

› **NO_x-EFFECTEN MODAL SHIFT EINDRAPPORTAGE**

1 NOVEMBER 2021

› COLOFON

Project: NOx-effecten Modal Shift

Projectnummer TNO: 060.48673

Rapportnummer: TNO 2021 P11675v2

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Datum: 1 november 2021

Aantal pagina's: 30

Auteurs: Jorrit Harmsen, Ruben Fransen, Norbert Ligterink, Ruud Verbeek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO. Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

› AANLEIDING

- › De Topsector stimuleert maatregelen om de logistiek efficiënter en duurzamer te maken. Eén van de maatregelen om dat te realiseren is het verschuiven van goederen van weg naar binnenvaart (en spoor). Doordat binnenvaart per ton.km of TEU.km over het algemeen een veel lager brandstofverbruik heeft, is de impact op de CO₂-uitstoot positief als vervoer van de weg naar het water wordt verplaatst.
- › De impact van een modal shift op de NOx-uitstoot is minder eenduidig. Dit is afhankelijk van:
 - › De emissieklasse van de motoren van het binnenvaartschip (is er bijvoorbeeld een nabehandelingssysteem aan boord);
 - › De logistieke kenmerken van de routes, zoals de vaarklasse van het schip, de beladingsgraad, het aantal lege kilometers van het wegverkeer rondom aflevering van de container, de mate van congestie op de route, etc.;
 - › De aanwezigheid van Natura 2000 gebieden op de route. Een modal shift zou effect kunnen hebben op de lokale depositie.
- › Topsector logistiek heeft TNO gevraagd een vergelijking te maken in de stikstofstofuitstoot en –depositie voor weg- en binnenvaartcontainertransport voor verschillende routes, en welke maatregelen kunnen worden genomen om de uitstoot voor de binnenvaart te reduceren. Dit rapport geeft hier inzicht in.

› VRAAGSTELLING

- › In deze studie wordt inzicht gegeven in de volgende vragen:
 - › Wat zijn de technische en operationele kenmerken van verschillende containerbinnenvaart routes?
 - › Wat is de NOx-uitstoot op deze verschillende routes op basis van de scheepsspecifieke eigenschappen?
 - › Hoe verhoudt zich dit tot de uitstoot van wegtransport op dezelfde routes?
 - › Wat is het effect op de stikstofdepositie bij kwetsbare natuurgebieden langs de route?
 - › Hoe verhouden de gevonden praktijkcijfers zich tot algemene kengetallen die worden gebruikt?
 - › Welke maatregelen zijn er voor het reduceren van NOx-uitstoot voor de binnenvaart?

› AANPAK

In deze aanpak zijn de volgende stappen in hoofdlijnen gevolgd

1. Verkenning technische en logistieke kenmerken binnenvaartvloot op een vijftal container-routes.
 - a) Interview met 5 binnenvaartcontainervervoerders
 - b) Data analyse van 11 schepen op 5 routes
2. Berekening NOx-uitstoot per reis en per container op deze container-routes voor binnenvaart en wegvervoer
 - a) Binnenvaart NOx-uitstoot op basis van technische kenmerken uit stap 1
 - b) Wegvervoer NOx-uitstoot op basis van praktijkmetingen uit TNO Heavy-Duty emissiedatabase (SEMS)
 - c) Vergelijken van de specifieke uitkomsten met de waarden die gevonden zijn in kengetallen
3. Inschatting depositie van NOx-uitstoot uit stap 2 bij een natuurgebied
4. Beschrijving en vergelijking reductie alternatieven

› AANPAK CONTAINERROUTES

- › Er is uitgegaan van data die is aangeleverd door een aantal containervervoerders. De volgende data is gebruikt:
 - › Scheepseigenschappen: laadcapaciteit, motortype, nabehandeling,
 - › Motordraaiuren en brandstofverbruik per route of per week,
 - › Gemiddelde belading van de schepen aantal containers.
- Indien beschikbaar en in geval van stroming is onderscheid tussen heenreis en terugreis, voor 3 routes (Neuss, Basel, Born) is dit niet aangeleverd en is verschil in motordraaiuren en brandstofverbruik ingeschat op basis van de verhouding van bekende routes (Duisburg). Qua beladingsgraad is heenreis en terugreis gelijk geacht indien er geen verschil beschikbaar is.
- Circa 1/3 van de motordraaiuren vind plaats, in de haven, tussen terminals – deze worden 50%-50% toegekend aan de heenreis en de terugreis.
- › Data van de routes – vaar-, hemelsbrede en wegafstanden:
 - › Vaarafstanden: BlueRoadMap en/of Port of Rotterdam Navigate.
 - › Afstand hemelsbreed: Google Maps
 - › Wegafstanden: Open Street Map (OSRM) – Vrachtwagenroutes

› AANPAK BEREKENING NO_x-UITSTOOT BINNENVAART

- › De inschatting van de NO_x-uitstoot per route is bepaald op basis van:
 - › het maximaal vermogen van de motor en een inschatting van gemiddeld vermogen
 - › het aantal motordraaiuren
 - › het aantal liters verstookte brandstof
 - › Afhankelijk van keuringstype (CCR-klasse) en aanwezigheid van (retrofit) nabehandeling (SCR-katalysator).
- › De gebruikte kengetallen per emissieklasse staat in de bijlage
- › Om de juiste NO_x-uitstoot factoren per uur en per liter brandstof voor de verschillende motortypen in te schatten is gebruikt gemaakt van meetdata:
 - › Multronic meetdata van ShippingTechnology en COVADEM
 - › Meetdata uit Prominent project
 - › Analyse van AIS data van de schepen over een periode van 4 weken
 - › Verificatie van informatie van een aantal motorleveranciers
- › Er is uitgegaan van 25 kilometer voor-/ natransport, waarbij dezelfde emissiecijfers zijn gebruikt als het wegtransport

› AANPAK BEREKENING NO_x-UITSTOOT BINNENVAART

DUIDING MOTORKLASSEN IN DE BINNENVAART

- › Vanuit Europese regelgeving is vastgesteld wat binnenvaartmotoren maximaal aan luchtverontreinigende emissies mogen uitstoten. Deze zijn vastgesteld in de Europese richtlijnen voor Non Road Mobile Machinery (NRMM) (aangeduid in Stage-klassen). Als alternatief kunnen motoren ook verwijzen naar (nagenoeg gelijke) richtlijnen vanuit de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) (aangeduid in CCR klassen).
- › De tabel op deze pagina geeft een overzicht van de verschillende klassen, het jaargang dat de klasse in werking traden en de emissielimieten.

	Jaar intrede	CO (g kWh)	HC (g kWh)	NO _x (g kWh)	PM (g kWh)	PN (n/kWh)
CCR0	-	-	-	-	-	-
CCR1	2003	5,0	1,0	9,2 - 12,98	0,54	-
CCR2	2007	3,5	1,0	6,0 - 11,0	0,2	-
Stage V (IWP)	2020	3,5	0,19	1,8	0,015	1x10 ¹²

› AANPAK BEREKENING NO_x-UITSTOOT BINNENVAART

- › De volgende formule is gehanteerd:

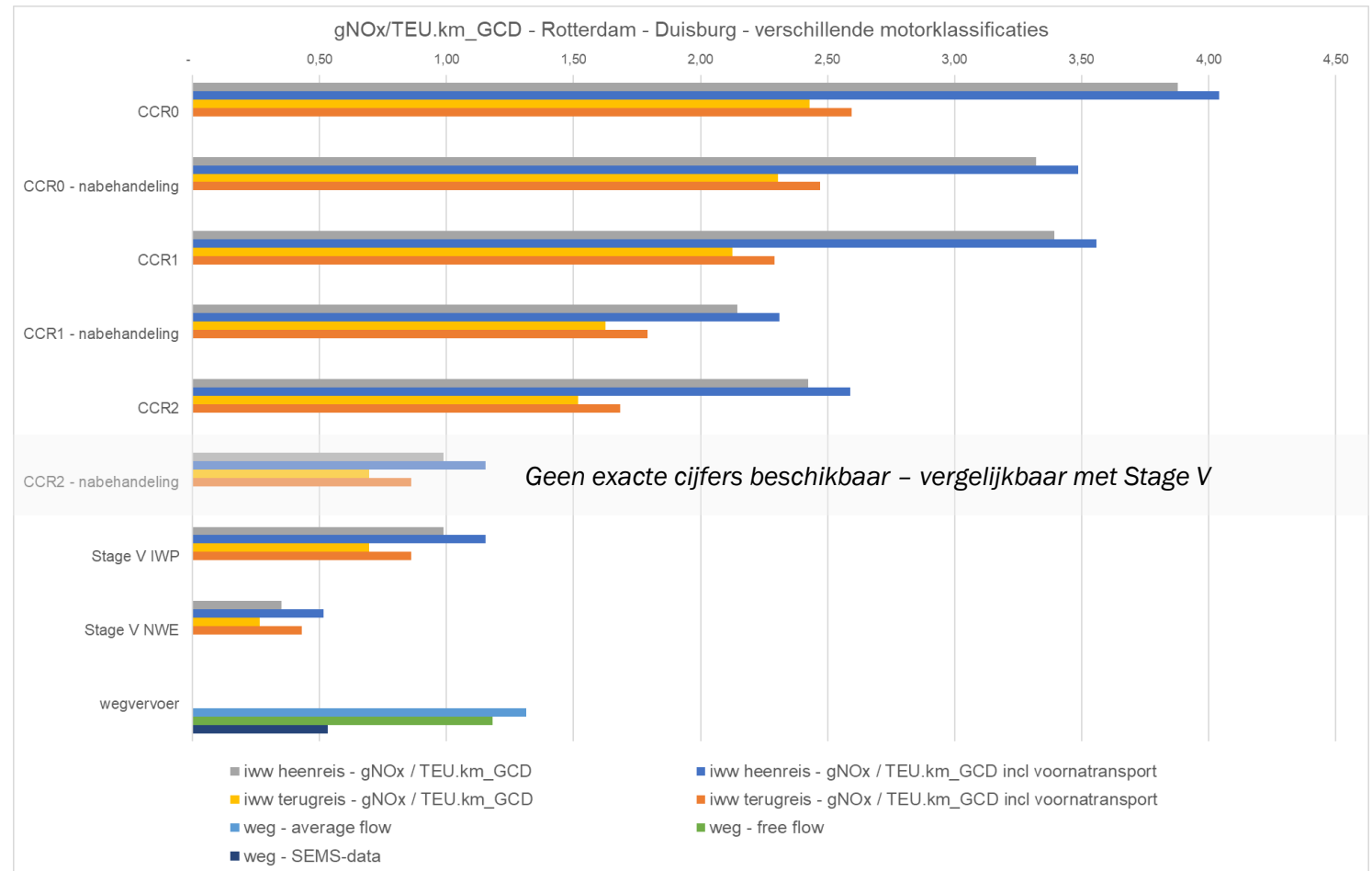
$$\text{kgNO}_x = \text{motordraaiuren} * \text{motorvermogen} * \text{kgNO}_x/\text{uur.kW} \\ + \text{liters_diesel} * \text{kgNO}_x/\text{liter}$$

- › Als input voor de formules zijn verschillende uitgangspunten voor de verschillende configuraties opgenomen. Deze zijn in bijgaande tabel samengevat. De emissies in kgNO_x-uur schalen met het maximaal motorvermogen in MWatt.
 - › Voor CCRII met nabehandeling zijn geen exacte cijfers beschikbaar er is aangenomen data deze uitstoot de uitstoot van Stage V benaderd.
- › Naast gebruik van specifieke getallen per route is ook een aanvullende berekening met Aerius uitgevoerd waarbij gebruik is gemaakt van de standaard kengetallen.

	Vermogen [kW]	kgNO _x /uur	kgNO _x /liter
CCR1		0	0,042
CCR2		0	0,030
CCR0 + nabehandeling	2.058	1,50	0,020
CCR1 - nabehandeling	2.269	4,16	0,0
CCR2 - nabehandeling	2.000	1,00	0,005
Stage V - IWP – IWA (1,8 g/kWh limiet boven 300 kW)		0,50 kg/(hr*MW)	0,005
Stage V - NRE / Euro VI met limiet van 0,4 g/kWh (tot 560 kW)		0,30 kg/(hr*MW)	0,0

› AANPAK BEREKENING NO_x-UITSTOOT BINNENVAART

- › De grafiek op deze sheet geeft de resultaten voor de verschillende opties weer voor één traject. Hierbij worden de opties weergegeven voor:
 - › de verschillende emissieklassen (CCR0, CCRI, CCRII of stage V)
 - › Al dan niet in combinatie met nabehandeling (deze is altijd aanwezig voor stage V)
- › Ook staat in deze grafiek resultaat van 3 verschillende berekeningen voor wegvervoer op dit traject, op basis van:
 1. Emissiefactoren – average flow
 2. Emissiefactoren – free flow
 3. Meetdata uit TNO SEMS-database



› AANPAK BEREKENING NO_x-UITSTOOT WEGVERVOER

- › Voor wegvervoer zijn twee methoden gebruikt.
 1. Op basis van emissiefactoren die zijn overgenomen van de emissieregistratie – Zware trekker oplegger EURO-VI. Vrachtwagens die naar de Maasvlakte rijden zijn verplicht te voldoen aan EURO-VI
 2. Op basis van meetdata uit TNO SEMS-database voor ritten van en naar de Tweede Maasvlakte.
- › Beide methoden werken op basis van gemiddelde NO_x-uitstoot per gereden kilometer. De NO_x-uitstoot per gereden kilometer is erg afhankelijk van de snelheid die gereden kan worden. Dit hangt af van de wegtype en verkeersdoorstroming.
 - › Met emissiefactoren (1.) is gekeken naar gemiddelde verkeerstroming en naar free-flow verkeersdoorstroming voor gemiddelde stedelijke, regionale en snelwegen.
 - › De meetdata (2.) geeft NO_x-uitstoot factoren van praktijkmetingen met lokale en actuele verkeersdoorstroming op deze specifieke wegen.
- › Uitgangspunten:
 - › Leegrijdfactor 1.4 (totaal aantal kilometers / beladen kilometers)
 - › 2 TEU per rit – standaard trekker-oplegger
 - › Verhouding stad:regio:snelweg: 5%:5%:90%

› CONTAINERBINNENVAART

- › Voor het project zijn een aantal verschillende routes geselecteerd. Deze routes verschillen in de geografische scope en vaarwegklasse. De volgende routes waren geselecteerd:

- › Rotterdam – Groningen
- › Rotterdam – Limburg
- › Rotterdam – Duisburg
- › Rotterdam – Neuss
- › Rotterdam – Antwerpen

- › Per traject is in kaart gebracht:

- › Volume op basis van een analyse met Decamod
- › Technische en operationele eigenschappen van de schepen obv interviews

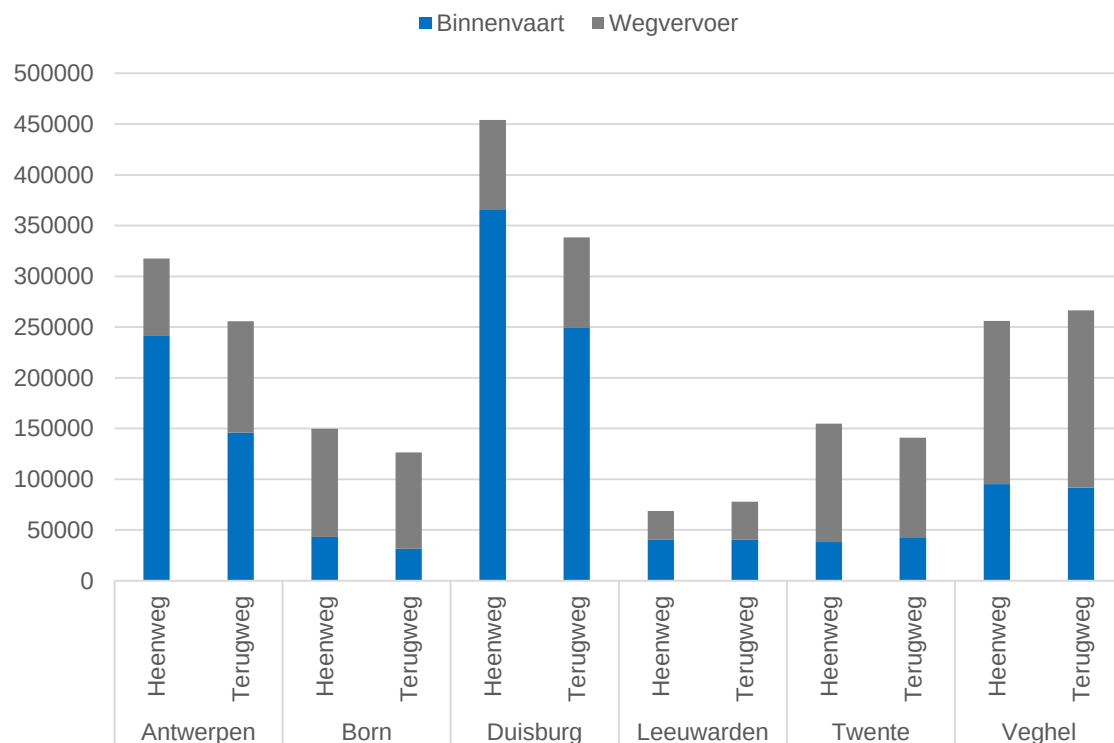
Gebied	Volume regio obv Decamod in TEU	Gem grootte in TEU per afvaart	Afvaarten p/w per schip	Volume/jaar per schip	aantal schepen obv lading
Antwerpen	500.000	200	3	30.000	17
Benedenrijn tot Köln	600.000	200	3	30.000	20
Middenrijn tot Karlsruhe	300.000	200	2	20.000	15
Bovenrijn tot Basel	200.000	300	1	15.000	13
Zuid-Holland	200.000	90	5	22.500	9
Brabant	500.000	70	5	17.500	29
Regionaal Nederland + België					
Noord-Nederland	300.000	100	3	15.000	20
Midden-Nederland (NH,UT,FL)	300.000	100	3	15.000	20
Oost-NL (OV,GLD)	300.000	100	3	15.000	20
Limburg	300.000	100	3	15.000	20
Zeeland	50.000	70	2	7.000	7
Overig België	50.000	50	2	5.000	10
Totaal	3.600.000	132	3	17250	200

TNO obv Decamod en TNO, TU Delft & Ab Ovo (2018), Inzet (tijdelijke) hub binnenvaart

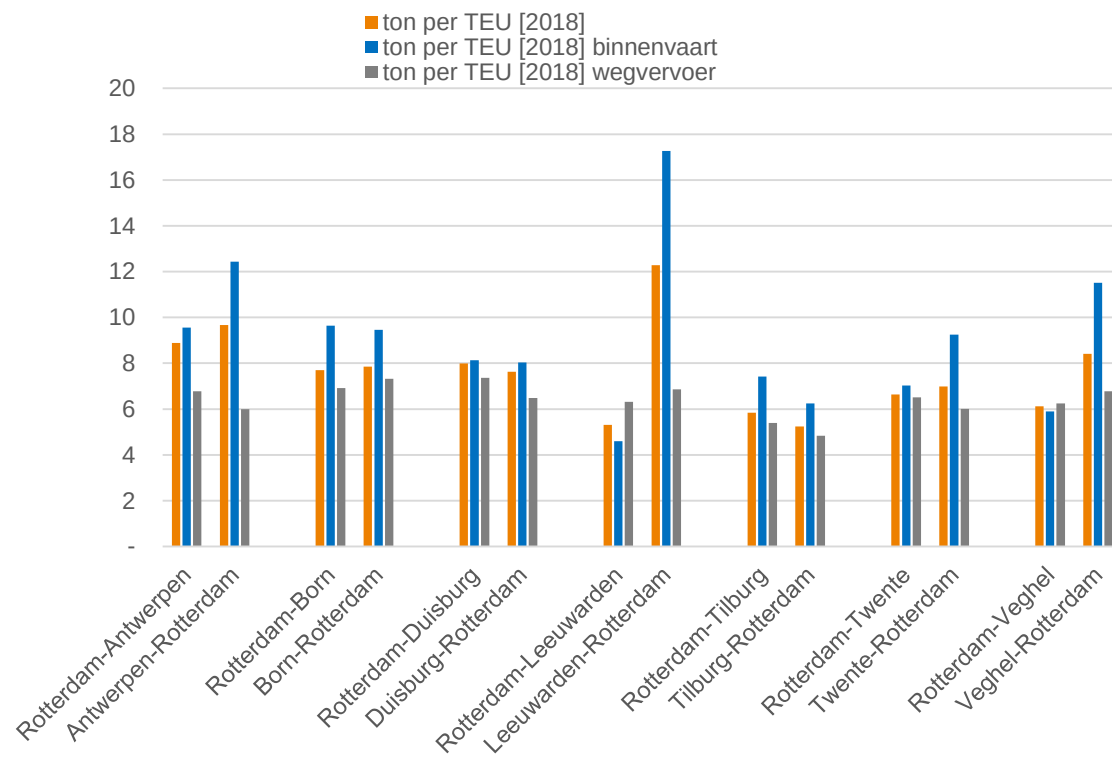
LOGISTIEKE STATISTIEKEN

CONTAINERVERVOER OP DE 6 TRAJECTEN – OP BASIS VAN HERKOMST-BESTEMMING NUTS3-REGIO(COROP)

Aantal TEU per route, richting, modaliteit in 2018



Tonnage per TEU



› TECHNISCHE EN LOGISTIEKE KENMERKEN SCHEPEN

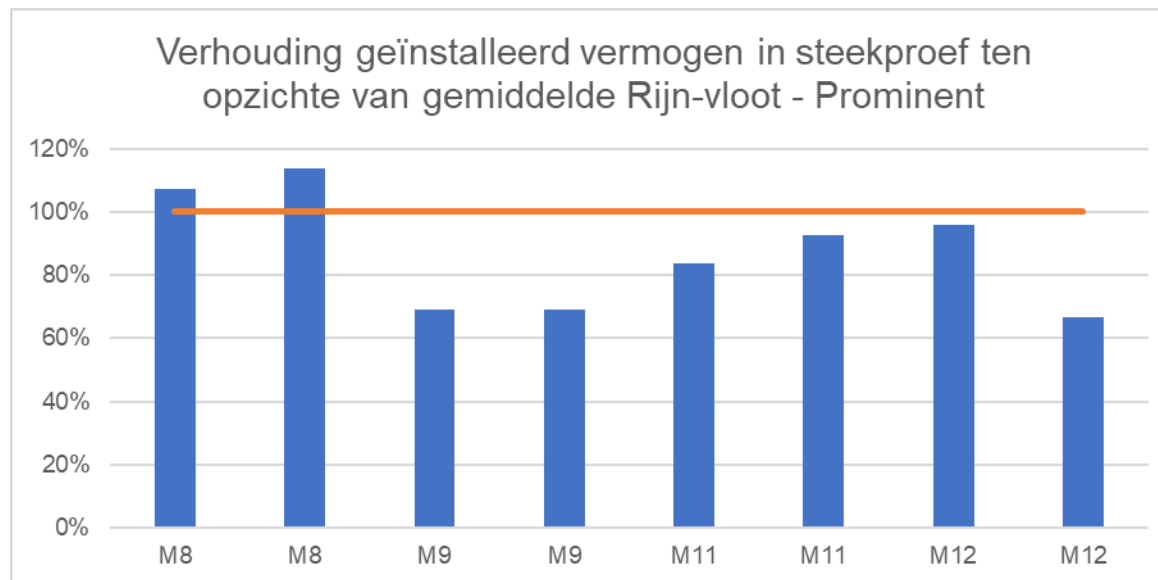
In interviews met 5 containervervoerders zijn gegevens opgehaald voor in totaal 11 schepen. Hierbij is ingegaan op de karakteristieken van de schepen, de karakteristieken van de motor en de aanwezigheid van nabehandeling en de operationele eigenschappen van de schepen. Tevens is van de eigenaren data ontvangen over brandstofverbruik en (wanneer bekend) data over NOx-emissies uit meetsystemen.

- › De 11 containerbinnenvaartschepen van deze vervoerders hebben de volgende emissiekenmerken:
 - › CCR0 1 schip die is uitgerust met een retrofit SCR-katalysator (dus schoner dan CCR0)
 - › CCR1 4 schepen allen zonder SCR-katalysator
 - › CCR2 6 schepen waarvan 1 schip met SCR-katalysator en roetfilter (dus schoner dan CCR2)
- › Wat verder opvalt is dat het motorvermogen van de schepen regelmatig te groot is. Schepen zijn ingericht om alle vaarwegen (Rijnvaart) te kunnen bevaren. Dit is meer dan nodig is op routes met minder of geen stroming.
- › Beladingsgraad in aantal TEU – varieert tussen 70 en 80%.
 - › Hiervan zijn 30-50% lege containers
 - › Beladingsgraad wordt beperkt door ladingaanbod en/of gewicht van de containers
- › Er is uitgegaan van 12,5 kilometer voor-/ natransport, waarbij dezelfde emissiecijfers zijn gebruikt als het wegtransport

› TECHNISCHE EN LOGISTIEKE KENMERKEN SCHEPEN

MOTORVERMOGEN VAN SCHEPEN IN DE STEEKPROEF

- › NO_x-uitstoot is onder andere afhankelijk van het totale motorvermogen. Over het algemeen geldt hoe groter het motorvermogen hoe hoger de NO_x-uitstoot per motordraaiuur.
- › Uit vergelijking van de schepen in de steekproef met het motorvermogen met data uit Prominent (2016) blijkt dat de steekproef alleen voor de M8-schepen mogelijk een kleine overschatting bevat van het motorvermogen.

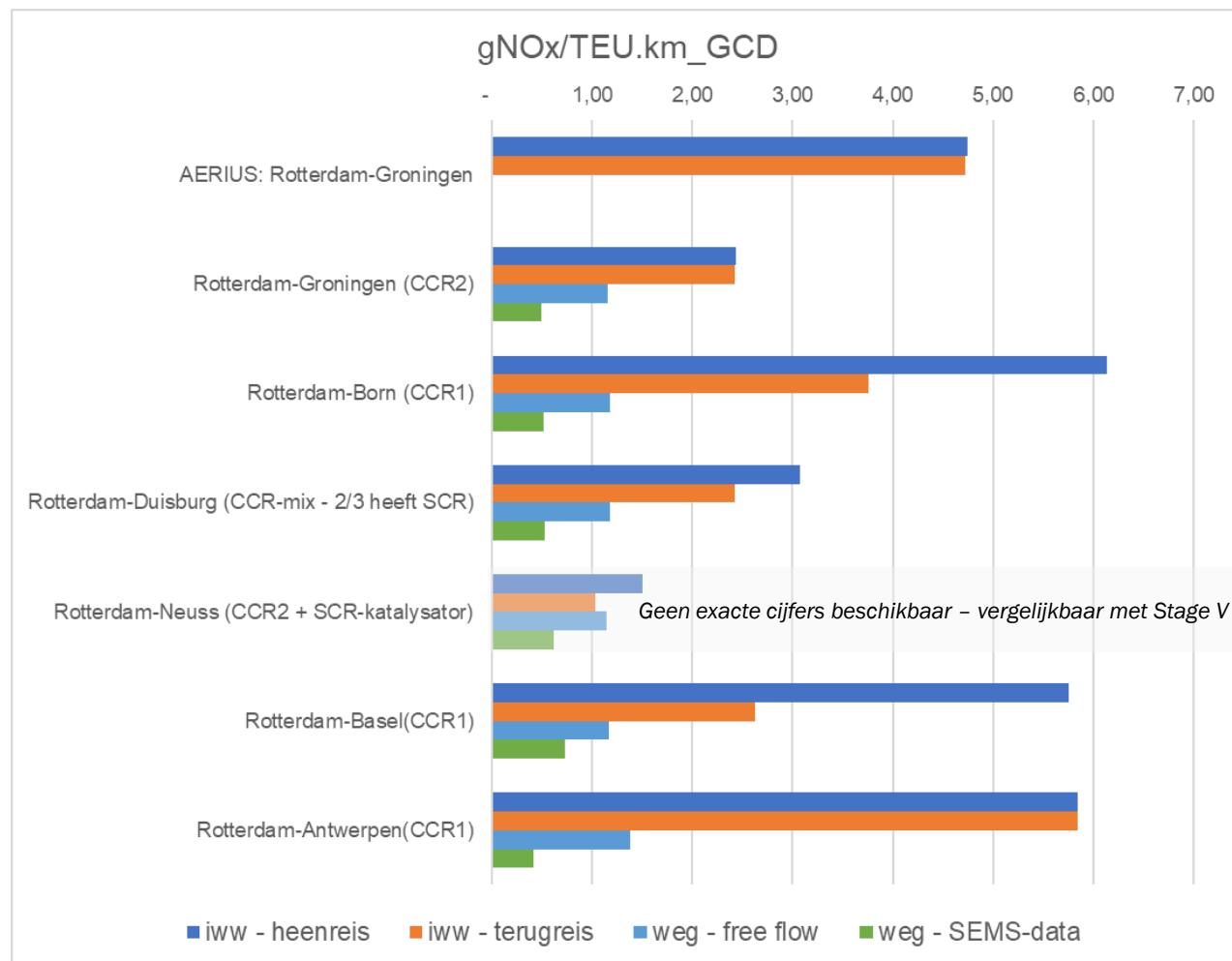


Prominent D1.1. List of operational profiles and fleet families

Vessel type	Power (in kW) per main propulsion engine installed	Average total engine power installed (in kW)
Motor vessels (reference dimensions)		
M1 (38.5*5.05m)	189	192
M2 (50*6.6m)	267	287
M3 (55*7.2m)	375	400
M4 (67*8.2m)	428	451
M5 (80*8.2m)	552	568
M6 (85*9.5m)	675	733
M7 (105*9.5m)	826	886
M8 (110*11.4m)	1,196	1,281
M9 (135*11.4m)	1,214	2,287
M10 (110*13.5m)	1,485	1,770
M11 (135*14.2m)	1,414	2,553
M12 (135*17.0m)	1,418	2,955
Coupled convoys		
Class Va + Europa II barge(s)	1,178	2,237

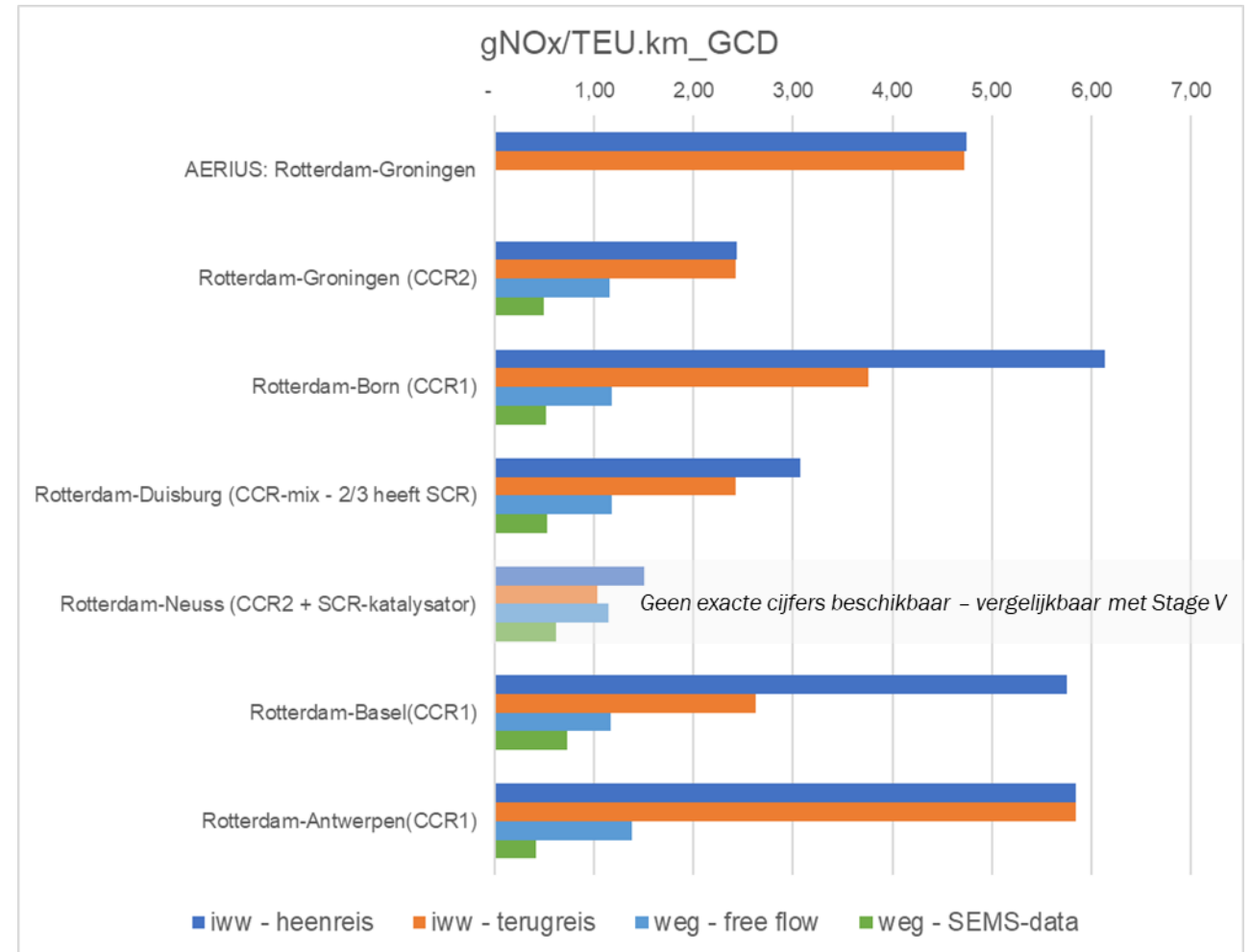
› UITKOMSTEN ANALYSE

- › De uitkomsten van de analyse staan samengevat in bijgaande grafiek.
- › In de grafiek is de NOx uitstoot van de verschillende trajecten weergegeven voor een aantal varianten:
 - › Binnenvaart (iww) voor de heenreis (stroomopwaarts) en terugreis (stroomafwaarts). Voor-/ en natransport zijn hierin meegenomen
 - › Wegtransport op basis van emissiekengetallen en op basis van realtime data uit SEMS. Hierin is de leegrijfactor meegenomen
- › Naast de uitkomsten van de verschillende vaartrajecten is ook een analyse gedaan met de input van AERIUS.
- › Om de uitkomsten tussen de verschillende routes onderling vergelijkbaar te maken zijn ze omgezet naar TEU.kilometer voor de verplaatsingsafstand van de lading. Dat geeft de juiste vergelijking tussen twee modaliteiten met elk andere routes.



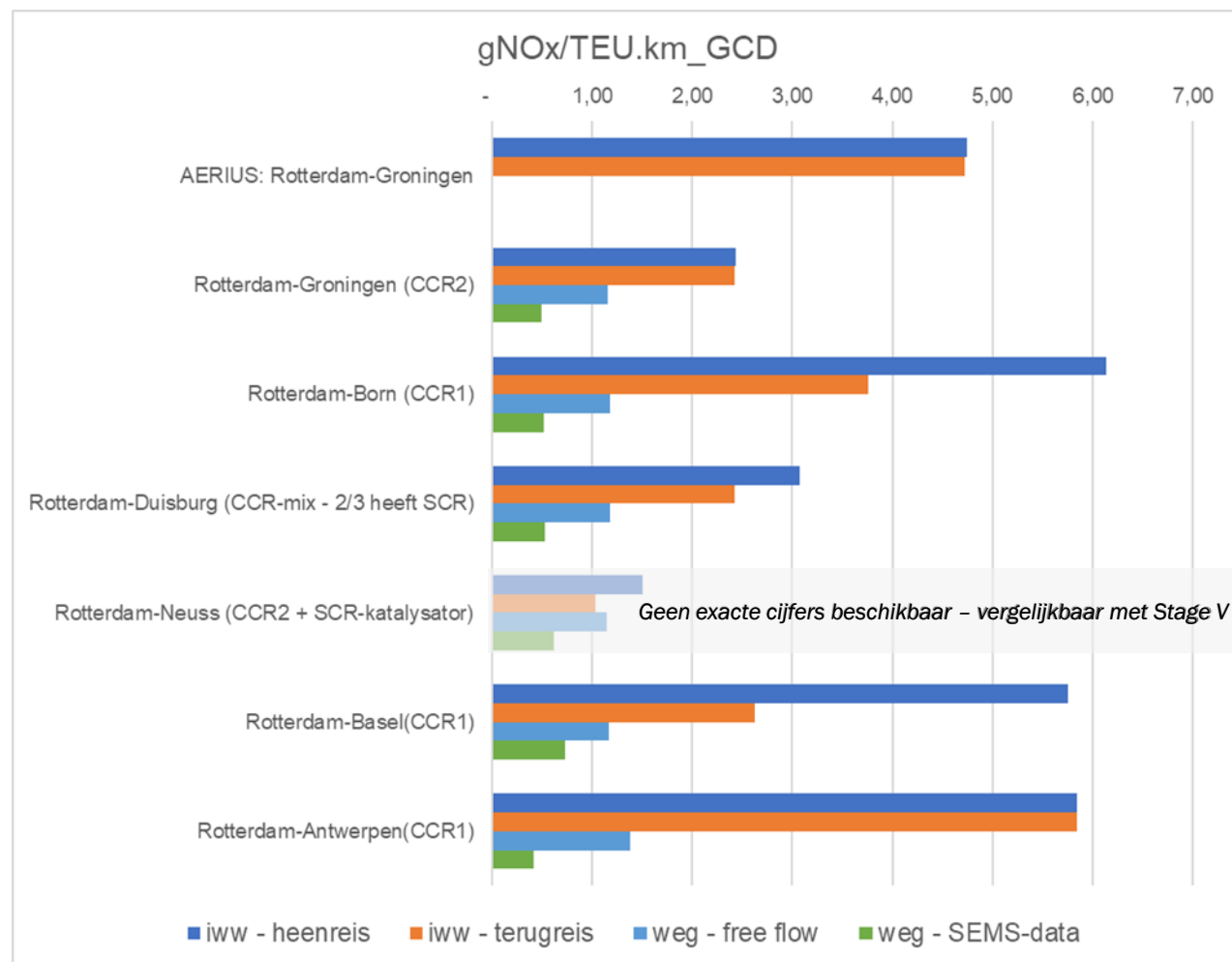
› UITKOMSTEN ANALYSE – VERGELIJKING WEG EN BINNENVAART

- › Uit de analyse komt naar voren dat de NO_x-uitstoot voor binnenvaart per TEU-kilometer hoger is dan het wegtransport, ook bij het gebruik van een CCR2 motor met nabehandeling.
- › Voor binnenvaart CCR2 varieert de NO_x-uitstoot tussen de 2,1 en 2,2 gram per TEU.km (GCD). Bij wegtransport is dit 1,3 gram op basis van de kengetallen en 0,5 tot 0,7 gram op basis van de gemeten data van vergelijkbare ritten uit de SEMS database.
- › De grootste oorzaak van het verschil ligt aan de emissieprestatie van de motoren. Andere factoren die meespelen zijn de beladingsgraad van het schip en de extra kilometers van het omvaren. Deze worden echter gecompenseerd door de aanname omtrent lege kilometers bij het wegtransport.



› UITKOMSTEN ANALYSE – VERGELIJKING VERSCHILLENDE ROUTES

- › De uitkomsten laten tevens een vrij groot verschil zien tussen de emissieprestaties van de verschillende routes. Dit komt door:
 - › De emissieklasse van de motor.
 - › Aanwezigheid van stroming. Trajecten op rivieren met meer stroming hebben een veel hogere NOx-uitstoot op de heenreis dan op de terugreis.
- › Ten opzichte van de NOx kengetallen die in AERIUS worden gebruikt, zien we dat deze aansluiten bij de resultaten van CCR1, maar dat containerschepen met een CCR2 motor veel lagere emissies hebben. Het is dus relevant dit als parameter mee te nemen bij het bepalen van de NOx prestatie.



› BEREKENING STIKSTOFDEPOSITIE

BEREKENING AERIUS VOOR TWEE ROUTES

- › Voor twee routes is een calculatie gemaakt met AERIUS:
 - › Rotterdam - Groningen
 - › Rotterdam – Rijngebied (Duisburg, Neuss, Bazel)
- › Voor beide routes is op basis van een AERIUS calculatie is een effectberekening gemaakt van effecten van modal shift op de stikstofdepositie op natuurgebieden langs de route.
- › Uit de analyse komt naar voren dat gebruik van AERIUS bewerkelijk is en vrij generieke resultaten oplevert.
 - › Routes moeten handmatig ingevoerd worden. Daarnaast is het bewerkelijk om routes die langer zijn dan 100 km in te voeren.
 - › Binnenvaartschepen zitten met een hoog detailniveau in het model worden ingevoerd (omvangklasse, beladingsgraad).
 - › Er wordt gebruik gemaakt van generieke emissiekengetallen die niet aansluiten bij de praktijk van de containerbinnenvaart.

CALCULATOR

2021 NOx+NH3

Emissiegegevens invullen

1 Lijnbron 79,0 km

Naam Rdm_Gm_seg_1

Scheepvaart

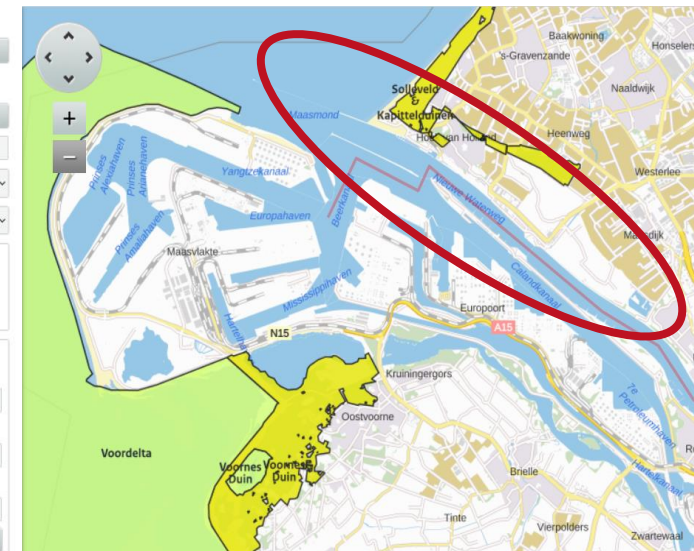
Vaarwater

Vaarwater CEMT_Va

Binnenvaartuigen

Naam	Type
Containerschepen	M8
A > B Vaarbewegingen Beladen schepen	
1	p/etmaal 100 %
B > A Vaarbewegingen Beladen schepen	
1	p/etmaal 100 %

Bewaar



BEREKENING STIKSTOFDEPOSITIE

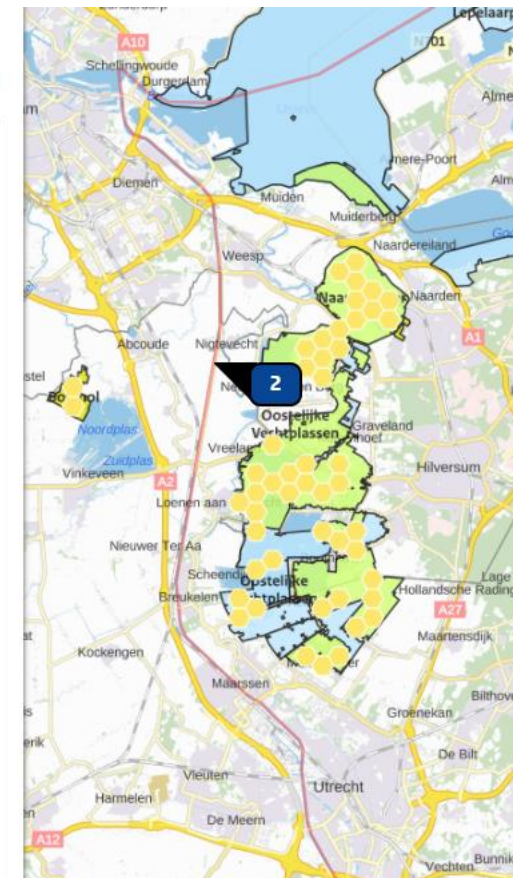
STIKSTOFDEPOSITIE ROUTE ROTTERDAM - GRONINGEN

- Op basis van een AERIUS calculatie is een effectberekening gemaakt van effecten van modal shift op de stikstofdepositie op natuurgebieden vlak naast de vaarroute. In deze slide lichten we de resultaten uit voor één natuurgebied met de hoogste impact resultaten: de Oostelijke Vechtplassen.
- Hier hebben als maximaal scenario genomen dat door additionele modal shift 5 extra M8 schepen op deze route wordt ingezet (één schip per richting per etmaal). AERIUS gaat er hierbij bovendien vanuit dat de schepen slechts voldoen aan CCR1.
- Uit de berekening komt als resultaat komt een gemiddelde depositie van 0,17 mol/ha/jaar uit en als maximum waarde 0,24 mol/ha/jaar.
- Er worden geen limieten overschreden in dit scenario. Het effect wordt wel gekwalificeerd als relevant, omdat de grens van 0,05 mol/ha/jaar wordt overschreden.

Deposities per natuurgebied en habitatype:
Situatie 1

Maximum ▼ mol/ha/j

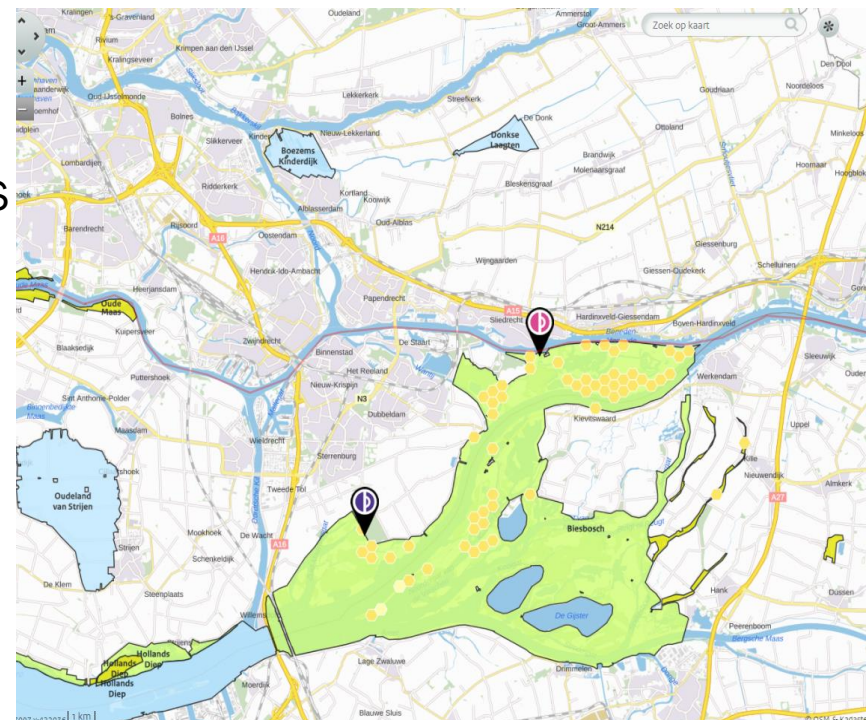
−	Oostelijke Vechtplassen	
H3150	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, buiten afgesloten zeearmen	0,24
H91D0	Hoogveenbossen	0,23
ZGH3150	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, buiten afgesloten zeearmen	0,22
H7210	Galigaanmoerassen	0,22
H3140	Kranswierwateren	0,21
H7140B	Overgangs- en trilvenen (veenmosrietlanden)	0,21
H7140A	Overgangs- en trilvenen (trilvenen)	0,18
H4010B	Vochtige heiden (laagveengebied)	0,17
ZGH3140	Kranswierwateren	0,17
ZGH7140B	Overgangs- en trilvenen (veenmosrietlanden)	0,16
ZGH91D0	Hoogveenbossen	0,16
H6410	Blauwgraslanden	0,15
H9999:95	Habitatype onbekend/onzeker KDW op basis meest kritische relevante type (H7140B).	0,13
+	Naardermeer	



› BEREKENING STIKSTOFDEPOSITIE

STIKSTOFDEPOSITIE ROUTE ROTTERDAM - RIJNGEBIED

- › Voor de route Rotterdam – Rijngebied is een zelfde analyse uitgevoerd op het Nederlandse deel van de route. Hier komen twee gebieden naar voren Biesbosch en de Rijntakken (de oevers van de Waal tussen Nijmegen en Lobith)
- › Hier is als scenario genomen dat door additionele modal shift circa 7 extra M10 schepen op deze route wordt ingezet (één schip per richting per etmaal). AERIUS gaat er hierbij uit dat de schepen slechts voldoen aan CCR1.
- › Als resultaat komt hier naar voren:
 - › Voor de Biesbosch gemiddelde waarde van 0,15 en maximum waarde van 0,31 mol/ha/jaar.
 - › Voor de Rijntakken gemiddelde waarde van 0,17 en maximum waarde van 0,45 mol/ha/jaar.
- › Geen grenswaarden in de gebieden worden overschreden.
- › De waarden zijn hoger dan de andere route omdat:
 - › Er uit is gegaan van een groter schip die nu ook al vaart op deze route (M10 tegenover M8 op de route Rotterdam - Groningen), en
 - › De schepen dichterbij de oevers van de natuurgebieden passeren.



› **BEREKENING STIKSTOFDEPOSITIE**

DUIDING RESULTATEN IN RELATIE TOT MODAL SHIFT POTENTIE

- › Voor beide routes is berekend wat de additionele schepen zouden betekenen voor het additionele volume dat via de route is vervoerd en hoe dit zich verhoudt tot het huidige volume dat over de routes wordt vervoerd. Voor de Route Rotterdam - Noord-Nederland betreft dit een zeer forse toename van het volume (+38%). Voor de route naar het Rijngebied betreft het relatief een veel kleinere groei van het volume (14%).
- › Voor beide routes geldt dat de berekening van de NO_x-depositie uitgaat van schepen die voldoen aan de CCR1 klasse. Uit de analyse komt naar voren dat in de praktijk er veelal met schepen met een modernere motor of met nabehandeling wordt gevaren. Naar verwachting zal daarom de NO_x-uitstoot en hiermee de depositie lager uitvallen dan in de berekening wordt aangegeven.

	Rotterdam - Noord Nederland	Rotterdam - Rijngebied
Additioneel volume modal shift (TEU per jaar)	115.000	150.000
Huidig volume (TEU per jaar 2018)	300.000	1.100.000
Percentage toename	38%	14%

› REDUCTIEMAATREGELEN VOOR NO_x EN CO₂

Hybride combinaties	Schone verbrandingsmotoren	Motoren	NRMM Stage V IWP, IWA	
			NRMM Stage V NRE	
			EURO VI	
			SCR & DPF retrofit	
		Brandstoffen	BioDiesel (FAME, HVO / FT)	E-diesel
			BioMethaan (Bio-LNG)	E-methaan
			BioMethanol	E-methanol
			Blauwe waterstof (H2), gas of vloeibaar	E-H2 (groene waterstof), gas of vloeibaar
			Blauwe ammoniak (NH3)	E-ammoniak
	Elektrificatie	Batterij varen	Lithium Ion NMC techniek	
			Lithium LiFePO4 techniek	
			Flow batteries	
		Brandstofcel (fuel cell)	PEM FC (automotive)	
		Energiedragers voor brandstofcel	Blauwe ammoniak (NH3)	E-ammoniak
			Blauwe waterstof (H2), gas of vloeibaar	E-waterstof (groene waterstof), gas of vloeibaar
BioMethanol			E-methanol	

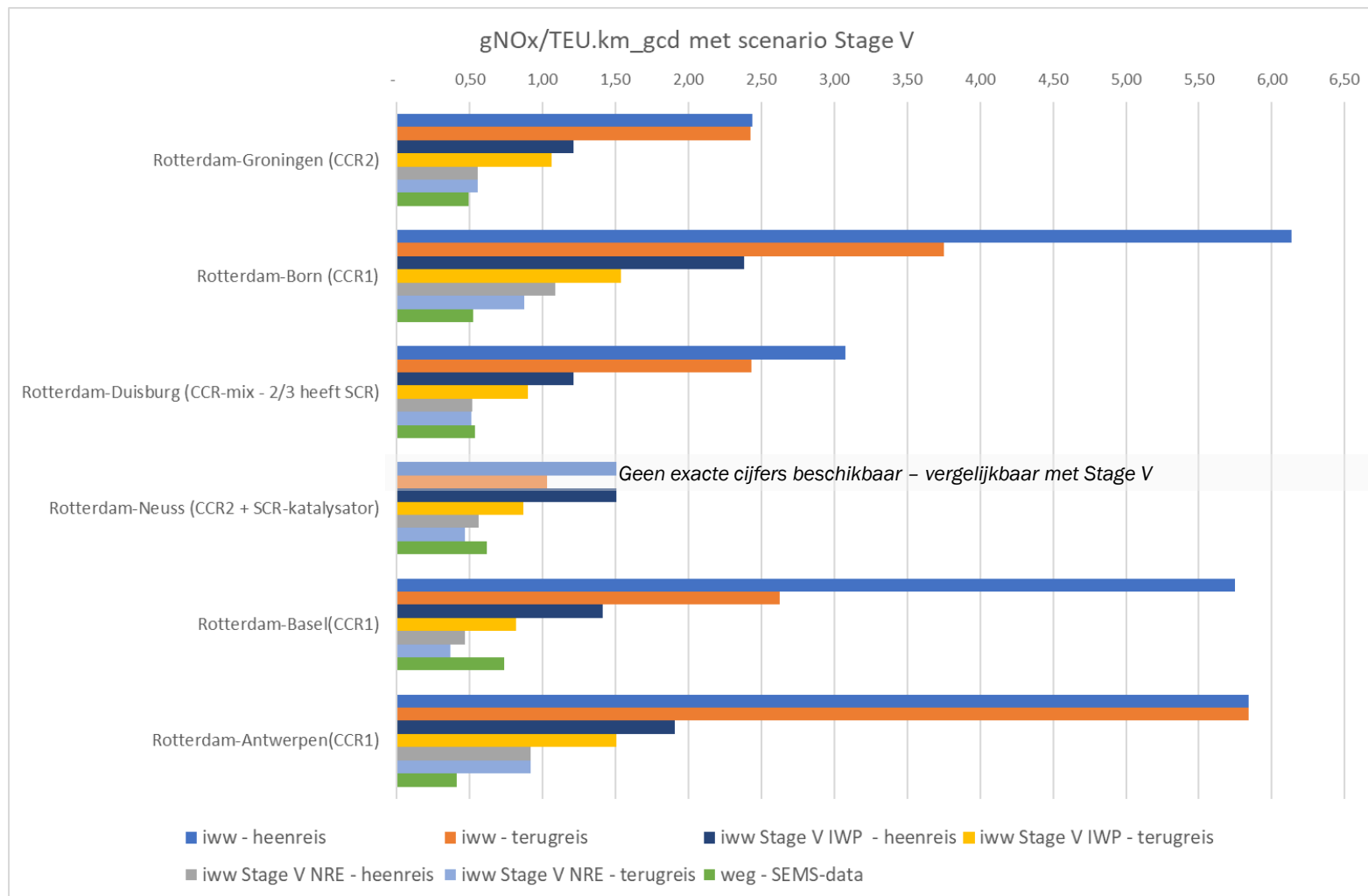
TNO & EICB (2021), Toekomst duurzame binnenvaart

NO_x-effecten Modal Shift

› REDUCTIEMAATREGEL

- › Inzet van stage V zal NOx uitstoot verder reduceren. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen stage V motoren die specifiek ontwikkeld zijn voor de binnenvaart (IWP/ IWA) en motoren voor mobiele werktuigen (Stage V NRE). De uitstoot bij NRE motoren is nog fors lager dan bij IWP/ IWA.
- › Bij inzet van een Stage V NRE motor kan dit op een vergelijkbaar niveau komen als wegtransport bij een gelijkblijvende motoromvang. De NOx-uitstoot kan nog verder geoptimaliseerd worden in het geval van Stage V NRE motoren door aanpassing van de grootte van de motoren in combinatie met een diesel-elektrische configuratie. Daarnaast kan nog een reductie worden gerealiseerd door optimalisatie tussen terminals in de havens

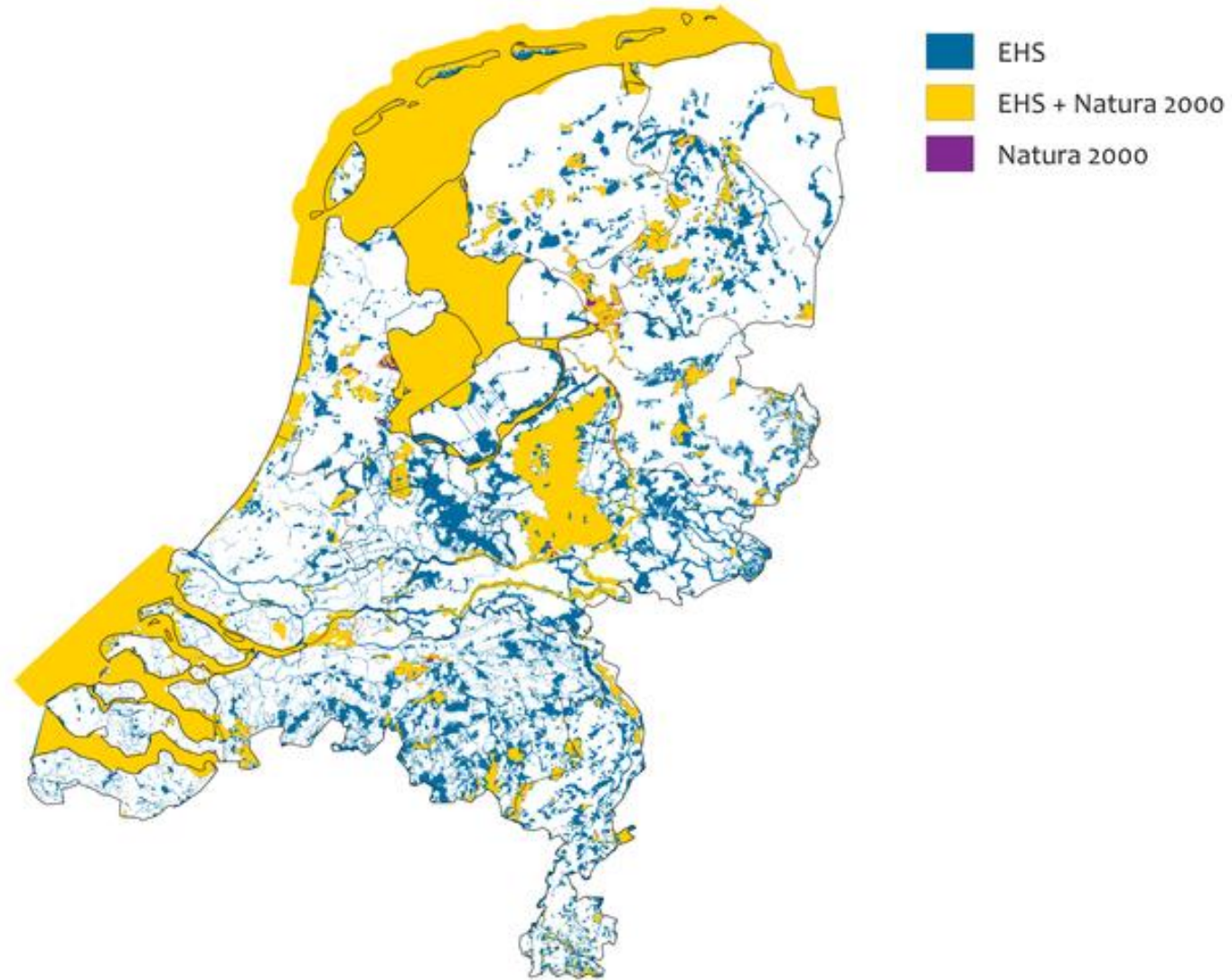
CONTAINER TRANSPORT



› CONCLUSIES

- › De NO_x-uitstoot van het vervoer van containers via wegtransport is in de huidige situatie lager dan de uitstoot van vervoer via de binnenvaart (uitgedrukt in gr per TEU.km).
- › Binnen de verschillende routes bestaan wel grote verschillen in de NO_x-uitstoot. Dit hangt met name samen met de kenmerken van de route (aanwezigheid van stroming) en de emissiekenmerken van de aandrijflijn van het schip.
- › Uit een berekening met AERIUS komt naar voren dat een forse additionele modal shift (115,000 TEU per jaar ofwel 38% toename) op de route Rotterdam – Noord-Nederland slechts een klein effect heeft op de stikstofdepositie in natuurgebieden langs de route.
- › Voor de route Rotterdam – Rijngebied is ook uitgegaan van een forse modal shift (150,000 TEU per jaar ofwel 14% toename). De depositie valt iets hoger uit dan de andere route doordat met grotere schepen dichter langs de oevers wordt gevaren.
- › In het model kwam geen overschrijding van waardes naar voren als gevolg van de modal shift. De depositie zal daarnaast in de praktijk waarschijnlijk lager uitvallen dan de modelberekening. Kengetallen die worden gebruikt in AERIUS voor de binnenvaart hebben ongeveer het niveau van CCR1 schepen. Veel schepen die nu worden gebruikt in de binnenvaart (CCR2 of schepen met nabehandeling) hebben een lagere praktijkuitstoot.
- › Inzet van stage V aandrijflijnen kan de uitstoot nog significant reduceren. Bij inzet van NRE/ Euro VI motoren wordt de uitstoot vergelijkbaar met wegtransport. In potentie zou met right-sizing van de motoren een verdere reductie kunnen worden gerealiseerd.

EHS en Natura 2000-gebieden



Bron: LNV.

PBL/aug07/1425
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

› ROTTERDAM – NOORD-NEDERLAND (GRONINGEN)

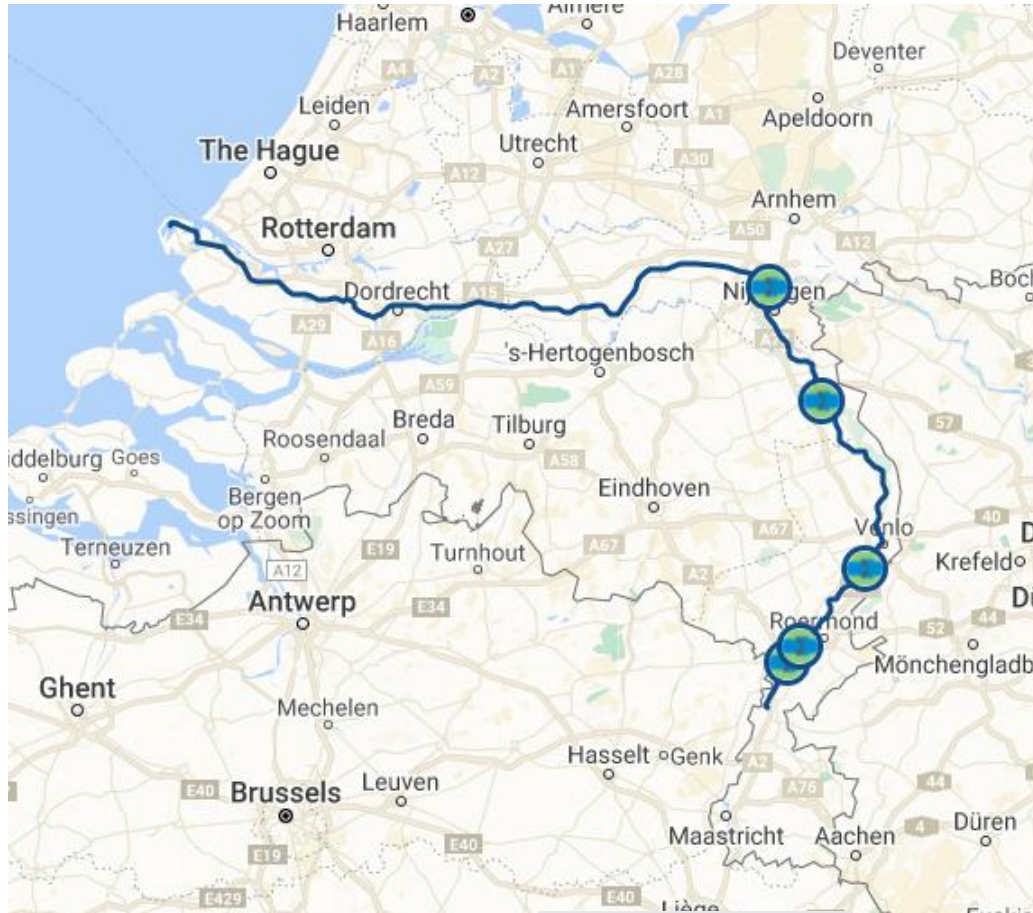


Bron: Blue Roap Map



- › Barge:
 - › ~ 15 uur
 - › 312 km
 - › Tot 105m (Verlengd Europaschip)
 - › Natuurgebieden: Naardermeer, Markermeer, IJsselmeer, Oostelijke Vechtplassen
- › Truck
 - › ~ 4 uur
 - › 290 km
 - › Natuurgebieden:
- › Hemelsbrede afstand (Great circle distance)
 - › 225 km

› ROTTERDAM – BORN

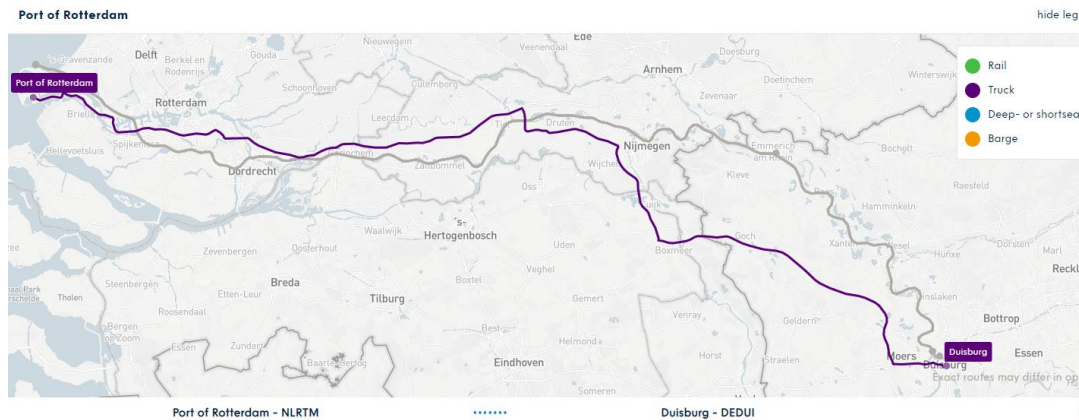
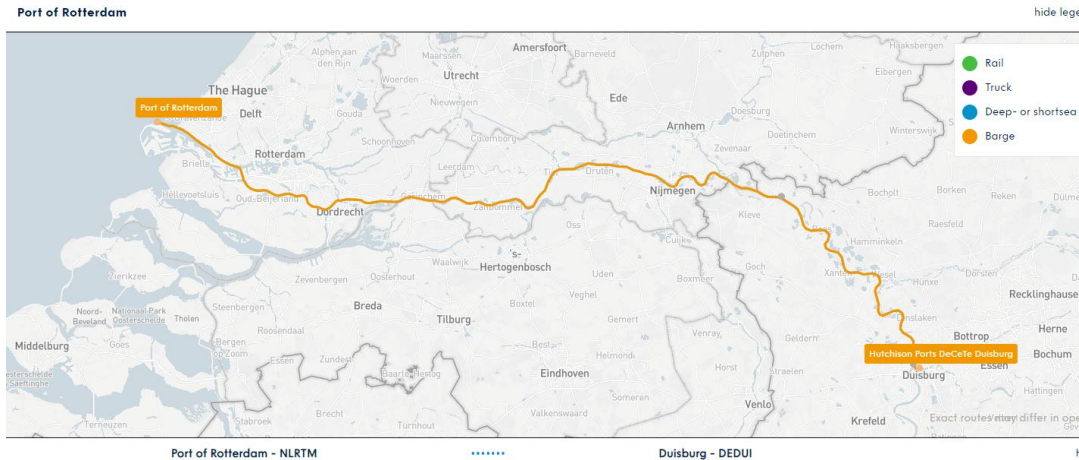


Bron: Blue Roap Map



- › Barge:
 - › ~ 25 uur
 - › 260 km
 - › *Last mile 25 km per truck?*
 - › Natuurgebieden: De Waal
- › Truck
 - › ~ 4 uur
 - › km
 - › Natuurgebieden: Biesbosch
- › Hemelsbrede afstand (Great circle distance)
 - › 159 km

› ROTTERDAM – DUISBURG / NEUSS



› Barge:

› ~ 20 uur

› 249 km

› Natuurgebieden: de Waal

› Truck

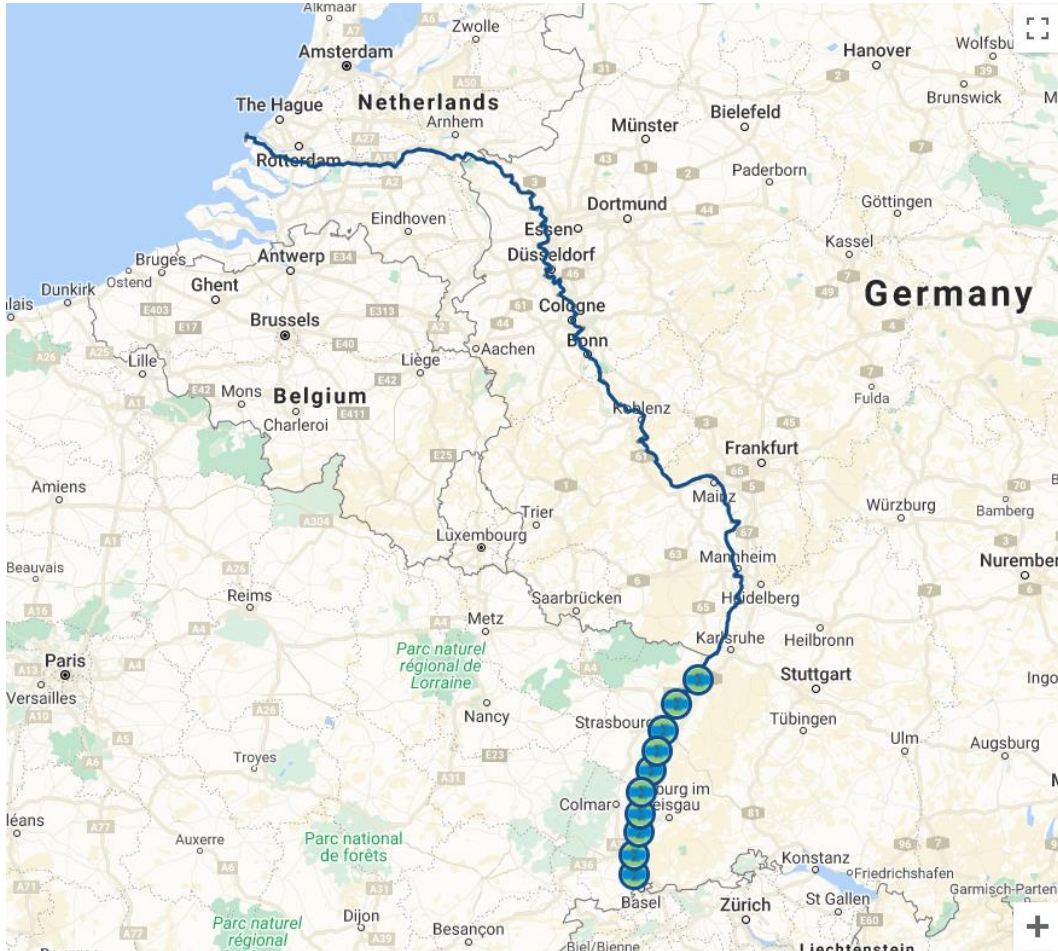
› ~ 5 uur

› 234 km

› Hemelsbrede afstand (Great circle distance)

› 196 km

› ROTTERDAM – BASEL



Bron: Blue Roap Map



› Barge:

› ~ 107 uur

› 834 km

› Natuurgebieden: de Waal

› Truck

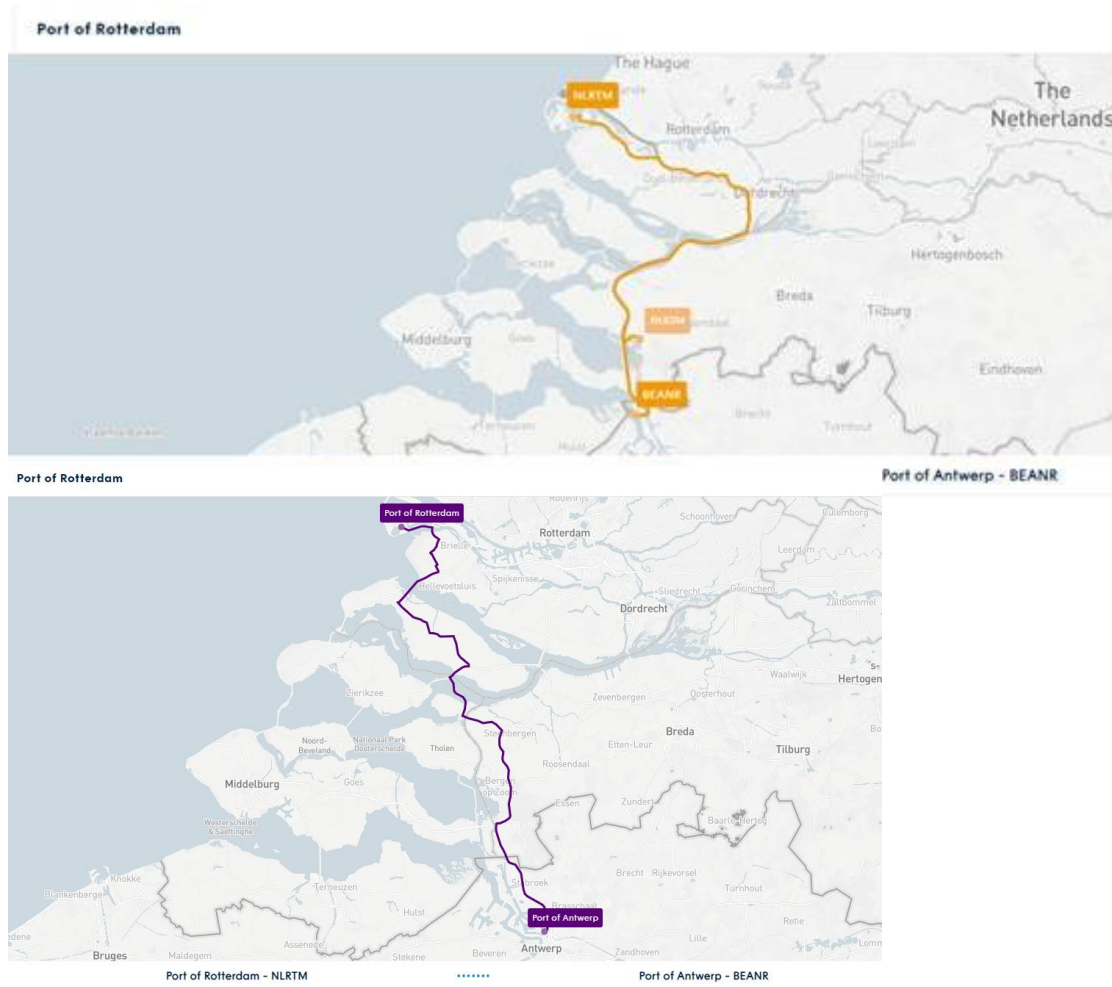
› ~ 24 uur

› 715 km

› Hemelsbrede afstand (Great circle distance)

› 545 km

› ROTTERDAM – ANTWERPEN



- › Barge:
 - › ~ 17 uur
 - › 134 km
 - › Natuurgebieden: Zeeuwse meren
- › Truck
 - › 2-3 uur
 - › 113 km
 - › Natuurgebieden: Zeeuwse meren
- › Hemelsbrede afstand (Great circle distance)
 - › 81 km