

## HAVENKEUZEMODEL

|               |                         |
|---------------|-------------------------|
| B. Wesseling  | Significance            |
| G. Rando      | Ecorys                  |
| S. Giasoumi   | Significance            |
| G. C. de Jong | Significance, ITS-Leeds |
| M. Kraan      | Ecorys                  |
| M. Smeele     | Rijkswaterstaat WVL     |

## **Samenvatting**

Wat is de impact op de Nederlandse zeehavens als de noordelijke vaarroute via de Barentszee meer gebruikt wordt? Wat is de impact op de Nederlandse zeehavens als afvoer via de Rijn niet mogelijk is vanwege extreem laagwater? Wat gebeurt er als de overslag in de haven van Rotterdam gemiddeld langer gaat duren? Dit zijn allemaal interessante beleidsvragen waarbij de gevolgen met een havenkeuzemodel inzichtelijk gemaakt kunnen worden. Alleen is er in Nederland op dit moment geen operationeel model dat deze vragen kan beantwoorden.

In deze paper presenteren we een havenkeuzemodel voor de Hamburg – Le Havre range. De exacte vorm van de uit te werken havenkeuzemodel is gebaseerd op een uitgevoerde literatuurstudie; waarin de bestaande havenkeuzemodellen zijn geïnventariseerd, evenals hun databehoeften. Het model is een multinomiaal logit model dat transportkosten voor zee-, haven- en achterlandvervoer meeneemt voor de keuze van de zeehaven. Het ontwikkelde havenkeuzemodel wordt dit jaar geïntegreerd in BasGoed, het strategisch goederenvervoermodel voor Nederland. Door deze integratie ontstaat een consistent raamwerk om goederenprognoses te maken waarbij veranderingen in de havenkeuze doorwerkt op het achterland vervoer.

## **1. Inleiding**

Bij de havenkeuze voor containerschepen wordt er in de literatuur gesproken over "substitute ports", een fenomeen waarbij een verlader een bepaalde haven vervangt door een andere, meestal vanwege betere faciliteiten en voorwaarden, zoals lagere kosten, betere connectiviteit, of snellere doorvoertijden. Dit effect speelt een belangrijke rol in havenkeuze, vooral in situaties waar havens relatief dicht bij elkaar liggen of gelijkwaardige diensten aanbieden (Luo & Grigalunas, 2002). Voor de havens in de Hamburg-Le Havre range, en Nederland in het bijzonder, vertaalt dit zich naar hevige en veelvuldige concurrentie.

Het doel van deze studie is het identificeren en beoordelen van bestaande havenkeuzemodellen die geschikt zijn voor integratie in het BasGoed-systeem en het bouwen van een eerste prototype voor een havenkeuzemodule voor BasGoed. BasGoed is het Basismodel voor Goederenvervoer, waarmee het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat de effecten van economische ontwikkelingen en beleidsmaatregelen op het goederenvervoer in kaart tracht te brengen. Deze studie valt uiteen in twee delen: een literatuurstudie naar de relevantie en toepasbaarheid van bestaande modellen voor het voorspellen van goederenstromen tussen verschillende havens, en het maken van een eerste prototype van de havenkeuzemodule.

Magala en Sammons (2008) stellen dat havens in de huidige, sterk geglobaliseerde economie niet langer individueel concurreren, maar onderdeel zijn van geïntegreerde toeleveringsketens. Verladers maken hun keuze niet alleen op basis van efficiëntie en locatie, maar ook op basis van de prestaties van de gehele toeleveringsketen. Voor deze studie hebben we 18 artikelen in detail geanalyseerd. Veel havenkeuzemodellen worden ontwikkeld voor containervervoer. Aan de hand van deze inzichten is een prototype voor een model uitgewerkt voor al het vervoer van en naar de havens in de Hamburg-Le Havre range.

Om het conceptuele model te ontwikkelen, is een groot aantal data-componenten nodig, zoals handelsdata, afstanden en reistijden over zee en voor het achterlandvervoer, waargenomen transport en overslag, en kostenkentallen voor verschillende transportmodi. Het model laat de gedragsreacties van containervervoer zien en de effecten van kostenverhogingen op de aandelen van de havens.

Deze paper beschrijft eerst de bevindingen van de literatuurstudie met betrekking tot havenkeuze. De belangrijkste factoren die de havenkeuze beïnvloeden worden uitgelicht. Vervolgens wordt ingegaan op de werkingen van het prototype, evenals de data en relevante bronnen die eraan ten grondslag liggen. Tot slot wordt ook een reflectie geboden op de resultaten van het model en enkele richtingen voor verder onderzoek.

## **2. Literatuur**

### **2.1. Type lading**

Containers zijn gestandaardiseerde eenheden die het transport van goederen efficiënter maken, zowel over zee als over land. Deze standaardisatie heeft geleid tot een enorme toename van containervervoer, waardoor havens zich steeds meer richten op het verbeteren van hun containerbehandelingscapaciteiten en het aantrekken van containerverkeer.

In mindere mate is er ook literatuur beschikbaar over havenkeuze voor andere soorten ladingen zoals droge en natte bulk. Echter, is de keuze van de haven voor deze ladingen net zo belangrijk en complex. De focus in de literatuur kan verschillen op basis van de economische en geografische context, waarbij havens die zich specialiseren in bulkvervoer specifieke studies en analyses vereisen.

### **2.2. Type model**

#### **Logit modellen**

Zogenoemde discrete keuzemodellen hebben de afgelopen decennia een belangrijke rol gespeeld in transportmodellering (Bierlaire, 1998). Ze worden namelijk gebruikt om een gedetailleerde weergave te geven van de factoren die de vraag naar transport beïnvloeden. Specifiek voor de analyse van havenkeuze worden Malchow en Kanafani als pioniers beschouwd in het voorstellen van deze methodologische benadering (Cabellé Valls, de Langen, García Alonso, & Vallejo Pinto, 2020).

Het meest gebruikte model in praktische toepassingen is de Logistic Probability Unit, of Logit, model. Het logit-model is een statistische benadering om met uitkomsten die alleen de waarde 0 of 1 aannemen om te kunnen gaan. Bijvoorbeeld om weer te geven of een gebeurtenis al dan niet plaatsvindt (Siegmann, 2017). Het voordeel van een dergelijk model is dat een groot aantal invoervariabelen kan worden gebruikt om schattingen van coëfficiënten te verkrijgen. Statistische inferentie vertelt de gebruiker of een bepaalde variabele het resultaat significant beïnvloedt of niet.

#### ***Multinomial logit-model***

Het Multinomial logit-model (MNL) is een uitbreiding van het logit-model voor toepassingen waarbij meer dan twee uitkomsten mogelijk zijn. In deze context wordt een haven als een schakel in een logistieke keten beschouwd. De keuzemogelijkheden voor een bepaalde haven zijn specifiek voor elke mogelijke combinatie van herkomst en bestemming. Het MNL-model bepaalt de kans dat een bepaalde route, of havencombinatie, wordt gekozen, gebaseerd op het nut van diezelfde route (Mueller, Wiegmans, & van Duin, 2020). Dit gebeurt door alle mogelijke alternatieve routes te vergelijken. De benadering van havenkeuze vanuit het logistieke-keten perspectief maakt dat het model op data over de gehele keten rust. Met betrekking tot kosten bijvoorbeeld, worden zowel maritieme transport-, haven- en achterlandtransportkosten in het model opgenomen (Veldman & Bückmann, 2003). Hetzelfde geldt overigens ook voor transporttijd.

### ***Box-Cox mixed logit-model***

Het Box-Cox mixed logit-model (BCML) komt voort uit de toepassing van de Box-Cox transformatie op een Mixed logit-model (ML). Het ML model biedt een alternatieve benadering van discrete keuzes door drie beperkingen van het standaard logit model te omzeilen. Allereerst, houdt het ML model rekening met verschillen in voorkeur tussen bedrijven. Daarnaast faciliteert het ML model ook ongelimiteerde substitutiepatronen toe in het gedrag van keuzemakers. Het ML model gaat tot slot ook uit van correlatie in niet-geobserveerde factoren over tijd. Om dit model in de context van havenkeuze werkbaar te maken moet echter de Box-Cox transformatie worden toegepast. Daarbij wordt een niet-normale distributie van afhankelijke variabelen naar de normale vorm getransformeerd. (Orro, Novales & Benitez, 2010). In tegenstelling tot het MNL-model gaat het BCML-model uit van een non-lineaire relatie tussen de parameters.

### **Statische kostenmodellen**

Kostenmodellen zijn eenvoudige vergelijkingen of formules die gebruikt kunnen worden om de economische gevolgen van de keuze voor een bepaalde haven te meten (van Solingen & Rico, 2006). Hiermee kan de concurrentiepositie, op basis van kosten, van de ene haven ten opzichte van een andere geëvalueerd worden. Statische kostenmodellen onderscheiden zich door de aanname dat individuele kenmerken en gedragingen exogeen zijn. Deze modellen kunnen dus worden gebruikt om directe effecten op de havenkeuze te evalueren op basis van exogene veranderingen in kosten (Li, O'Donoghue, Loughrey, & Harding, 2014). Dit maakt ze relatief eenvoudig in gebruik voor beleidsmatige toepassingen. Dit gezegd hebbende, hebben statische kostenmodellen een beperkte capaciteit om realistische toepassingen te simuleren, omdat ze zich uitsluitend richten op de kostendimensie.

### **Analytic Hierarchy Process**

Het Analytic Hierarchy Process (AHP) is een meetmethode waarbij keuzemogelijkheden op basis van een prioriteitsschalen worden vergeleken (Shapiro & Koissi, 2017). De toepassing van AHP omvat vier stappen (Subramanian & Ramanathan, 2012). Ten eerste wordt het keuzeprobleem in diverse factoren ontleed op basis van hun gemeenschappelijke kenmerken, en wordt er een hiërarchie opgebouwd. In de context van havenkeuze kunnen dergelijke factoren onder andere containeroverslag, afstand tot het achterland, de verblijftijd van containers en de wachttijd van schepen omvatten. Vervolgens worden paren van havenkeuzefactoren vergeleken en wordt hun prestatie gemeten. Daarna worden verhoudingsschalen uit deze oordelen afgeleid en vervolgens door de hiërarchische structuur verwerkt om het beste alternatief te selecteren (van Dyck & Ismael, 2015). Een beperking van dit model is dat het gebaseerd is op het principe dat besluitvormers voorafgaande kennis en ervaring hebben over de keuze in kwestie (Vargas, 1990).

## **Behavioural models**

In tegenstelling tot statistische keuzenmodellen, staat het gedrag van de stakeholders centraal in de keuzebenadering van behavioural models (gedragsmodellen). De keuzes die in deze context worden gemaakt bieden inzicht in de gebleken voorkeuren van de stakeholders. Verladers, expediteurs en rederijen benaderen de keuze van een haven elk op een andere manier, met uiteenlopende doelstellingen. Vanuit een maritiem perspectief organiseren rederijen hun servicenetwerken om schaalvoordelen te benutten en kiezen ze havens die hun winst maximaliseren. Aan de andere kant geven landgebonden besluitvormers prioriteit aan het minimaliseren van kosten (Talley & Ng, 2013). Expediteurs richten zich op het aanbieden van waarde toevoegende diensten, terwijl voor verladers de keuze van een haven slechts een van de vele beslissingen in de toeleveringsketen is (Magala & Sammons, 2008). Afhankelijk van de toepassing bieden gedragsmodellen inzicht in de revealed of stated preferences van stakeholders. Deze voorkeuren kunnen vervolgens worden gebruikt voor het identificeren van relevante criteria voor toepassing in de andere modellen hierboven omschreven. Naast de complexiteit die de identificatie van de besluitvormer met zich meebrengt, zorgt de aard van het besluitvormingsproces ervoor dat de bepalende factoren variëren met de kenmerken van de besluitvormer, afhankelijk van diens logistieke vereisten en doelstellingen.

### **2.3. Factoren die havenkeuze beïnvloeden**

De concurrentiepositie van containerhavens wordt over het algemeen gezien als afhankelijk van eenvoudige criteria (Mueller, Wiegmans, & van Duin, 2020). Gelet op de vergelijkbaarheid (en dus vervangbaarheid) van containerhavens spelen deze factoren een belangrijke rol bij het maken van een havenkeuze. Dit geldt in het bijzonder voor de regio Hamburg-Le Havre, waar de concentratie van havens met containerterminals bijzonder hoog is.

Verschillende modellen houden rekening met verschillende factoren om de havenkeuze te benaderen, afhankelijk van het niveau waarop de keuze wordt waargenomen en het perspectief van de betreffende beslisser (bijvoorbeeld expediteurs in tegenstelling tot rederijen). Hoe dan ook kan op basis van de literatuur een overzicht worden gemaakt van de belangrijkste factoren. Tabel 1 biedt een opsomming van de tien factoren die de concurrentiepositie van het haven het sterkst beïnvloeden bij het maken van een havenkeuze (Parola, Risitano, Ferretti, & Panetti, 2016).

Tabel 1 Overzicht factoren havenkeuze

| Factor                            | Omschrijving                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Havenkosten                       | Havenkosten zijn afhankelijk van directe kosten zoals havenrechten, opslag en stuwadoorsdiensten, evenals indirecte kosten die worden gemaakt tijdens lange havenaanlopen.                           |
| Nabijheid van het achterland      | De geografische nabijheid van de belangrijkste achterlandmarkten die door een haven worden bediend (zowel captive als andere, meer afgelegen en contestable markten).                                |
| Verbondenheid met het achterland  | De efficiëntie van binnenlandse transportnetwerken (bijv. vervoer per spoor, weg en binnenvaart).                                                                                                    |
| Geografische ligging van de haven | De positie van de haven ten opzichte van scheepvaartnetwerken, binnenlandse marktgebieden, binnenlandse transportinfrastructuren, logistieke centra, consumentenmarkten, stedelijke gebieden, enz.   |
| Haveninfrastructuur               | Haveninfrastructuur wordt geëvalueerd op basis van het aantal en de kwaliteit van de beschikbare infrastructuur (bijv. golfbreker, kademuur, terreinen, enz.).                                       |
| Operationele efficiëntie          | De capaciteit van een haven om middelen efficiënt in te zetten bij het leveren van operationele prestaties (bijv. omlooptijd van schepen, wachttijden van schepen door congestie, enz.).             |
| Kwaliteit van geleverde diensten  | De kwaliteit van de geleverde diensten en alle aanwezige faciliteiten in de haven. Daarbij wordt rekening gehouden met het vermogen om de eigen diensten van die van concurrenten te differentiëren. |
| Maritieme connectiviteit          | De efficiëntie van het maritiem netwerk (bijv. aantal en diversiteit van bestemmingen, logistieke kosten, etc.).                                                                                     |
| Nautische toegankelijkheid        | Het vermogen van een haven om schepen op elk moment te ontvangen. Wordt beïnvloed door natuurlijke factoren en de beschikbaarheid van fysieke infrastructuren.                                       |
| Havengebied                       | De opzet van het gehele havengebied, de indeling van terminals en gemeenschappelijke ruimtes, evenals de geschiktheid ervan ten opzichte van de behoeften van havengebruikers.                       |

Bron: (Parola, Risitano, Ferretti, & Panetti, 2016)

Overige factoren die ook relevant zijn bij het maken van een havenkeuze zijn onder anderen: de mate van samenwerking tussen havens, maritieme vrachtvolumes, de aanwezigheid van logistieke clusters en de institutionele omgeving waarbinnen de haven opereert (Parola, Risitano, Ferretti, & Panetti, 2016).

## 2.4. Deelconclusie

Wat betreft het type lading ligt de focus in de literatuur op transport van containers. Dit wordt mede verklaard door het zogenaamde "substitute ports" concept. Bij het ontwikkelen van een havenkeuzemodel ligt het daarom voor de hand om te starten met het modelleren van containervervoer.

In de literatuur constateren we een verscheidenheid aan verschillende type modellen. Met name door de eenvoudige interpretatie van een logit-model wordt dit voor havenkeuzemodellering gezien als een 'standaardbenadering'. De keuze voor een logit model bij het bouwen van het prototype ligt om die reden voor de hand.

Op basis van de beschikbare literatuur een opsomming gemaakt van de factoren die de havenkeuze en/of concurrentiepositie van de haven beïnvloeden. Bij deze lijst met factoren hebben we met specifieke aandacht gekeken naar de factoren die in de modellen als significant zijn bevonden.

## 3. Methodologie

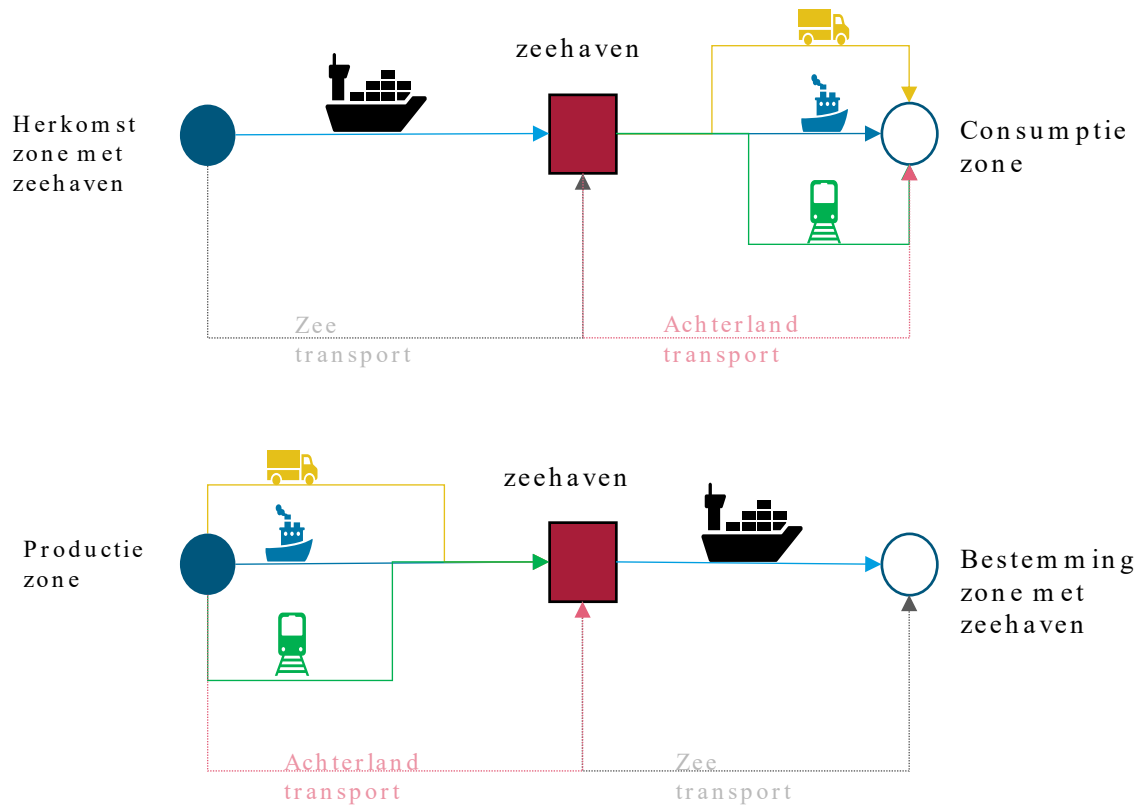
We maken een havenkeuzemodèle voor de Hamburg – Le Havre range. In deze range modeleren we de belangrijkste zeehavens. De volgende zes zeehavens modeleren we in het model:

- Rotterdam
- Amsterdam
- Hamburg
- Bremen, Bremerhaven, Wilhelmshaven
- Antwerpen, Zeebrugge
- Le Havre.

In de literatuurstudie hebben we gezien dat veel havenkeuzemodellen worden ontwikkeld voor containervervoer. Het uitgewerkte model werkt voor al het vervoer van en naar deze zes havens, en maakt onderscheid tussen de volgende vijf verschijningsvormen: Droge bulk, natte bulk, containers, Ro-Ro, Overig/stukgoederen. We maken een multinomiaal logit model. Het model maakt gebruik van gegevens voor de hele transportketen (zee-, haven- en achterlandvervoer). De havenkeuze van de zeehaven is conceptueel weergegeven in Figuur 1. De havenkeuze is een onderdeel van de keuze van een transportketen tussen productielocatie  $p$  en consumptielocatie  $c$ . De haven in de Hamburg – Le Havre range kan zowel aan de productie als aan de consumptie kant van het zeetransport liggen. In dit modelconcept hangt de keuze van haven  $i$  in de Hamburg - Le Havre range af van de gegeneraliseerde transportkosten  $GC$  tussen  $p$  en  $c$  via haven  $i$  voor verschijningsvorm van de goederen  $v$ , naast haven-specifieke constanten en een storingsterm:

$$GC_{pciv} = GC_{piv} + GC_{iv} + GC_{icv} \quad [1]$$

De drie termen uit formule 1 zijn de gegeneraliseerde kosten van het zeetransport, de gegeneraliseerde kosten van de overslag in één van de zes havens, en ten slotte de gegeneraliseerde kosten van het achterlandtransport. We modelleren in het model geen achterlandtransport in havens buiten de Hamburg – Le Havre range, omdat deze kosten voor alle alternatieven toch gelijk zullen zijn.



*Figuur 1. Logistieke ketens in het havenkeuzemodel*

De hier gepresenteerde vergelijkingen zijn indicatief voor de logistieke keten van zeetransport – haven – achterland, maar ze kunnen op dezelfde manier worden toegepast op de logistieke keten van achterland – haven – zeetransport. Vergelijking twee geeft de kans volgens de logit-functie dat haven  $i$  gekozen wordt voor verschijningsvorm  $v$  voor de handelsstroom van  $p$  naar  $c$ . Deze kans hangt af van nutsfuncties  $U$ , zoals die worden gepresenteerd in vergelijking drie. Hierin komen de drie componenten van de transportketen voor: zee, haven en achterland voor. De term  $C_{micv}$  uit de nutsfunctie (achterlandkosten) wordt in de vierde vergelijking gedefinieerd. De vijfde vergelijking bepaalt het handelsvolume via haven  $i$  (per verschijningsvorm) door het totale volume in tonnen van de range te vermenigvuldigen met de kans op haven  $i$ .

$$P_{pciv} = \frac{\exp(U_{pciv})}{\sum_{j=1, \dots, n} \exp(U_{pcjv})} \quad [2]$$

$$U_{pciv} = ASC_{iv} + \mu * \left( \left( \varphi_v * D_{pi} + \gamma_v * \frac{D_{pi}}{sp_i} \right) + (thc_{iv} + dwell_{t_{iv}} * VOT) + \left( \sum_{mv} (MS_{midv} * C_{micv}) \right) \right) \quad [3]$$

$$C_{micv} = d_{mic} * dist_{mv}^{cost} + t_{mic} * time_{mv}^{cost} + 2 * Loadunload_{mv}^{cost} + network_{icm}^{cost} \quad [4]$$

$$Q_{pciv} = Q_{pcv} * P_{pciv} \quad [5]$$

|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $i$ = haven                                                                                              | $time_{mv}^{cost}$ = tijdkosten achterland voor vervoerwijze $m$                                                                                                               |
| $v$ = verschijningsvorm                                                                                  | $thc_{iv}$ = terminal handling charges (overslagkosten) per haven                                                                                                              |
| $m$ = vervoerwijze achterland (i.e. weg, spoor, binnenvaart)                                             | $dwell_{iv}$ = dwell time (verblijfstijd) per haven                                                                                                                            |
| $\mu$ = kostencoëfficiënt (uit literatuur)                                                               | $VOT$ = value of time (reistijdwaardering schip + lading)                                                                                                                      |
| $\varphi_c$ = afstandkosten zeetransport                                                                 | $MS_{midv}$ = marktaandeel vervoerwijze $m$ van haven $i$ naar bestemming $d$                                                                                                  |
| $\gamma_c$ = tijdkosten zee                                                                              | $C_{mipv}$ = transportkosten van vervoerwijze $m$ van haven $i$ naar bestemming $d$                                                                                            |
| $D_{pi}$ = afstand tussen productiezone $p$ en de haven $i$                                              | $d_{mic}$ = afstand van vervoerwijze $m$ van haven $i$ naar bestemming $d$                                                                                                     |
| $sp_i$ = gemiddelde scheepssnelheid per haven                                                            | $t_{mic}$ = tijd van vervoerwijze $m$ van haven $i$ naar bestemming $d$                                                                                                        |
| $dist_{mv}^{cost}$ = afstandskosten achterland voor vervoerwijze $m$                                     | $Q_{pciv}$ = het handelsvolume (tonnen) van verschijningsvorm $v$ dat vervoerd wordt van productielocatie $p$ naar consumptielocatie $c$ via haven $i$                         |
| $Loadunload_{mv}^{cost}$ = gemiddelde van laad en loskosten voor modaliteit $m$ en verschijningsvorm $v$ | $network_{icm}^{cost}$ = netwerkkosten voor vervoer tussen haven $i$ en consumptielocatie $c$ en modaliteit $m$ . Bestaat uit tol, vrachtwagenheffing en gebruikskosten spoor. |

Hierbij is het niet mogelijk om alle modelcoëfficiënten van het logit model formeel te schatten, omdat data voor transportketens (met informatie over productie- en consumptielocaties en gebruikte havens en vervoerwijzen) ontbreken, zowel op gedesaggregeerd niveau (individuele zendingen) als op geaggregeerd niveau (zones). Wel zijn er data beschikbaar over de verschillende bovenstaande componenten van de transportkosten, handelsdata en data over het transport via ieder van de havens in de range. Zo zijn er bijvoorbeeld data van Eurostat over het vervoerd gewicht per haven en verschijningsvorm in de zeevaartstromen.

Daarom hebben we in dit project een logit-model gehanteerd met enkele coëfficiënten gebaseerd op de literatuur en waarbij haven-specifieke constanten worden gekalibreerd zodanig dat een goede overeenstemming wordt verkregen met de aandelen van de havens in de overslag in de Hamburg - Le Havre range (met onderscheid naar verschijningsvorm, zoals container). In het model is de coëfficiënt van -0,006 uit Zondag et al. (2010) overgenomen.

#### 4. Data

Om bovenstaande conceptuele model heeft een groot aantal data-componenten. In deze paragraaf bespreken we welke data we gebruiken in het model.

*Handelsdata* – Handelsdata wordt gebruikt als input in het model in formule 5,  $Q_{pcv}$ . Het geeft het vervoerde gewicht per verschijningsvorm  $v$ , voor productie zone  $p$  en consumptie zone  $c$ . Deze handelsdata wordt afgeleid uit een multiregionaal input output tabel (MRIO) dat de basis vormt voor de economische modellering in BasGoed. In eerste instantie wordt de handel gegeven in monetaire waarde, maar deze wordt binnen de economische modelering al omgerekend naar tonnen, doormiddel van een

waarde-gewicht verhouding. Naast basisjaar-waarden wordt er ook een prognosebestand met handelsdata gemaakt binnen BasGoed.

*Afstanden en reistijden over zee van /naar deze havens* - De afstanden tussen havens zijn afkomstig van Panteia en bevatten een uitgebreide set havens.

*Afstanden en reistijden voor het achterlandvervoer met weg, spoor en binnenvaart* – Deze afstanden worden afgeleid uit de netwerken die in het Europees project zijn afgeleid, ETIS+ [EU, 2013]. Dit was een onderzoeksproject in opdracht van de Europese Commissie gericht op het verbeteren van het verzamelen en verspreiden van gegevens over transport. In dit project zijn er Europees brede netwerken gemaakt voor weg, spoor en binnenvaart. Deze netwerken worden gebruikt voor de afleiding van afstanden en reistijden.

*Waargenomen achterlandtransport* – In eerste instantie is gekeken of hiervoor recente data van Eurostat gebruikt kan worden. Echter zijn de publiekelijk beschikbare data voor weg, spoor en binnenvaart bij Eurostat niet fijnmazig genoeg om te gebruiken. Daarom is ook hier gebruik gemaakt van ETIS+ resultaten.

*Waargenomen zeevaart-overslag in de zes havens* - Eurostat gegevens (EC, 2024) van het zeevaartvervoer van en naar de Europese havens. Er wordt onderscheid gemaakt naar verschijningsvormen in deze databron.

*Kostenkentallen voor zeevaart, spoor, weg en binnenvaart* – Voor het berekenen van de kosten van transport wordt gebruik gemaakt van de kostenkentallen voor het goederenvervoer (Panteia, 2023). De VOT (Significance, 2023), die in het model wordt gebruikt, heeft betrekking op de tijd die schepen in een haven doorbrengen in relatie tot de lostijd in de haven.

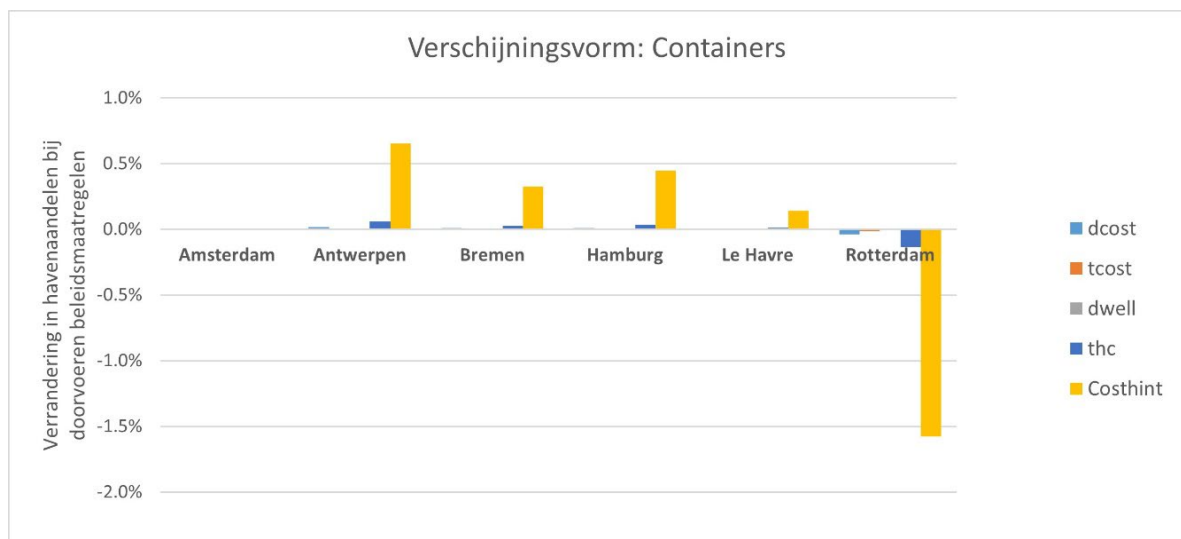
*Kosten zeehavens* : Bestaan uit twee belangrijke componenten, namelijk de terminal kosten en de kosten van schip en bemanning terwijl het in de haven ligt. Ten eerste de gemiddelde afhandelingskosten (terminal handling charges) die door rederijen in rekening worden gebracht, worden per land en per verschijningsvorm weergegeven (bijv. droog en gekoeld). Om deze gegevens te kunnen gebruiken, gaan we ervan uit dat dezelfde prijs geldt voor alle havens van hetzelfde land, en dat het geselecteerde vrachttype 'droog' is om de complexiteit van het model te verminderen. Ten tweede de verblijftijden per haven worden opgehaald uit de UNCTAD-database, en ze worden per land en commerciële markt aangeleverd. We gaan ervan uit dat alle verblijftijden gelijk zijn voor alle havens van hetzelfde land.

## 5. Resultaten prototype havenkeuzemodel

De gedragsreacties van het model zijn onderzocht door vijf verschillende 'beleidsmaatregelen' te evalueren. Deze beleidsmaatregelen<sup>1</sup> zijn:

- Verhoog de afstandkosten voor al de zeevaart van en naar Rotterdam met 10% (dcost).
- Verhoging van de tijdskosten voor al de zeevaart van en naar voor de Rotterdamse haven met 10% (tcost).
- Verleng de verblijfstijd voor de Rotterdamse haven met 10% (dwell).
- Verhoging van de overslagkosten (terminal handling charges) voor de Rotterdamse haven met 10% (thc).
- Verhoog de achterlandkosten van alle modaliteiten voor de Rotterdamse haven met 10% (Costhint).

In deze paper laten we de gedragsreacties van container zien, het model werkt ook voor de andere verschijningsvormen. Maar omdat de kostencoëfficiënten van deze segment hetzelfde zijn, zijn de gedragsreactie heel vergelijkbaar.

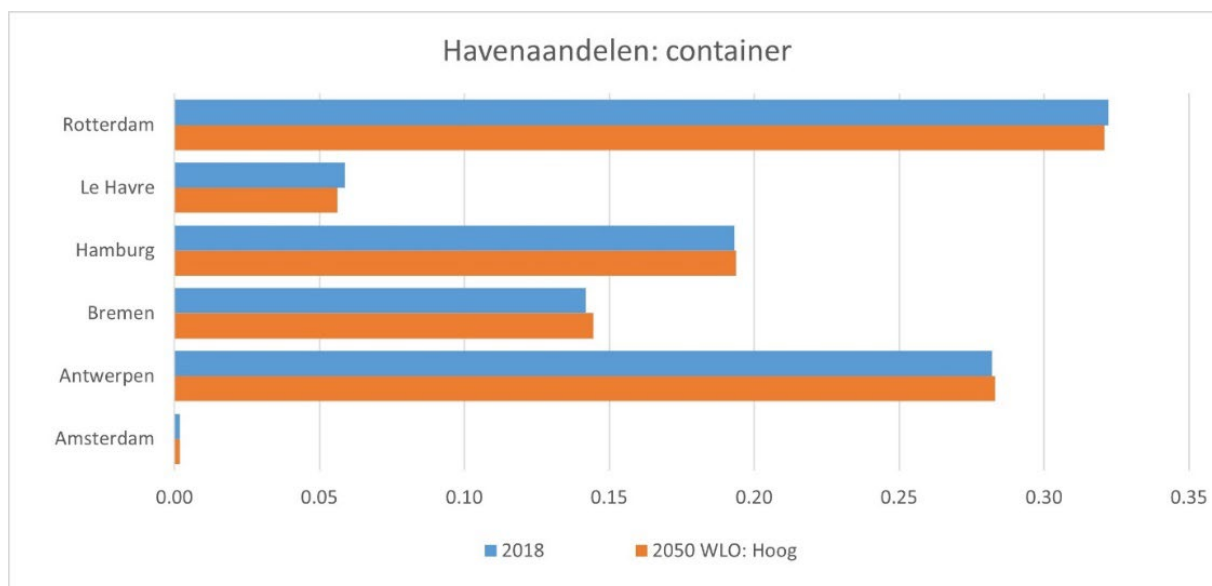


*Figuur 2. Verandering in marktaandeel door diverse veranderingen in beleidsvariabelen, containers.*

Zoals verwacht heeft alleen de haven van Rotterdam te maken met een daling van het voorspelde aandeel, terwijl andere havens een lichte stijging laten zien. De effecten van de verhoging van de kosten van de maritieme component en de havencomponent op de aandelen van de havens zijn gering. Hoewel het verhogen van de achterlandkosten voor Rotterdam de meest invloedrijke beleidswijziging lijkt te zijn, daalt het aandeel voor de Rotterdamse haven ook dan slechts met zo'n 1,6% (de eigen kostenelasticiteit van de achterlandkosten voor Rotterdam is dus ongeveer -0,16).

<sup>1</sup> Deze wijzigingen in de kosten voor alleen de haven van Rotterdam zijn nogal hypothetisch, omdat in de praktijk een stijging van de zeevaartkosten en achterlandkosten voor Rotterdam samen zal gaan met kostenstijgingen in de ander havens.

Naast de gedragsreacties is ook de gevoeligheid voor een ander handelspatroon bepaald. De handelsmatrix van 2018 vervangen is door die voor het scenario 2050 Hoog (PBL en CPB, 2016). Verder zijn er geen inputs uit dit toekomstscenario voor 2050 overgenomen; alle andere variabelen (b.v. de transportkosten) behouden de waarden die ze in de basisrun voor 2018 hadden. De uitkomsten voor deze simulatie, vergeleken met de basisrun voor 2018 (ook voor de handelsmatrix) staan in figuur 3.



*Figuur 3: Verandering in marktaandeel door andere handelsmatrix, containers.*

## 6. Conclusies en Discussie

Deze paper presenteert een eerste prototype voor een havenkeuzemodel voor BasGoed. Het model betreft zes havens in de Hamburg – Le Havre range, waaronder Rotterdam en Amsterdam. Het havenkeuzemodel neemt transportkosten mee voor de zeevaart naar/van de zeehavens, transportkosten tussen deze zeehavens en het Europese achterland en kosten en tijd in de haven zelf. Hierbij zijn deze kosten berekend voor transportketens die deze havens gebruiken of zouden kunnen gebruiken. Het havenkeuzemodel is een multinomiaal logit-model, waarin de transportkosten van de keten de belangrijkste verklarende variabelen is, waaraan de invloed van haven-specifieke constanten en van een stochastische component zijn toegevoegd. Er zijn verschillende modellen voor vijf verschijningsvormen (droge bulk, natte bulk, container, overig en Ro-Ro).

De grootste beperking is dat er geen ketendata zijn voor alle havens van de Hamburg – Le Havre range. Omdat er geen gegevens zijn over de transportketens voor de Hamburg – Le Havre range, kan de kosten-coëfficiënt van de nutsfunctie van het logit-model niet worden geschat. Deze is daarom gebaseerd op de literatuur.

## Referenties

- Bierlaire, M. (1998). Discrete Choice Models. In M. Labbé, G. Laport, K. Tanczos, & P. Toint, Operations Research and Decision Aid Methodologies in Traffic and Transportation Management. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Cabellé Valls, J., de Langen, P. W., García Alonso, L., & Vallejo Pinto, J. Á. (2020). Understanding Port Choice Determinants and Port Hinterlands: Findings from an Empirical Analysis of Spain. *Maritime Economics & Logistics*, 53-67.
- EC, 2024 doi:10.2908/MAR\_GO\_QMC
- EU (2013) ETISPLUS <https://itcbg.eu/?p=287&lang=en>. Handige links: <https://demis.nl/projects/etisplus/> en <https://www.tmluven.be/en/project/etisplus>.
- Li, J., O'Donoghue, C., Loughrey, J., & Harding, A. (2014). Static Models. In *Handbook of Microsimulation Modelling* (pp. 47-75). Leeds: Emerald Group Publishing Limited.
- Luo, M., & Grigalunas, T. A. (2002), "Estimating the Demand for Container Port Services: The Importance of Including Substitute Ports."
- Magala, M., & Sammons, A. (2008). A new approach to port choice modelling. *Maritime Economics & Logistics*, 10(1), 9-34.
- Mueller, M. A., Wiegmans, B., & van Duin, J. H. (2020). The geography of container port choice: modelling the impact of hinterland changes on port choice. *Maritime Economics & Logistics*, 26-52.
- Orro, Alfonso & Novales, Margarita & Benitez, Francisco. (2010). Box-Cox Mixed Logit Model for Travel Behavior Analysis. *AIP Conference Proceedings*. 1281. 679-682. 10.1063/1.3498568.
- Panteia (2023) Cost Figures for Freight Transport, Rapport voor KiM, Panteia, Zoetermeer. Te raadplegen via: <https://www.kimnet.nl/publicaties/notities/2023/03/30/kostenkengetallen-voor-het-goederenvervoer>
- Parola, F., Risitano, M., Ferretti, M., & Panetti, E. (2016, September). The drivers of port competitiveness: a critical review. *Transport Reviews*.
- Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau (2016). Goederenvervoer en zeehavens. WLO – Welvaart en Leefomgeving Scenariostudie voor 2030 en 2050. Te raadplegen via: <https://media.acc.wlo2015.nl/upload/pbl-2016-wlo-achtergronddocument-mobiliteit-goederenvervoer-en-zeehavens-1774.pdf>
- Shapiro, A. F., & Koissi, M.-C. (2017). Fuzzy logic modifications of the Analytic Hierarchy Process. *Insurance: Mathematisch and Economics*.

- Siegmann, A. (2017). Policy Lessons from Systemic Risk Modeling and Measurement. In M. Billio, L. Pelizzon, & R. Savona, *Systemic Risk Tomography* (pp. 239-273). Elsevier.
- Significance (2023) Values of Time, reliability and comfort in the Netherlands 2022 - New values for passenger travel and freight transport, Rapport voor KiM, Significance, Den Haag.
- Subramanian, N., & Ramanathan, R. (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *International Journal of Production Economics*, 215-241.
- Talley, W. K., & Ng, M. (2013). Maritime transport chain choice by carriers, ports and shippers. *International Journal of Production Economics*, 311-316.
- van Dyck, G. K., & Ismael, H. M. (2015). Multi-Criteria Evaluation of Port Competitiveness in West Africa Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *American Journal of Industrial and Business Management*, 432-446.
- van Solingen, R., & Rico, D. F. (2006). Calculating Software Process Improvement's Return on Investment. *Advances in Computers*, 1-41.
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 2-8.
- Veldman, S. J., & Bückmann, E. H. (2003). A Model on Container Port Competition: An Application for the West European Container Hub-Ports. *Maritime Economics and Logistics*, 3-22.
- Zondag, B, P. Bucci, P Gützkow en G. de Jong (2010) Port competition modeling including maritime, port and hinterland characteristics, *Maritime Policy & Management*, 37 (3), pp. 179-194.