



Memo

Aan
RWS-WVL

Datum 19 februari 2020	Ons kenmerk 11203738-005-BGS-0005	Aantal pagina's 31
Contactpersoon Jurjen de Jong	Doorkiesnummer +31(0)88 335 8038	E-mail Jurjen.deJong@deltares.nl

Onderwerp
KBN: Potentiele blootstelling

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.2	Feb. 2020	Jurjen de Jong		Aukje Spruyt		Henriette Otter	

Dit memo is een product van het project klimaatbestendige netwerken (KBN) voor het hoofdvaarwegennet (HVWN) (11203738-005). In dit project wordt een stresstest uitgevoerd volgens de IPCC-risicobenadering. Onderdelen hierin zijn: bedreiging, potentiele blootstelling, toestand van het watersysteem, en kwetsbaarheid van de gebruiksfunctie.

Dit memo is toeleverend aan het onderdeel "potentiele blootstelling". In dit onderdeel van de risicobenadering komt aan bod wat allemaal in potentie als eerste orde effect wordt blootgesteld aan de beschouwde bedreiging. Het gaat dan om de fysieke infrastructuur (havens¹, vaarwegen en kunstwerken), transport (goederen), gebruikers (vloot). Het memo beschrijft potentieel blootgestelde elementen (netwerk met kunstwerken, goederen, vloot, waterverdeling) en beschrijft daarmee de invoer en uitgangspunten voor de verdere uitvoering van de risicobenadering.

In versie 1.2 is Bijlage A toegevoegd.

Inhoudsopgave

1	Ruimtelijke beschrijving.....	2
1.1	Netwerk.....	2
1.2	Kunstwerken.....	5
2	Vervoerde vracht en economische groei.....	11
2.1	Goederentransport in basisjaar 2014	11
2.2	Economische ontwikkeling (in vracht en vloot)	18
3	Waterverdeling	21
3.1	Afvoerdeling Rijntakken.....	21
3.2	Laterale onttrekkingen en lozingen.....	22
4	Referenties.....	24

¹ Havens zijn vooralsnog buiten beschouwing gelaten

1 Ruimtelijke beschrijving

1.1 Netwerk

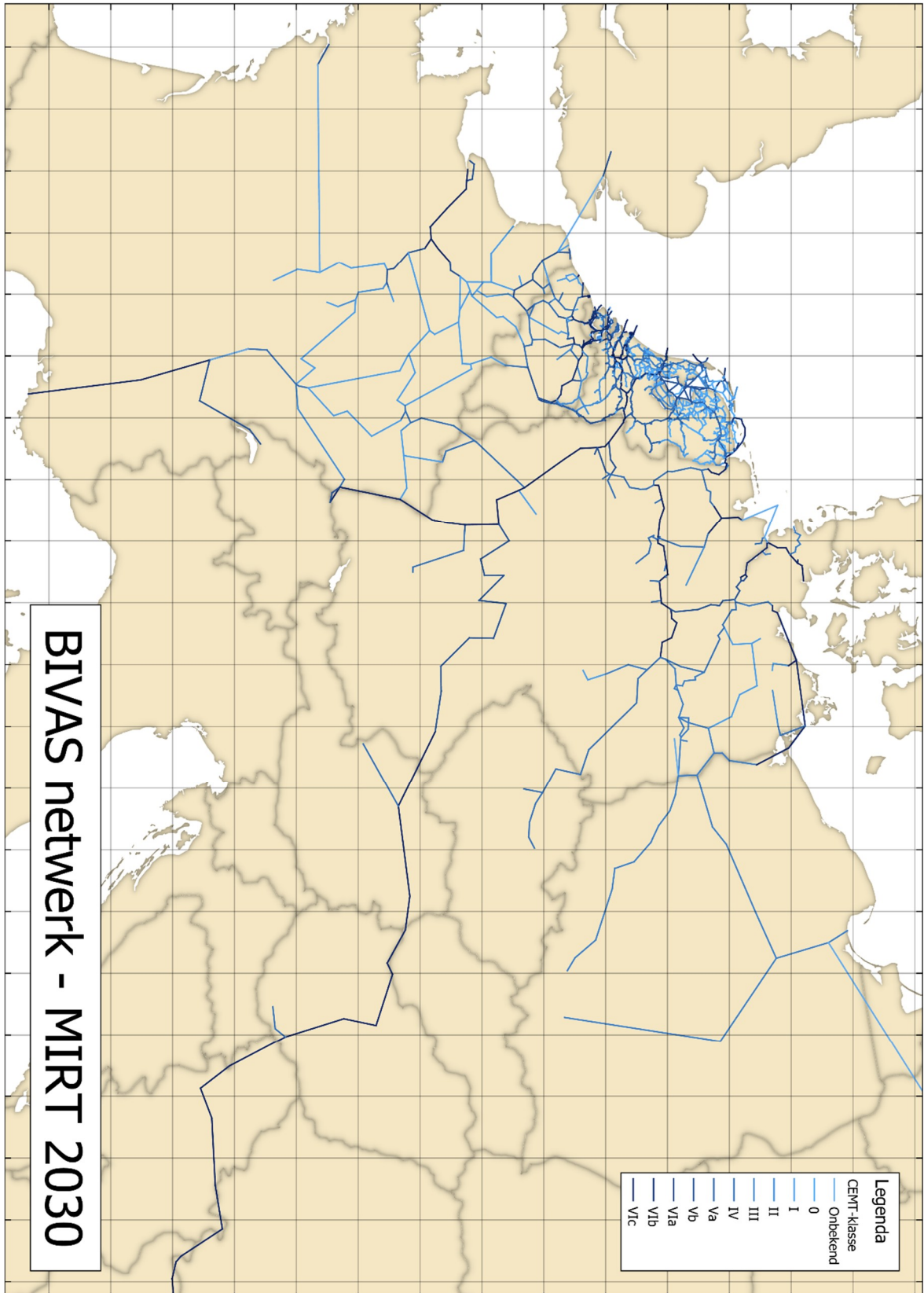
Voor de berekeningen van de scheepvaartbewegingen over het vaarwegennetwerk wordt het softwarepakket BIVAS gebruikt. Dit wordt onderhouden door Charta Software in opdracht van RWS-WVL. Een oplevering van BIVAS bestaat zowel uit het rekenhart, als uit een database met door te rekenen scenario's. Deze scenario's bevatten een schematisatie van het netwerk volgens zowel de huidige toestand, als de toekomstige toestand na uitvoering van de MIRT 2030 projecten. Deze toekomstige toestand van het netwerk wordt gebruikt binnen KBN.

In Figuur 1.1 is een overzicht opgenomen van het gehele netwerk van BIVAS in Nederland. In Figuur 1.2 is ook het buitenlandse deel van het netwerk weergegeven. Onder deze figuren wordt nader ingegaan op de implementatie van MIRT-2030-maatregelen.



Figuur 1.1

Vaarwegen met CEMT-klasse van het netwerk MIRT 2030 in BIVAS



Figuur 1.2

Vaarwegen met CEMT-klasse van het netwerk MIRT 2030 in BIVAS

Er is van de MIRT-maatregelen nagegaan of deze zijn opgenomen in de schematisatie. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschrijvingen in de documentatie van verschillende BIVAS opleveringen² en informatie uit overleg met Rijkswaterstaat. Van maatregelen die niet waren opgenomen in dit overzicht (aangegeven in groen/rood) is uitgezocht of deze invloed hebben op de routeafhandeling in BIVAS. Van twee maatregelen (rood gekleurd) bleek dat deze opgenomen zouden kunnen worden. Omdat het effect van beide maatregelen op de modelresultaten verwaarloosbaar is, wordt het niet nodig geacht om het BIVAS-netwerk bij te werken.

Tabel 1.1 Controle van implementatie MIRT-maatregelen in BIVAS-netwerk. De kleur geeft het effect op het BIVAS netwerk weer; groen: geen invloed op routeafhandeling of niet implementeerbaar; rood: wel invloed op routeafhandeling en implementeerbaar.

Status	Beschrijving	Status
MIRT uitgevoerd	Vaarweg Meppel – Ramspol (keersluis Zwartsluis)	Geen invloed op het netwerk (de sluis staat normaliter open)
MIRT uitgevoerd	Amsterdam-Rijnkanaal (verwijderen keersluis Zeeburg)	Geen invloed omdat een vernauwing in BIVAS niet wordt meegenomen
MIRT uitgevoerd	Bouw 4e sluiscolk Ternaaien	Niet verwerkt in sluisparameters
MIRT uitgevoerd	Zuid-Willemsvaart, Aanleg Máximakanaal en opwaarderen tot Veghel	Verwerkt in BIVAS
MIRT uitgevoerd	Capaciteit Julianasluis Gouda	Verwerkt in BIVAS
MIRT uitgevoerd	Verdieping Vaarweg Harlingen – Kornwerderzand (Boontjes)	Beïnvloedt niet de diepgang, maar enkel de toegankelijkheid door getij
MIRT lopend	Vaarweg Lemmer – Delfzijl, Fase 1	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Vaarweg Lemmer – Delfzijl, Fase 2	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Verbeteren Vaargeul IJsselmeer (A'dam – Lemmer)	Niet opgenomen in BIVAS
MIRT lopend	De Zaan (Wilhelminasluis)	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Lekkanaal: 3 ^e kolk Beatrixsluis + Verbreding kanaalzijde	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Nieuwe sluis Terneuzen	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Wilhelminakanaal Tilburg	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Maasroute, modernisering Fase 2	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Toekomstvisie Waal Lobith – Haften	Geen invloed op het netwerk
MIRT lopend	Capaciteitsuitbreiding sluis Eefde	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Twentekanaal, verruiming fase 2	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Vaarweg IJsselmeer – Meppel	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Capaciteit Volkeraksluizen	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Verkeerssituatie splitsing Hollandsch Diep – Dordtsche Kil	Geen invloed op het netwerk
MIRT lopend	Bovenloop IJssel	Maatregel heeft geen invloed op de scheepvaartklassen
MIRT lopend	Vaarweg Lemmer – Delfzijl, Fase 1	Verwerkt in BIVAS
MIRT lopend	Vaarweg Lemmer – Delfzijl, Fase 2	Verwerkt in BIVAS

1.2 Kunstwerken

Onderdeel van de bepaling van de knelpunten is de interactie tussen de waterstanden in de rivier en kunstwerken. Bij lage waterstanden worden drempels in de rivier (vaste lagen) en

² Momenteel is de laatste release BIVAS 3.7.0. Het bijwerken van het netwerk naar MIRT-2030 is voor een groot deel al in BIVAS 3.5.0 gedaan.

drempels (en voorhavens) bij sluisen een obstakel. Doordat ook bodemdaling de hoogte van deze drempels stabiel blijft, zal dit in de toekomst vaker een knelpunt kunnen worden. Bij hoge waterstanden wordt de doorvaarthoogte van bruggen limiterend voor de te transporteren goederen. Voor de dimensies van kunstwerken wordt aangesloten op de informatie in het Fairway Information System (FIS) van Rijkswaterstaat. Dit systeem verzorgt de ontsluiting van gegevens naar diverse services voor de scheepvaart, waaronder beschikbaarheid van de vaarweg, bedieningstijden van bruggen en sluisen, stremmingen, maar ook een database ten behoeve van de digitale navigatiekaarten (IENC, Inland Electronic Navigational Chart). De benodigde informatie voor het project KBN komt in grote mate overeen met de informatie die door de scheepvaart worden verwacht in een IENC. Zo staat hierin de doorvaarthoogte bij bruggen en de drempelhoogte van sluisen. Door de beheerders van RWS is echter ook aangegeven dat de herkomst en nauwkeurigheid van de data niet altijd duidelijk is.

In Tabel 1.2 en Tabel 1.3 is daarom een uitdraai³ geplaatst van de eerder genoemde drempel- en hoogte-informatie, zodat dit gecontroleerd kan worden bij regionale beheerders en gebruikers. Voor de werkzaamheden van 2019 wordt enkel gekeken naar de Rijntakken en de aansluitende kanalen. Ook de bodemhoogte bij havens en ligplaatsen valt buiten de afbakening. De selectie bevat niet enkel kunstwerken die de hoofdriever overbruggen, maar ook kunstwerken op direct aangetakte kanalen en havens. De selectie is gemaakt met een getekende polygoon (Figuur 1.4).

In het FIS zijn in het project nog geen gegevens beschikbaar van de bodemhoogte in voorhavens. Dit terwijl bij sommige sluiscomplexen (Weurt en Eefde) de diepte in de voorhavens het knelpunt vormt in de bereikbaarheid van de sluisen.

Tabel 1.2 Drempelhoogte (m+NAP) aan benedenzijde/buitenzijde (rivierzijde) en bovenzijde/binnenzijde (kanaalzijde) van een selectie van sluisen rondom de Rijntakken. Data afkomstig uit FIS: Geogeneration 1227, PublicationDate 2019-10-14

Name	Name_chamber	City	SillDepthBeBu	SillDepthBoBi
sluis Hagestein	sluiskolk sluis Hagestein	Ossenwaard	-4.5	-6.8
sluis Driel	sluiskolk sluis Driel	Doorwerth	-4.4	2.4
Biesboschsluis	sluiskolk Biesboschsluis	Werkendam	-3.6	-3.6
Prinses Marijkesluis	oostkolk Prinses Marijkesluis	Rijswijk (Gld)	-5.3	-5.3
	westkolk Prinses Marijkesluis	Rijswijk (Gld)	-5.3	-5.3
Koninginnensluis	sluiskolk Koninginnensluis	Vreeswijk	-2.2	-3.3
sluis St. Andries	sluiskolk sluis St. Andries	Heerewaarden	-3	-2
Prinses Irenesluis	westkolk Prinses Irenesluis	Wijk bij Duurstede	-7.6	-4.2
	oostkolk Prinses Irenesluis	Wijk bij Duurstede	-8.5	-5.1
Prins Bernhardsluis	oostkolk Prins Bernhardsluis	Echteld	-2.4	-5.3
	westkolk Prins Bernhardsluis	Echteld	-2.4	-5.3
Spooldersluis	sluiskolk Spooldersluis	Zwolle	-4.5	-4.1
Voorsluis Eefde	sluiskolk voorsluis Eefde	Eefde	-1.3	-1.3
sluis Doesburg	sluiskolk sluis Doesburg	Doesburg	2.5	-4.5
Grote sluis Vianen	sluiskolk Grote Sluis Vianen	Vianen (ZH)	-2.7	-3.6
sluis Amerongen	sluiskolk sluis Amerongen	Amerongen	-4.8	-7
sluis Weurt	westkolk sluis Weurt	Nijmegen	1.5	-6

³ Voor het verkrijgen van de data wordt gebruik gemaakt van de VNDS (Vaarweg netwerk Nederland) dataservice. Voor het verwerken van de response is gebruik gemaakt van de (nieuwe opgezette) python-module pyFIS.

Datum
19 februari 2020

Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
7 van 31

Name	Name_chamber	City	SillDepthBeBu	SillDepthBoBi
	oostkolk sluis Weurt*	Nijmegen	3	-4.5
sluis Eefde	sluiskolk sluis Eefde	Eefde	0	-3.5
	Sluiskolk Noord (in aanbouw)	Eefde		
Steenenhoeksche Kanaalsluis	sluiskolk Steenenhoeksche Kanaalsluis	Hardinxveld-Giessendam	-3	-3.8
Prins Bernhardsluis Deventer	sluiskolk Prins Bernhardsluis Deventer	Deventer	-1.6	2.3
Ganzensluis	sluiskolk Ganzensluis	Kampen	-2.5	-2.1
Prinses Beatrixsluizen	middenkolk Prinses Beatrixsluizen	Vreeswijk	-4.2	-4.6
	westkolk Prinses Beatrixsluizen	Vreeswijk	-4.2	-4.6
	Oostkolk Prinses Beatrixsluizen	Vreeswijk		
Wilhelminasluis Andel	sluiskolk Wilhelminasluis Andel	Andel	-2.1	-2.9
Scheeresluis	Sluiskok van Scheeresluis	Kamperveen	2.6	

* Van de oude sluis zijn vermoedelijk de buiten- en binnenzijde van de sluis verkeerd om in FIS geregistreerd. In deze tabel is dit gecorrigeerd.

Tabel 1.3 Gesloten hoogte (m+NAP) van een selectie van bruggen rondom de Rijntakken. Data afkomstig uit FIS: Geogeneration 1227, PublicationDate 2019-10-14

Name	Name_opening	City	Height Closed
Rooijensteijnsebrug	Doorvaartopening (Vast) van Rooijensteijnsebrug	Tiel	16.8
Stadsbrug, Kampen	Doorvaartopening 4 (Beweegbaar) van Stadsbrug, Kampen	Kampen	5.5
	Doorvaartopening 3 (Vast) van Stadsbrug, Kampen	Kampen	4.6
	Doorvaartopening 5 (Vast) van Stadsbrug, Kampen	Kampen	4.9
brug over binnenhoofd Pr. Bernhardsluis Deventer	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Pr. Bernhardsluis, Deventer, brug over binnenhoofd	Deventer	0.5
Oude IJsselbrug, Zutphen	Doorvaartopening 1 (Beweegbaar) van Oude IJsselbrug, Zutphen	Zutphen	10.8
	Doorvaartopening 2 (Vast) van Oude IJsselbrug, Zutphen	Zutphen	10.9
Brug Cortenoever	Doorvaartopening (Vast) van Brug Cortenoever	Zutphen	17.9
Ganzensluis, fietsbrug over sluis	Doorvaartopening (Vast) van Ganzensluis, fietsbrug over sluis	Kampen	5.4
Eilandbrug, Kampen	Doorvaartopening 1 (Beweegbaar) van Eilandbrug, Kampen	Kampen	15.2
	Doorvaartopening 2 (Vast) van Eilandbrug, Kampen	Kampen	15.7
Nelson Mandelabrug, Arnhem	Doorvaartopening (Vast) van Nelson Mandelabrug, Arnhem	Arnhem	22.2
brug in de N322 St. Andries	Doorvaartopening (Beweegbaar) van St. Andries, brug in de N-322	Heerwaarden	12.9
Hagesteinsebrug (Hooge Blieker)	Doorvaartopening (Vast) van Hagesteinsebrug (Hooge Blieker)	Hagestein	15.8
brug in de A1 Deventer	Doorvaartopening (Vast) van Deventer, brug in de A-1	Deventer	14.9
brug over benedenhoofd Prinses Marijkesluis	Doorvaartopening 2 (Vast) van Prinses Marijkesluis, brug over benedenhoofd	Rijswijk (Gld)	12
	Doorvaartopening 1 (Vast) van Prinses Marijkesluis, brug over benedenhoofd	Rijswijk (Gld)	11.8
brug Rhenen	Doorvaartopening (Vast) van Rhenen, brug	Rhenen	20.1
Prins Bernhardbrug, Deventer, brug over buitenhoofd	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Prins Bernhardbrug, Deventer, brug over buitenhoofd	Deventer	7.7
Doesburg, brug over buitenhoofd	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Doesburg, brug over buitenhoofd	Doesburg	10.9
spoorbrug Betuwelijn over Prins Bernhardsluis	Doorvaartopening 2 (Vast) van Prins Bernhardsluis, spoorbrug Betuwelijn	Tiel	14.6
	Doorvaartopening 1 (Vast) van Prins Bernhardsluis, spoorbrug Betuwelijn	Tiel	14.6
Emmabrug, Nieuwegein	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Emmabrug, Nieuwegein	Nieuwegein	7.2

Datum
19 februari 2020

Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
8 van 31

Name	Name_opening	City	Height Closed
Biesboschsluis, brug over binnenhoofd	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Biesboschsluis, brug over binnenhoofd	Werkendam	4.8
Tiel, brug in Grote Brugse Grintweg	Doorvaartopening 2 (Vast) van Tiel, brug in Grote Brugse Grintweg	Tiel	14.9
	Doorvaartopening 1 (Vast) van Tiel, brug in Grote Brugse Grintweg	Tiel	14.9
Wilhelminabrug, Deventer	Doorvaartopening (Vast) van Wilhelminabrug, Deventer	Deventer	13.4
Prins Willem-Alexanderbrug, Beneden-Leeuwen	Doorvaartopening (Vast) van Prins Willem-Alexanderbrug, Beneden-Leeuwen	Beneden-Leeuwen	19.6
spoorbrug Dr. Ir. W. Hupkes	Doorvaartopening 1 (Vast) van Dr. Ir. W. Hupkes, spoorbrug	Zaltbommel	17
	Doorvaartopening 2 (Vast) van Dr. Ir. W. Hupkes, spoorbrug	Zaltbommel	17.4
Wilhelminasluis, Andel, brug over bovenhoofd	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Wilhelminasluis, Andel, brug over bovenhoofd	Andel	7.2
Merwedebrug, Gorinchem	Doorvaartopening 3 (Beweegbaar) van Merwedebrug, Gorinchem	Gorinchem	10.4
	Doorvaartopening 2 (Vast) van Merwedebrug, Gorinchem	Gorinchem	13.3
	Doorvaartopening 1 (Vast) van Merwedebrug, Gorinchem	Gorinchem	13.3
Weurt, brug over de buitenhoofden	Doorvaartopening 2 (Beweegbaar) van Weurt, brug over buitenhoofd Oostsluis	Nijmegen	18.6
	Doorvaartopening 1 (Beweegbaar) van Weurt, brug over buitenhoofd Westsluis	Nijmegen	18.7
Middachterbrug (in A348)	Doorvaartopening (Vast) van Middachterbrug (in A348)	De Steeg	17.3
Waalbrug, Nijmegen	Doorvaartopening (Vast) van Waalbrug, Nijmegen	Nijmegen	24.7
Brug Heteren, brug in de A-50	Doorvaartopening (Vast) van Brug Heteren, brug in de A-50	Heteren	20.5
Hardinxveld-Giessendam, brug	Doorvaartopening (Vast) van Hardinxveld-Giessendam, brug	Hardinxveld-Giessendam	5.5
Molenbrug, Kampen	Doorvaartopening (Vast) van Molenbrug, Kampen	Kampen	12.1
Martinus Nijhoffbrug	Doorvaartopening (Vast) van Martinus Nijhoffbrug	Zaltbommel	17.6
IJsselspoorbrug Deventer	Doorvaartopening (Vast) van IJsselspoorbrug, Deventer	Deventer	13.5
IJsselspoorbrug Zutphen	Doorvaartopening 2 (Vast) van IJsselspoorbrug, Zutphen	Zutphen	10.9
	Doorvaartopening 1 (Beweegbaar) van IJsselspoorbrug, Zutphen	Zutphen	10.8
Prins Bernhardsluis, brug in de A-15	Doorvaartopening 1 (Vast) van Prins Bernhardsluis, brug in de A-15	Tiel	13.6
	Doorvaartopening 2 (Vast) van Prins Bernhardsluis, brug in de A-15	Tiel	13.6
John D. Frostbrug	Doorvaartopening (Vast) van John D. Frostbrug	Arnhem	21.8
Doesburg, brug	Doorvaartopening (Vast) van Doesburg, brug	Doesburg	17.3
Eefdesbrug	Doorvaartopening (Vast) van Eefdesbrug	Eefde	13
Prinses Marijkesluis, brug over buitenhoofd	Doorvaartopening (Vast) van Prinses Marijkesluis, brug over buitenhoofd	Rijswijk (Gld)	15
Ravenswaaijsebrug	Doorvaartopening (Vast) van Ravenswaaijsebrug	Rijswijk (Gld)	16.8
Katerveer, brug in de A-28	Doorvaartopening (Vast) van Katerveer, brug in de A-28	Katerveer	13.3
Hanzebruggen	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Hanzebruggen	Deventer	0.6
spoorbrug Culemborg	Doorvaartopening (Vast) van Culemborg, spoorbrug	Culemborg	16
Spoldersluis, brug over binnenhoofd	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Spoldersluis, brug over binnenhoofd	Spoolde	4.1
Prinses Irenesluis, brug over binnenhoofd	Doorvaartopening 1 (Vast) van Prinses Irenesluis, brug over binnenhoofd	Wijk Duurstede bij	11.2
	Doorvaartopening 2 (Vast) van Prinses Irenesluis, brug over binnenhoofd	Wijk Duurstede bij	11.2
spoorbrug Oosterbeek	Doorvaartopening (Vast) van Oosterbeek, spoorbrug	Oosterbeek	21.1
spoorbrug over Prins Bernhardsluis	Doorvaartopening 2 (Vast) van Prins Bernhardsluis, spoorbrug	Tiel	13.5
	Doorvaartopening 1 (Vast) van Prins Bernhardsluis, spoorbrug	Tiel	13.5
Sluisbrug, Eefde	Doorvaartopening (Vast) van Sluisbrug, Eefde	Eefde	12.9

Name	Name_opening	City	Height Closed
Julianabrug, Vianen	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Julianabrug, Vianen	Vianen (ZH)	3.6
Arnhem, brug in de A-12	Doorvaartopening (Vast) van Arnhem, brug in de A-12	Arnhem	21.5
spoorbrug Eefde	Doorvaartopening (Vast) van Eefde, spoorbrug	Eefde	12.9
Ganzensluis, brug over sluis	Doorvaartopening (Vast) van Ganzensluis, brug over sluis	Kampen	5.4
Jan Blankenbrug	Doorvaartopening (Vast) van Jan Blankenbrug	Vianen	17.2
spoorbrug Westervoort	Doorvaartopening (Vast) van Westervoort, spoorbrug	Westervoort	20
Hoge brug, over Grote Sluis, Vianen	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Hoge brug, over Grote Sluis, Vianen	Vianen (ZH)	6.7
St. Andries, brug over bovenhoofd	Doorvaartopening (Vast) van St. Andries, brug over bovenhoofd	Heerewaarden	12.9
Andrej Sacharovbrug	Doorvaartopening (Vast) van Andrej Sacharovbrug	Arnhem	23.4
Katerveer, brug	Doorvaartopening (Vast) van Katerveer, brug	Katerveer	10.6
Westervoort, brug	Doorvaartopening (Vast) van Westervoort, brug	Westervoort	20
spoorbrug Nijmegen (Waal)	Doorvaartopening (Vast) van Nijmegen, spoorbrug	Nijmegen	22.8
Tacitusbrug, brug in de A-50	Doorvaartopening (Vast) van Tacitusbrug, brug in de A-50	Ewijk	23.3
Lekbrug, Vianen	Doorvaartopening (Vast) van Lekbrug, Vianen	Vianen	15.5
Wilhelminabrug, Nieuwegein	Doorvaartopening (Beweegbaar) van Wilhelminabrug, Nieuwegein	Nieuwegein	2.5
Spoolderbrug	Doorvaartopening (Vast) van Spoolderbrug		9.7
Hanzeboog, spoorbrug	Doorvaartopening (Vast) van Hanzeboog, spoorbrug	Zwolle	13
De Oversteek Nijmegen	Doorvaartopening (Vast) van De Oversteek Nijmegen	Nijmegen	23.9
Polbrug (Zutphen)	Doorvaartopening (Vast) van Polbrug (Zutphen)	Zutphen	13.1
Brug westelijke sluis	Doorvaartopening (Vast) van Brug westelijke sluis		11.2
Brug over de oostelijke sluis	Doorvaartopening (Vast) van Brug over de oostelijke sluis		

Een ander knelpunt in de rivieren betreft de vaste lagen in de Rijn bij Erlecom, Nijmegen en St. Andries. Met name de vaste laag bij Nijmegen is vaak het grootste knelpunt voor de scheepvaart binnen Nederland. In Tabel 1.4 en Figuur 1.3 zijn schatting gemaakt van de hoogte van de vaste laag aan de benedenstroomse kant van de vaste laag. Voor de vaste laag bij Nijmegen is aangekondigd dat deze afgevlakt (en dus iets verlaagd) gaat worden in 2020.

Tabel 1.4 Hoogte van vaste lagen in de Rijntakken. Schatting op basis van een meerjarig gemiddelde van multi-beam metingen

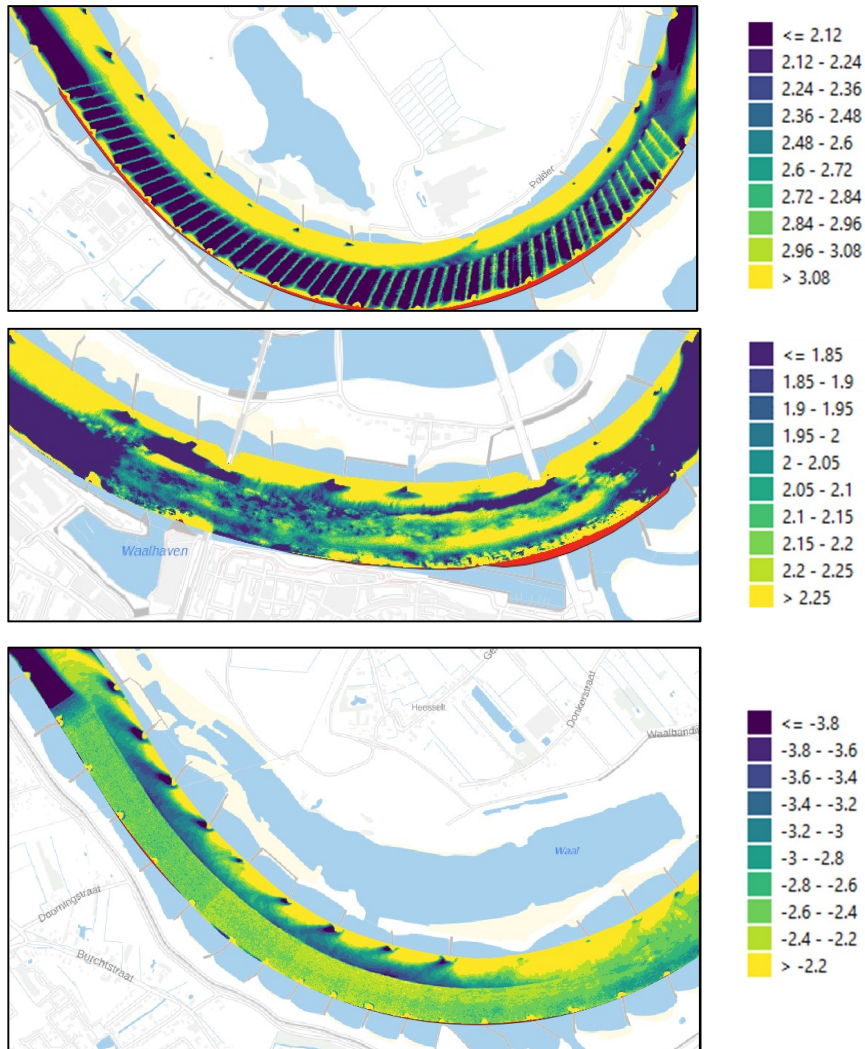
Name	Hoogte benedenstrooms (m+NAP)
Bodemkribben Erlecom	2.8
Vaste laag Nijmegen	2.0
Vaste laag St. Andries	-2.5



Datum
19 februari 2020

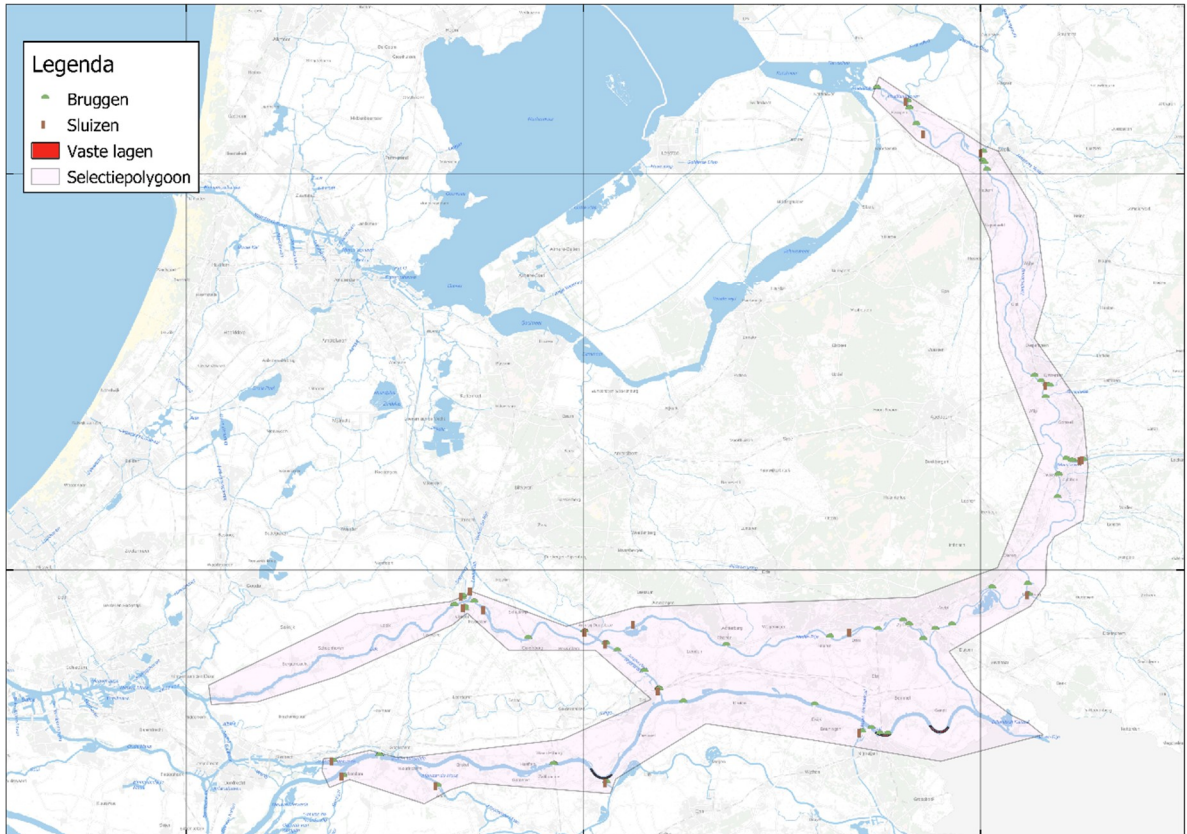
Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
10 van 31



Figuur 1.3 Gemiddelde bodemligging (m+NAP) van de periode 1999 tot 2018 bij de vaste lagen van Erlecom (boven), Nijmegen (midden), en St. Andries (onder)

Een overzicht van de geografische ligging van alle eerder genoemde kunstwerken is gegeven in Figuur 1.4.



Figuur 1.4 *Overzicht van sluizen en bruggen uit FIS (verkregen met de geschetste selectiepolygoon) en de locatie van de vaste lagen.*

2 Vervoerde vracht en economische groei

In de studie klimaat bestendige netwerken wordt onderzoek gedaan naar de afhandeling van het goederentransport door de binnenvaart op het vaarwegennetwerk van, naar en door Nederland. Als referentiesituatie wordt gebruik gemaakt van de geregistreerde vaarbewegingen van basisjaar 2014. Dit wordt gezien als een representatief jaar voor het goederenvervoer over water. Het jaar bevat geen significante hoogwater- en laagwaterperioden waardoor de scheepvaart nauwelijks gehinderd is.

In dit hoofdstuk volgt eerst een beschouwing van de vaarbewegingen in dit referentiejaar. Daarna volgt een beschrijving van de scenario's met economische groei *Hoog* en *Laag* voor 2050.

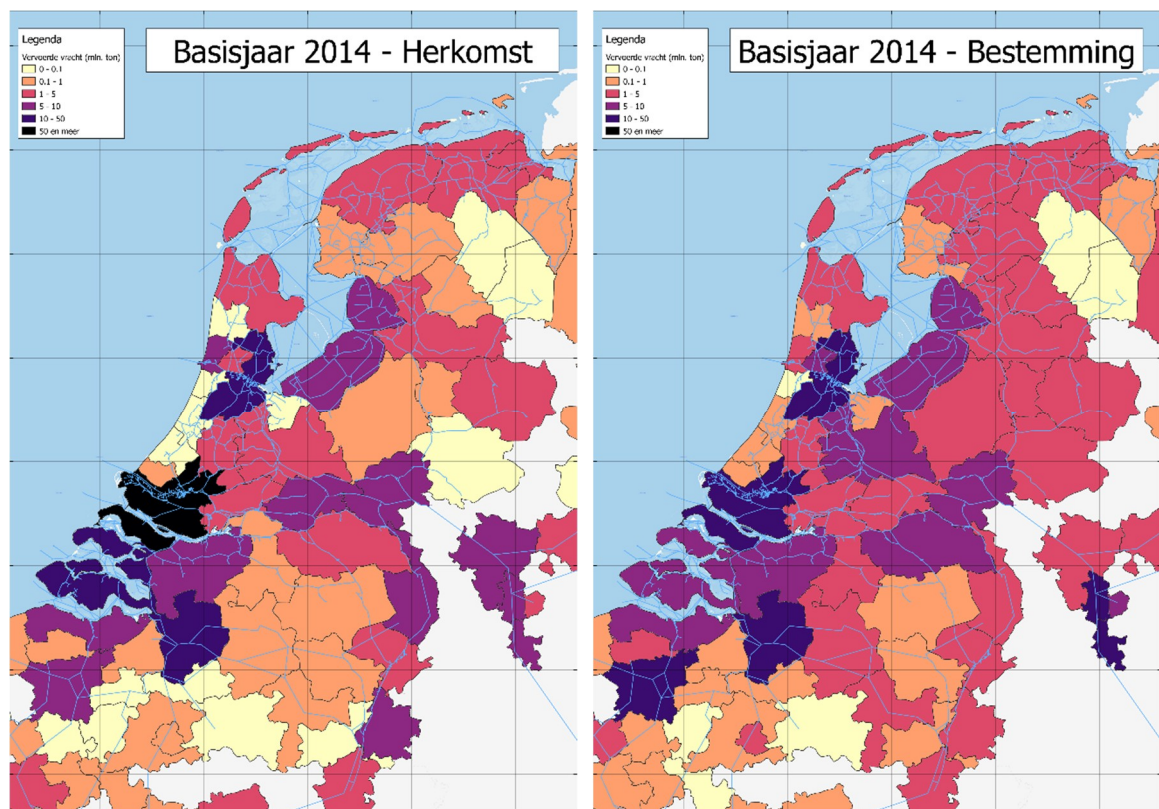
2.1 Goederentransport in basisjaar 2014

Deze paragraaf bevat een beschrijving van het goederentransport in het basisjaar 2014. De registratie van vaarbewegingen in het IVS90-systeem wordt gebruikt als invoer voor de analyses. Deze invoer bevat onder meer de locaties van herkomst en bestemming, de hoeveelheid vracht (ton en bij containers TEU), type vracht (NSTR-klasse), verschijningsvorm (containers, bulk) en de scheepvaartklasse (RWS-klasse).



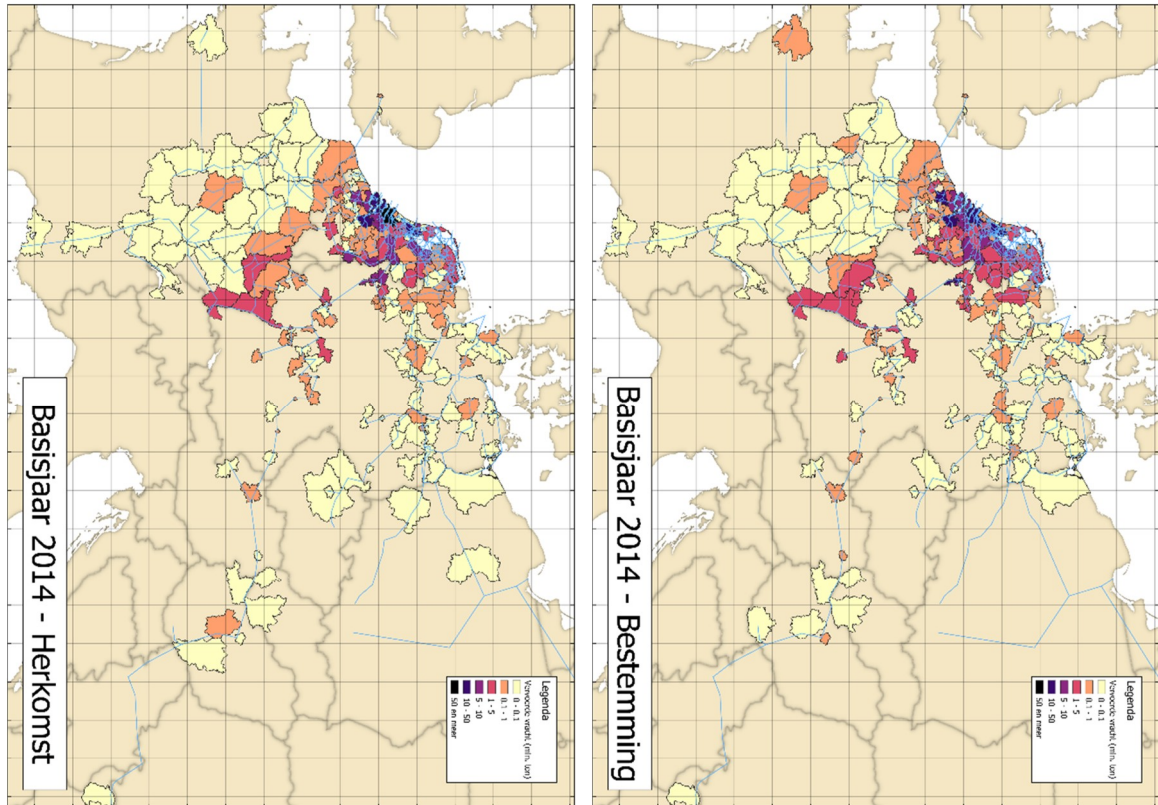
Omdat de hoeveelheid verschillende locaties van herkomst en bestemming zeer groot is en niet in een figuur te vatten is, worden deze gegroepeerd naar de NUTS3-indeling (versie 2003). In Figuur 2.1 en Figuur 2.2 is de herkomst en bestemming van de vracht weergegeven.

De belangrijkste herkomst van de binnenvaart zijn de zeehavens in Rotterdam (103 mln. ton), Antwerpen⁴ (37 mln. ton), Amsterdam (28 mln. ton), en Zeeland (12 mln. ton). Belangrijke bestemmingen zijn ook de havens (Rotterdam, 41 mln. ton; Antwerpen, 38 mln. ton; Amsterdam, 21 mln. ton), maar ook de regio rondom Duisburg (32 mln. ton) en Düsseldorf (10 mln ton).



Figuur 2.1 Vervoerde vracht (mln. ton) per herkomst (links) en bestemming (rechts) in basisjaar 2014.

⁴ Enkel binnenvaart die door Nederland komt, staat geregistreerd in IVS90 en is dus meegenomen in deze getallen.

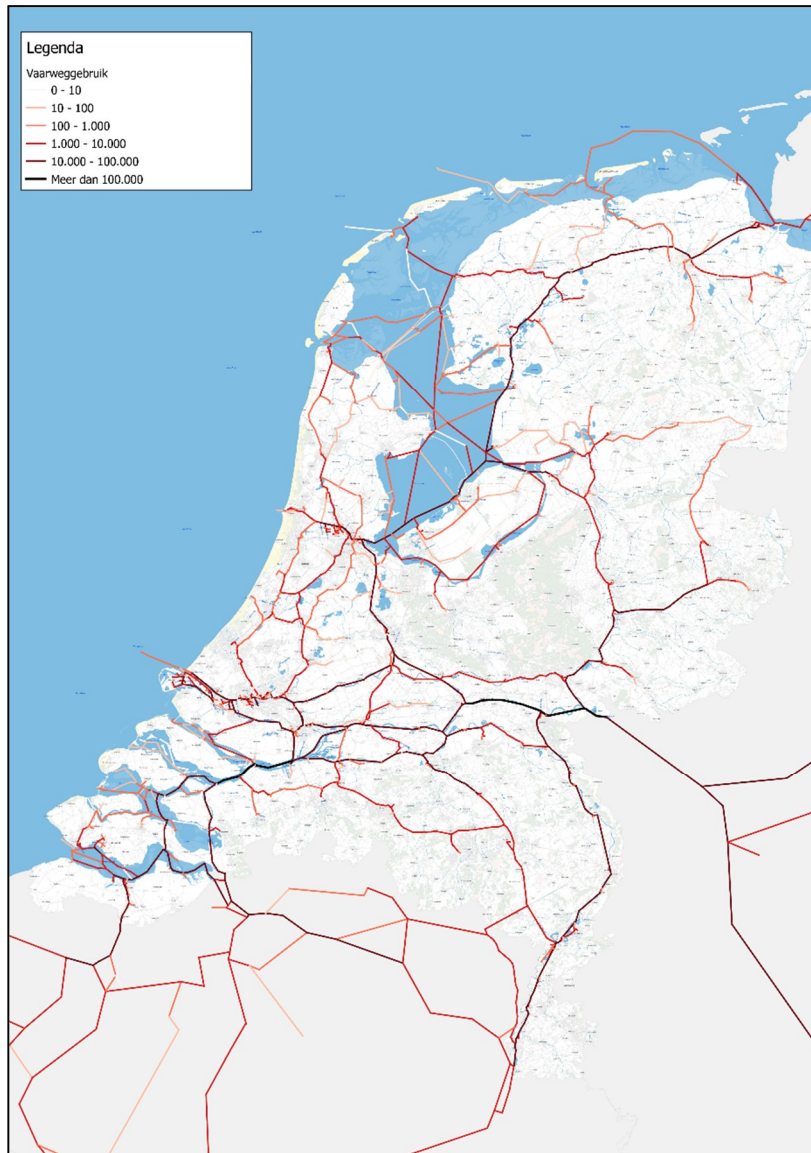


Figuur 2.2 Vervoerde vracht (mln. ton) per herkomst (links) en bestemming (rechts) in basisjaar 2014.

In Figuur 2.3 staan de resulterende vaarbewegingen op het netwerk⁵. In de figuur is gebruik gemaakt van een exponentiele schaal om de grote verschillen in vaarweggebruik visueel te maken. Goed zichtbaar zijn de grotere goederencorridors⁶ van Amsterdam/Rotterdam naar Delfzijl, Duitsland, Luik en Gent/Antwerpen

⁵ Hiervoor is gebruik gemaakt van reeds beschikbare BIVAS-simulaties uit de effectmodule scheepvaart van het Deltaprogramma Zoet Water.

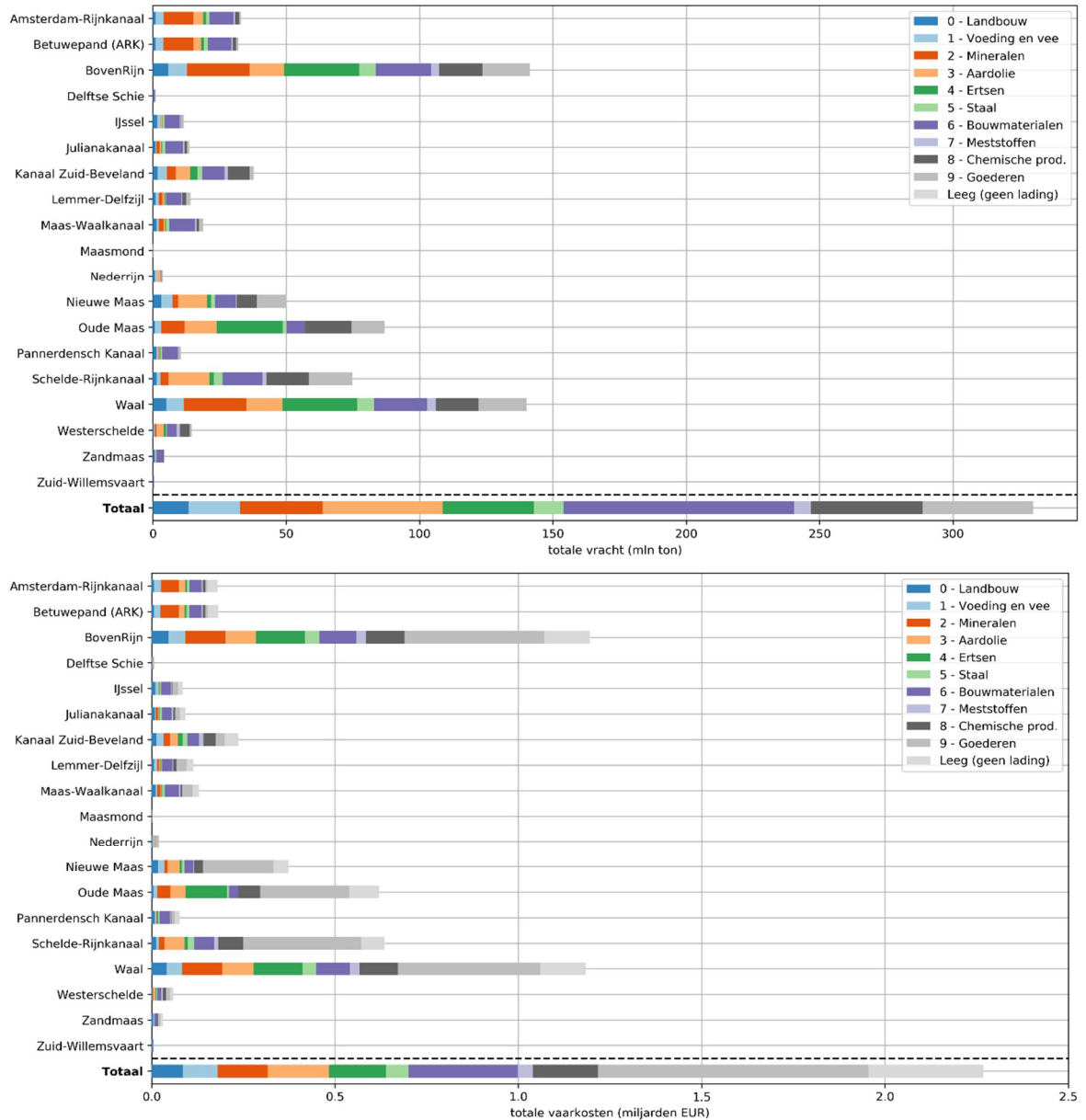
⁶ Zie ook Bijlage IV van NMCA, 2017 voor een definitie van de goederencorridors.



Figuur 2.3 Vaarbewegingen in het basisjaar 2014

De meeste vaarbewegingen vinden in Nederland plaats op de Waal en de Bovenrijn. Doordat dit grotere schepen zijn die met meer lading een langere afstand varen, zijn de vaarkosten⁷ van de scheepvaart deze trajecten passeert een groot aandeel van de totale vaarkosten in Nederland. In Figuur 2.4 is dit weergegeven door een vergelijking van de vaarbewegingen en vaarkosten op een aantal belangrijke vaarwegen te geven met een onderscheid naar NSTR-goederenklasse. Van de totale scheepvaart gaat ongeveer een kwart over de Waal en Bovenrijn

⁷ De vaarkosten in BIVAS bestaan uit alle kosten die gemaakt worden om de goederen van A naar B te krijgen. Veelal worden deze kosten gedragen door de verladers. De kosten bestaan uit zowel variabele kosten per uur of per kilometer (brandstofgebruik, reparatie en onderhoud, arbeidskosten, materieelkosten zoals afschrijving, rente, onderhoud, havengeld en overige kosten) en vaste kosten door laden, lossen en het wachten hierop (per ton). Voor de Waal is uitgezocht (De Jong, 2019a) dat de vaarkosten zijn opgebouwd uit vaste vaarkosten (510 mln. euro), variabele vaarkosten (570 mln. euro) en de kosten van lege schepen (120 mln euro).



Figuur 2.4 Voor enkele karakteristieke vaarwegen is uitgedrukt hoeveel vaarbewegingen hier zijn (boven), hoeveel vracht vervoerd wordt (midden) en hoe groot de totale vaarkosten zijn (onder) die door deze vaarbewegingen gemaakt worden.

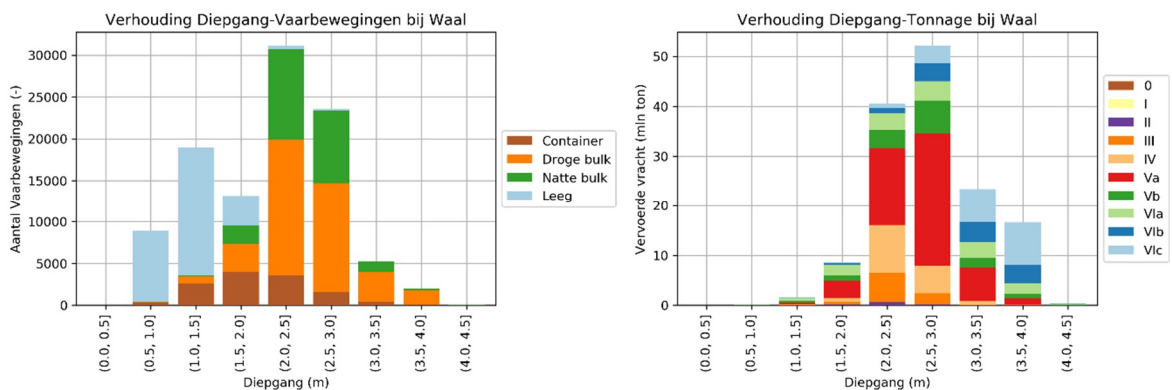
Ten slotte staat in Figuur 2.5 tot Figuur 2.7 nog enkele analyses van de opbouw van de vloot op de Waal bij Nijmegen (De Jong, 2019a):

- In Figuur 2.5 een analyse van de verdeling van de diepgang van de scheepvaart op de Waal bij Nijmegen (De Jong, 2019a). De schepen met de grootste diepgang zijn allen beladen met droge bulk, gevolgd door natte bulk. Containerschepen hebben veelal een kleinere diepgang.
- In Figuur 2.6 een opsplitsing naar beladingsgraad. De beladingsgraad is bepaald op basis van de IVS90-data. Het vervoerde tonnage is gedeeld door de laadcapaciteit van het

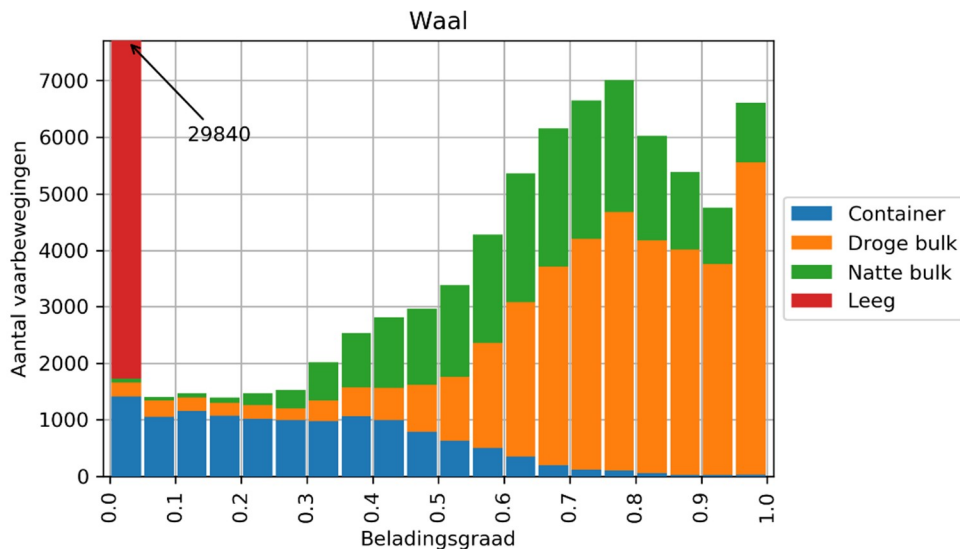
schip⁸. Opvallend uit de resultaten zijn de lage beladingsgraad van containerschepen en de hoge beladingsgraad van de droge bulk schepen. Natte bulk is een spreiding rondom een halve beladingsgraad. De overige (lege) schepen hebben per definitie een beladingsgraad van 0.

- In Figuur 2.7 is een uitgebreide opsplitsing van alle scheepspassages naar scheepstype. Hierbij is naast een opsplitsing naar CEMT-klasse (I, II, ...) ook opgesplitst naar de RWS-classes (motorvrachtschepen (M), duwbakken (B) en koppelverbanden (C)).

Vergelijkbare figuren voor andere vaarwegen zijn gegeven in Bijlage A.

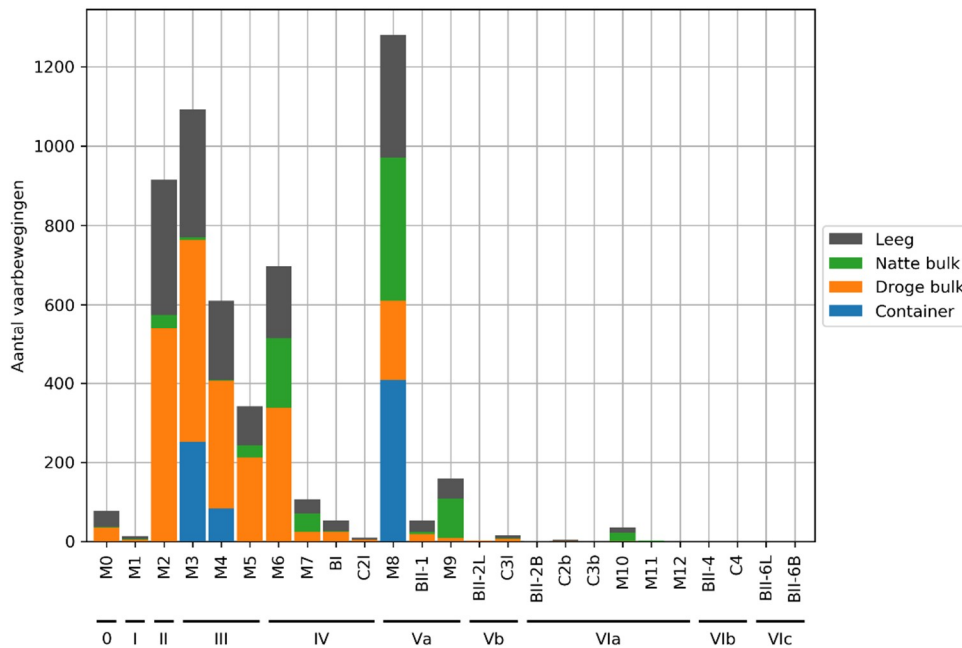


Figuur 2.5 Onderverdeling goederenvervoer naar diepgang voor verschillende verschijningsvormen (links) en scheepvaartklassen (rechts). De verschijningsvorm 'Overig' zijn de lege schepen.



Figuur 2.6 Inschatting van de beladingsgraad voor de vloot bij Nijmegen. De informatie is gebaseerd op de uit IVS90 afkomstige gegevens van het vervoerde tonnage en de maximale laadcapaciteit van het schip. De vorm 'Overig' staat voor lege schepen.

⁸ Het is niet bekend of deze gegevens altijd van voldoende kwaliteit zijn. Omdat ook beladingsgraden tussen 1.0 en 1.05 voorkomen in de gegevens, was het nodig de beladingsgraad te maximaliseren tot 1.0.



Figuur 2.7 Opbouw van de vloot van de vaarbewegingen op de Waal bij Nijmegen. Op de x-as staat de opdeling van de vloot in RWS-classes en de groepering naar CEMT-classes. Binnen de CEMT-classes 0, 1, en 2 zijn de RWS-classes samengevoegd.

2.2 Economische ontwikkeling (in vracht en vloot)

Voor de bepaling van de groei van de scheepvaart wordt doorgekeken naar zichtjaar 2050. Er wordt gebruik gemaakt van twee scenario's (hoge en lage economische groei) gebaseerd op de WLO-2015 scenario's van planbureaus CPB en PBL. Het effect van de scenario's op het goederentransport is bepaald in de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA; Rijkswaterstaat, 2017): de Basisprognoses Goederenvervoer 2017. Deze scenario's voor de binnenvaart zijn ook gebruikt binnen de Deltascenario's van het Deltaprogramma Zoet Water (Schasfoort, De Jong & Meijers, 2019). In deze paragraaf volgen enkele belangrijke uitgangspunten van deze scenario's en een beschouwing op de groei die hierin verwerkt zit.

Enkele uitgangspunten van de scenario's (Rijkswaterstaat 2017):

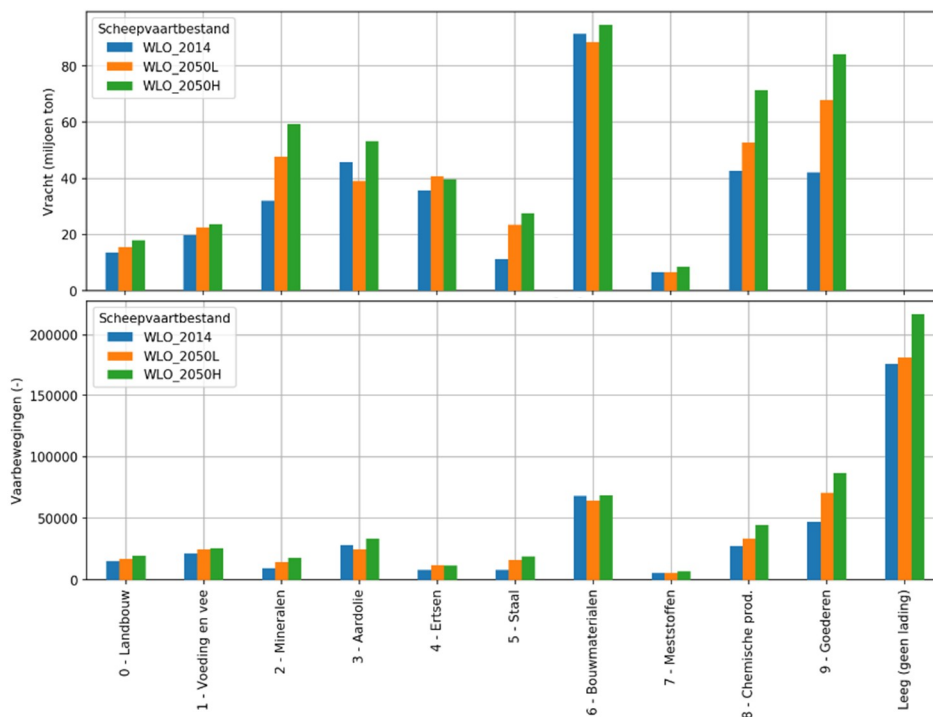
- In de economische groei is niet meegenomen dat er grote veranderingen komen in landgebruik en infrastructuur onder dreiging van klimaatverandering.
- Voor het scenario Hoog is verondersteld dat een CO₂-heffing wordt ingesteld, waardoor de groei van de binnenvaart wordt beperkt.
- Inbegrip van afspraken van modal shift van containervervoer van/naar de Maasvlakte.
- Geografische verschuiving in de zand- en grindwinning (afname winning in Limburg en omgeving).
- De sluiting/opening van verschillende kolencentrales (indien voldoende zeker).
- Diverse nieuwe containerterminals (indien voldoende zeker).
- De opkomst van biomassa als alternatief voor steenkool en aardolie(producten).
- Er is een toename van de waarde-gewichtsverhouding (dematerialisatie) wat betekent dat een gelijke economische waarde minder ladinggewicht heeft. Hierdoor neemt de door binnenvaart vervoerde vracht af.

- De vlootsamenstelling wordt verondersteld niet te veranderen. In de studie NMCA is per sluis een beschouwing gemaakt op de nieuwe vlootsamenstelling en niet voor het hele netwerk.
- En ten slotte de hoge en lage economische groei van de WLO-scenario's (zie de hier volledig aan gewijde website www.wlo2015.nl)

De toekomstige binnenvaart is geschematiseerd door als basis de geregistreerde vaarbewegingen van 2014 te nemen en hierin de groei en uitgangspunten voor de scenario's Hoog en Laag in 2050 te verwerken. De resulterende transportstromen per NSTR klasse zijn gegeven in Figuur 2.8. De grootste groei is aanwezig in de NSTR-classes mineralen, chemische producten en goederen. Onder deze laatste klasse valt het grootste deel van het containertransport.

Tabel 2.1 Beschrijving van goederen die onder de NSTR-classes vallen

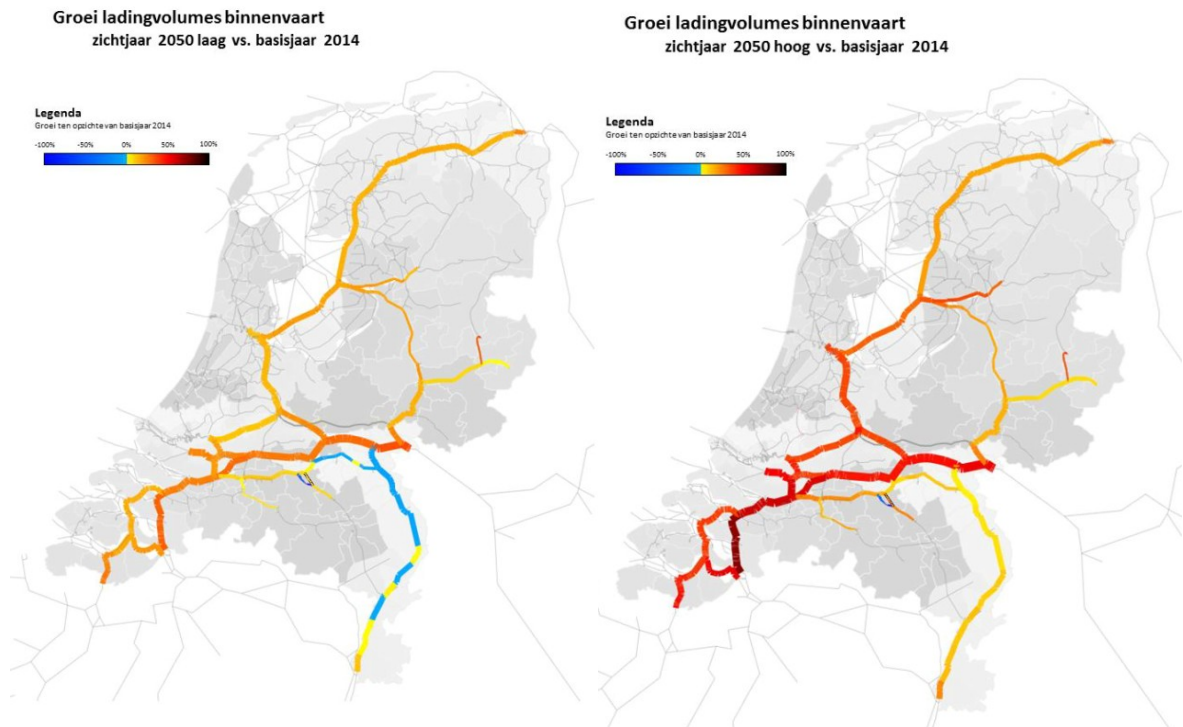
	Korte naam	Beschrijving
0	Landbouw	Landbouwproducten en levende dieren
1	Voeding en vee	Voedingsproducten en veevoeder
2	Mineralen	Vaste minerale brandstoffen, incl. vaste biomassa
3	Aardolie	Aardoliën en aardolieproducten, incl. vloeibare biomassa
4	Ertsen	Ertsen, metaalafval, geroost ijzerkies
5	Staal	IJzer, staal en non-ferrometalen
6	Bouwmaterialen	Ruwe mineralen; bouwmaterialen
7	Meststoffen	Meststoffen
8	Chemische prod.	Chemische producten
9	Goederen	Overige goederen en fabricaten



Figuur 2.8 Verwachte groei in 2050 per NSTR-klasse volgens scenario's 2050_Laag en 2050_Hoog ten opzichte van basisjaar 2014. Uitgedrukt in vervoerde vracht (boven) en aantal vaarbewegingen (onder). Bron: Schasfoort, De Jong & Meijers (2019).



In Figuur 2.9 is weergegeven wat de toename van vaarbewegingen is op het netwerk in deze scenario's van 2050. Op de routes van/naar onder meer Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam, Lobith en Delfzijl neemt het aantal vaarbewegingen toe. De Maas heeft enkel bij grote economische groei een toename in het aantal vaarbewegingen, maar een lichte afname bij lage economische groei.



Figuur 2.9 Verwachte groei in ladingvolumes in 2050 volgens scenario's 2050_Laag en 2050_Hoog. Bron: Rijkswaterstaat (2017).

3 Waterverdeling

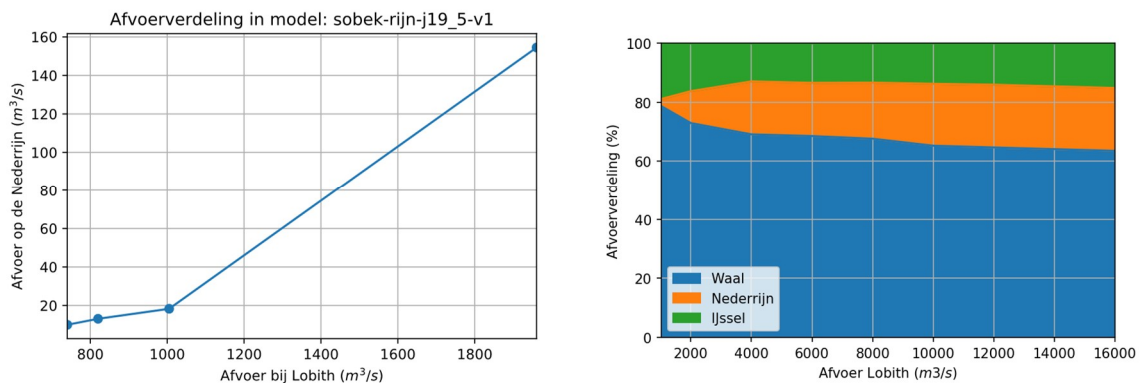
In de KBN risicobenadering (onderdeel toestand van het watersysteem) zullen we waterstanden berekenen in de Rijntakken. We zullen slechts enkele afvoerniveaus beschouwen, namelijk 700, 850, 1020, 1400, 1800 m³/s bij Lobith. Dit is nader onderbouwd en uitgewerkt in De Jong (2019c). Voor de bepaling van de waterstanden in de rivier wordt gebruik gemaakt van 1D hydraulische modellering met SOBEK3. Er wordt gebruik gemaakt van een gekoppeld model van de vigerende modellen van de Rijntakken en Rijnmaasmonding. In dit hoofdstuk wordt een nadere toelichting gegeven op de uitgangspunten van de afvoerverdeling over de verschillende Rijntakken en een bepaling van de regionale onttrekkingen en lozingen.

3.1 Afvoerverdeling Rijntakken

Voor de afvoerverdeling over de Rijntakken wordt gebruik gemaakt van de stuwsturing die aanwezig is in het basismodel sobek-rijn-j19_5-v1. In dit model is de officiële stuwsturing gemodelleerd waarbij gestuurd wordt op de waterstand bij de IJsselkop als functie van de waterstand bij Lobith. Er wordt dus niet gestuurd op het verkrijgen van een bepaalde afvoer door de Nederrijn, de afvoer door de Nederrijn afvoer is het resultaat van de gehanteerde stuwsturing. Voor het gebruikte SOBEK-model is deze afvoerverdeling links in Figuur 3.1 weergegeven. De afvoerverdeling ten gevolge hiervan naar de Waal en IJssel wordt onder de figuur nader beschouwd.

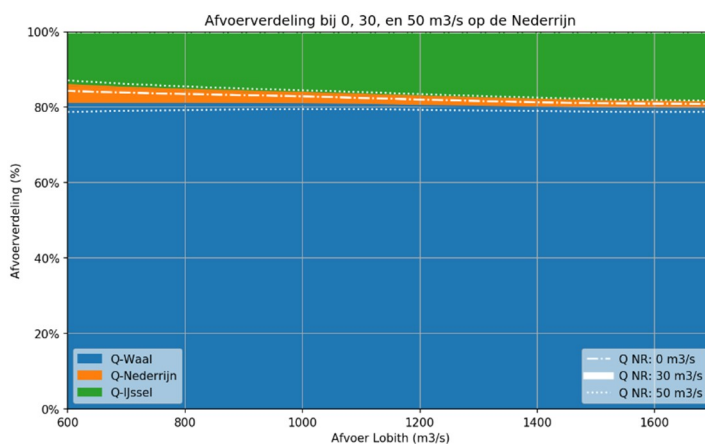
Voor hoge afvoeren wordt de verdeling niet bepaald door de stuwsturing (de stuw is gestreken vanaf een afvoer van 2600 m³/s), maar door de hydraulica van de individuele riviertakken. In de praktijk wordt de rekenregel gehanteerd dat de afvoeren verdeeld worden met een verhouding van ongeveer 2/3 naar de Waal, 2/9 naar Nederrijn, en 1/9 naar de IJssel. In meer detail is dit weergegeven in de rechterkant van Figuur 3.1.

Bij toekomstige bodemscenario's zullen de waterstanden bij de IJsselkop en bij Lobith beïnvloed worden door bodemveranderingen. Hierdoor zal ook de stuwsturing veranderen omdat wordt gestuurd op waterstanden. Aangenomen wordt dat de stuwsturing wordt aangepast zodat ook bij bodemverandering dezelfde afvoer naar de Nederrijn gaat. Om dit in het model voor elkaar te krijgen wordt deze afvoer uit het basismodel opgelegd als stuwsturing.



Figuur 3.1 Links: Afvoerverdeling in model sobek-rijn-j19_5-v1 door operationele stuwsturing. Onvoldoende modelsimulaties zijn beschikbaar om deze figuur uit meer punten op te bouwen. Rechts: Afvoerverdeling bij hoge afvoeren o.b.v. modelresultaten WAQUA in JAMR 2019 (bron: De Jong, 2019b).

De afvoerverdeling zoals deze weergegeven is links in Figuur 3.1 kan door aanpassingen in het stuwbeheer beïnvloed worden, waardoor ook de afvoer naar de Waal en IJssel wordt beïnvloed. Hiermee wordt het water gestuurd om uitdagingen bij lage afvoer zoals tegengaan van zoutindringing en aan voldoende vaardiepte voor de scheepvaart te voldoen. In Figuur 3.2 is de afvoerverdeling weergegeven als functie van 3 mogelijke afvoeren naar de Nederrijn (NR). In de basis gaat ongeveer 80% van de afvoer naar de Waal en 20% naar de IJssel. Van iedere 3 m³/s die wordt doorgelaten naar de Nederrijn gaat 2 m³/s ten koste van de Waal en 1 m³/s ten koste van de IJssel. De invloed van afwijkingen in het stuwprogramma worden niet verder onderzocht binnen KBN.



Figuur 3.2 Afvoerverdeling over de Rijntakken als gevolg van verschillende afvoeren bij Lobith. Bron: De Jong, 2019b

3.2 Laterale onttrekkingen en lozingen

Uit de rivier wordt op diverse plaatsen water onttrokken of juist geloosd. Dit kan verschillend toepassingen hebben zoals doorspoeling van kanalen (Amsterdam-Rijnkanaal), drinkwaterinname, koelwater, landbouw, lozing van regenwater, etc. Met name in droge perioden komen deze gebruiksfuncties onder druk te staan en wordt een afweging tussen deze functies gemaakt. Met een verdringingsreeks wordt gedefinieerd welke prioritering hiervoor wordt toegepast.

In deze studie is ervoor gekozen de individuele lateralen als een vast gegeven aan te nemen. Voor de waarde van de lateralen wordt uitgegaan van invoer en uitkomsten van studies met het Landelijk SOBEK Model (LSM) (Prinsen et al., 2017). In de modelresultaten wordt een link gelegd tussen de afvoer bij Lobith en de gesimuleerde afvoer van de onttrekking. Binnen een marge van ± 100 m³/s rondom de afvoerniveaus bij Lobith wordt voor lozingen het 5% percentiel genomen en voor onttrekkingen het 95% percentiel. Waar nodig zijn waarden op basis van beschikbare metingen en expert judgement gecorrigeerd. Directe instroming door neerslag in de rivier is verwaarloosd.

In Tabel 3.1 en Figuur 3.3 zijn de resultaten weergegeven voor de gedefinieerde afvoerniveaus bij Lobith.



Tabel 3.1 Significante laterale onttrekkingen en lozingen in de Rijntakken tijdens perioden van lage afvoeren. Bepaald op basis van NWM-resultaten en expert-judgement voor de gedefinieerde afvoerniveaus bij Lobith

Rivier	Onttrekking	Afvoer bij Lobith (m ³ /s)				
		700	850	1020	1400	1800
Waal	Maas-Waalkanaal	-2	-2	-2	-2	-2
	Amsterdam Rijnkanaal (Tiel)	-40	-40	-40	-15	-1
Pan. Kanaal	Linge (gemaal Pannerling)	-2	-3	-3	-3	-3
Nederrijn	Eem	-2	-2	-2	-2	-2
	Inlaat KrommeRijn	0	-5	-7	-7	-7
	Amsterdam Rijnkanaal (Rijswijk)	40	40	40	15	8
	Amsterdam Rijnkanaal (Wijk bij Duurstede)	-50	-50	-50	-13	-13
Lek	Lekkanaal	-3	-3	-3	-3	-3
	Koekoek	-5	-5	-5	0	0
	Krimpenerwaard	-1	-2	-2	-2	-2
IJssel	Oude IJssel	0	0	0	1	2
	Twentekanaal	-6	-6	-6	6	7
	Zwolse Stadsgrachten	-1	-1	-1	-1	-1



Figuur 3.3 Locaties van de lozingen en onttrekkingen uit Tabel 3.1



Datum
19 februari 2020

Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
24 van 31

4 Referenties

- De Jong, J.S. (2019a). *Eenvoudige scheepvaartrelatie voor vaarkosten Waal door afname vaardiepte*. Deltares memo 11203734-012-ZWS-0007, versie 1.0, d.d. 1 augustus 2019
- De Jong, J.S. (2019b). *Consequenties op afvoeren en waterstanden door een aangepaste afvoerverdeling IJsselkop*. Deltares memo 11203734-021-ZWS-0002, versie 1.1 d.d. 9 september 2019.
- De Jong, J.S. (2019c). *KBN: Bedreiging klimaatverandering - Beschrijving karakteristieke droge jaren met stationaire afvoerniveaus*. Deltares memo 11203738-005-BGS-0002, versie 1.0 d.d. 20-10-2019
- Prinsen, G., Minnema, B. Burgering, L., Visser, M., Kroon, T., Korving, H. (2017). *Hydrologische Input voor Prestatie Indicatoren*. Deltares rapport 11200663-000-BGS-0002
- Rijkswaterstaat, 2017. *Deelrapportage Vaarwegen voor de Nationale Markt- en Capaciteitsanalyse (NMCA)*
- Schasfoort, F., De Jong, J.S., Meijers, E. (2019). *Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater*. Deltares rapport 11203734-000-ZWS-0010



Datum
19 februari 2020

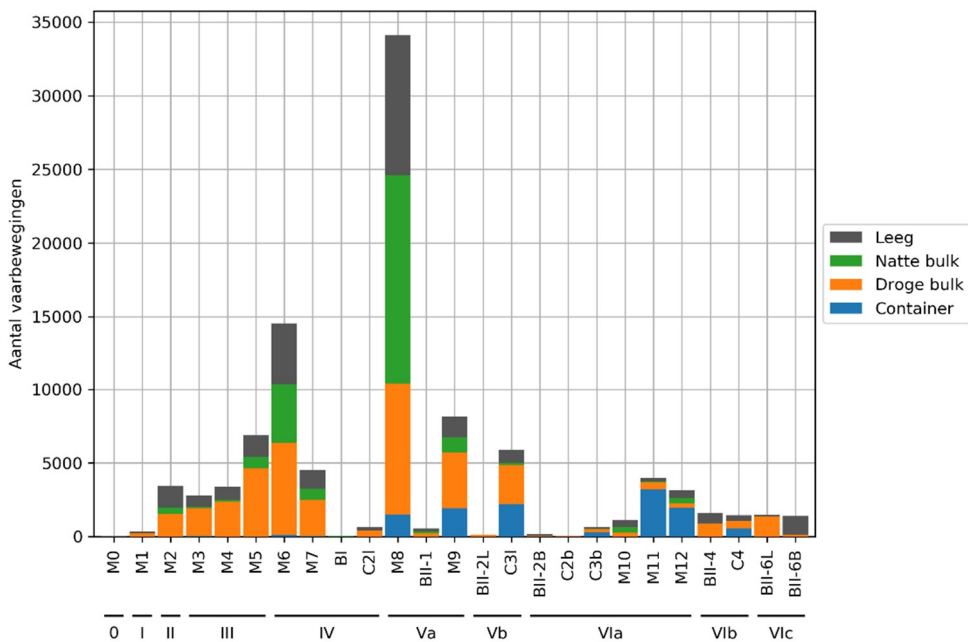
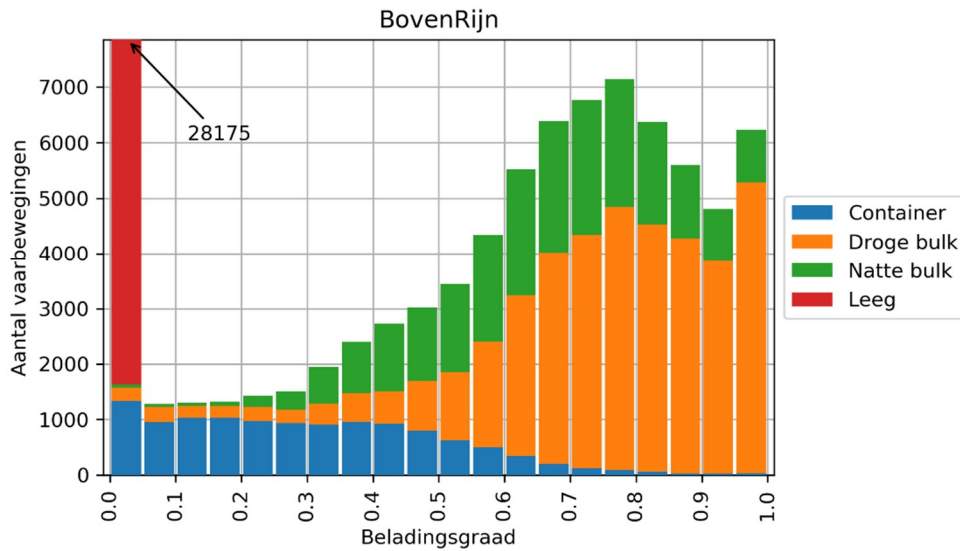
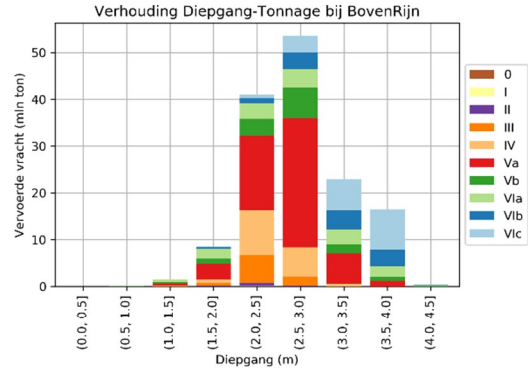
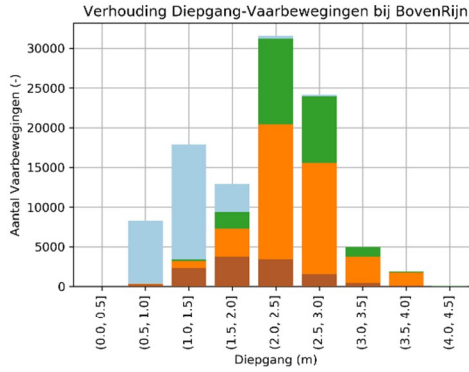
Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
25 van 31

Bijlage A: Analyse van de vloot

In onderstaande figuren is een analyse van de vlootgegevens. De data voor deze analyse is op basis van IVS90-gegevens (herkomst en bestemming) van 2014 en een BIVAS-simulatie om de distributie over de vaarwegen te bepalen. Deze BIVAS-simulatie is afkomstig uit het DPZW en bevat de instellingen die voor dat project noodzakelijk waren.

Bovenrijn

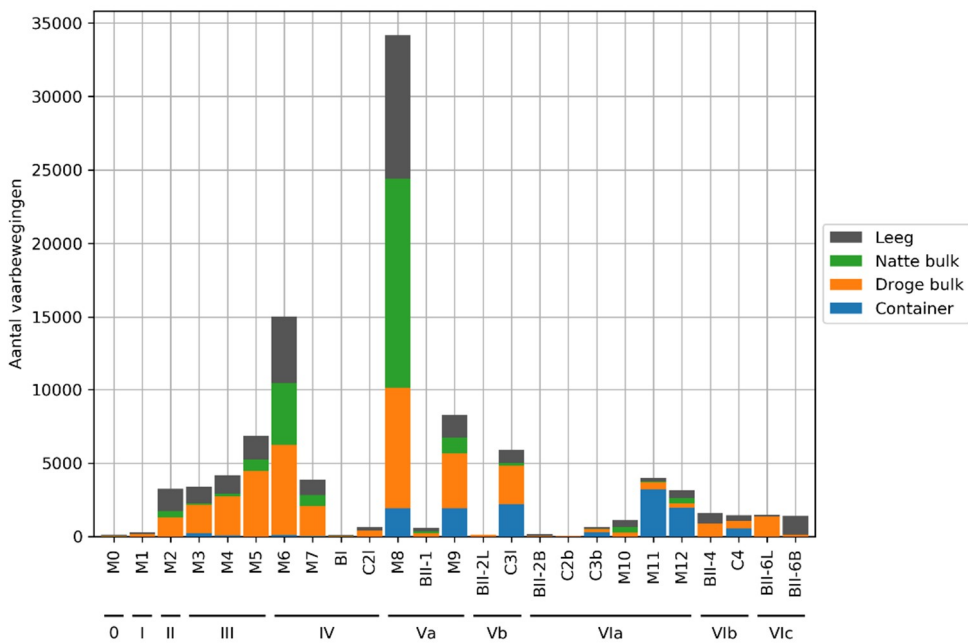
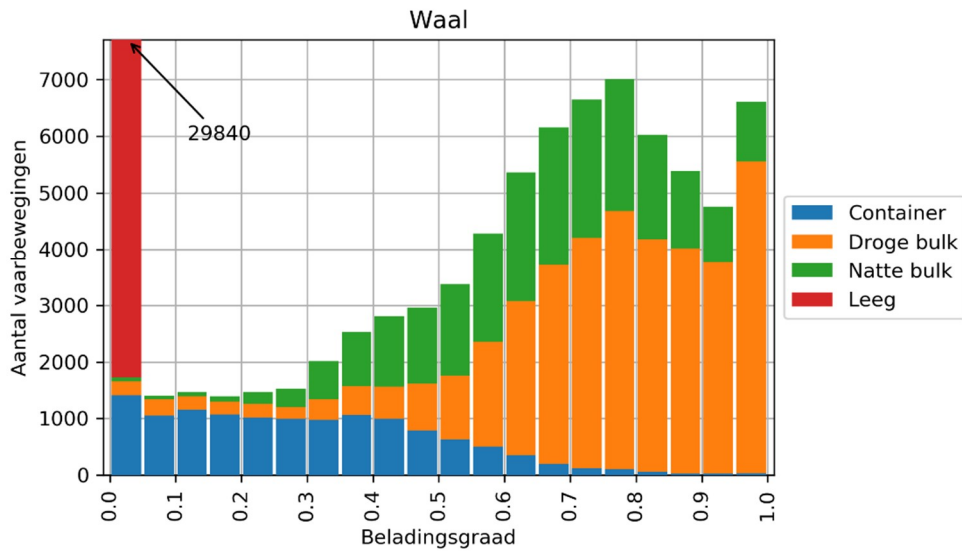
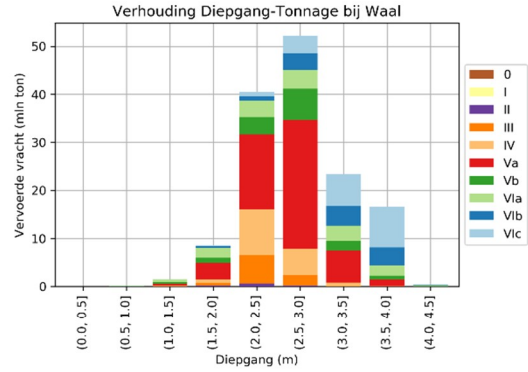
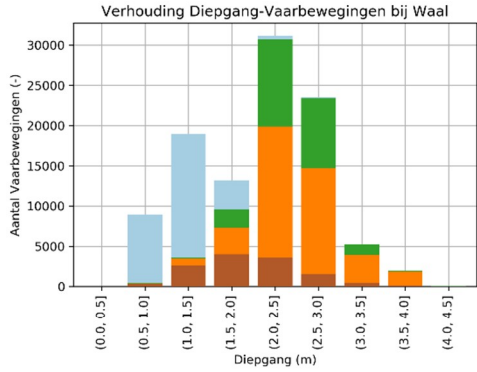


Datum
19 februari 2020

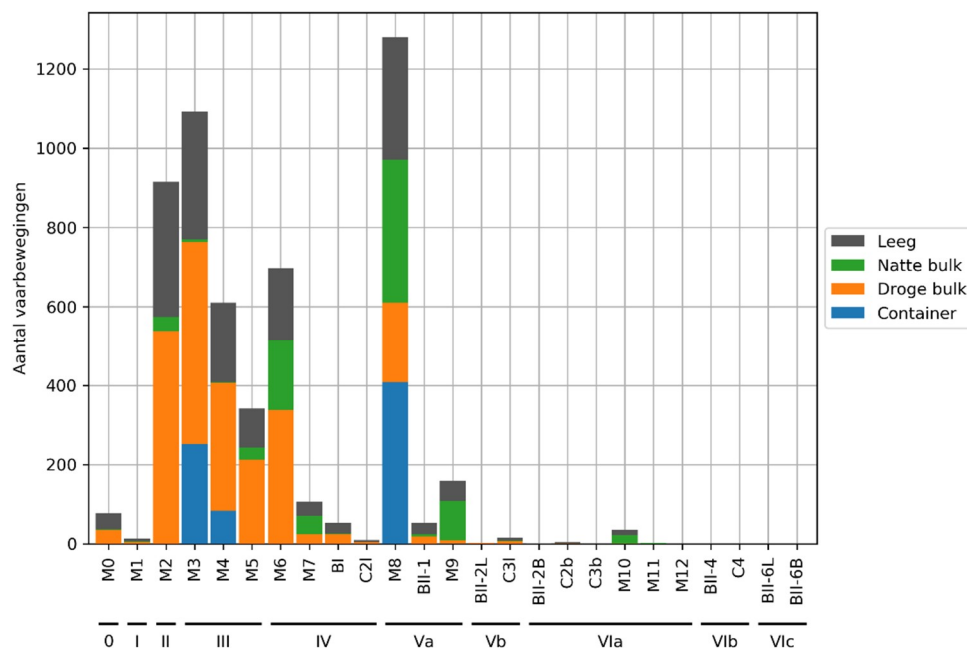
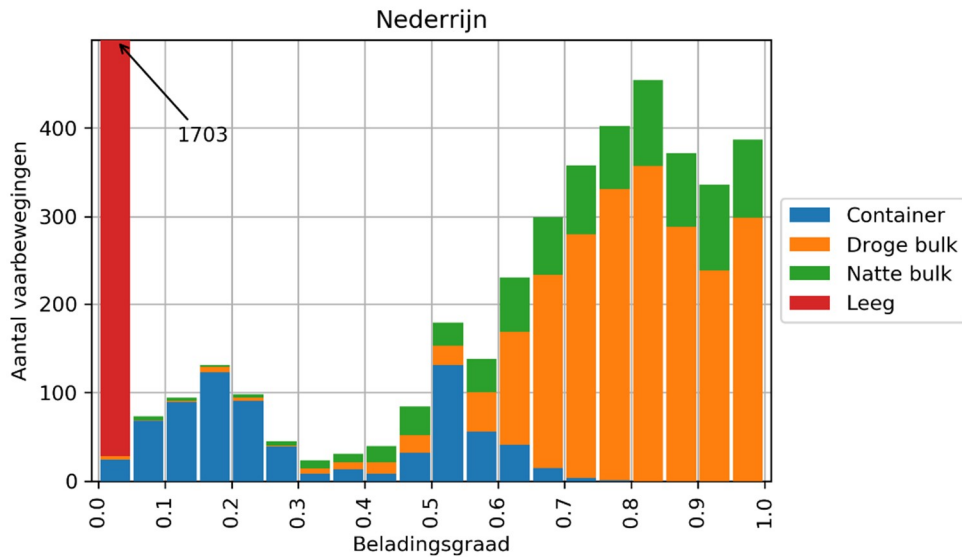
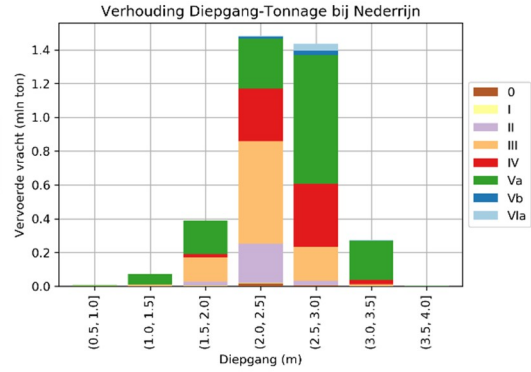
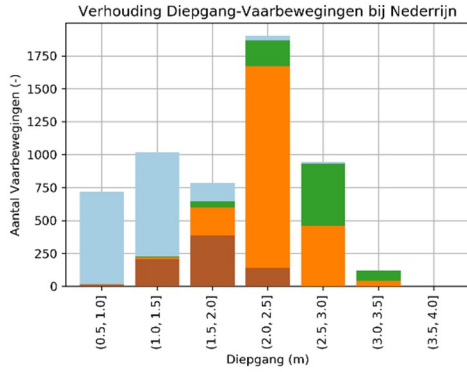
Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
27 van 31

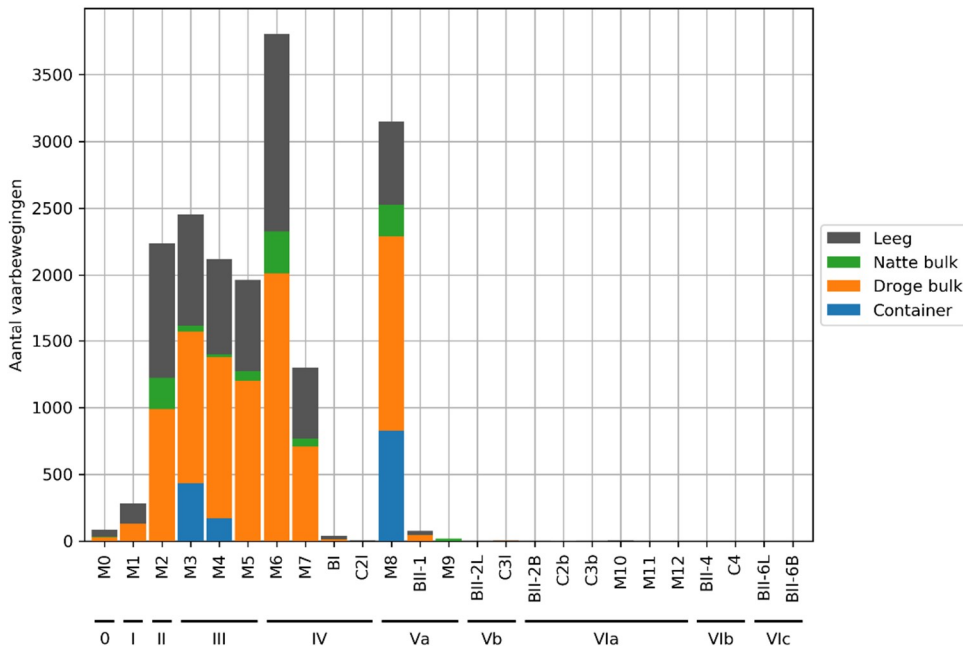
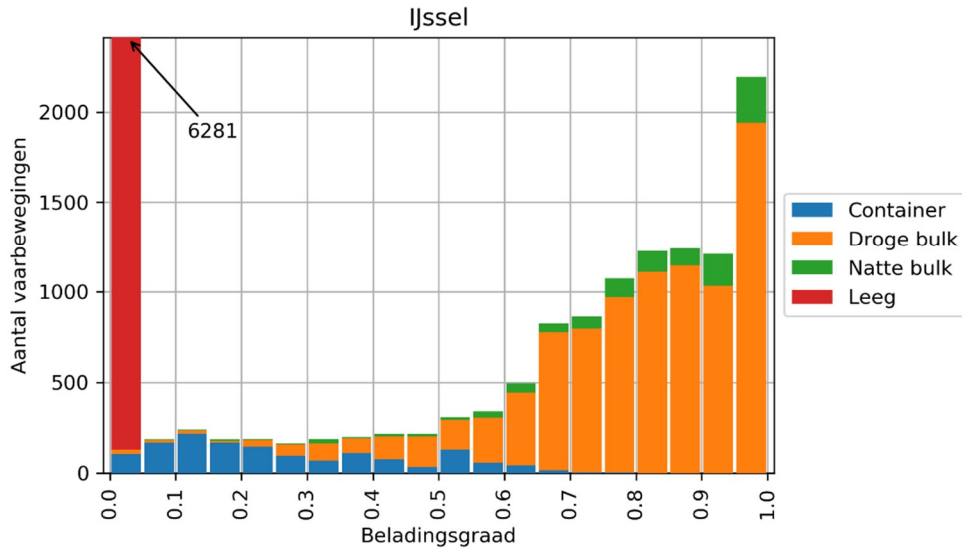
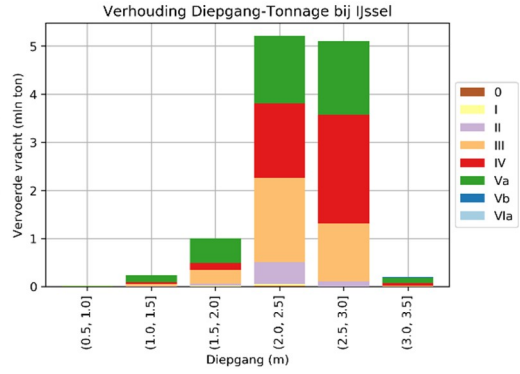
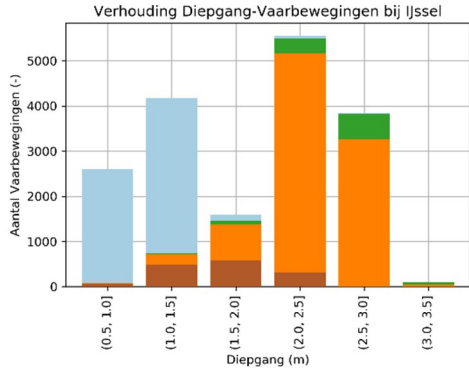
Waal



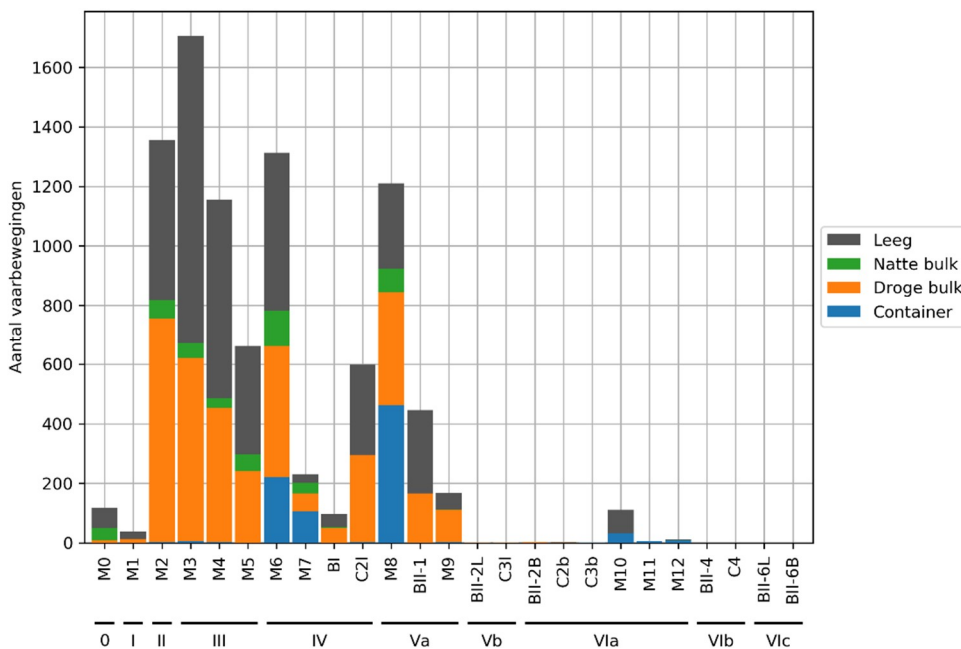
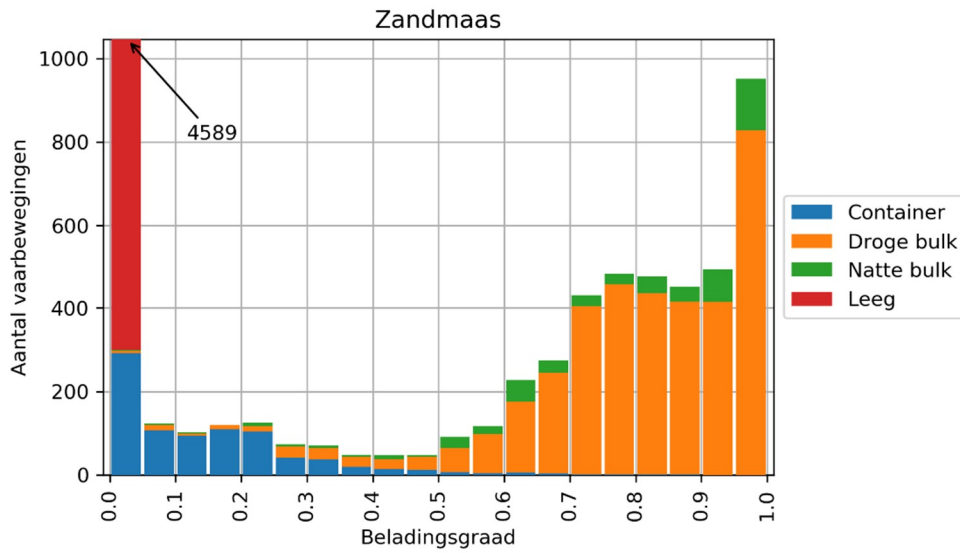
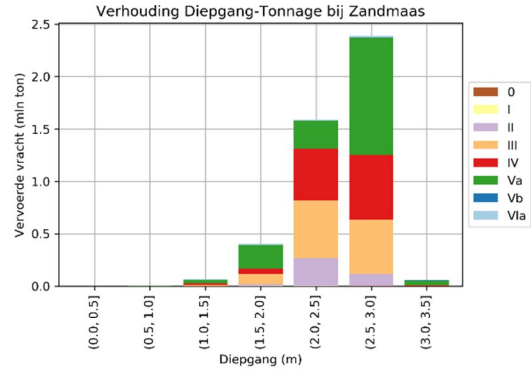
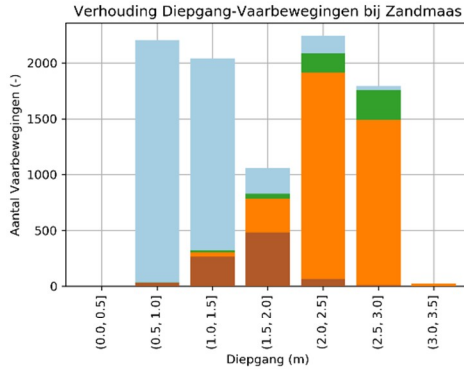
Nederrijn



IJssel



Zandmaas



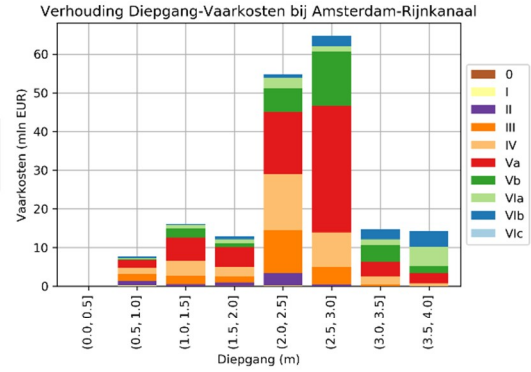
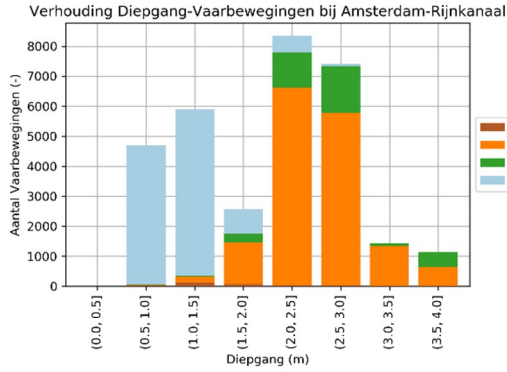


Datum
19 februari 2020

Ons kenmerk
11203738-005-BGS-0005

Pagina
31 van 31

Amsterdam-Rijnkanaal (Noordpand)



Amsterdam-Rijnkanaal

