*1.3%*
Gaarkeuken	Noord	13827	30%	45%	*1.0%*	*1.4%*
Sluis Oostersluis	Noord	13260	35%	49%	*1.2%*	*1.5%*
Sluis Delden	Oost	7278	-20%	-5%	*-0.9%*	*-0.2%*
Sluis Grave[3]	Zuid-Oost	9773	-24%	-11%	*-1.0%*	*-0.5%*
Sluis Schijndel	Zuid-Oost	9492	-34%	-21%	*-1.6%*	*-0.9%*
Sluis Sint Andries	Zuid-Oost	9713	4%	23%	*0.2%*	*0.8%*
Sluis Weurt	Zuid-Oost	27891	19%	36%	*0.7%*	*1.2%*
Sluis Hansweert	Zuid	39038	23%	37%	*0.8%*	*1.2%*
Krammersluizen	Zuid	37382	30%	44%	*1.0%*	*1.4%*
Kreekraksluizen	Zuid	67801	18%	30%	*0.6%*	*1.0%*
Volkeraksluizen	Zuid	106210	23%	35%	*0.8%*	*1%*

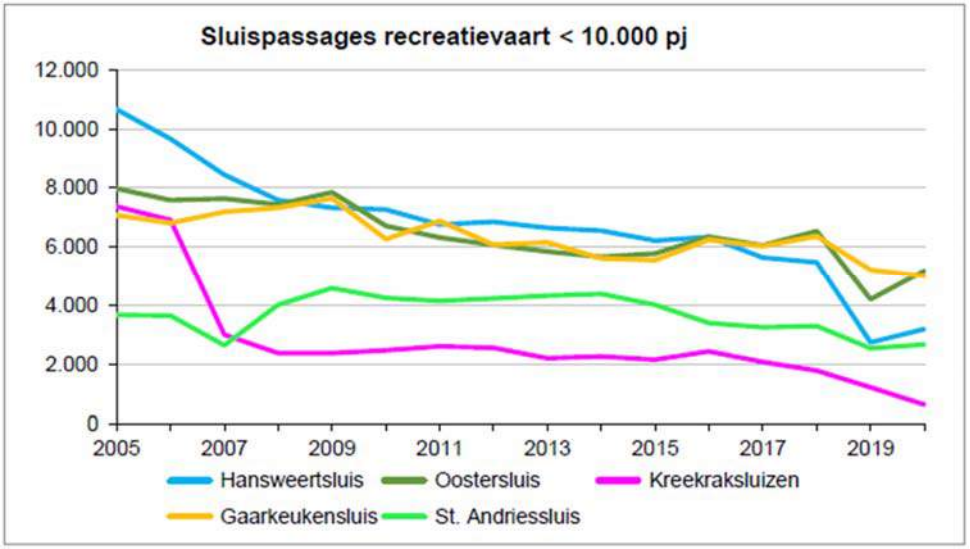
1.2 Recreatievaart

Naast de beroepsvaart heeft ook de ontwikkeling van de recreatievaart te maken met de toekomstige capaciteitsknelpunten op het netwerk, met name bij sluizen. De trend in aantallen passages is weergegeven in figuur 4 en figuur 5. Het knikje in de lijnen bij 2019 is niet gebaseerd op tellingen; het aantal passages voor recreatievaart is in 2019 niet goed geteld en achteraf geschat. Voor 2020 zijn wel weer tellingen beschikbaar.

[3] Het aantal passages bij Grave varieert sterk; sinds 2014 lijkt iets onder de 10000 wel een gemiddelde waarde, maar in het droge 2018 waren het er bijna 12500, in 2019 daarentegen 7660.

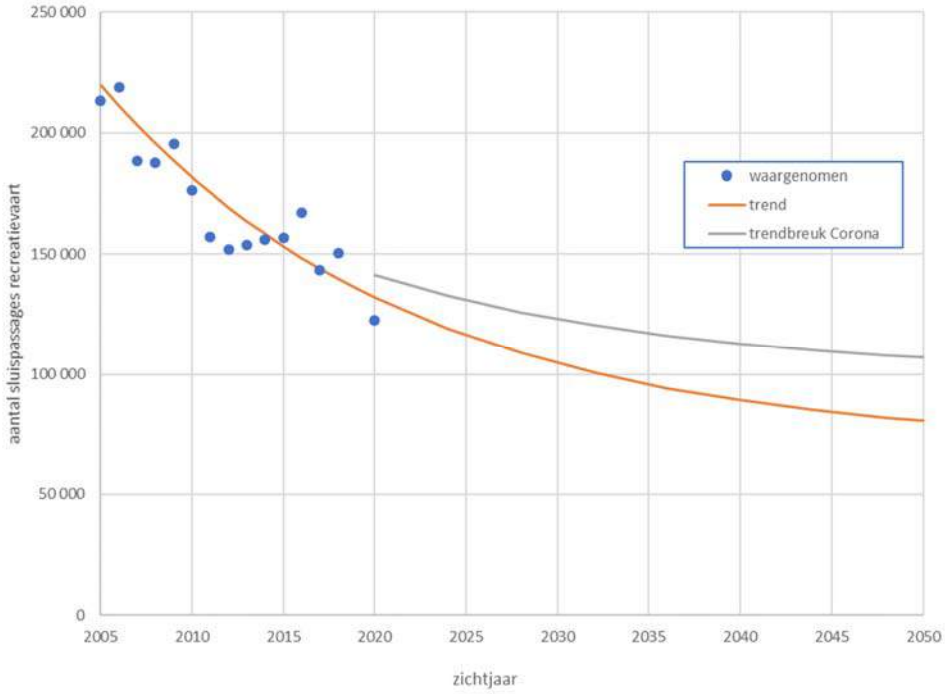


Figuur 4. Ontwikkeling sluispassages recreatievaart (boven de 10.000 passages per jaar).



Figuur 5. Ontwikkeling sluispassages recreatievaart (onder de 10.000 passages per jaar).

Voor de prognose van passageaantallen is de volgende aanpak gekozen: ten eerste is de trend die voor 2019 zichtbaar was doorgetrokken, waarbij de aanname is gedaan dat de afname naar een nieuwe evenwichtsstand toegaat. Daarnaast is er een tweede lijn getrokken die een trendbreuk door COVID19 veronderstelt en naar een hogere evenwichtsstand toe gaat. Voor de beschouwde sluizen samen levert het aantal passages het beeld op zoals figuur 6 laat zien.



Figuur 6. Prognoses recreatievaart.

Voor alle onderzochte sluizen staan de gebruikte trends in aantal passages in Tabel 6. Een verdere uitwerking hiervan per sluis is te vinden in de 'Sluiscapaciteitsstudie IMA 2021'.

Tabel 6. Prognoses recreatievaart per sluis per zichtjaar.

			2030		2040		2050	
Sluis	**2014**	**2020**	*H*	*L*	*H*	*L*	*H*	*L*
Kreekrak	2.230	704	1.174	989	919	683	777	513
Hansweert	6.474	3.520	4.217	3.538	3.542	2.721	3.168	2.267
Krammer	33.271	29.177	20.444	17.388	15.849	12.333	13.489	9.738
Oranjesluis	55.966	46.048	48.204	44.043	45.445	40.466	43.913	38.480
Houtrib	18.172	14.912	13.144	11.563	11.683	9.907	10.901	9.021
Margrietsluis	19.564	19.490	17.116	15.400	15.600	13.745	14.821	12.896
Oostersluis	5.497	5.303	4.649	4.297	4.138	3.744	3.854	3.427
Gaarkeuken	5.444	5.074	5.104	4.611	4.747	4.161	4.548	3.912
Grave	9.819	7.796	5.896	6.782	4.922	5.954	4.401	5.510
Sint Andries	4.282	2.792	2.682	2.467	2.458	2.191	2.338	2.049

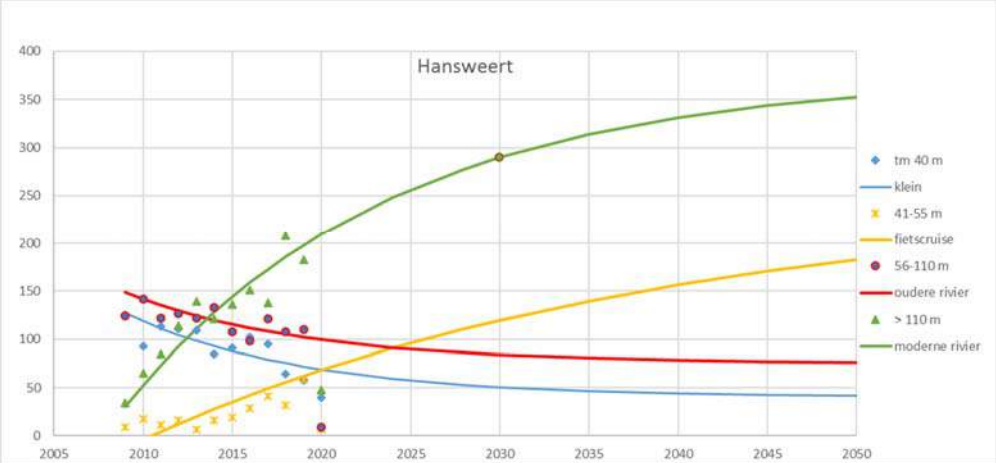
1.3 Passagiersvaart

De passagiersvaart is verdeeld over een aantal categorieën, omdat er verschillende trends zijn te herkennen, en omdat de verschillen in afmeting van belang zijn voor het deel van de sluiscapaciteit dat zij opgebruiken. De bedoelde categorieën zijn:

1. Kleine cruisevaart/rondvaart: alle passagiersschepen t/m 40 m lengte. Ook IVS-scheepstype 85 (chartervaart) wordt hierin meegenomen.
2. Fietscruise: lengte 41 tot en met 55 m. Meestal tot passagiersschip verbouwde binnenvaartschepen, vaak met fietsen aan boord voor vaar/fietsvakanties.

3. Oudere riviercruise: lengte 56 tot en met 110 m. De oudere generatie hotelschepen.
4. Moderne riviercruise: lengte groter dan 110 m. Vaak 135m lange hotelschepen die de grote trajecten van Rijn tot Schelde bevaren.

De moderne riviercruise is sterk toegenomen in de laatste 10 jaar. Tot 2020: toen kende de sector een omzetdaling van 75% door het wegvallen van het internationaal toerisme en de beperkingen door coronaregels. De scenario's zijn gebaseerd op de veronderstelling dat de stijgende trend na deze onderbreking gewoon doorgezet wordt. Figuur 7 laat de trendlijnen zien per categorie voor sluis Hansweert als voorbeeld van een sluis die populair is bij de cruisevaart.



Figuur 7. Ontwikkeling passagiersvaart bij sluis Hansweert.

Voor alle onderzochte sluizen staat het gebruikte aantal passages in Tabel 7. Een verdere uitwerking hiervan is te vinden in de 'Sluiscapaciteitsstudie IMA 2021'.

Tabel 7. Prognoses totale passagiersvaart per sluis per zichtjaar.

Sluis	2014	2019	2030	2040	2050
Oranjesluizen	3.464	3.226	3.857	4.085	4.178
Houtribsluizen	1.164	1.080	1.266	1.470	1.564
Prinses Margrietsluis	467	443	457	467	472
Sluis Gaarkeuken	159	200	265	293	308
Oostersluis	199	207	235	249	261
Sluis Delden	18	15	14	14	14
Sluis Grave	71	71	63	61	60
Sluis Sint Andries	123	78	105	104	103
Sluis Weurt	274	246	307	377	406
Sluis Schijndel	26	46	40	40	40
Sluis Hansweert	355	227	438	569	631
Krammersluizen	605	425	648	779	861
Kreekraksluizen	834	627	944	1.163	1.272
Volkeraksluizen	1.313	1.024	1.577	1.788	1.891

Overige vaart (buiten vrachtvervoer, recreatievaart en passagiersvaart), voor zover in de basisdata niet rechtstreeks gekoppeld aan een specifieke vracht-binnenvaartreis, wordt verondersteld constant te blijven.

1.4 Netwerkbeelden ontwikkeling binnenvaart

De toekomstige ontwikkeling van het goederenvervoer per binnenvaart werkt door op het vaarwegennet. Voor het bepalen van de toekomstige ontwikkeling op de vaarwegen is gebruik gemaakt van de uitkomsten van de prognoseresultaten uit het goederenvervoersmodel BasGoed. BasGoed modelleert de vraag naar en productie van goederen voor verschillende zichtjaren. Dit leidt tot vervoersstromen tussen regio's waarbij BasGoed ook een verdeling over de modaliteiten aanbrengt. De geprognotiseerde binnenvaartreizen worden vervolgens toegedeeld met behulp van het netwerktoedelingsmodel BIVAS. Dit geeft voor zichtjaar 2040 in de varianten Hoog en Laag de netwerkbeelden zoals weergegeven in figuren 8 en 9. Door middel van een kleurschaal is de procentuele groei van het vervoerd gewicht weergegeven ten opzichte van 2018. De breedte van de lijnen geeft de omvang van de goederenstroom weer. Deze heeft een niet lineaire schaalverdeling, aangezien enkele vaarwegen (onder andere de Waal) qua tonnage zo groot zijn, dat andere lijnen geminimaliseerd zouden worden.

Corridor Noord

De route van Amsterdam via het IJsselmeer en het Prinses Margrietkanaal naar Groningen/Veendam laat voor 2040H een groei zien van 20 tot 30 procent. De groei zit in de goederengroepen chemische producten, landbouwproducten (biomassa stromen) en overige goederen (stukgoederen), terwijl als gevolg van de energietransitie steenkool, bruinkool en cokes fors afnemen.

De goederenvervoerprognoses laten een grote relatieve verandering zien (groei) van het containervervoer in de noordelijke regio[4]. Echter, er wordt geen rekening gehouden met de maximale capaciteit van de terminals, en of de vaarweg deze toename van containervervoer wel kan verwerken. Het uitgangspunt van de IMA is dan ook dat er naar de vervoersvraag wordt gekeken, waarbij de aanname is dat de infrastructuur die groei zal faciliteren. In dit geval is het echter niet zeker dat ook een stroom van deze omvang via de vaarweg naar het noorden zou blijven gaan, of dat bij toenemende drukte eerder een andere modaliteit of overslagterminal zou worden gekozen. Door rekening te houden met oplopende reistijdverliezen (bij Lemmer en zeker in het recreatieseizoen ook verder op de route) zou met een iteratief rekenproces een meer realistische verdeling verkregen kunnen worden. Op dit moment is dat nog niet geïmplementeerd.

Op de route van het IJsselmeer naar Meppel is in vergelijking met andere binnenlandse routes een relatief grote groei te zien in de prognoses voor beide scenario's (2040L en 2040H). Ook hier lijkt de toename van het aandeel containervervoer de belangrijkste reden, met de reeds gemaakte kanttekening.

Corridor Oost

Over de (internationale) corridor Rotterdam–Duitsland (Waal) wordt een zeer groot aantal tonnen vervoerd, en laat een groei zien voor het scenario 2040H (voor 2040L in iets mindere mate). Dat is in lijn met de WLO2-scenario's (2015) van de Planbureaus CPB en PBL, die een stijging van het internationale vervoer voorzien.

[4] In de prognose is rekening gehouden met de containerterminal Veendam, die nu gesloten is; zie par. 1.5

De WLO-scenario's gaan uit van minder gebruik van kolen als gevolg van de energietransitie en een afvlakking van gebruik van ertsen. Dit zorgt voor minder vervoerd gewicht over de oostcorridor van daarmee verband houdende goederengroepen. Het vervoer van minerale producten, metaal(producten) en overige goederen (stukgoederen) neemt relatief sterk toe. Het overall effect is een groei van 20 tot 30 procent voor 2040H.

Het vervoer over de Nederrijn en Geldersche IJssel laat voor beide scenario's een aanzienlijke groei zien, die mede toe te schrijven is aan de geprognotiseerde groei in het containervervoer op dat traject. In Deventer zal vanaf 2022 een containerterminal operationeel zijn. Voor de hoeveelheid containers die hieraan toebedeeld is, geldt hetzelfde als wat bij corridor Noord is opgemerkt. De Bernardsluis in Deventer kan dan een knelpunt worden, maar ook de bochtige en bij laagwater smalle Boven-IJssel zou dan problemen met verkeersafwikkeling en -veiligheid kunnen krijgen. Daarbij moet worden opgemerkt dat de geplande terminal achter een sluis is gelegen met CEMT-klasse IV, zodat aan- en afvoer met kleine schepen voor de hand ligt en tot relatief minder problemen op de Boven-IJssel zal leiden.

Corridor Zuidoost
Het vervoer binnen de corridor Zuidoost vindt met name plaats over de Maasroute (benedenloop van Maas of Waal, Nijmegen–Maastricht) en de Brabantse kanalen (Wilhelminakanaal, Maximakanaal / Zuid-Willemsvaart).

Zowel het vervoer over het Wilhelminakanaal als de Zuid-Willemsvaart laten voor beide scenario's een sterke groei zien in de hoeveelheid tonnen. Voor 2040H is die zelfs meer dan 60 procent. Deze is toe te schrijven aan enerzijds een groei van de goederengroepen chemische producten, landbouwproducten (biomassa) en overige producten (stukgoederen). De afname van steenkool en cokes remt de groei. Anderzijds bepaalt ook de aanwezigheid van terminals Tilburg, Veghel en Den Bosch het beeld van de aanzienlijke groei, zoals eerder benoemd bij de andere corridors.

Het vervoerd tonnage op de Maasroute blijft licht achter in groei t.o.v. de andere vaarwegen binnen de corridor als gevolg van een afname in de zand- en grindwinning in de omgeving Limburg. Doordat het zand- en grindvervoer in gewicht een zeer groot deel vormt van het totale vervoer op deze route, domineert de afname in dit segment het totaalbeeld.

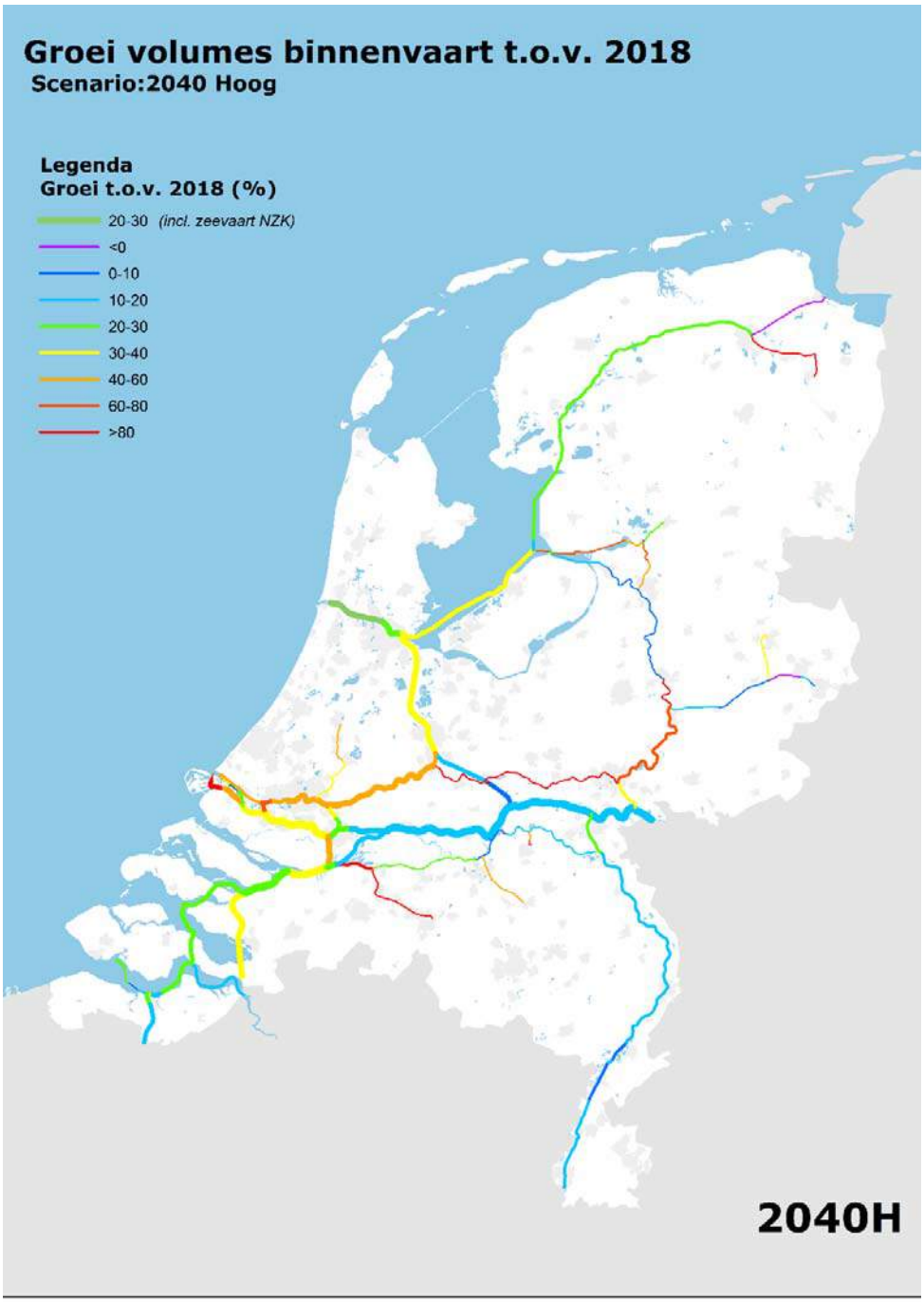
Corridor Zuid
Over de (internationale) corridor Rotterdam – Antwerpen (Schelde-Rijnverbinding) wordt net als op de (internationale) corridor Oost een groei voorzien, in lijn met de uitgangspunten van de WLO2-scenario's.

Het vervoer over de Schelde-Rijnverbinding (via de Kreekraksluizen) laat voor beide scenario's een sterkere groei zien dan het vervoer over de westelijke verbinding (via de Krammersluizen en Sluis Hansweert). Dit hangt samen met verschillen in de samenstelling van het verkeer op basis van combinaties van herkomsten, bestemmingen en goederensoorten.

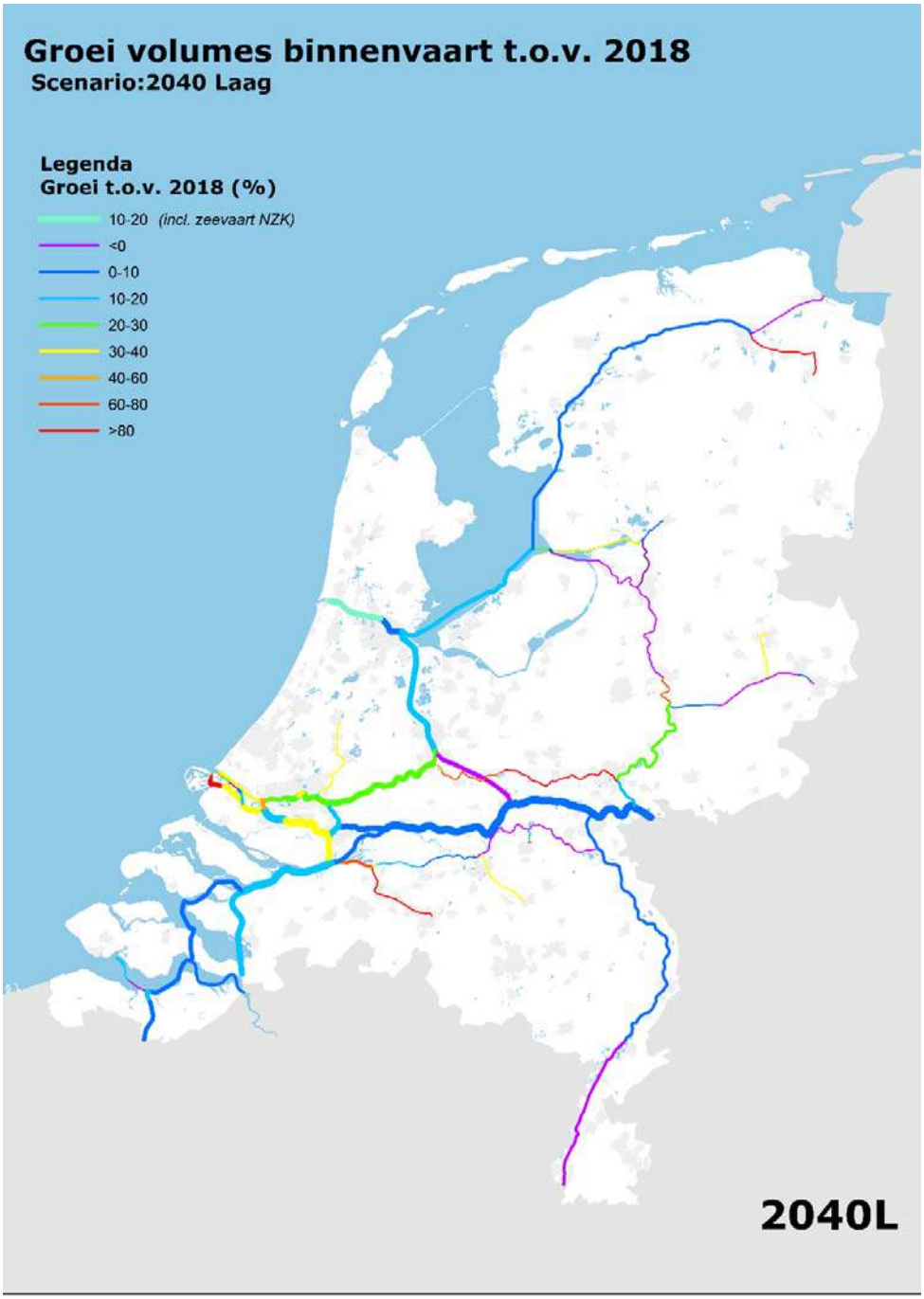
Voor de meeste goederengroepen wordt een flinke toename van het vervoerd gewicht verwacht op de corridor Zuid. Een uitzondering geldt voor de groepen steenkool, bruinkool en cokes (vanwege de energietransitie), ertsen (afvlakking gebruik en productie van staal) en zout, zand, grind, klei.

Antwerpen kan via beide routes bereikt worden. De Schelde-Rijnverbinding is echter aanmerkelijk korter, en wordt dan ook verreweg het meest gekozen. Het is denkbaar dat het aandeel over de westelijke verbinding in de toekomst toe gaat nemen. Dit omdat deze route in tegenstelling tot de Schelde-Rijnverbinding geen vaste hoogtebeperkingen voor de containervaart kent, en vanwege de westwaartse ontwikkeling van de haven van Antwerpen, op de linkeroever van de Schelde. Eventuele veranderingen in routekeuze zijn nog lastig in te schatten en derhalve niet meegenomen in de prognoses.

Ook eventuele effecten van de Seine-Scheldeverbinding zijn nog te onzeker om in de basisprognoses meegenomen te kunnen worden. Deze verbinding heeft vooral betekenis voor verkeer tussen Antwerpen/Gent en het Seinegebied, maar of dit tot een toename of misschien een afname op het traject Antwerpen-Rotterdam leidt, is nog niet duidelijk.



Figuur 8. Netwerkbeeld in scenario 2040 Hoog.

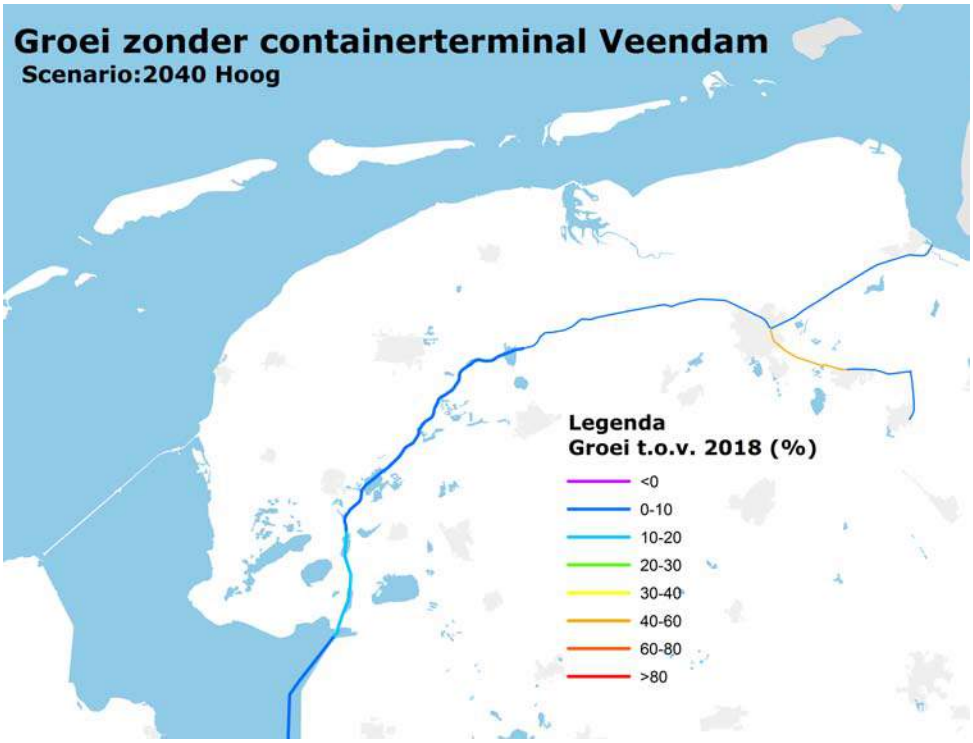


Figuur 9. Netwerkbeeld in scenario 2040 Laag.

1.5 Herziene prognoses

Een van de uitgangspunten van de Referentieprognoses Goederenvervoer 2021 was dat de containerterminal voor de binnenvaart bij Veendam (provincie Groningen) ook in de toekomst in gebruik is, terwijl deze recent gesloten is. Hierdoor zijn de toekomstige vervoersstromen over het water richting het noorden overschat. Door nieuwe prognoses te maken met goederenvervoermodel BasGoed is het effect

hiervan inzichtelijk gemaakt. Op netwerkniveau (in het scenario 2040 Hoog) levert dat de verschillen in reizen op zoals zichtbaar wordt in figuur 10. Met name de reizen naar het noorden nemen sterk af; wel wordt dit gecompenseerd door reizen over bijvoorbeeld de Nederrijn en IJssel. Voor de sluiscapaciteitsstudie – verderop in deze achtergrondrapportage – wordt gebruik gemaakt van de oorspronkelijke prognoses; wel wordt het effect van de herziene prognose nader toegelicht in hoofdstuk 3.



Figuur 10. Netwerkbeeld Noord Nederland; groei aantal reizen zonder containerterminal Veendam (2040 Hoog).

1.6 Prognose sluis Weurt

De vervoersontwikkeling bij sluis Weurt laat in de huidige prognose een duidelijk ander beeld zien dan in de prognose die bij de NMCA2017 is aangehouden. In 2017 werd een geleidelijke verdere afname verwacht door afname van zand- en grind transport op de Maasroute. De uitgangspunten en de rekenwijze van de huidige prognose verschilt op een groot aantal punten met die van 2017, waardoor het niet te zeggen is wat de belangrijkste oorzaken zijn van de verandering bij Weurt.

Voor de behandeling van de uitgangspunten van de huidige prognose wordt verwezen naar de algemene documentatie, maar enkele belangrijke zijn waarschijnlijk de toename van transport van biomassa (die bij de goederengroep landbouwproducten gerekend is) en in meer detail modelleren van overslagterminals.

Het algemene beeld van de groei per goederengroep (zie Tabel 3) laat zien dat sterke groeiers, behalve biomassa, chemische producten en containers zijn. Van alle drie zal Weurt belangrijke invloed ondervinden. De huidige prognoses voor sluis Weurt zijn gezien de historische cijfers evenwel erg hoog.

2 Capaciteit en toegankelijkheid van het vaarwegnetwerk

In het vorige hoofdstuk hebben we de verwachte (markt)ontwikkelingen van de scheepvaart gezien, inclusief een netwerkbeeld. De vraag komt vervolgens op in hoeverre de capaciteit van het netwerk daadwerkelijk voldoende is om het verkeer op een goede manier over de vaarwegen te leiden. Hierin spelen verschillende zaken een rol, waaronder intrinsieke kwetsbaarheden (robuustheid) en knelpunten (zoals sluiscapaciteit, brughoogten en dimensionering van de vaarweg). Daarnaast zijn de vaarwegen en kunstwerken ook onderhevig aan slijtage en effecten van bodemerosie en klimaat(verandering). Ten slotte zijn er randvoorwaarden aan het gebruik van het vaarwegennetwerk waarbij capaciteitsproblemen kunnen ontstaan, zoals de beschikbaarheid van ligplaatsen en overnachtingshavens.

De genoemde factoren die de capaciteit van de vaarweg beperken verschillen per regio en zijn in kaart gebracht per corridor in de volgende hoofdstukken. Een uitwerking van deze corridors is te vinden in paragraaf 2.4, na een introductie van de sluiscapaciteitsstudie en het onderzoek naar beperkingen rond bruggen en ligplaatsen in paragrafen 2.1 tot en met 2.3.

2.1 Sluiscapaciteitsstudie

Van de genoemde zaken die tot een capaciteitsbeperking kunnen leiden voor het scheepvaartverkeer is de aanwezigheid van sluizen een van de meest bepalende. Veertien sluizen in de verschillende corridors zijn in de volgende hoofdstukken verder geanalyseerd. Dit is gedaan op basis van een selectie en filtering uit een groter aantal sluizen, hetgeen hieronder uiteengezet is. Verder is ook de algemene aanpak van de sluiscapaciteitsstudie beschreven.

2.1.1 Selectie van te analyseren sluizen

De volgende selectiecriteria zijn gebruikt om tot een lijst van de te analyseren sluizen te komen:

- Alleen sluizen met een dominante beroepsvaartfunctie. Hierbij wordt de Richtlijn Vaarwegen 2020 gebruikt als criterium. Deze stelt namelijk dat tot 10.000 à 12.000 passages beroepsvaart per jaar een minimumsluis[5] voldoende capaciteit biedt. Hierbij is nadrukkelijk wel rekening gehouden met de groeipotentie van het aantal passages. Sluizen waarbij het aantal passages/jaar de 10.000 naderde of waarbij het in de toekomst het geval zou kunnen zijn, zijn in de analyse wel meegenomen.
- Sluizen die niet aan het bovenstaande criterium voldoen maar wel veel recreatievaart hebben (meer dan 10.000 recreatievaartpassages) zijn ook overwogen. Daarbij is belangrijk om te kijken of de recreatievaart een omvangrijk deel van de beroepsvaart kan verstoren. Sluizen met een recreatiekolk zullen dus afvallen, evenals sluizen waarbij nauwelijks beroepsvaart passeert (bijv. < 5.000 per jaar). Uiteindelijk blijkt dit extra selectiecriterium (meer dan 10.000 recreatievaartpassages) hiermee voor het hoofdvaarwegennet geen extra sluizen in de selectie op te leveren.
- De capaciteitsuitbreiding van de sluizen bij IJmuiden en Terneuzen is in de uitvoeringsfase. Deze sluizen worden daarom niet geanalyseerd.

[5] De minimumsluis is een sluiscomplex, bestaand uit één sluiskolk, waarin één maatgevend schip tegelijk geschut kan worden.

Tabel 8 presenteert de lijst van sluizen die op basis van deze criteria geselecteerd zijn om nader te analyseren.

Tabel 8. Selectie van geanalyseerde sluizen.

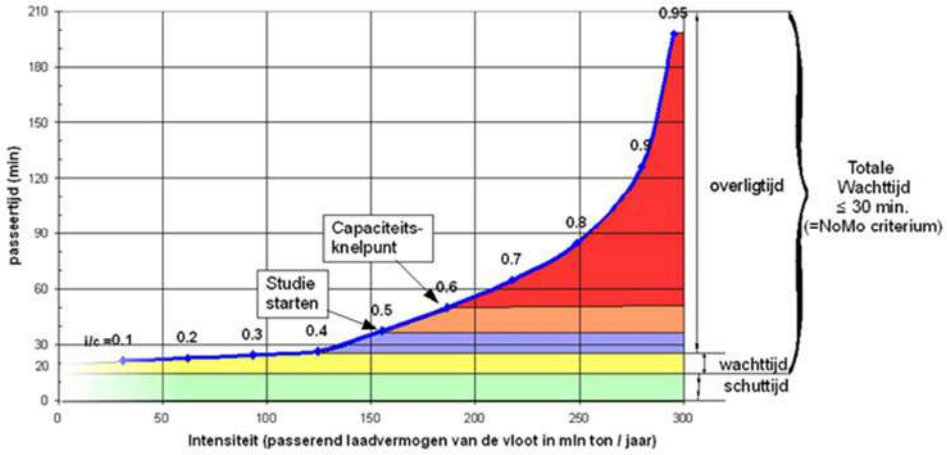
Corridor	Sluisnaam (Grijs: I/C < 0,5)	Max. aantal passages (2017 t/m 2019)		Motivatie voor selectie
		Beroeps	Recreatie	
Noord	Sluis Gaarkeuken	13.948	6.385	Voor betreffende sluizen geldt: - Liggen op HVWN - Hebben een dominante beroepsvaartfunctie (meer dan 10.000 passages per jaar) - Er is nog geen capaciteits-uitbreiding gepland
Noord	Houtribsluizen	36.419	17.364	
Noord	Oostersluis	13.373	6.619	
Noord	Oranjesluizen[6]	44.946	57.043	
Noord	Pr. Margrietsluis	17.486	22.226	
Noord	Zeesluis Farmsum	13.471	7.491	
Oost	Amerongen	10.961	5.143	
Oost	Eefde	13.171	1.496	
Oost	Pr. Beatrixsluis	47.330	5.080	
Oost	Pr. Bernardsluizen	28.300	2.087	
Oost	Pr. Irenesluis	32.657	2.219	
Zuid-Oost	Belfeld	18.158	8.348	
Zuid-Oost	Born	18.123	4.687	
Zuid-Oost	Grave[7]	12.655	8.959	
Zuid-Oost	Heel	16.796	3.856	
Zuid-Oost	Maasbracht	20.665	4.952	
Zuid-Oost	Pr. Maximasluizen	15.828	12.657	
Zuid-Oost	Sambeek	24.232	10.014	
Zuid-Oost	Sint Andries	9.144	3.318	
Zuid-Oost	Weurt	25.457	4.355	
Zuid	Hansweert	41.463	5.679	
Zuid	Krammersluizen	39.882	31.881	
Zuid	Kreekraksluizen	68.448	2.107	
Zuid	Volkeraksluizen	109.076	29.896	

De sluizen Delden en Schijndel voldoen niet aan het criterium van 'meer dan 10.000 passages vrachtbinnenvaart in een jaar' maar zijn toch opgenomen in de selectie. De reden hiervoor is dat de sluizen in het verleden als potentieel knelpunt zijn aangemerkt en schaalvergroting er voor zou kunnen zorgen dat er ondanks een verminderd aantal passages nog steeds een capaciteitsprobleem bestaat[8].

2.1.2 *Eerste filtering op basis van I/C-verhouding*

[6] Inclusief Prins Willem-Alexandersluis
[7] Het maximale aantal in 2017-2019 passeerde in het zeer droge jaar 2018. Over 2014-2020 ligt het gemiddelde aantal een kleine 3000 lager.
[8] Het effect van schaalvergroting op de verkeersafwikkeling bij een sluis kan zowel positief als negatief uitpakken. Dit is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden (sluisafmetingen en vlootsamenstelling).

Een eerste filtering op potentiële knelpunten is gemaakt door de in de vorige paragraaf gepresenteerde selectie van sluizen te analyseren op I/C-verhouding (intensiteit/capaciteit) voor basisjaar en toekomstjaren. De I/C-verhouding is een maat voor potentiële congestievorming. Naarmate deze waarde toeneemt, zal de vertraging voor de scheepvaart meer dan evenredig oplopen. Om een indruk te geven van wat de I/C-verhouding betekent voor de kwaliteit van de verkeersafwikkeling (gemiddelde passeertijd van alle schepen), is in figuur 11 voor een willekeurige sluis de relatie tussen verkeersbelasting, I/C-verhouding en gemiddelde passeertijd grafisch weergegeven.



Figuur 11. Relatie I/C-verhouding – passeertijd[9] voor een willekeurige sluis.

Bij een hoge verkeersbelasting van de sluis zien we de passeertijd exponentieel toenemen. In de praktijk betekent een I/C-waarde boven de 0,5 vaak dat er op korte termijn een probleem kan gaan ontstaan. Deze waarde is daarom gehanteerd als grenswaarde om een sluis als potentieel knelpunt te bestempelen. Hierbij is zowel naar de huidige situatie (2014, het basisjaar van de analyses) gekeken, als naar de zichtjaren 2030, 2040 en 2050 in de toekomstscenario's Hoog en Laag.

Uit deze analyse blijkt dat van alle sluizen uit Tabel 8 er een tiental aangemerkt kan worden als een potentieel knelpunt (I/C-waarde rond 0,5 of hoger, in een of meerdere van de onderzochte jaren/scenario's). Dit zijn de sluizen opgenomen in Tabel 9. Voor alle andere sluizen liggen de I/C-waarden in beide scenario's en in alle zichtjaren ruim onder de 0,5.

[9] Zie voor meer informatie over definities van passeer- en wachttijden van schepen bij sluizen (inclusief tijd-weg diagram) het simulatierapport 'Sluiscapaciteitsstudie IMA 2021'.

Tabel 9. Potentiële knelpunten die onderzocht worden.

Corridor	Sluisnaam
Noord: Rotterdam – Amsterdam – Noord Nederland)	Oranjesluizen (incl. Prins Willem-Alexandersluis)
	Houtribsluizen
	Prinses Margrietsluis
	Sluis Gaarkeuken
	Oostersluis
Oost: Rotterdam - Duitsland	Delden
Zuid-Oost: Rotterdam – Brabant/Limburg	Grave
	Sint Andries
	Weurt
	Schijndel
Zuid: Rotterdam – Antwerpen	Hansweert
	Krammersluizen
	Kreekraksluizen
	Volkeraksluizen

Bij de Krammersluizen zijn plannen voor een nieuw zoet-zoutscheidingssysteem. Met dit nieuwe systeem zullen de schuttijden, en daarmee ook de wacht- en passeertijden, drastisch verkort worden. Daarmee zullen de Krammersluizen vermoedelijk als potentieel knelpunt wegvallen.

Sluis Grave is in de analyse ook meegenomen, omdat deze onder andere in het MIRT-Onderzoek Vergroten Robuustheid Vaarwegen als robuustheidsknelpunt wordt genoemd. De dimensionering van dit sluiscomplex is namelijk als enige in Nederland niet toereikend voor het grootste type maatgevend schip (klasse Vb) dat op deze corridor kan worden ingezet. Dit ervaren capaciteitsprobleem treedt op tijdens piekbelasting bij laagwater op de Waal[10] of (gedeeltelijke) stremming van sluis Weurt, en is geen sprake van een structureel capaciteitsknelpunt in de zin van de IMA.

2.1.3 Simulatiestudie

De sluizen die hiervoor geïdentificeerd zijn als mogelijk knelpunt, zijn nader geanalyseerd met het microsimulatiemodel SIVAK. Dit model 'genereert' scheepvaartverkeer met gespecificeerde intensiteit (per uur van de week) en verdeling over grootteklassen, type, belading etc. en simuleert vervolgens hoe deze schepen door de sluis verwerkt kunnen worden. Op deze manier kan inzicht verkregen worden in de toekomstige kwaliteit van de verkeersafwikkeling (uitgedrukt in indicatoren als wachttijden, passeertijden en vaartuigverliesuren) per scenario en zichtjaar. Hierbij zijn geen extra kwantitatieve gevoeligheidsanalyses

[10] Bij laagwater op de Waal verkiezen veel schepen de route over de Maas (sluis Grave) boven de route over Waal en Maas-Waalkanaal (sluis Weurt). Daardoor zijn de wachttijden bij sluis Grave, gedurende perioden van laagwater, de afgelopen jaren opgelopen. De intensiteit is in deze perioden hoger dan onder omstandigheden waarbij er geen lage rivierafvoeren zijn.

gedaan, bijvoorbeeld om het effect van stremmingen op de wachttijd te onderzoeken.

Voor elke sluis is de volgende aanpak gehanteerd:

- Het uitgangspunt voor de simulatie is het geregistreerde verkeer in het basisjaar 2019 vanuit IVS. Aangezien de recreatievaart niet goed is geregistreerd in de IVS-data van 2019, is hiervoor data van 2018 gebruikt
- Het aantal passages per scheepsklasse in SIVAK is per week aangegeven: hiervoor is per week een seizoensfactor gehanteerd, die gebaseerd is op de intensiteit uit IVS
- Het aankomstpatroon (per type vaart) per uur van de week wordt als gemiddelde over het hele jaar uit IVS gehaald
- De SIVAK-resultaten verkregen met deze gegevens worden vergeleken met de in IVS Next geregistreerde aantallen schuttingen, passeer- en wachttijden
- De simulatieparameters worden per sluis zodanig ingesteld (gekalibreerd) dat de SIVAK- en IVS-resultaten voor het basisjaar 2019 zo goed mogelijk overeenkomen
- De vloten voor de zichtjaren worden bepaald op basis van de prognoses beschreven in hoofdstuk 1. De vlootsamenstelling voor de beroepsvaart is hieronder nader toegelicht
- Met deze vloten en simulatieparameters worden de simulaties voor de zichtjaren uitgevoerd

De resultaten van deze simulaties zijn uitgebreid beschreven in het simulatierapport 'Sluiscapaciteitsstudie IMA 2021', dat als bijlage dient bij de achtergrondrapportage Vaarwegen. Hierbij wordt een sluis als knelpunt bestempeld als de gemiddelde wachttijd in de maatgevende periode groter is dan 30 minuten. In de NMCA 2017 is hiervoor het verkeersaanbod van de drukste aaneengesloten periode van vier weken van het jaar gebruikt (uitsluitend voor de beroepsvaart). In deze IMA hanteren we de gemiddelde wachttijd over het hele jaar. Dit is met name om hierin ook de sterk variërende verkeersintensiteit van de recreatievaart mee te kunnen nemen. Bij sommige sluizen speelt dit namelijk een grote rol, wat niet altijd afdoende wordt weerspiegeld als alleen de weken met de hoogste intensiteit aan beroepsschepen onderdeel zijn van de analyse. Immers valt daarvan de piek niet noodzakelijkerwijs samen met de typische seizoenspiek van de recreatievaart. Dit is verder toegelicht in het simulatierapport. In de volgende hoofstukken worden de belangrijkste resultaten van deze studie bij de desbetreffende corridor weergegeven.

2.1.3.1 Vlootsamenstelling beroepsvaart

De prognoses voor het goederenvervoer uit hoofdstuk 1 vormen een belangrijke basis voor het sluiscapaciteitsonderzoek. Hiervoor is niet alleen de omvang van de vervoersstromen van belang, maar ook de samenstelling van het verkeer. Daarbij dient ook rekening gehouden te worden met ontwikkelingen in de vlootsamenstelling (zoals schaalvergroting) per goederensoort en locatie.

Voor iedere combinatie van herkomst, bestemming en goederensoort is een analyse gedaan naar de ontwikkeling van de relatieve aandelen van de scheepsgrootteklassen in het totale vervoer. Deze trend is doorgezet naar de zichtjaren 2030, 2040 en 2050 voor het verkrijgen van de toekomstige vlootsamenstelling.

2.2 Doorvaarthoogte en -breedte van bruggen

Naast de sluiscapaciteitsstudie, is ook een onderzoek naar de doorvaarthoogte en –breedte van bruggen onderdeel van deze IMA. In de volgende hoofdstukken wordt per (deel)corridor het aantal vaste bruggen weergegeven dat qua doorvaarthoogte niet voldoet aan de streefwaarde uit de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR). Alleen op grote (verwachte) knelpunten m.b.t. de doorvaarthoogte en -breedte van vaste bruggen wordt in de volgende hoofdstukken nader ingegaan.

Naast de doorvaarthoogte van vaste bruggen wordt in die hoofdstukken ook ingegaan op de doorvaarthoogte en -wijdte van beweegbare bruggen, welke enerzijds door toenemende intensiteit van weg, water en spoor en anderzijds door klimaatverandering een knelpunt kunnen gaan vormen.

In bijlage A worden de bruggen die niet voldoen aan de SVIR-streefwaarde nader omschreven.

Naar aanleiding van het toenemend aandeel high cube-containers, waardoor een 4-laags containerschip een doorvaarthoogte nodig heeft van 11,35 m in plaats van 9,10 m en een 3-laags containerschip een doorvaarthoogte nodig heeft van 8,65 m in plaats van 7,00 m, is in 2017 een kosten-batenanalyse uitgevoerd voor de directe generieke verhoging van bruggen over 11 vaarwegcorridors. In 2019 is een verdiepende analyse voor de vier kansrijke vaarwegcorridors opgeleverd. Het betreffen de volgende corridors:

- Westerschelde-Rijn/Antwerpen-Rotterdam
- Amsterdam-Rotterdam
- Amsterdam-Noord-Nederland
- Gekanaliseerde delen van de Maasroute (Weurt–Born)

Uitkomst op basis van deze twee onderzoeken is dat de MKBA-score voor verhoging van bruggen boven de huidige streefwaarden uit de SVIR op alle corridors negatief is. Ook de MKBA-scores bij de onderzochte beweegbare bruggen zijn negatief.

Gezien de negatieve uitkomsten van het MKBA-onderzoek, is de volgende beleidslijn van kracht:

- Uitgangspunt voor brughoogten blijft vooralsnog de huidige (inter)nationaal vastgestelde streefwaarden en normen voor doorvaarthoogtesystematiek van alle elf onderzochte corridors.
- Het aan de doorvaarthoogten gekoppelde aantal lagen containers vervalt,
- aangezien dit in de praktijk niet meer klopt door de opkomst van de high cube-container.
- Bij nieuwbouw of vervanging van bruggen zal per specifiek object op de vier meest kansrijke corridors maatwerk worden toegepast door aspecten als nautische veiligheid, cofinanciering en het economische/specifieke belang op (deel)corridorniveau af te wegen ten opzichte van de kosten van een hogere brug (dan streefwaarden). Hierbij zal worden gestreefd naar een toekomst-bestendige oplossing, waarbij verbeteringsmogelijkheden en innovaties worden meegewogen.
- Bij nieuwbouw of vervanging wordt, voor bruggen gelegen op alle elf onderzochte vaarwegcorridors en de bruggen gelegen in de zeehavengebieden, rekening gehouden met een per brug te bepalen extra hoogteopslag, voor zover hogere waterstanden in de toekomst invloed hebben op de vaarweg waarover deze brug gelegen is.
- De oeververbindingen in de zeehavengebieden zijn niet te vergelijken met die op de vaarwegcorridors aangezien hier naast grote binnenvaartstromen

ook veel zeevaart, haven gerelateerd hoog transport en kruisend scheepvaart-, spoor- en wegverkeer passeert. Voor deze oeververbindingen:
    - Wordt, daar waar IenW bevoegd gezag is, maatwerk toegepast waarbij de voorkeur uitgaat naar tunnelverbindingen om interactieproblemen van kruisend verkeer en nautische veiligheidsrisico's te vermijden. Deze aanpak is in lijn met decennialang gevolgde richtlijnen en beleid op dit punt.
    - Daar waar een tunnel niet mogelijk/haalbaar is, dient er te worden gekozen voor een zo hoog mogelijke beweegbare brug die de nautische veiligheid in het gebied zoveel mogelijk kan garanderen. Hierbij is de afweging van belang dat met een hoogte van minimaal 11,35 m boven de maatgevende hoogwaterstand interactieproblemen tussen kruisend landverkeer en de containerbinnenvaart kunnen worden vermeden.
    - Daar waar anderen bevoegd gezag zijn, probeert IenW als vaarwegbeheerder in samenspraak op dezelfde manier tot een geschikte oplossing te komen.
    - Bovenstaande eisen wegen minder zwaar indien er een goed vaarwegalternatief in het zeehavengebied beschikbaar is waardoor de onbelemmerde doorvaart richting het achterland niet in het geding komt.
- Bovenstaande sluit aan bij internationale streefbeelden die in de (CCR-)buurlanden voor soortgelijke vaarwegen worden gehanteerd. Vooralsnog worden ook daar geen grotere hoogtenormen voorzien ten gevolge van de opkomst van high cube-containers.

2.3 Ligplaatsen en overnachtingshavens

In onderstaande hoofdstukken wordt per (deel)corridor het aantal benodigde extra ligplaatsen vermeld. Voor de beschikbaarheid van ligplaatsen geldt dat om de 30 kilometer / 2 uur vaartijd een overnachtingshaven beschikbaar dient te zijn. Het aantal benodigde ligplaatsen per overnachtingshaven is afhankelijk van de verkeersintensiteit en de beschikbaarheid van overige ligplaatsen in de omgeving. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat de projecten die in het MIRT Overzicht - bij planuitwerking en realisatie - staan met betrekking tot het creëren van extra ligplaatsen worden gerealiseerd.

Voor de kegelvaart dient om de 60 kilometer / 4 uur varen een kegelligplaats beschikbaar te zijn. Het aantal benodigde kegelligplaatsen is afhankelijk van de transportstromen aan kegelplichtige goederen en dient bij de planning van overnachtingshavens te worden bepaald.

Elke grote overnachtingshaven (15 of meer ligplaatsen) moet een mogelijkheid hebben om een auto van en aan boord te zetten. Ook bij grote sluiscomplexen (meer dan 15.000 passerende schepen per jaar) is een autoafzetplaats nodig.

2.4 Corridoranalyse

De verschillende onderdelen die tot een capaciteitsbeperking op het vaarwegennetwerk kunnen leiden zijn geanalyseerd per corridor. Voor deze corridors is eenzelfde indeling aangehouden als bij het deeltraject IMA Goederenvervoer, waarbij gebruik gemaakt is van het Europese TEN-T-netwerk. De resulterende corridors zijn:

- Corridor Noord: Rotterdam–Amsterdam–Noord-Nederland
- Corridor Oost: Rotterdam–Duitsland
- Corridor Zuidoost: Rotterdam–Brabant/Limburg

- Corridor Zuid: Rotterdam–Antwerpen

De verschillende corridors zijn weergegeven in figuur 12 en worden afzonderlijk behandeld in de hoofdstukken 3 tot en met 6.



Figuur 12. De vier corridors: Noord (groen), Oost (oranje), Zuidoost (rood) en Zuid (blauw).

3 Corridor Noord: Rotterdam–Amsterdam–Noord-Nederland

Onder de noordelijke corridor vallen verschillende vaarwegen en kunstwerken. Hierbij gaat het allereerst om de vaarweg van Amsterdam via de Oranjesluizen en de Houtribsluizen naar Lemmer en vervolgens de vaarweg Lemmer-Delfzijl. Op dit traject zijn ook de Prinses Margrietsluis bij Lemmer, sluis Gaarkeuken en de Oostersluis geanalyseerd. Verder valt de verbinding Rotterdam-Amsterdam binnen corridor Noord, inclusief de Lek, het Lekkanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal.

3.1 Robuustheid

Op de vaarweg van Amsterdam via Lemmer naar Delfzijl hebben de Oranjesluizen, de Prinses Margrietsluis, de sluis Gaarkeuken, de Oostersluis en sluis Farmsum maar één (maatgevende) kolk. De Prins Willem Alexanderkolk van de Oranjesluizen is de enige toegang naar het noorden voor schepen langer dan 90m. Zulke schepen moeten bij een stremming van de Prins Willem Alexanderkolk 150 kilometer omvaren via de Geldersche IJssel. Een aanvullende beperking is dat de Geldersche IJssel bij lage afvoeren te smal en ondiep is om als omleidingsroute te worden gebruikt. Dit wordt ernstiger als gevolg van klimaatverandering. In paragraaf 4.4 wordt hier nader op ingegaan. Indien een van de andere sluiscomplexen gestremd is, dan is er geen (volledig) scheepvaartverkeer mogelijk tussen Rotterdam/Amsterdam en Delfzijl.

3.2 Sluiscapaciteit

Een aantal sluizen in corridor Noord is nader geanalyseerd met SIVAK. Dit betreft de Oranjesluizen, Houtribsluizen, Prinses Margrietsluis, Sluis Gaarkeuken en de Oostersluis. De SIVAK-analyse geeft per sluis de gemiddelde jaarlijkse wacht- en passeertijd (resp. Tabel 10 en Tabel 11) weer en daarnaast ook het aantal vaartuigverliesuren (Tabel 12). De gemarkeerde cellen geven weer, waar de wachttijdnorm wordt overschreden.

Tabel 10. Gemiddelde wachttijd beroepsvaart voor de onderzochte sluizen.

Sluis	**Gemiddelde wachttijd per jaar (minuten)**						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Noord: Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland							
Oranjesluizen	18	29	26	35	27	44	30
Houtribsluizen	18	33	27	39	28	51	32
Pr. Margrietsluis	19	44	39	47	38	55	38
Sluis Gaarkeuken	16	29	26	32	27	38	26
Oostersluis	22	50	44	55	45	64	46

Tabel 11. Gemiddelde passeertijd beroepsvaart voor de onderzochte sluizen.

Sluis	Gemiddelde passeertijd per jaar (minuten)						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Noord: Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland							
Oranjesluizen	27	39	35	45	37	54	40
Houtribsluizen	31	46	40	53	41	64	45
Pr. Margrietsluis	30	55	50	59	49	67	49
Sluis Gaarkeuken	28	41	38	44	38	50	38
Oostersluis	37	65	60	71	60	80	61

Tabel 12. Vaartuigverliesuren beroepsvaart door wachttijd voor de onderzochte sluizen.

Sluis	Vaartuigverliesuren per jaar (ten gevolge van wachttijd; in duizendtallen)						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Noord: Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland							
Oranjesluizen	11	23	19	29	20	39	22
Houtribsluizen	11	24	18	30	19	42	22
Pr. Margrietsluis	5	18	15	21	14	25	15
Sluis Gaarkeuken	3	9	8	11	8	14	8
Oostersluis	4	16	13	18	13	23	14

Uit deze resultaten komt naar voren dat elke sluis in de noordelijke corridor in meer of mindere mate een capaciteitsknelpunt vormt gegeven de vervoersvraag. De gemiddelde wachttijden bij de Oostersluis en de Prinses Margrietsluis overschrijden in vrijwel elk scenario de norm van 30 minuten. Door een lagere verkeersintensiteit heeft dit een minder groot effect op het aantal vaartuigverliesuren. Bij de Prinses Margrietsluis treden echter ook veel vaartuigverliesuren op door de volop aanwezige recreatie- en passagiersvaart, die niet zijn weergegeven in Tabel 12.

Bij de andere geanalyseerde sluizen in de noordelijke corridor – Oranjesluizen, Houtribsluizen en sluis Gaarkeuken – zijn er meerdere scenario's waarbij de wachttijd hoger is dan een half uur. In combinatie met de hoge verkeersintensiteit resulteert dit in relatief veel vaartuigverliesuren, met name bij de Oranjesluizen en Houtribsluizen.

Deze uitkomsten zijn gebaseerd op de oorspronkelijke goederenvervoerprognoses, waarbij verondersteld is dat de containerterminal voor de binnenvaart bij Veendam in gebruik is, terwijl dat niet meer het geval is. Op basis van de herziene prognoses is voor elk van de vijf noordelijke sluizen een extra simulatie gedaan voor het scenario 2040 Hoog, waarbij er sprake is van een lager aantal sluispassages. Voor de Oranjesluizen resulteert dit in een minimale vermindering van de gemiddelde wachttijd. Voor de andere sluizen is een grotere wachttijdreductie te zien. Echter, alleen voor sluis Gaarkeuken leidt dit ertoe dat de gemiddelde wachttijd onder de 30 minuten uitkomt in het scenario 2040 Hoog. Voor alle andere sluizen blijft dit erboven.[11] Wel is de ernst van de knelpunten met de herziene prognoses bij met name de Prinses Margrietsluis en de Oostersluis minder door de lagere wachttijd (minstens 10 minuten).

[11] Met de herziene prognoses zijn dit de gemiddelde wachttijden voor de sluizen in het noorden: 34 (Oranjesluizen), 34 (Houtribsluizen), 37 (Pr. Margrietsluis), 24 (Sluis Gaarkeuken) en 39 minuten (Oostersluis).

3.3 Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen

Rotterdam-Amsterdam
Voor wat betreft de doorvaarthoogte voldoen in principe alle bruggen op de Lek, Lekkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal aan de streefwaarde van 9,10 m. Een aantal bruggen heeft een gewelfde onderkant, waardoor de doorvaarthoogte aan de zijkant van de brug iets lager is.

Amsterdam - Lemmer
De Schellingwouderbrug bestaat uit een aantal vaste brugdelen en een beweegbaar deel. Het hoogste vaste brugdeel heeft een doorvaarthoogte van 8,5 m bij MHWS. Dit betekent dat 4-laags containervaart deze brug alleen kan passeren door het beweegbare deel.

Lemmer-Delfzijl
Op het Prinses Margrietkanaal hebben vijf beweegbare bruggen een beperkte doorvaartbreedte in het beweegbare deel voor schepen van CEMT-klasse Va. Vier van de vijf bruggen worden de komende jaren vervangen.

De lage (7,30 m t.o.v. MHWS) beweegbare spoorbrug bij Grou wordt een steeds groter knelpunt. De venstertijden van de spoorbrug, die onderdeel is van de staandemastroute, komt steeds verder onder druk te staan door toenemend trein- en scheepvaartverkeer.

Op het van Starkenborghkanaal voldoen alle vaste bruggen aan de streefwaarde van 9,10 m. De (te) lage beweegbare busbaanbrug wordt, net als de Gerrit Krolbrug, vervangen.

Op het Eemskanaal voldoen drie beweegbare bruggen, met slechts een enkele doorvaartopening van 16 m, niet aan de vigerende richtlijnen voor tweestrooksverkeer.

De Eelwerderbrug in de N33 voldoet qua doorvaarthoogte niet aan de vigerende richtlijnen, waardoor de brug, waar veel wegverkeer gebruik van maakt, vaak moet worden geopend.

Bij bijna alle beweegbare bruggen op dit traject zijn geen wachtvoorzieningen voor de beroepsvaart, met als gevolg dat bij een ongeplande stremming van een brug er niet kan worden afgemeerd.

Kaagbruggen
De venstertijden van de Ringvaartspoorbrug (nabij de Kaagbrug), die onderdeel is van de staandemastroute, komen steeds verder onder druk te staan door toenemend treinverkeer. Ook voldoen beide bruggen zowel qua doorvaarthoogte als –breedte niet aan de vigerende richtlijnen. De bruggen spelen voor de beroepsvaart echter een marginale rol.

3.4 Vaarwegdimensionering, klimaatinvloeden en bodemerosie

Rotterdam–Amsterdam
De Lek van Nieuwegein tot Schoonhoven is op enkele plaatsen ondiep en smal. Bij OLW (overeengekomen lage waterstand) is er nu slechts een waterdiepte van 3,15 m beschikbaar (o.a. nabij Klaphek). De vaargeulbreedte is met 80 m aan de smalle kant en de bochten nabij Lexmond en Ameide zijn aan de krappe kant.

Door het gereedkomen van een derde kolk bij de Beatrixsluizen kunnen er grotere schepen van 22,80 m breed varen op het Lekkanaal. Een klein deel van het Lekkanaal nabij de Overeindsebrug is buiten het project van de derde kolk gebleven en kent een relatief geringe breedte, waardoor de brede schepen van 22,80m elkaar moeilijk of niet kunnen passeren. Er zal monitoring plaatsvinden om dit knelpunt scherper in beeld te krijgen.

Het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) kent lokale versmallingen, vaak bij bruggen of woningen. Het standaard breedteprofiel van 100 m gaat dan terug naar 80 of 90 m. Op drie plaatsen kennen het Lekkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal een significante teruggang in het breedteprofiel. Voor het Lekkanaal is dit nabij de Overeindsebrug. In het Amsterdam-Rijnkanaal is dit nabij Maarssen en nabij de Amsterdamsebrug. Het breedteprofiel komt daar uit op ongeveer 70m. In het advies van de onafhankelijke adviescommissie D'Hooghe, die in opdracht van het ministerie van IenW en de gemeente Amsterdam onderzoek heeft gedaan naar de oeververbindingen voor de Rijkswateren in Amsterdam, is aangegeven dat een verbreding van deze bottleneck gelijktijdig met de door Amsterdam gewenste verbreding van de Amsterdamsebrug dient te worden opgepakt.

Voorts wordt de Demkabocht als onoverzichtelijk getypeerd. De buitenkant van de bocht wordt verruimd. De binnenbocht zou ook verruimd moeten worden, maar door de pijler van de oude Demkaspoorbrug is daar geen ruimte voor en dit blijft dus een aandachtspunt.

De mogelijke risico's die met de significante versmallingen gepaard gaan, worden opgevangen doordat het gebied deels onder VTS-begeleiding staat. Een verkeerspost levert de scheepvaart informatie aangaande kruisend, oplopend en ontmoetend verkeer, vooral in de krappe en onoverzichtelijke delen. Uitgezonderd is de versmalling in het Lekkanaal bij de Overeindsebrug, ter plaatse van de kruising Lekkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. De lopende monitoring zal uitsluitsel moeten geven of ook op de kruising van het Lekkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal VTS-begeleiding noodzakelijk wordt geacht.

<u>Bodemproblematiek ARK</u>
Er wordt onderzoek gedaan naar de bodemproblematiek van het ARK waarbij uitspoeling en kwel naar de polders bij Loenen aan de Vecht zijn gesignaleerd. Er wordt een geologisch model gemaakt om te achterhalen waar de kwel vandaan komt.

<u>Noordzeekanaal</u>
Voor binnenvaartschepen zijn er geen beperkingen qua vaarwegbreedte en –diepte in de buitenhaven IJmuiden en op het Noordzeekanaal. Er is wel sprake van verondiepingen in de recreatiegeulen van het buiten-IJ, waardoor de recreatievaart naar de binnenvaart wordt geduwd, hetgeen voor onveilige situaties kan zorgen.

Voor de zeevaart is vooral de diepte een beperkende factor, maar ook de breedte is in bepaalde gevallen maatgevend. De dieptebeperking wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de aanwezige tunnels, waarbij de Velserspoortunnel en de Coentunnel de grootste bottlenecks zijn en er een snelheidsbeperking en sleepbootregeling van kracht zijn.

De Velserpont, Kruithaven en Hemspoortunnel leveren geen grote beperkingen op ten aanzien van de diepgang of de vaarsnelheid. Wel dienen schepen met een

diepgang van 14,05 m en groter dan Panamax met een lagere snelheid de kunstwerken te passeren.

De kielspeling van zeeschepen is bij bovengenoemde objecten gering. Schroefwerking van grote zeeschepen zorgt voor erosie van tunneldeklagen waar op een aantal plekken weinig meer van over is. Er is een onderzoek gestart naar het risicoprofiel van tunnels door invloed van de zeevaart.

De klimaatinvloeden op het Noordzeekanaal zullen door middel van stresstesten worden onderzocht. Vooral zoutindringing zal een steeds grotere rol gaan spelen, zeker ook door het gereedkomen van de nieuwe zeesluis IJmuiden waardoor de zoutlast is verdubbeld. Selectieve onttrekking van zoetwater moet de indringing van zout water tegengaan.

Tot slot dient te worden opgemerkt dat de middensluis semi geblokkeerd is door de deurkas van de nieuwe zeesluis IJmuiden. De lengtebeperking zorgt voor een verlaagde capaciteit van de middensluis.

Amsterdam-Lemmer
Het Naviduct Krabbersgat is technisch ontworpen voor schepen van CEMT-klasse Va. De aanliggende infrastructuur (de wacht- en opstelplaatsen) is echter alleen geschikt voor de recreatievaart die daar bovendien behoorlijk in de wind ligt, waardoor de nautische veiligheid in het geding kan komen. Er is een studie gestart om dit nader te onderzoeken.

Zoutindringing in het IJsselmeergebied neemt toe, maar vormt tot dusver nog geen grote problemen bij de Lorentzsluizen en Stevinsluizen.

Lemmer-Delfzijl
De hoofdvaarweg Lemmer–Delfzijl is opgewaardeerd naar een klasse-Va vaarweg. O.a. qua vaarwegprofiel, remmingswerken, oevers en kades voldoet de vaarweg echter niet overal aan de nieuwe vaarwegklasse. Na gereedkomen van het programma Hoofdvaarweg Lemmer–Delfzijl, zal deze vaarweg voldoen aan een klasse CEMT-klasse Va-vaarweg.

In de zomermaanden passeert zeer veel recreatievaart (staandemastroute) sluis Lemmer die slechts beschikt over één sluiskolk. Het aantal wachtplaatsen is voor de recreatievaart ontoereikend en de wachtvoorzieningen zijn te kort voor de maatgevende beroepsvaart. In de sluiskolk dient aan betonnen palen te worden afgemeerd, die niet geschikt zijn voor de beroepsvaart en ook voor de recreatievaart niet ideaal zijn. Bovendien zijn de betonnen palen in de sluis en bij de wachtplaatsen instabiel aan het raken door te beperkte fundering.

De sluis bij Terherne –die altijd openstaat- wordt gezien als nautisch knelpunt, omdat de doorvaartbreedte van sluis te smal is voor doorvarende schepen. Zo treden er hinderlijke stromingen op bij het passeren van dit object. De recreatievaart tussen twee watersportcentra in Sneek en Grou moeten deze sluis ook passeren, hetgeen zorgt voor oponthoud en gevaarlijke situaties.

De zeesluis bij Farmsum is verzakt wat effect heeft op de waterkerende functie. Samen met de zeespiegelstijging heeft dit effect op het gebruik (beschikbaarheid) van de sluis. Voor maatgevende (zee) schepen van 143,50m is de sluis inmiddels ruim de helft van de tijd niet beschikbaar wat wordt veroorzaakt door het feit dat de vloeddeuren alleen kunnen worden gebruikt bij hoogwater. Door aardgaswinning is

er sprake van bodemdaling wat in de toekomst invloed kan hebben op het peilbeheer.

Ook het Eemskanaal zal op termijn hinder gaan ondervinden van bodemdaling wat zich uit in kwelwater langs het kanaal. Het water kan dan onder de damwanden doorsijpelen.

3.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens

Rotterdam–Amsterdam
Op het traject Rotterdam-Beatrixsluizen zijn in totaal 12 extra ligplaatsen nodig. Langs de Beneden-Lek bij Bergambacht is Rijkswaterstaat voornemens acht nieuwe ligplaatsen aan te leggen in 2022.

Noordzeekanaal
Er wordt voldaan aan de eis dat iedere 30 kilometer een overnachtingsgebied aanwezig is. Op basis van onderzoek is geconstateerd dat er in 2040 een te kort van circa 27 ligplaatsen zal zijn is op het Noordzeekanaal. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de groei van grotere schepen, duwbakken en door toename van schepen met 2 kegels door wetswijziging rond het vervoer gevaarlijke stoffen.
Ook de kwaliteit van de huidige ligplaatsen is een aandachtspunt, waarvan een aantal ligplaatsen middels een impulsprogramma worden opgeknapt.
Ten aanzien van ligplaatsen voor kegelschepen moet worden opgemerkt, dat op dit moment wordt onderzocht of het mogelijk is om kegelschepen gemengd ligplaats te laten nemen, onderling gemengd of zelfs gemengd met niet-kegelschepen. Eén en ander zal worden uitgewerkt in een landelijke beleidsregel *gemengd afmeren van kegelschepen*.

Amsterdam-Lemmer
Er is een tekort aan ligplaatsen op de vaarweg tussen Amsterdam en Lemmer.
In de planuitwerking van het hieromtrent lopende MIRT-project wordt onderzocht, op welke manier en op welke locaties het ligplaatsentekort kan worden opgelost. Gedacht kan worden aan zowel uitbreiding en verbetering als herstructurering van de huidige ligplaatsen rond de Oranjesluizen en de Houtribsluizen.

Lemmer-Delfzijl
Er is geen sprake van ligplaatstekorten op de vaarweg Lemmer-Delfzijl. Wel zijn de ligplaatsen gesitueerd in het vaarwegprofiel, waardoor er een versmalling van de vaarweg optreedt. Dit is nautisch gezien niet wenselijk en kan zorgen voor onveilige situaties. Bij de meeste ligplaatsen is er geen mogelijkheid om een auto van/aan boord te zetten, omdat ligplaatsen niet tegen de oever aanliggen maar aan palen die een aantal meter uit de oever staan.

4 Corridor Oost: Rotterdam–Duitsland

De oostelijke corridor omvat de routes richting Oost-Nederland en Duitsland. Aangezien de Lek al behandeld is in de noordelijke corridor, ligt in dit hoofdstuk de focus op de Waal, de Nederrijn, het Pannerdensch Kanaal, een deel van de Geldersche IJssel (tot aan Zutphen) en de Twentekanalen. Op deze laatste vaarweg ligt ook sluis Delden, waarvan de capaciteit nader geanalyseerd is.

4.1 Robuustheid

De Waal is ongestuwd en daardoor gevoelig voor laagwater (zie ook paragraaf 4.4), maar heeft geen last van capaciteitsbeperkingen door sluizen. Bij de Maas en de Lek-Nederrijn is de situatie net omgekeerd. Deze rivieren zijn wel gestuwd en hebben zodoende minder last van lage afvoeren, maar hier speelt de capaciteit, beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de sluis- en stuwcomplexen een grote rol.

Op de Nederrijn bevinden zich drie stuw- en sluiscomplexen (Hagestein, Amerongen en Driel) met slechts één sluiskolk. Het grootste gedeelte van de tijd (stuw Hagestein staat ongeveer veertig dagen per jaar open) dient de scheepvaart het complex te passeren via de sluiskolk. Indien een van deze drie sluiscomplexen gestremd is, dan kan de scheepvaart, zonder beperkingen, omvaren via de Waal en het Amsterdam-Rijnkanaal.

De alternatieven voor de Waal, via de Lek-Nederrijn of via de Maas, hebben te weinig capaciteit doordat daar met kleinere schepen (maximale CEMT-Klasse Va) gevaren kan worden. Ook de sluiscomplexen vormen, door de beperkte capaciteit, een bottleneck (zie ook volgend hoofdstuk).

Scheepvaart richting Hengelo en Enschede komt twee sluiscomplexen (Sluis Delden en Sluis Hengelo) tegen met elk maar één sluiskolk. In geval van storing of onderhoud bij een van deze sluizen is er geen scheepvaart mogelijk op dit traject.

4.2 Sluiscapaciteit

In corridor Oost is sluis Delden de enige sluis die nader geanalyseerd is met SIVAK. De gemiddelde jaarlijkse wacht- en passeertijden per scenario zijn te vinden in Tabel 13 en Tabel 14. Tabel 15 laat het aantal vaartuigverliesuren zien.

Tabel 13. Gemiddelde wachttijd beroepsvaart voor de onderzochte sluis.

	Gemiddelde wachttijd per jaar (minuten)						
Sluis	*2019*	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Oost: Rotterdam – Duitsland							
Delden	32	29	26	31	25	37	26

Tabel 14. Gemiddelde passeertijd beroepsvaart voor de onderzochte sluis.

	Gemiddelde passeertijd per jaar (minuten)						
Sluis	*2019*	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Oost: Rotterdam – Duitsland							
Delden	52	48	46	51	44	57	46

Tabel 15. Vaartuigverliesuren beroepsvaart door wachttijd voor de onderzochte sluis.

Sluis	Vaartuigverliesuren per jaar (ten gevolge van wachttijd; in duizendtallen)						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Oost: Rotterdam – Duitsland							
Delden	4	3	3	4	2	5	3

Sluis Delden is al een knelpunt in de uitgangssituatie. Hoewel het aantal passages in het scenario '2030 Hoog' vergelijkbaar is met dat in 2019, zorgt de veranderde vlootsamenstelling ervoor dat de wachttijd in eerste instantie lager wordt. In de scenario's '2040 Hoog' en '2050 Hoog' resulteert een hoger aantal passages wel in een overschrijding van de wachttijdnorm. Vergeleken met de andere corridors komt hier minder scheepvaartverkeer langs, waardoor het aantal vaartuigverliesuren relatief laag is.

4.3 Doorvaarthoogte en –wijdte van bruggen

Waal
Alle bruggen over de Waal voldoen aan de SVIR-streefwaarde van 9,10 m bij maatgevend hoogwater scheepvaart (MHWS). Hierbij moet worden opgemerkt, dat voor de Rijntakken die vallen onder de reglementen van de CCR een andere hoogwaterreferentie geldt (namelijk MHW) dan voor overige wateren, waarvoor de definitie van MHWS uit Richtlijn Vaarwegen[12] geldt. MHW is de hoogwaterstand bij een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith en ligt aanzienlijk hoger dan MHWS.

Uitgaande van deze CCR-norm zijn er enkele bruggen die niet voldoen aan de streefwaarde van 9,10 m. Het gemiddelde hoogwaterpeil is doorgaans een aantal meter lager dan MHW, waardoor de Waal eenvoudig met vier lagen high cube-containers en zelfs met vijf lagen high cube-containers in periodes van gemiddelde waterstanden kan worden bevaren. Door klimaatverandering neemt de frequentie van hoogwater op de Rijn toe, waardoor het aantal dagen per jaar dat er onvoldoende doorvaarthoogte beschikbaar is, zal toenemen.

Conform de CCR-Richtlijnen dienen de pijlers van de (nieuwe) bruggen over de Waal zich, vanuit verkeersveiligheid, buiten de vaarweg te bevinden. Een drietal bruggen voldoet hier niet aan.

Voor wat betreft de beweegbare bruggen staan de bedientijden in het Rotterdamse havengebied en de Drechtsteden onder druk. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de toename van het weg-, scheepvaart- en treinverkeer en het toenemende aandeel high cube-containers (die circa 30cm hoger zijn dan de standaard container) en anderzijds door de zeespiegelstijging die zorgt voor hogere waterstanden. Hierdoor neemt de doorvaarthoogte van de bruggen af, waardoor deze vaker geopend moeten worden. Dit speelt in de Drechtsteden vooral bij de beweegbare stads- en spoorbrug bij Dordrecht.

Bij de aansluiting op het Hartelkanaal zijn de beweegbare Hartelbrug en Harmsenbrug kwetsbaar vanwege de beperkte bedientijden en brughoogte. Ook de vaste Suurhoffbrug vormt een knelpunt door de beperkte doorvaarthoogte.

[12] Richtlijn Vaarwegen 2020, kader verkeerskundig vaarwegontwerp Rijkswaterstaat

De Willemsbrug is beperkt kwetsbaar voor 4-laags high cube containervaart. Voor de Willemsbrug is bovendien een alternatieve route via de permanent geopende Hefbrug en beweegbare Koninginnebrug beschikbaar. Ook de Algerabrug bij de Hollandse IJssel is vaak onvoldoende hoog, maar kan onder vaste bedientijden geopend worden.

Lek en Nederrijn
Op de Lek en Nederrijn zijn geen grote doorvaarthoogteknelpunten geconstateerd: de bruggen voldoen ruim 99,5% van de tijd aan een doorvaarthoogte van 9,10 m.

Amsterdam-Rijnkanaal, traject Nieuwegein-Tiel
Het Amsterdam-Rijnkanaal, traject Nieuwegein-Tiel kan worden onderverdeeld in twee vaarwegpanden: Nieuwegein-Prinses Irenesluis en Prinses Marijkesluis-Tiel (Betuwepand).

Op het vaarwegpand: Nieuwegein-Prinses Irenesluis voldoen twee bruggen net niet aan de SVIR-streefwaarde van 9,10 m. Het betreft een kanaal met een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking het hele jaar geldt.

Op het Betuwepand voldoen drie bruggen niet aan de streefwaarde van 9,10 m bij MHWS. De MHWS is beduidend hoger dan de gemiddelde waterstand, waardoor de hoogtebeperking in de praktijk meevalt. Circa 10 dagen per jaar voldoen deze drie bruggen niet aan een doorvaarthoogte van 9,10 m.

Geldersche IJssel en Twentekanalen
De routes vanaf de Rijn naar het achterland van Oost-Nederland kunnen worden onderverdeeld in drie deeltrajecten: Pannderdensch Kanaal, Geldersche IJssel (Arnhem-Zutphen) en de Twentekanalen.

Pannderdensch Kanaal
Op het Pannderdensch Kanaal bevinden zich geen bruggen. Bij de geplande doortrekking van de A15 tot Zevenaar zal een wegbrug op 9,10 m t.o.v. MHW worden aangelegd.

Geldersche IJssel (Arnhem-Zutphen)
Op de Geldersche IJssel (t/m Zutphen) voldoen zes bruggen niet aan de streefwaarde van 9,10 m bij MHWS. Het overgrote deel van de scheepvaart vaart richting de Twentekanalen die een streefwaarde kennen van slechts 7,00 m. Hierdoor vormen vier van de zes bruggen op dit traject geen groot knelpunt. De Oude IJsselbrug Zutphen en IJsselspoorbrug, die allebeide deels beweegbaar zijn (hefbaar deel), worden wel als knelpunt aangemerkt. Vooral voor de (hoge) containervaart is dit een knelpunt, omdat deze schepen ook bij lagere waterstanden gebruik moeten maken van de te smalle beweegbare hefbruggen. Oorzaak van het te krappe beweegbare deel is dat de brugpijlers naar de bodem toe breder worden en de doorvaartbreedte bij een waterstand van NAP +0,5 m nog maar 8,50 m is voor dieperliggende schepen.

Door klimaatverandering neemt de frequentie van hoogwater toe, waardoor het aantal dagen per jaar dat bruggen niet voldoen aan de SVIR-streefwaarde zal toenemen.

Twentekanalen

Op de Twentekanalen voldoen een groot aantal bruggen niet aan een doorvaarthoogte van 7,00 m. Het betreft een kanaal met een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking het hele jaar geldt.

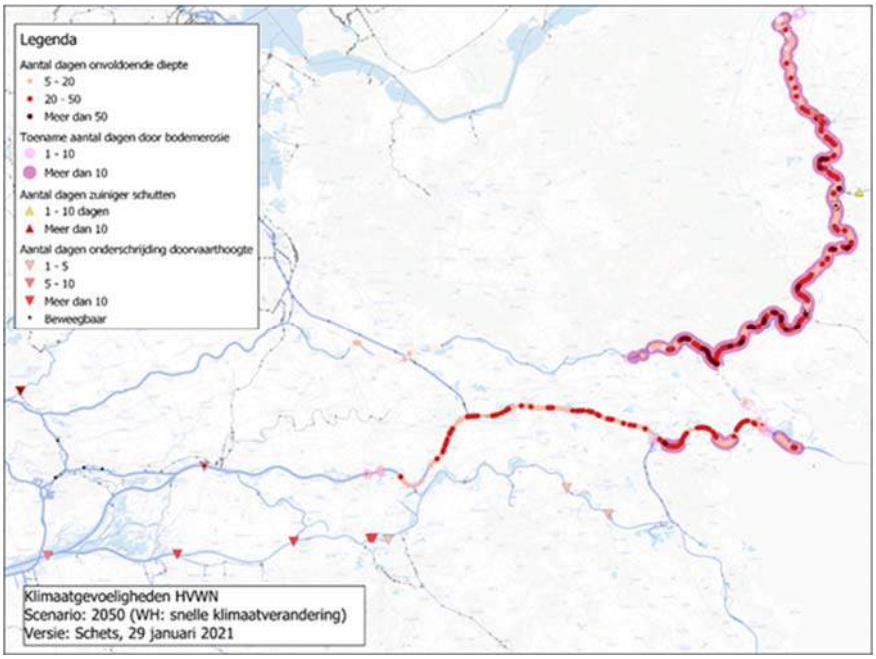
4.4 Vaarwegdimensionering, bodemerosie en klimaatinvloeden

Het mechanisme waarmee droogte effecten sorteert voor de scheepvaart, laat zich kort samenvatten: bij lagere rivierafvoeren (droogte) neemt de waterstand op ongestuwde rivieren af en daardoor kunnen schepen minder diep laden. De droogteproblematiek wordt erger in combinatie met bodemerosie, waarbij de bodem niet overal in gelijke mate mee daalt vanwege plaatselijk voorkomende harde(re) bodemlagen, steenbestortingen, kabels en leidingen. Er ontstaan – als het ware – drempels in de vaarweg en bij aansluitingen van sluizen en kanalen op de rivier.

Waal

De Waal is de belangrijkste transportas van het Nederlandse vaarwegennetwerk. Er zijn internationale afspraken waarbij het waterdieptecriterium (2,80 m, bij een geulbreedte van 150 m) maximaal 20 dagen per jaar onderschreden mag worden.

In de huidige omstandigheden wordt dit criterium niet gehaald op enkele locaties. Bij snelle klimaatverandering zijn er zeer veel locaties op de Waal niet aan dit criterium voldoen; in de kaart kleuren die oranje of zelfs donkerrood (net benedenstrooms van de vaste laag bij Nijmegen), zie figuur 13. Aangezien het meest ondiepe punt bepalend is voor de kwetsbaarheid van een vaarweg, is dit punt maatgevend in de Waal voor de bedreiging van onvoldoende waterdiepte voor de scheepvaart.



Figuur 13. Effecten klimaatverandering en bodemdaling.

De Waal kan in verschillende trajecten met verschillende kenmerken worden gesplitst, met een knip bij het Maas-Waalkanaal, bij het Amsterdam-Rijnkanaal en bij het Kanaal van Sint Andries. Het meest bovenstroomse traject (bovenstrooms

van het Maas-Waalkanaal) is het meest kwetsbaar, maar ook de trajecten benedenstrooms hiervan (tussen Maas-Waalkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal en tot Sint Andries) zijn over lange trajecten kwetsbaar voor lage rivierafvoeren. Benedenstrooms van het Kanaal van Sint Andries is enkel de lokale ondiepte benedenstrooms van de vaste laag een significant knelpunt. Door de sedimentatie neemt de waterdiepte westelijk van Zaltbommel af, maar zorgt dit in dit scenario niet tot een significant knelpunt.

Doordat de bodem van de Boven-Waal sterker erodeert dan die van het Pannerdensch Kanaal op het splitsingspunt, verschuift de afvoerverdeling ten gunste van de Waal. Hierdoor neemt de afvoer naar de Waal toe, wat een positief effect heeft op de waterdiepte bij de alluviale trajecten. Daarentegen zorgt de dalende bodem nog steeds voor vaardiepteknelpunten o.a. bij vaste lagen en obstakels in de vaarweg (Nijmegen, Erlecom, sluis Weurt), waardoor de effectieve vaardiepte afneemt en deze locaties als knelpunt significanter worden.

Pannerdensch Kanaal
Het Pannerdensch kanaal kent twee grote knelpunten. De eerste is de ingang van het kanaal bij het splitsingspunt Pannerden. Bij Pannerden erodeert de bodem van de Waal sneller dan die van het Pannerdensch Kanaal, zodat de monding van het kanaal hoger komt te liggen ten opzichte van de Waal.

Het tweede knelpunt bevindt zicht op het einde van het Pannerdensch kanaal bij het splitsingspunt IJsselkop nabij Westervoort tussen de Nederrijn en de IJssel. De IJssel erodeert sneller dan de gestuwde Nederrijn. Hierdoor komt de Nederrijn tot Driel relatief hoger te liggen, hetgeen leidt tot stroomverlamming en sedimentatie (aanzanding).

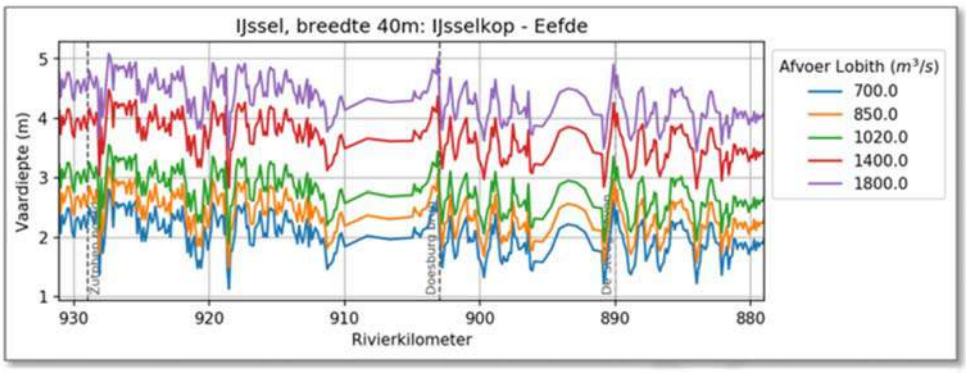
IJssel
Het vaarwegprofiel van de Boven-IJssel (IJsselkop–Zutphen) voldoet, zelfs bij hoogwater, niet aan de vigerende richtlijnen van een klasse Va-vaarweg. De IJssel wordt gezien als een lastig te bevaren vaarweg, o.a. omdat de rivier zeer veel bochten kent. Hierdoor ontstaan op vele plaatsen karakteristieke rivierbochtprofielen, met een diepe smalle buitenbocht en ondiepe binnenbocht, waardoor de bevaarbare breedte beperkt is.

De problematiek van de IJssel is meervoudig: bij lage afvoeren wordt de Geldersche IJssel zowel te ondiep als te smal, zie figuur 14. Bij deze afvoeren is de breedte waarover de gewenste vaardiepte van 2,50 m beschikbaar is, op sommige locaties nog slechts 20 meter of zelfs geringer, waardoor er sprake is van eenrichtingsverkeer. Dit probleem wordt ernstiger als gevolg van klimaatverandering.

Bij lage afvoeren ontstaan ernstige breedte-diepteknelpunten bij De Steeg, Cortenoever en Zutphen.

De eerder beschreven verschuiving van de afvoerverdeling leidt tot een lagere afvoer naar de IJssel waardoor de gevoeligheid voor onvoldoende diepte en breedte toeneemt.

De IJssel bovenstrooms van het Twentekanaal is het meest problematisch en daardoor het meest kwetsbaar. Benedenstrooms van Zutphen zijn er nog enkele problematische bochten maar neemt de kwetsbaarheid af.



Figuur 14. Breedte IJssel bij verschillende rivierafvoeren.

De aansluiting naar het Twentekanaal (nabij sluis Eefde) is een beperkende ondiepte. Door bodemerosie (en afvoerreductie) neemt de waterdiepte in 2050 nog verder af. Voor sluis Eefde geldt dat er in 2050 regelmatig onvoldoende water beschikbaar is voor het schutbedrijf en vaker waterbesparende maatregelen getroffen moeten worden.

Nederrijn
De waterstand op de Nederrijn in het stuwpand Driel staat in vrije verbinding met de IJssel. Onvoldoende waterdiepte op de IJssel staat daarom vaak gelijk aan onvoldoende waterdiepte op dit traject. Dit heeft met name invloed op de bereikbaarheid van Arnhem.

Op de Nederrijn doet zicht hetzelfde probleem voor als bij Pannerden: de IJssel erodeert sneller en trekt daardoor meer water naar zich toe. Het gevolg is een hogere bodem, lagere waterstanden en daardoor ook stroomverlamming en aanzanding op het traject IJsselkop-Driel.

Door de huidige stuwsturing bij stuw Driel worden de stuwbogen 50 tot 60 dagen per jaar minder geheven dan voorheen. Dit leidt ertoe, dat de opruimcapaciteit van de rivier t.a.v. sediment afneemt en daardoor de aanzanding toeneemt.
De diepte benedenstrooms in stuwpand Hagestein wordt zonder maatregelen enigszins beperkend, maar dit kan vermoedelijk worden opgelost met baggeronderhoud.

Amsterdam-Rijnkanaal, traject Nieuwegein-Tiel
Vanwege extra zoetwatertoevoer (o.a. om zoutindringing elders tegen te gaan) wordt incidenteel een van de twee kolken van de Prinses Irenesluizen ingezet voor waterinlaat, waardoor de schutcapaciteit halveert. De duwvaartkolk blijft dan beschikbaar t.b.v. de binnenvaart. Het beperkt zich vooralsnog tot enkele dagen per jaar. Hoe frequent dit in de toekomst zal plaatsvinden wordt nader onderzocht.

4.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens

Waal
Steeds meer en steeds grotere schepen bevaren de Boven-, Beneden- en Nieuwe Merwede. Door 4 extra overnachtingsplaatsen bij Gorinchem kunnen schippers zich houden aan de wettelijk voorgeschreven vaar- en rusttijden en zijn er op dit traject geen knelpunten betreffende ligplaatsen.

Met het realiseren van de toekomstige (2023) overnachtingshaven bij Spijk komen er circa 50 ligplaatsen bij waarvan 10 ligplaatsen voor kegelschepen. Het totale aanbod komt daarmee uit op 130 ligplaatsen op het traject Haaften – IJzendoorn–Weurt-Lobith. Na opening van de overnachtingshaven Spijk zijn er op korte termijn in een gemiddeld jaar 0 en in een droog jaar tussen de 3 en 17 extra ligplaatsen nodig op het traject. Hierbij wordt aangenomen, dat de capaciteit van de nieuw te realiseren overnachtingshaven Spijk direct volledig wordt benut. De impact van de nieuwe overnachtingshaven Spijk op het overnachtingsgedrag moet echter uit de praktijk blijken. Hier moet rekening mee worden gehouden bij de interpretatie van deze analyse. Er zijn geen verdere aanwijzingen dat er een tekort zou bestaan aan (1- of 2-) kegelligplaatsen.

Op het traject Willemstad-Haaften is er momenteel sprake van een klein tekort of van net voldoende ligplaatsen (vraag tussen de 35-39, en aanbod van 33-38 ligplaatsen). De vraag op basis van de prognose voor de passages neemt naar verwachting richting 2030 toe naar 48-51 ligplaatsen. Het aanbod zal dan mee moeten groeien met circa 15-18 ligplaatsen, ten opzichte van het huidige aanbod. Langs het hele traject neemt het aantal scheepspassages toe. Er zal daardoor een enkele extra ligplaats ter hoogte van Haaften (ordegrootte 1-3) nodig zijn. Het zwaartepunt van het tekort zal zich echter rondom Werkendam en Gorinchem bevinden. Naar verwachting zal het tekort hier 12-15 ligplaatsen bedragen.

De richtlijn vaarwegen 2020 geeft aan dat overnachtingsplaatsen niet langer dan circa 2 uur varen uit elkaar mogen liggen, zodat de binnenvaartschippers zich kunnen houden aan de in de Binnenvaartwet voorgeschreven rusttijden. Op vaarwegen zonder sluizen zoals het traject over de Waal Haaften-IJzendoorn-Weurt-Lobith komt dit neer op een onderlinge afstand van circa 30 km tussen de overnachtingsplaatsen.

Sluis Weurt ligt op een afstand van circa 24 km vanaf de dichtstbijzijnde overnachtingsplaatsen bij Lobith (ten oosten) en 21 km vanaf IJzendoorn (ten westen). Conform de RVW 2020 zijn dus bij Weurt voldoende overnachtingsplaatsen nodig ten behoeve van het doorgaande verkeer op de Waal.

Bij het sluiscomplex Weurt komt het regelmatig voor dat schepen breder worden afgemeerd langs de remmingwerken dan officieel is toegestaan. Daarbij wordt sluis Weurt ook gebruikt als ligplaats voor schepen die vracht in het achterland (bijvoorbeeld Maasbracht) moeten lossen, waarvoor sluis Weurt de enige ligplaats is die gebruikt kan worden. De behoefte aan extra ligplaatsen geldt zowel aan de binnenzijde (Maas-Waalkanaal) voor schepen die sluis Weurt moeten passeren, als aan de buitenzijde (Waal) voor passerende schepen op de Waal die een overnachtingsplaats nodig hebben. De oostkolk van sluis Weurt dateert van 1927 er wordt momenteel groot onderhoud uitgevoerd aan diverse rol- en hefdeuren. Daarbij wordt ook naar sluis Weurt gekeken in het kader van het programma Vervanging & Renovatie (VenR) in het project Weurt–Heumen.

<u>Lek en Nederrijn</u>
Uit onderzoek is gebleken dat er een te kort aan overnachtingsplekken is op de Lek. Op het traject Beatrixsluizen – Rotterdam zijn in totaal 12 extra plaatsen nodig, waarvan er acht in 2022 worden gerealiseerd bij Bergambacht.

Op de Nederrijn bevinden zich geen overnachtingshavens. Schepen maken gebruik van de wacht- en opstelplaatsen bij stuw- en sluiscomplexen Hagestein, Amerongen en Driel om te overnachten met toestemming van de sluiswachter.

Geldersche IJssel en Twentekanalen

Op de Geldersche IJssel en Twentekanalen zijn, na uitvoering van het MIRT-project ligplaatsen Boven-IJssel, voldoende overnachtingsplaatsen voor de scheepvaart.

5 Corridor Zuidoost: Rotterdam–Brabant/Limburg

De corridor Zuidoost omvat onder andere de Maas (met daarin sluis Grave waarvan de capaciteit onderzocht is), het Maximakanaal en de Zuid-Willemsvaart (met sluis Schijndel). De Waal is onder corridor Oost geschaard, al vallen sluizen Sint Andries en Weurt wel binnen de Zuidoost corridor omdat deze de verbinding met de Maas faciliteren.

5.1 Robuustheid

Op de Noord-Zuidtak van de Maas bevindt zich het sluizencomplex Weurt. Het sluizencomplex kent met twee kolken bij gemiddelde waterstanden geen capaciteitsbeperkingen. Bij hoogwater (NAP +10 m of hoger[13]) dient er echter getrapt geschut te worden, wat zorgt voor een beperking in scheepslengte en extra schuttijd. Bij laagwater (< NAP +7,20 m[14]) neemt de diepgang, veroorzaakt door de beperkte drempeldiepte, van de Oostkolk en daarmee ook de capaciteit sterk af. In de capaciteitsstudie voor sluis Weurt is rekening gehouden met deze laagwaterbeperkingen. Klasse Vb-schepen kunnen alleen via Weurt de Maas bereiken, aangezien sluis Grave slechts geschikt is voor maximaal Va-schepen. Daarmee is de bereikbaarheid van de Maas voor Vb-schepen gevoelig voor storingen bij Weurt. De oude sluiskolk bij Weurt is opgenomen in de vervangings- en renovatieopgave.

Door klimaatveranderingen zullen de periodes van hoogwater en waterschaarste op de Noord-Zuidtak van de Maas toenemen. Tijdens lage rivierafvoeren is er onvoldoende waterafvoer beschikbaar voor het schutbedrijf, waardoor er waterbesparende maatregelen nodig zijn, hetgeen van invloed kan zijn op de wachttijden bij de sluizen. In paragraaf 5.5 wordt hier nader op ingegaan.

De Oost-Westtak, die bij laagwater op de Waal als omvaarroute fungeert, kan (bij laagwater) het extra verkeer onvoldoende afwikkelen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat sluis Grave over slechts één kolk beschikt met beperkte afmetingen (140 x 16 meter). Verder kent het traject van Niftrik tot en met sluis Grave een diepgangbeperking van 3,20 m bij een gemiddelde waterafvoer. Een MIRT-onderzoek naar een tweede, grotere sluiskolk bij Grave wordt dit jaar gestart.

Ook sluis Sint Andries beschikt over slechts één kolk, ook met beperkte afmetingen (110 x 14 meter). Omdat deze sluis geen deel uitmaakt van de reguliere binnenvaartroutes (die normaliter via Waal of Maas lopen), vormt deze sluis in het kader van een robuust vaarwegennetwerk geen groot knelpunt. Een grotere sluiskolk kan desalniettemin de flexibele routekeuze voor grote schepen tussen Waal en Maas vergroten.

Op het traject Den Bosch–Veghel liggen drie sluiscomplexen met elk maar één sluiskolk (Empel, Hintham en Schijndel). Indien een van deze sluizen uitvalt, dan is er nog maar beperkt scheepvaartverkeer mogelijk naar Veghel via onder andere het Wilhelminakanaal (63 x 7,2 x 1,9 m in plaats van 105 x 9,6 x 3 m). Wel zijn de volumes over deze vaarweg in vergelijking met de Noord-Zuidtak en Oost-Westtak van de Maas veel beperkter.

[13] Circa 10 dagen per jaar.
[14] Circa 170 dagen per jaar.

Op het traject Rotterdam – Tilburg liggen drie sluiscomplexen (sluis Oosterhout, sluis II en sluis III) met elk maar één kolk. Bij stremming van een van deze drie sluizen kan er slechts beperkt worden omgevaren via de Zuid-Willemvaart (63 x 7,2 x 1,9 m in plaats van 90 x 9,6 x 2,7 m (tot sluis II)). Ook hier zijn de volumes over deze vaarweg in vergelijking met de Noord-Zuidtak van de Maas beperkt.

5.2 Sluiscapaciteit

De onderzochte sluizen in de Zuidoost corridor zijn die bij Grave, Sint Andries, Weurt en Schijndel. Per sluis zijn de gemiddelde jaarlijkse wacht- en passeertijd (resp. Tabel 16 en Tabel 17) weergegeven en vervolgens het aantal vaartuigverliesuren dat daaruit voortkomt (Tabel 18). De gemarkeerde cellen geven weer waar de wachttijdnorm wordt overschreden, waarbij een donkere markering een overschrijding van meer dan een uur aangeeft.

Tabel 16. Gemiddelde wachttijd beroepsvaart voor de onderzochte sluizen.

	Gemiddelde wachttijd per jaar (minuten)						
Sluis	*2019*	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Zuid-Oost							
Grave	21	24	21	25	22	27	22
Sint Andries	21	53	45	56	41	60	37
Weurt	16	34	29	40	29	48	31
Schijndel	20	18	17	20	16	22	15

Tabel 17. Gemiddelde passeertijd beroepsvaart voor de onderzochte sluizen.

	Gemiddelde passeertijd per jaar (minuten)						
Sluis	*2019*	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Zuid-Oost							
Grave	36	39	36	40	36	42	37
Sint Andries	36	68	60	71	55	75	52
Weurt	35	54	49	60	49	68	51
Schijndel	35	34	33	36	32	38	31

Tabel 18. Vaartuigverliesuren beroepsvaart door wachttijd voor de onderzochte sluizen.

	Vaartuigverliesuren per jaar (ten gevolge van wachttijd; in duizendtallen)						
Sluis	*2019*	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Zuid-Oost							
Grave	3	3	3	4	3	4	3
Sint Andries	2	10	8	11	7	13	6
Weurt	7	21	16	25	16	33	18
Schijndel	2	2	2	3	2	3	2

In deze corridor wordt de wachttijdnorm in alle prognosejaren overschreden bij sluis Sint Andries. Hier gaat het echter om een relatief laag aantal scheepspassages, waardoor het aantal vaartuigverliesuren beperkt is. Verder zijn er vaak op dit traject veel verschillende alternatieve routes mogelijk. De trend bij Grave wordt beïnvloed door de keuze van referentiejaar 2019, omdat dat jaar een uitzonderlijk laag aantal passages kende en daardoor al dicht bij de prognoses zit.

Hoewel de trend sinds 2014 van het vervoer langs Weurt licht dalend is, geven de prognoses een aanzienlijke toename aan. De belangrijkste oorzaak van deze groei in de Basgoed prognose is moeilijk aan te wijzen; waarschijnlijk is een van de oorzaken dat er een relatief groot aandeel van sterke groeisectoren (containers, landbouwproducten, chemie) bij Weurt passeert. De toename van verkeer leidt tot hogere wachttijden, en meer verliesuren. Dit is zeker het geval in het scenario '2050 Hoog', waar de gemiddelde wachttijd hoger dan 45 minuten is. Bij lange wachttijden kan een deel van het verkeer de Maas via Grave verkiezen.

5.3 Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen

De corridor Zuidoost: Rotterdam–Brabant/Limburg kan worden onderverdeeld in vijf deelcorridors: Geertruidenberg–Heumen, Geertruidenberg–Tilburg, Maximakanaal–Zuid-Willemsvaart tot aan Veghel, Weurt–Born en Born–Ternaaien.

Geertruidenberg–Heumen
Op het traject Geertruidenberg-Heumen voldoen negen bruggen niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m bij MHWS. De brug met de kleinste doorvaarthoogte is de spoorbrug Ravenstein, die circa 3,4 m te laag ligt bij MHWS.

Geertruidenberg–Tilburg
Op het traject Geertruidenberg–Tilburg (tot containerterminal Vossenberg II) voldoen negen van de veertien bruggen niet aan de streefwaarde van 7,00 m.

Maximakanaal en Zuid-Willemsvaart tot aan Veghel
Op het Maximakanaal en de Zuid-Willemsvaart tot aan Veghel voldoen alle twaalf bruggen aan de streefwaarde van 7,00 m.

Weurt–Born
Op het traject Heumen-Born voldoen alle bruggen bij stuwpeil aan de doorvaarthoogte van 9,10 m. Deze stuwpeilen liggen meters lager liggen dan de MHWS. Als wordt uitgegaan van de MHWS dan voldoen feitelijk 13 bruggen niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m, waarvan de stadsbrug bij Venlo de laagste brug is en circa 93% van de tijd voldoet aan de streefwaarde van 9,10 m. Door klimaatverandering zal dit percentage mogelijk afnemen en het knelpunt groter worden. Dit zal nader onderzocht worden in de KBN-stresstesten.

Born–Ternaaien
Op de Maasroute Born-Ternaaien voldoen 15 bruggen niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m bij MHWS. Brug Itteren wordt vervangen door een nieuwe brug die wordt aangelegd conform de streefwaarde van 9,10 m.

5.4 Vaarwegdimensionering, bodemerosie en klimaatinvloeden

De Maasroute, bestaande uit de Zandmaas, het Maas-Waalkanaal, het Lateraalkanaal, het Julianakanaal en de Maas van Maastricht tot Ternaaien, wordt opgewaardeerd naar een klasse Vb-vaarweg. Op het zuidelijk traject is gekozen voor een smallere vaarweg met twee passeerplaatsen (Elsloo en Itteren) inclusief een lichte vorm van verkeersmanagement.

Op sommige plaatsen voldoet de Maasroute niet geheel aan de vigerende richtlijnen. Zo hebben de bochten bij Well, Venlo, Steyl, Beesel, Neer en Heerenwaarde (benedenstrooms sluis Lith) een te kleine bochtstraal en is er beperkte kielspeling bij de sluizen Born, Maasbracht en Heel. Voor de bochten bij Well, Venlo en Steyl

zijn er wellicht meekoppelkansen in het kader van het Deltaprogramma waarin deze locaties eveneens zijn opgenomen.

Op de Noord-Zuidtak van de Maas kan door schepen op een groot deel van het traject worden gevaren met een diepgang van 3,5 m. Op een aantal locaties moet nog gebaggerd worden en de bodem tussen Born en Stein moet nog worden verdiept.

Door de (on)diepte van de leidingstraat -Niftrik- en de drempeldiepte van sluis Grave, kent de oost-westtak op het traject van Niftrik tot en met sluis Grave een diepgangbeperking tot 3,2m, of zoveel meer als de waterstand bij Grave-Beneden hoger is dan NAP +5,2 m (gemiddelde waterstand). Een MIRT-onderzoek naar een tweede sluiskolk bij Grave wordt dit jaar gestart.

Klimaatinvloeden
Voor de sluizen Born, Maasbracht en Heel geldt tijdens lage rivierafvoeren op de Maas, dat er onvoldoende water beschikbaar is voor het reguliere schutbedrijf. Hierdoor zijn waterbesparende maatregelen nodig zoals het terugpompen van schutdebiet, hevelen of het instellen van zuinig of beperkt schutten. Bij zuinig schutten wordt er gewacht met schutten op schepen die bijna bij de sluis zijn (maximale wachttijd 30 minuten). Bij beperkt schutten wordt pas geschut als de kolk vol is (of bij een wachttijd van maximaal 2 uur). Door klimaatveranderingen zullen periodes van hoogwater en waterschaarste op de Maas toenemen. Een vervolgstudie naar pompcapaciteit wordt uitgevoerd in 2021.

Op de Maascorridor is – in tegenstelling tot de Rijntakken – geen sprake van noemenswaardige bodemerosie op de scheepvaarttrajecten.

5.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens

Weurt–Born
In 2015 heeft een inventarisatie plaatsgevonden op het gebied van ligplaatsen van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (Inventarisatie ligplaatsen, 2015). Op de Maas tussen sluis Belfeld en sluis Sambeek (vaartijd: 184 minuten) en tussen sluis Lith en de Amer (vaartijd: >204 minuten) zijn de afstanden tussen de (rijks)overnachtingsplaatsen niet conform de vigerende richtlijnen. Op het traject tussen sluis Lith en de Amer liggen geen officiële overnachtingsplaatsen, maar op een zijtak ligt wel in de directe nabijheid sluis Empel, waar in bepaalde gevallen kan worden overnacht. Klasse Va- en Vb-schepen kunnen daar echter geen ligplaats nemen. Zodoende blijft er een tekort aan ligplaatsen op dit traject en tevens ontbreekt er een kegelligplaats. Op het traject tussen sluis Belfeld en sluis Sambeek bevinden zich geen andere sluizen. De afstand tussen de overnachtingsplaatsen is te groot en daarmee een knelpunt.

Geertruidenberg–Tilburg
Op het gedeelte van het Wilhelminakanaal dat een hoofdvaarweg is, is geen sprake van een ligplaatstekort. Op het zuidelijker deel van het Wilhelminakanaal (met status ‘overige vaarweg’) is de vaartijd tussen de (rijks)overnachtingsplaatsen Hefbrug Son en Zwaaikom Dongen te groot, maar daar betreft het beperkt bestemmingsverkeer en is geen sprake van een groot knelpunt.

Maximakanaal–Zuid-Willemsvaart tot Veghel
Op het gedeelte van de Zuid-Willemvaart tot aan Veghel dat de status

hoofdvaarweg heeft, is geen sprake van ligplaatstekorten. Op het zuidelijker deel van de Zuid-Willemsvaart (met status ‘overige vaarweg’) zijn de vaartijden tussen de (rijks)overnachtingsplaatsen te groot, maar daar betreft het zeer beperkte goederenstromen en is geen sprake van grote problemen (ook is zo nodig overnachten bij de aanwezige sluiscomplexen daar minder problematisch).

6 Corridor Zuid: Rotterdam–Antwerpen

De corridor Zuid omvat de route van Rotterdam naar het zuiden, via de Schelde-Rijnverbinding en het kanaal Gent-Terneuzen. De capaciteit van vier sluizen in dit gebied is verder onderzocht, namelijk sluis Hansweert en de Volkerak-, Kreekrak- en Krammersluizen.

6.1 Robuustheid

Voor corridor zuid is er geen sprake van een robuustheidsknelpunt. Op beide aanwezige vaarroutes liggen sluizen met meerdere kolken. Indien een sluiscomplex volledig gestremd is, dan kan de scheepvaart gebruik maken van de andere route, met uitzondering van de Volkeraksluizen.

6.2 Sluiscapaciteit

In de zuidelijke corridor is een viertal sluizen nader geanalyseerd met SIVAK: sluis Hansweert, de Krammersluizen, de Kreekraksluizen en de Volkeraksluizen. In NMCA 2017 zijn de Volkeraksluizen niet onderzocht, omdat na een capaciteitsstudie was besloten om de ontwikkeling van wachttijden voorlopig te monitoren met behulp van AIS- en ODS-data. Nu, met de nieuwe vervoersprognoses, moet de Volkerak natuurlijk wel in de analyse betrokken worden. Voor elk van de vier sluizen zijn de gemiddelde jaarlijkse wacht- en passeertijd weergegeven in Tabel 19 en Tabel 20, terwijl Tabel 21 het aantal vaartuigverliesuren laat zien. De gemarkeerde cellen geven weer waar de wachttijdnorm wordt overschreden, waarbij een donkere markering een overschrijding van meer dan een uur aangeeft.

Tabel 19. Gemiddelde wachttijd beroepsvaart voor de onderzochte sluizen.

Sluis	Gemiddelde wachttijd per jaar (minuten)						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Zuid							
Hansweert	14	19	17	20	17	23	18
Krammersluizen*	11	15	14	16	14	18	15
Kreekraksluizen**	20	54	44	73	48	152	57
Volkeraksluizen	24	41	34	50	37	80	42

*In deze cijfers is al rekening gehouden met het toekomstige innovatieve zoet-zoutscheidingssysteem (IZZS)
**De gemiddelde wachttijd in het scenario '2050 Hoog' overschrijdt de 2 uur. Dit is echter niet realistisch: in de praktijk zal eerder gezocht worden naar alternatieven, waardoor de wachttijden lager zullen zijn.

Tabel 20. Gemiddelde passeertijd beroepsvaart voor de onderzochte sluizen.

Sluis	Gemiddelde passeertijd per jaar (minuten)						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Zuid							
Hansweert	32	38	36	39	36	42	37
Krammersluizen*	27	31	30	32	31	34	31
Kreekraksluizen**	39	73	63	92	67	172	76
Volkeraksluizen	35	57	50	67	53	96	58

*In deze cijfers is al rekening gehouden met het toekomstige innovatieve zoet-zoutscheidingssysteem (IZZS)
**De gemiddelde wachttijd in het scenario '2050 Hoog' overschrijdt de twee uur. Dit is echter niet realistisch: in de praktijk zal eerder gezocht worden naar alternatieven, waardoor de passeertijden lager zullen zijn.

Tabel 21. Vaartuigverliesuren beroepsvaart door wachttijd voor de onderzochte sluizen.

Sluis	Vaartuigverliesuren per jaar (ten gevolge van wachttijd; in duizendtallen)						
	2019	*2030 Hoog*	*2030 Laag*	*2040 Hoog*	*2040 Laag*	*2050 Hoog*	*2050 Laag*
Corridor Zuid							
Hansweert	9	16	14	18	14	22	15
Krammersluizen*	7	13	11	14	12	17	12
Kreekraksluizen**	21	76	58	107	64	246	78
Volkeraksluizen	32	93	73	120	79	209	95

*In deze cijfers is al rekening gehouden met het toekomstige innovatieve zoet-zoutscheidingssysteem (IZZS)
**De gemiddelde wachttijd in het scenario '2050 Hoog' overschrijdt de twee uur. Dit is echter niet realistisch: in de praktijk zal eerder gezocht worden naar alternatieven, waardoor de verliesuren lager zullen zijn.

Twee sluizen springen er duidelijk uit als het gaat om overschrijding van de wachttijdnorm: de Volkeraksluizen en Kreekraksluizen. Al in 2030 levert dit bij deze sluizen een wachttijd op van meer dan een half uur. Bij een deel van de prognosejaren loopt dit zelfs op tot boven het uur. In het scenario '2050 Hoog' overstijgt dit zelfs de twee uur voor de Kreekraksluizen. Dit zal echter in de praktijk niet snel voorkomen: er zal eerder gezocht worden naar alternatieve routes of modaliteiten. Bij deze twee sluizen is er verder sprake van een erg hoge verkeersintensiteit, waardoor het aantal vaartuigverliesuren ook zeer substantieel is.

Sluis Hansweert en de Krammersluizen zitten nog ruim onder de norm. Bij de laatste is dit mede te danken aan het innovatieve zoet-zoutscheidingssysteem (IZZS[15]) dat in de komende jaren wordt gerealiseerd en het huidige - veel trager werkende - systeem vervangt.

Er is in de prognoses geen rekening gehouden met de precieze bestemming in Antwerpen. Als dat de linkeroever is, dan wordt de route over Krammer en Hansweert wat aantrekkelijker omdat er dan in Antwerpen niet meer de Berendrechtsluis gepasseerd hoeft te worden. Bovendien heeft deze route geen hoogtebeperking wat voor containerreizen een belangrijk voordeel kan zijn. Ten gevolge hiervan is een andere verdeling van de groei over de twee routes goed mogelijk.

6.3 Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen

Op de Schelde–Rijnverbinding voldoen zeven bruggen (waarvan vijf in beheer van Nederland) op het Antwerps kanaalpand niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m. De laagste bruggen liggen circa 0,4 m te laag. Het betreft een kanaal met een redelijk constant waterpeil, waardoor de doorvaarthoogtebeperking het hele jaar geldt.

Op de Westroute (kanaal door Zuid-Beveland en de Krammersluizen) zijn de bruggen beweegbaar, waardoor er geen doorvaarthoogteknelpunten zijn. Wel kan er een knelpunt ontstaan door de bedientijden van de beweegbare bruggen.

Op het Hollandsch Diep, onderdeel van de Westerschelde-Rijncorridor, voldoen de Moerdijkbrug (A16) en de Moerdijkspoorbrug niet aan de streefwaarde van 9,10 m bij MHWS. De beschikbare doorvaarthoogte is afhankelijk van het getij en zal door

[15] Met het IZZS is er een beperking aan de tijd dat de sluisdeuren open mogen staan om zoutindringing tegen te gaan (maximaal een kwartier). In SIVAK kan dit echter niet worden meegenomen, dus zijn de resultaten vermoedelijk te gunstig ingeschat. De huidige uitkomsten zijn echter zoveel lager dan de 30-minutennorm dat dit niet direct tot het optreden van een knelpunt zal leiden.

klimaatverandering (met name zeespiegelstijging en hogere rivierafvoer) nog verder afnemen.

Alle bruggen over het Kanaal Gent-Terneuzen zijn beweegbaar en voldoen aan het streefbeeld. Bij eventuele kanaalaanpassingen (verwacht rond 2040) zullen nieuwe oeververbindingen nodig zijn om bredere schepen te kunnen toelaten tot Gent.

De bruggen in het Rotterdamse havengebied en de Drechtsteden zijn reeds vermeld in paragraaf 4.3.

6.4 Vaarwegdimensionering, bodemerosie en klimaatinvloeden

Na gereedkomen van de nieuwe sluis Terneuzen (NST) zijn de afmetingen van het kanaal Gent-Terneuzen (KGT) zelf een aandachtspunt door mogelijk verdere schaalvergroting. Dat betreft dan uitsluitend verbetering ten behoeve van de zeevaart. De binnenvaart heeft hier secundair voordeel van, aangezien een bredere vaarweg betere en veiligere passeermogelijkheden biedt.

In het kader van de Nederlands-Vlaamse samenwerking voor de toegang van de Scheldehavens (VNSC) is samen met een grote groep stakeholders het "Langetermijnperspectief Toegankelijkheid" uitgewerkt. In deze systeemanalyse wordt ten aanzien van de vaarwegen in de Westerschelde gesignaleerd, dat de nevengeulen die van belang zijn voor de scheiding van zee- en binnenvaart steeds verder dichtslibben (door het dynamische morfologische karakter van het Schelde-estuarium). In combinatie met verdergaande schaalvergroting in de zee- en binnenvaart kan dit leiden tot afnemende vlot- en veiligheid.

Ook is het kanaal Gent-Terneuzen onderhevig aan verzilting. Er wordt onderzocht, hoe met verzilting om te gaan. Voornaamste probleem is het tekort aan zoet water vanuit Vlaanderen in steeds droger wordende perioden, zeker in combinatie met de realisatie van de Seine-Scheldeverbinding. Dit kan effect hebben op de aflaaddiepte en/of het gebruik van de nieuwe sluis.

6.5 Ligplaatsen en overnachtingshavens

Tellingen van het aantal ligplaatsnemende schepen in een maatgevende periode (conform Richtlijnen Vaarwegen 2020)[16] over het jaar 2020 tonen aan, dat rondom de Krammersluizen nog zeer beperkt ligplaatsen vrij zijn voor (extra) binnenvaartschepen die daar willen overnachten en dat rondom de Kreekraksluizen de ligplaatsen nagenoeg vol liggen. De schepen liggen bovendien naast elkaar, wat onder andere in verband met verplichte rusttijden, niet wenselijk is.
Het aantal ligplaatsen (overnachtingsplaatsen) zal door de bouw van de Nieuwe sluis Terneuzen niet toenemen. De wens van de binnenvaart om meer ligplaatscapaciteit te creëren speelt wel.

Vanwege de trend van schaalvergroting van de scheepvaart kan de druk op de huidige ligplaatsen rondom de Krammer- en Kreekraksluizen en op het Kanaal Gent-Terneuzen (door de realisatie van de Seine-Schelde verbinding) verder toenemen. Dit wordt dan niet alleen veroorzaakt door de beperkte fysieke ruimte, en het (drie) dubbel liggen, maar ook omdat ongeladen bulkschepen en geladen containerschepen - ook als gevolg van klimaatverandering - steeds meer

[16] Als maatgevend aantal overnachtende schepen geldt het 95% onderschrijdingspercentage van het aantal overnachtende schepen per nacht, geteld gedurende een periode van tenminste vier weken, het zogenaamde 95-ste percentiel. De methode om de nodige capaciteit te bepalen is door Rijkswaterstaat nader uitgewerkt in een corporate uitvoeringskader.

windvangen, wat weer een effect heeft op de fysieke krachten die worden uitgeoefend op de afmeervoorzieningen.

Daarnaast speelt voor een aantal ligplaatsen het aanstaande verbod op varend ontgassen. De bezetting van ligplaatsen voor 2-kegelschepen is nu reeds problematisch op de route Rotterdam-Antwerpen en zal nog verder toenemen. De bezetting van 2-kegelplaatsen bij Terneuzen is evenwel een aandachtspunt.

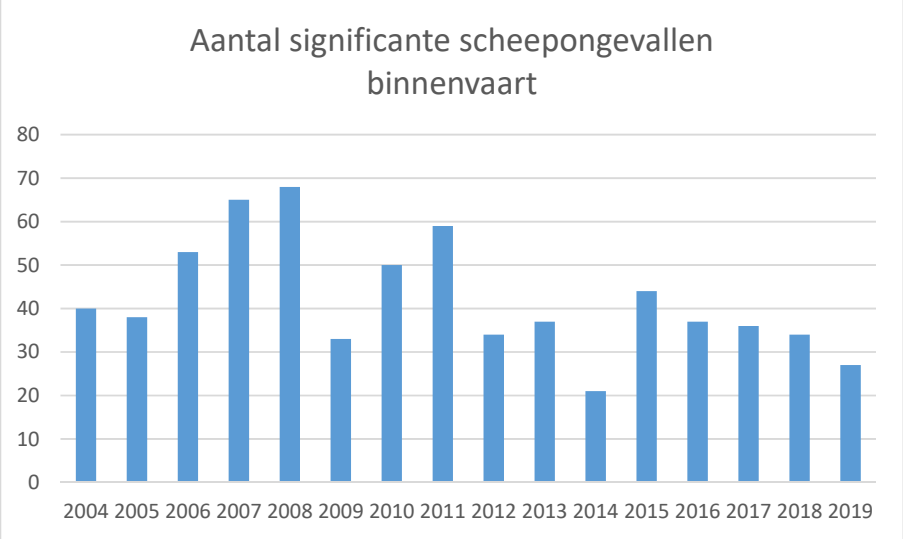
Bij de Zeeuwse routes via Krammer-Hansweert en Volkerak-Kreekrak zijn ook de bezettingsgraden van 1-kegelligplaatsen hoog en nemen verder toe. Volkerak is reeds een knelpunt; Hansweert Noord dient zich aan als volgende knelpunt.

7 Andere aspecten

Naast de factoren die lokaal tot een capaciteitsbeperking op het vaarwegennetwerk kunnen leiden, zijn er ook andere aspecten die een effect kunnen hebben op het optreden van capaciteitsknelpunten.

7.1 Scheepvaartveiligheid

De binnenvaart is een relatief veilige modaliteit – incidenten betreffen meestal alleen materiele schade. De incidentmeldingen worden verzameld in de SOS[17]-database, waarvan regelmatig een rapportage wordt gemaakt[18]. Het aantal meldingen per jaar is rond 1.000-1.200, maar daarvan valt een klein deel onder de 'significante' ongevallen: ongevallen waarbij reparatie van infrastructuur noodzakelijk is, aanzienlijke materiele schade aan het schip of zwaar persoonlijk letsel optrad. Het verloop van het aantal significante ongevallen over de jaren laat geen duidelijke trend zien, hoewel het aantal sinds 2012 wel rond een lager niveau lijkt te variëren (zie figuur 15).



Figuur 15. Aantal significante scheepsongevallen waarbij vrachtbinnenvaart betrokken is (gebaseerd op SOS).

In de verkeersprestatie (vaartuigkilometers) verandert over deze jaren ook niet veel. Wel worden de schepen gemiddeld groter.

In de prognosejaren vinden op de meeste locaties meer reizen plaats, ook met gemiddeld wat grotere schepen. Meer reizen betekent meer ontmoetingen tussen schepen, meer objectpassages en meer vaartuigkilometers, dus gebaseerd daarop zou een stijging van het aantal ongevallen te verwachten zijn.

De toename van scheepsafmetingen zorgt ervoor dat marges tot vaarwegobjecten kleiner worden, maar dat kan mogelijk gecompenseerd worden door meer

[17] Scheepsongevallenstatistieken
[18] Monitor Nautische Veiligheid Binnenwateren 2009-2018

geavanceerde scheepsuitrusting en/of beter toegeruste geleidings- en remmingswerken.

Het Beleidskader Maritieme Veiligheid[19] (november 2020) schetst de uitgangspunten voor een risicogestuurde aanpak op het gebied van maritieme veiligheid. Als grootste risico's op de binnenwateren worden aanvaring tussen beroepsvaart en recreatievaart en aanvaring van beroepsvaart tegen een brug genoemd. Meer vaartuigkilometers en meer brugpassages leiden op zich ook tot een hoger risico. De recreatievaart neemt wel af, maar wordt mogelijk vaker uitgevoerd door onervaren watersporters.

7.2 Duurzaamheid

In deze achtergrondrapportage is vooral ingegaan op de bereikbaarheid en infrastructurele knelpunten. In de achtergrondrapportage van de IMA over goederenvervoer is inzichtelijk gemaakt welke CO_2-uitstoot gerelateerd is aan het goederenvervoer per modaliteit in diverse scenario's. Uit die analyse blijkt dat op nationaal niveau de CO_2 uitstoot gerelateerd aan goederenvervoer in het lage scenario afneemt. Dit komt met name door schonere voertuigen in het wegvervoer. Ook blijkt dat het spoor ten opzichte van het wegvervoer en de binnenvaart een zeer geringe bijdrage levert aan CO_2-emissies.

In het hoge scenario is op nationaal niveau wel een toename van CO_2-uitstoot. Dit komt doordat er meer transportbewegingen zijn. Uit de analyses blijkt dat in alle scenario's de binnenvaart qua CO_2-uitstoot toeneemt. In figuur 16 is de CO_2-uitstoot voor de binnenvaart per vaarwegvak in beeld gebracht voor 2040 in het hoge scenario. Zoals uit de figuur te zien is, ligt er een opgave om de binnenvaart te verduurzamen.



Figuur 16. CO_2-uitstoot binnenvaart in scenario '2040 Hoog'.

[19] Kamerbrief over beleidskader maritieme veiligheid: In Veilige Vaart Vooruit | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl

De binnenvaart is energetisch efficiënt, waardoor de uitstoot van CO_2 per tonkilometer laag is. Echter op het gebied van luchtkwaliteit gaat de verduurzaming van de vloot minder snel dan bijvoorbeeld de verduurzaming van het wegverkeer. Dit komt onder andere omdat de levensduur van schepen en scheepsmotoren veel langer is, waardoor de vervanging door nieuwere, schonere typen minder snel gaat. Het plaatsen van nieuwe schonere motoren of nabehandeling van uitlaatgassen is vaak wel mogelijk maar dit vergt investeringen, die ondernemers meestal niet kunnen opbrengen. Hierdoor is van een binnenvaartschip de uitstoot van NO_x en PM per kWh hoger dan van een vrachtwagen. De eerste schepen die varen op accupakketten of waterstof zijn of worden ontwikkeld, maar de infrastructuur voor wisselen of bunkeren van alternatieve energiebronnen is er nog nauwelijks.

In de IMA is niet ingegaan op het effect van verduurzaming van de vloot op de transportbewegingen. Doordat de andere modaliteiten sneller verduurzamen dan de binnenvaart, is het mogelijk dat dit de concurrentiepositie van de binnenvaart als modaliteit negatief beïnvloedt en leidt tot een negatieve modal split (meer vervoer via de weg en spoor in plaats van via het water). Dit is echter niet onderzocht in de IMA. Uit de achtergrondrapportage Goederenvervoer blijkt echter wel dat er mogelijkheden zijn om juist meer vervoer via het water te vervoeren en er juist potentie is voor een modal split naar het water toe.

7.3 Verkeersplanning, smart shipping

In het concept Verkeerscentrale van Morgen is een routeplanner inbegrepen, waarmee schippers in staat zullen worden gesteld om hun vaarplan zodanig af te stemmen op de ingeplande schuttingen van sluizen op de route, dat er niet bij de sluis gewacht hoeft te worden en dat er daardoor minder brandstof gebruikt wordt. In de capaciteitsstudie voor de sluizen wordt daar nog geen rekening mee gehouden. Theoretisch zou het kunnen zijn dat er bij een aantal identieke sluizen in serie, de eerste sluis het verkeer zodanig doseert dat er bij de volgende sluizen niet meer gewacht hoeft te worden. Het optellen van de vaartuigverliesuren van alle objecten is in die zin een ‘worst case’ benadering.

Onderdeel van ‘smart shipping’ is het efficiënter gebruik maken van schepen door ladingen te combineren en in anders leeg terugvarende schepen te plannen. Hierdoor kan het aantal vaartuigkilometers verminderd worden.

Bijlage A. Doorvaarthoogte en –breedte van bruggen

Corridor Noord: Rotterdam–Amsterdam–Noord-Nederland

Rotterdam-Amsterdam
Voor wat betreft de doorvaarthoogte voldoen in principe alle bruggen op de Lek, Lekkanaal en Amsterdam-Rijnkanaal aan de streefwaarde van 9,10 m. Een aantal bruggen heeft een gewelfde onderkant, waardoor de doorvaarthoogte aan de zijkant van de brug iets lager is. Voor een aantal bruggen voldoet de doorvaartbreedte (van het vaarwegprofiel) niet aan de vigerende richtlijnen, wat overigens nauwelijks hinder oplevert voor de scheepvaart. Het betreft de volgende bruggen: Overeindsebrug, Jutfasebrug, Jutfasetrambrug, oude Vleutensespoorbrug, oude Demkaspoorbrug, Maarsserbrug, Breukelerbrug, Loenerslootsebrug, Weesperbrug en de Amsterdamsebrug. Voor wat betreft de Amsterdamsebrug heeft de onafhankelijke Commissie D'Hooghe geconstateerd dat een nieuwe brug vooralsnog dient te worden aangelegd11,35 m t.o.v. MHWS om de vlot- en veiligheid van de doorgaande vaart op het IJ te kunnen garanderen.

Noordzeekanaal en het IJ
Op het Noordzeekanaal en het IJ bevinden zich (nog) geen bruggen. In Amsterdam heeft de onafhankelijke Commissie D'Hooghe geconstateerd dat het aantal nieuwe bruggen zal worden gemaximaliseerd tot twee bruggen die beiden een doorvaarthoogte krijgen van 12,5 m. t.o.v. MHWS gezien de locatie drukte op deze locatie/om de vlotheid en veiligheid van de doorgaande vaart op het IJ te kunnen garanderen.

Amsterdam-Lemmer
De Schellingwouderbrug bestaat uit een aantal vaste brugdelen en een beweegbaar deel. Het hoogste vaste brugdeel heeft een doorvaarthoogte van 8,5 m bij MHWS en voldoet daarmee niet aan de streefwaarde van 9,10 m. Deze doorvaarthoogte is o.a. ontoereikend voor 4-laags containervaart, waardoor deze 4-laags containerschepen de brug alleen kunnen passeren door het beweegbare deel. Door toename van het aantal containerschepen moet de brug steeds vaker open en wordt de brug daarmee een steeds groter knelpunt aangezien ook veel wegverkeer deze brug passeert. Naast beroepsvaart maakt ook recreatievaart veelvuldig gebruik van het beweegbare deel. Doordat het beweegbare brugdeel aan de noordkant en de Prins Willem Alexandersluis (de grote sluiskolk) aan de zuidkant ligt, ontstaat er bovendien veel kruisend verkeer, wat nautisch gezien niet wenselijk is en kan zorgen voor onveilige situaties.

Lemmer-Delfzijl
Op het Prinses Margrietkanaal (PMK) hebben de bruggen Oude schouw, Uitwellingerga, Spannenburg en Kootstertille bij het beweegbare deel een beperkte doorvaartbreedte van slechts 11,95 m. Deze bruggen voldoen daarmee niet aan de vigerende richtlijnen voor CEMT klasse Va-schepen. Alle vier de bruggen worden de komende jaren vervangen.

De Blauwverlaatbrug voldoet qua doorvaartbreedte net niet aan de vigerende richtlijnen. Tevens zit het beweegbare deel, in tegenstelling tot de overige beweegbare bruggen op het PMK, aan de stuurboordkant voor de scheepvaart die richting Delfzijl vaart.

De lage (7,30m) beweegbare spoorbrug bij Grou wordt een steeds groter knelpunt. De venstertijden van de spoorbrug, die onderdeel is van de staandemastroute, komt steeds verder onder druk te staan door toenemend trein- en scheepvaartverkeer.

Op het van Starkenborghkanaal voldoen alle vaste bruggen aan de streefwaarde van 9,10 m. De (te) lage beweegbare busbaanbrug wordt, net als de Gerrit Krolbrug, vervangen.

Op het Eemskanaal voldoen de Borgbrug, Bloemhofbrug en Woldbrug niet aan de vigerende richtlijnen voor tweestrooksverkeer. Dit zijn lage beweegbare bruggen met een enkele doorvaartopening van slechts 16 m.
De Eelwerderbrug in de N33 voldoet qua doorvaarthoogte niet aan de vigerende richtlijnen, waardoor de brug vaak moet worden geopend.

Bij bijna alle beweegbare bruggen op dit traject zijn geen wachtvoorzieningen voor de beroepsvaart, met als gevolg dat bij ongeplande stremming van een brug er niet kan worden afgemeerd.

<u>Kaagbruggen</u>
De venstertijden van de Ringvaartspoorbrug (nabij de Kaagbrug), die onderdeel is van de staandemastroute, komen steeds verder onder druk te staan door toenemend treinverkeer. Ook voldoen beide bruggen zowel qua doorvaarthoogte als –breedte niet aan de vigerende richtlijnen. De bruggen spelen voor de beroepsvaart echter een marginale rol.

Corridor Oost: Rotterdam–Duitsland

Waal
Alle bruggen over de Waal voldoen aan de SVIR-streefwaarde van 9,10 m bij maatgevend hoogwater scheepvaart (MHWS). Hierbij moet worden opgemerkt, dat voor de Rijntakken die vallen onder de reglementen van de CCR een andere hoogwaterreferentie geldt dan voor overige wateren, waarvoor de definitie van MHWS uit Richtlijn Vaarwegen[20] geldt. MHW is de hoogwaterstand bij een afvoer van 16.000 m^3/s bij Lobith en ligt aanzienlijk hoger dan MHWS.

Uitgaande van deze strengere CCR-norm zijn er enkelen bruggen die niet voldoen aan de streefwaarde van 9,10 m. Het gemiddelde waterpeil is doorgaans een aantal meter lager dan MHW, waardoor de Waal eenvoudig met vier lagen high cube-containers en zelfs met vijf lagen high cube-containers in periodes van gemiddelde waterstanden kan worden bevaren. Door klimaatverandering neemt de frequentie van hoogwater op de Rijn toe, waardoor het aantal dagen per jaar dat er onvoldoende doorvaarthoogte beschikbaar is, zal toenemen.
De brug met de minste doorvaarthoogte is de Prins Willem-Alexanderbrug. In het huidige klimaat is deze brug gemiddeld circa 8 dagen per jaar te laag voor containervaart met 4-lagen high cube-containers (11,35 m). In klimaatscenario $W_{h,dry}$ 2085 neemt dit aantal toe tot circa 15 dagen per jaar.

Vanuit verkeersveiligheid dienen de pijlers van de (nieuwe) bruggen over de Waal zich, conform de CCR-richtlijnen, buiten de vaarweg te bevinden. Een drietal bruggen voldoet hier niet aan. Dit betreft de Baanhoekspoorbrug bij Sliedrecht, de brug bij Zaltbommel en de brug van Gorinchem (A27). Laatstgenoemde wordt vervangen voor een nieuwe brug, waarvan de pijlers buiten de vaarweg worden geplaatst.

Voor wat betreft de beweegbare bruggen staan de bedientijden in het Rotterdamse havengebied en de Drechtsteden onder druk. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de toename van het weg-, scheepvaart- en treinverkeer en het toenemende aandeel high cube-containers (die circa 30 cm hoger zijn dan de standaard container) en anderzijds door de zeespiegelstijging die zorgt voor hogere waterstanden. Hierdoor neemt de doorvaarthoogte van de bruggen af, waardoor deze vaker geopend moeten worden. Dit speelt in de Drechtsteden vooral bij de beweegbare stads- en spoorbrug bij Dordrecht.

Bij de aansluiting op het Hartelkanaal zijn de beweegbare Hartelbrug en Harmsenbrug kwetsbaar vanwege de beperkte bedientijden en brughoogte. Ook de vaste Suurhoffbrug vormt een knelpunt door de beperkte doorvaarthoogte. De Willemsbrug is beperkt kwetsbaar voor 4-laags high cube containervaart. Voor de Willemsbrug is bovendien een alternatieve route via de permanent geopende Hefbrug en beweegbare Koninginnebrug beschikbaar. Ook de Algerabrug bij de Hollandse IJssel is vaak onvoldoende hoog, maar kan onder vaste bedientijden geopend worden. Bovenstaande bevindingen zullen expliciet worden meegenomen bij de keuze voor de lay-out van de nieuwe 3e oeververbinding in Rotterdam.

Lek en Nederrijn
Op de Lek en Nederrijn zijn geen grote doorvaarthoogteknelpunten geconstateerd: de bruggen voldoen ruim 99,5% van de tijd aan de doorvaarthoogte van 9,10 m. Alleen als wordt uitgegaan van de strengere definitie voor MHW van de CCR-

[20] Richtlijn Vaarwegen 2020, kader verkeerskundig vaarwegontwerp Rijkswaterstaat

Richtlijnen, dan geldt dat de meeste bruggen op de Lek en Nederrijn in beperkte mate niet voldoen aan de streefwaarde van 9,10 m.
De laagste bruggen op dit traject zijn verkeersbrug Heteren (A50), Spoorbrug Oosterbeek en de John Frostbrug. In het huidige klimaat zijn deze bruggen gemiddeld circa 10 dagen per jaar te laag voor containervaart met 4-lagen high cube-containers (11,35m). In klimaatscenario $W_{h,dry}$ 2085 neemt dit aantal toe tot circa 18 dagen per gemiddeld jaar.

Amsterdam-Rijnkanaal, traject Nieuwegein-Tiel
Het Amsterdam-Rijnkanaal, traject Nieuwegein-Tiel kan worden onderverdeeld in twee vaarwegpanden: Nieuwegein-Prinses Irenesluis en Prinses Marijkesluis-Tiel (Betuwepand).

Op het vaarwegpand: Nieuwegein-Prinses Irenesluis voldoen de Schalkwijksespoorbrug en Goyerbrug net niet aan de SVIR-streefwaarde van 9,10 m. Het betreft een kanaal met een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking het hele jaar geldt.

Het Betuwepand staat in open verbinding met Nederrijn en volgt de fluctuaties van deze rivier. Ten tijde van hoge rivierafvoeren wordt het pand afgesloten middels de keerschuif van Ravenswaaij en is er niet langer een open verbinding. De scheepvaart dient dan gebruik te maken van de Prinses Marijkesluis. Op dit vaarwegpand voldoen drie bruggen (Betuwelijn spoorbrug, Autoweg A15, Prins Bernhardsluis spoorbrug) niet aan de streefwaarde van 9,10 m bij MHWS. De MHWS is beduidend hoger dan de gemiddelde waterstand. Daarom voldoen deze drie bruggen circa 10 dagen per jaar niet aan een doorvaarthoogte van 9,10 m.

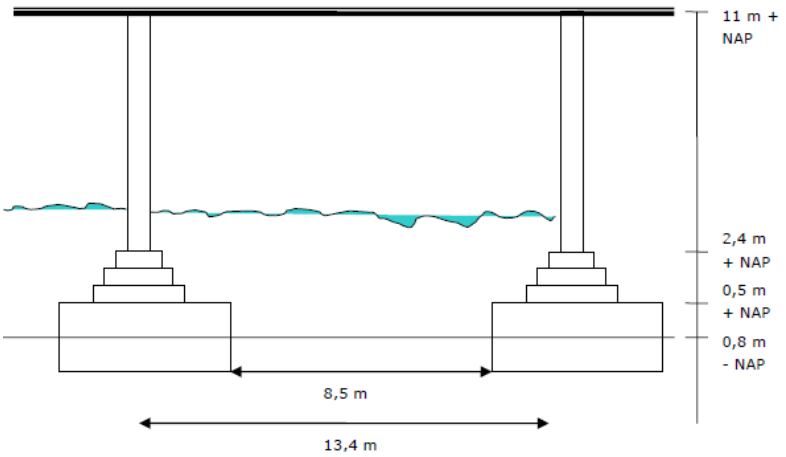
Geldersche IJssel en Twentekanalen
De routes vanaf de Rijn naar het achterland van Oost-Nederland kunnen worden onderverdeeld in vijf deeltrajecten, waarbij het traject Hengelo-Enschede minder relevant is omdat er geen containervervoer naar Enschede vaart.
Pannderdensch Kanaal, Geldersche IJssel (Arnhem-Zutphen), Twentekanaal (Zutphen-Hengelo), Twentekanaal (Hengelo–Enschede) en het zijkanaal naar Almelo.

Pannerdensch Kanaal
Op het Pannerdensch Kanaal bevinden zich geen bruggen. Bij de geplande doortrekking van de A15 tot Zevenaar zal een wegbrug op 9,10 m t.o.v. MHW worden aangelegd.

Geldersche IJssel (Arnhem-Zutphen)
Op de Geldersche IJssel (t/m Zutphen) voldoen zes bruggen niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m bij MHWS. Dit zijn de Westervoortwegbrug en –spoorbrug, Brug Arnhem (A12), Brug Doesburg (N317), de Oude IJsselbrug Zutphen en de IJsselspoorbrug. De Geldersche IJssel is echter een vrij stromende rivier waardoor de MHWS beduidend hoger is dan de gemiddelde waterstand. Het overgrote deel van de scheepvaart op de Geldersche IJssel vaart daarnaast richting de Twentekanalen, welke een streefwaarde van slechts 7,00 m kent. Hierdoor vormen vier van de zes bruggen op dit traject feitelijk geen knelpunt.

Voor wat betreft de laatste twee bruggen (de beweegbare Oude IJsselbrug Zutphen en de beweegbare IJsselspoorbrug), geldt dat de breedte/diepte in het beweegbare deel bij lage waterstanden te smal is, waardoor niet voldaan wordt voldaan aan de vigerende richtlijnen. Vooral voor containerschepen is dit een groot knelpunt, omdat

deze schepen ook bij lage waterstanden gebruik moeten maken van de beweegbare brug i.v.m. de beperkte doorvaarthoogte van het vaste brugdeel. Oorzaak van het te krappe beweegbare deel is dat de brugpijlers zich verdikken naar de bodem toe en de doorvaartbreedte bij een waterstand van NAP +0,5 m nog maar 8,50 m is voor dieperliggende schepen. Ter illustratie zie figuur 17.
Door klimaatverandering neemt de frequentie van hoogwater toe, waardoor het aantal dagen per jaar dat bruggen niet voldoen aan de streefwaarde zal toenemen.



Figuur 17. Beweegbare brug Zutphen.

Twentekanaal (Zutphen-Hengelo)
Op het Twentekanaal (tussen ZutphenenHengelo) voldoen 18 bruggen niet aan een doorvaarthoogte van 7,00 m. Het betreft de volgende bruggen:
Polbrug (N346), Eefde spoorbrug, Almensebrug, Ehzerbrug, Dochterensebrug, Excelsebrug, Lochemsebrug (N346), Mogezompse brug, Grensbrug, Markelose brug, Diepenheimse brug, Hengelerbrug, Dorrebrug, sluis Delden (hefdeur 2x), Sint Anna brug, Vossenbrinkbrug, Loofriet en de Oelerbrug. De laagste bruggen liggen circa 0,8 m te laag. Het betreft een kanaal met een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking het hele jaar geldt.

Twentekanaal (Hengelo–Enschede)
Op het Twentekanaal (Hengelo-Enschede) voldoen vier kunstwerken niet aan de streefwaarde van 7,00 m. Het betreft de volgende kunstwerken:
Sluis Hengelo (hefdeuren), Spoorbrug lijn Hengelo-Haaksbergen, Brug benedenhoofd schutsluis Hengelo en Lonnekerbrug. Ook dit deel van het kanaal heeft een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking het hele jaar geldt.

Zijkanaal naar Almelo
Op het Zijkanaal richting Almelo voldoen 10 bruggen niet aan de streefwaarde van 7,00 m. Het betreft de volgende bruggen:
Wienespoorbrug, Tankingbrug, Cottwicherbrug, Warmtinkbrug, Linschotbrug (A1) , Vredesbrug, Hoeselderbrug, Leemslagenbrug, Wierdense brug en Almelo Spoorbrug. De laagste bruggen liggen circa 0,8m te laag. Het zijkanaal heeft een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking het hele jaar geldt.

Corridor Zuidoost: Rotterdam–Brabant/Limburg
De corridor Zuidoost: Rotterdam–Brabant/Limburg kan worden onderverdeeld in vijf deelcorridors: Geertruidenberg–Heumen, Geertruidenberg–Tilburg, Maximakanaal–Zuid-Willemsvaart tot aan Veghel, Weurt–Born en Born–Ternaaien.

Geertruidenberg–Heumen
Op het traject Geertruidenberg-Heumen voldoen negen bruggen niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m bij MHWS. De brug met de kleinste doorvaarthoogte is de spoorbrug Ravenstein, die circa 3,4 m te laag ligt bij MHWS. De gemiddelde waterstand is lager dan MHWS, waardoor een aantal bruggen een groot deel van de tijd wel voldoet aan 9,10 m. De spoorbrug bij Ravestein is echter ook bij gemiddelde waterafvoeren te laag en vormt daarmee een bottleneck voor de scheepvaart. Door klimaatverandering zal de doorvaarthoogte mogelijk nog verder afnemen. Dit zal nader onderzocht worden in de stresstesten van het project Klimaatbestendige Netwerken (KBN).

Het betreft de volgende bruggen: Keizersveer, Heusden (N267), Hedel Treurenbrug, Hedel Spoorbruggen, Empel(A2), Ravenstein spoorbrug, brug Ravenstein (A50), John S. Thompsonbrug (N324) en Heumen (A73). De John S. Thompsonbrug is opgenomen in de vervangings- en renovatieopgave.

Geertruidenberg–Tilburg
Op het traject Geertruidenberg–Tilburg (tot containerterminal Vossenberg II) voldoen negen van de veertien bruggen niet aan de streefwaarde van 7,00 m.
Het betreft de volgende bruggen: Amertakbrug, Ir. Hamerbrug (A59), Weststadbrug, Bredasebrug, Oosterheidebrug, Tilburgsebrug, Brug in de A27, Rijensebrug en Fietsbrug De Oversteek. De eerste 3 bruggen zijn gelegen aan de Amertak waar sprake is van getijdewerking. De overige bruggen zijn gelegen in het Wilhelminakanaal waar sprake is van een vast waterpeil, waardoor de hoogtebeperking gedurende het gehele jaar geldt.

Maximakanaal en Zuid-Willemsvaart tot aan Veghel
Op het Maximakanaal en de Zuid-Willemsvaart tot aan Veghel voldoen alle twaalf bruggen aan de streefwaarde van 7,00 m.

Weurt–Born
Op het Maas-Waalkanaal (Weurt–Heumen) voldoen alle bruggen aan de streefwaarde van 9,10 m. Bij stuwpeil voldoen alle bruggen van Heumen tot Born aan de doorvaarthoogte van 9,10 m. Als wordt uitgegaan van de MHWS dan voldoen feitelijk alle 13 bruggen niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m, waarvan de stadsbrug bij Venlo de laagste brug is en circa 93% van de tijd voldoet aan een doorvaarthoogte van 9,10 m. Door klimaatverandering zal dit percentage mogelijk verder afnemen en het knelpunt groter worden. Dit zal nader onderzocht worden in de KBN-stresstesten.

Het betreft de volgende 13 bruggen: Mook spoorbrug, Gennep (N264), Boxmeer (A77), Koninginnebrug Wanssum, Venlo (A67), Venlo spoorbrug, Venlo stadbrug, Venlo (A73), Buggenum spoorbrug, Hornerbrug (N280), Sluis heel brug benedenhoofd, Brug Wessem (A2) en Sluis Maasbracht brug benedenhoofd.

Born–Ternaaien
Op de Maasroute Born-Ternaaien voldoen 15 bruggen niet aan de streefwaarde van 9,10 m. t.o.v. MHWS te weten: Illikhoven, Sluis Born benedenhoofd, Obbicht, Bergerweg, Urmond, Stein, Scharbergbrug, Elsloo, Geulle,

Bunde, Itteren, Maastricht spoorbrug, Wilhelminabrug, St. Servaasbrug en de Kennedybrug. Brug Itteren wordt vervangen door een nieuwe brug die wél voldoet aan de streefwaarde van 9,10 m.

Corridor Zuid: Rotterdam -Antwerpen

Op de Schelde–Rijnverbinding voldoen zeven kunstwerken (waarvan vijf in beheer van Nederland) op het Antwerps kanaalpand niet aan de doorvaarthoogte van 9,10 m, te weten: Kreekraksluis hefdeuren, Kreekrakbruggen (N289), Kreekrakspoorbrug, Kreekrakbrug (A58), Bathsebrug, De Noordlandsespoorbrug en Noordlandwegbrug (België). De bruggen in het Antwerps kanaalpand liggen allen circa 0,4m te laag. Het betreft een kanaal met een redelijk constant waterpeil, waardoor de doorvaarthoogtebeperking het hele jaar geldt.

Op de Westroute (kanaal door Zuid-Beveland en de Krammersluizen) zijn de bruggen beweegbaar, waardoor er geen doorvaarthoogteknelpunten zijn. Wel kan er een knelpunt ontstaan door de bedientijden van beweegbare bruggen. Uit onderzoek blijkt dat de gemiddelde wachttijd voor de scheepvaart bij de Vlakespoorbrug tot het jaar 2050 naar verwachting niet toeneemt. Het aantal schepen dat een brugopening nodig heeft neemt wel toe, waardoor de vaartuigverliesuren in beperkte mate toenemen.

Op het Hollandsch Diep, onderdeel van de Westerschelde-Rijncorridor, voldoen de Moerdijkbrug (A16) en de Moerdijkspoorbrug niet aan de streefwaarde van 9,10 m bij MHWS. De beschikbare doorvaarthoogte is afhankelijk van het getij en zal door klimaatverandering (met name zeespiegelstijging en hogere rivierafvoer) verder afnemen.

Alle bruggen over het Kanaal Gent-Terneuzen zijn beweegbaar en voldoen aan het streefbeeld. Bij eventuele kanaalaanpassingen (verwacht rond 2040) zullen nieuwe oeververbindingen nodig zijn om bredere schepen te kunnen toelaten tot Gent.