



Instrumentarium voor waardeketenonderzoek

We introduceren twee nieuwe instrumenten om internationale handel beter te begrijpen. Met de handelskostenindex berekenen we de totale handelskosten van een waardeketen. Met het nieuwe zwaartekrachtmodel, dat ook handel in intermediaire goederen meeneemt, kunnen we de effecten van handelsbeleid in kaart brengen.

Deze twee instrumenten kunnen elkaar aanvullen bij het analyseren van veranderingen in handelsbeleid. Hiermee kunnen we onder andere analyseren hoe een verandering in handelsbeleid kan doorwerken in de hele waardeketen.

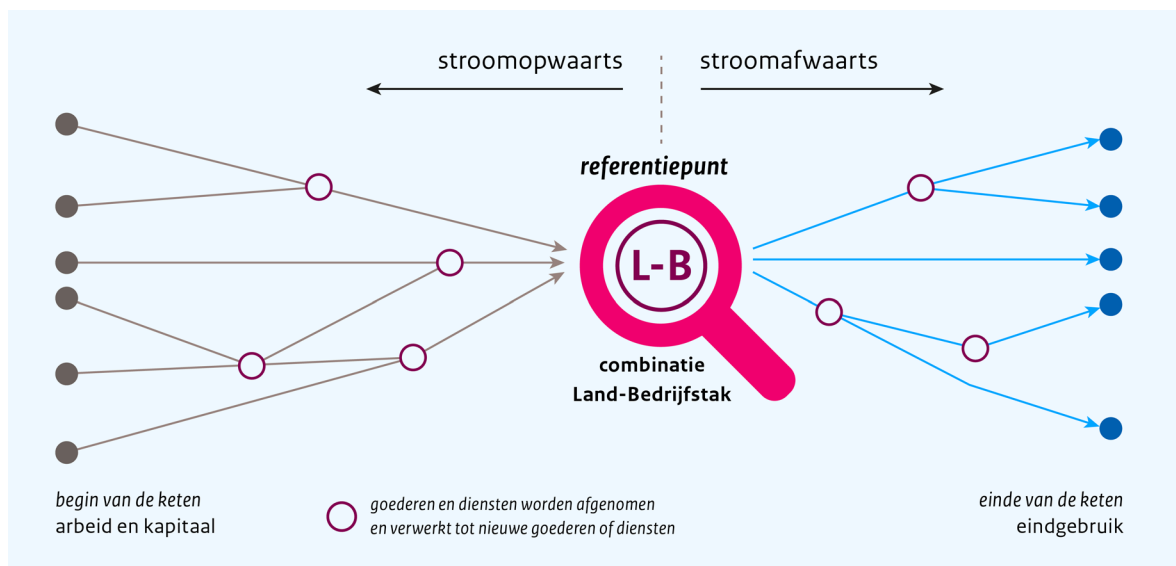
CPB - april 2023

Stefan Boeters, Daan Freeman,
Gerrit Hugo van Heuvelen,
Gerdien Meijerink, Rutger Teulings

1 Inleiding

Waardeketens spelen een steeds belangrijkere rol in de internationale handel. Vroeger werd een product, bijvoorbeeld een auto, (vrijwel) geheel in één land gefabriceerd voordat het aan een binnenlandse of buitenlandse eindgebruiker werd verkocht. Tegenwoordig zijn productieketens sterk versnipperd. Verschillende onderdelen van een product worden in vele verschillende landen gemaakt en deelproducten gaan meerdere keren de grens over voordat ze bij de eindgebruiker terechtkomen. Omdat in iedere stap van deze productieketen waarde wordt toegevoegd, spreken we ook van een 'waardeketen'. Figuur 1 is een schematische weergave van een waardeketen vanuit het perspectief van een land-bedrijfstakingcombinatie. Deze krijgt stroomopwaarts in de waardeketen intermediaire goederen aangeleverd, maakt vervolgens zelf een deelproduct en verscheept dit door naar een andere bedrijfstak in binnen- of buitenland. Dit gaat zo verder totdat uiteindelijk een consumptiegoed bij de eindgebruiker terechtkomt.

Figuur 1 Waardeketen vanuit het perspectief van een land-bedrijfstakingcombinatie



Het meenemen van waardeketens is belangrijk om internationale handel beter te kunnen begrijpen. In het standaard zwaartekrachtmodel in de traditie van Anderson en Van Wincoop (2003) wordt vaak aangenomen dat alle handel in finale goederen plaatsvindt. Dat kan tot een onderschatting van het welvaartseffect van handel leiden. De welvaartswinst van handel kan tot wel twee keer groter zijn als waardeketens worden meegenomen (Costinot en Rodriguez-Clare, 2014). Daarvoor ontwikkelt het CPB twee nieuwe instrumenten gebaseerd op bestaande literatuur.

Ten eerste ontwikkelen we een handelskostenindex naar het voorbeeld van Miroudout en Nordström (2020). Door handelskosten te wegen met de bijbehorende handelsstromen, brengt deze index vanuit het perspectief van een land-bedrijfstakingcombinatie de totale handelskosten van een waardeketen in kaart. Daarbij kunnen we verschillende handelskosten in de waardeketen bestuderen, bijvoorbeeld de tariefkosten zoals in Teulings et al. (2023). Door de handelskostenindex in verschillende componenten op te knippen, kunnen we zien wat de reden is voor verschillen in de waarde van de handelskostenindex tussen landen of bedrijfstakken. Is de handelskostenindex hoog omdat een waardeketen heel internationaal is en intermediaire leveringen relatief vaak uit landen worden ingevoerd waarvoor invoertarieven gelden? Of juist omdat in een waardeketen de gemiddelde invoertarieven hoog zijn? Deze informatie geeft ons een beter begrip hoe de handelskosten

binnen waardeketens in elkaar steken. De handelskostenindex kan zowel gebruikt worden om naar de bestaande situatie te kijken, als naar de gevolgen van een verandering in handelskosten.

Ten tweede vervangen we het huidige CPB-zwaartekrachtmodel gebaseerd op Anderson en Van Wincoop (2003) door een zwaartekrachtmodel van Caliendo en Parro (2015) dat wel rekening houdt met waardeketens. Het huidige model beschouwt elke bedrijfstak in isolatie. Bedrijfstakken zijn niet onderling verbonden via intermediaire leveringen, waardoor veranderingen in handelskosten van een bedrijfstak niet door kunnen werken in andere bedrijfstakken via de waardeketens. Het nieuwe model neemt de handel in intermediaire goederen wel mee en kan daarmee analyseren hoe een verandering in handelsbeleid voor een bedrijfstak kan doorwerken in de rest van de waardeketen.

Deze twee nieuwe instrumenten staan niet op zichzelf, maar kunnen elkaar aanvullen in het analyseren van veranderingen in handelsbeleid. De handelskostenindex maakt gebruik van handelsstromen om de handelskosten langs de waardeketen gewogen te sommeren. Als gevolg van een verandering in handelsbeleid zullen prijzen veranderen en handelsstromen verschuiven tussen landen. Het model van Caliendo en Parro (2015) kan deze veranderingen in kaart brengen en de uitkomsten kunnen als basis dienen voor nieuwe gewichten in de handelskostenindex. Op deze manier is het mogelijk om niet alleen de gevolgen van een verandering in handelsbeleid voor handelsstromen, prijzen en welvaart in kaart te brengen, maar ook voor de handelskosten in de hele waardeketen. Dit completeert het beeld.

Dit nieuwe instrumentarium is voornamelijk geschikt om de middellange-termijngevolgen van veranderingen in handelsbeleid in kaart te brengen. Het kost tijd voordat prijzen en handelsstromen zich hebben aangepast aan de nieuwe situatie na een verandering in de handelskosten. Bollen et al. (2020) laten zien dat dit rond de drie tot vijf jaar duurt. Net zoals de meeste handelsmodellen neemt het handelsmodel van Caliendo en Parro deze aanpassingsvertraging niet mee en is het daarom niet geschikt voor een kortetermijnanalyse. We interpreteren de modeluitkomsten daarom als middellangetermijneffecten. Op de lange termijn kunnen ook directe buitenlandse investeringen zich aanpassen als gevolg van een verandering in handelskosten. Ook dit beïnvloedt weer de handelsstromen (zie bijvoorbeeld Helpman et al., 2004). De rol van kapitaal wordt echter niet meegenomen in dit handelsmodel. Voor de handelskostenindex ligt dit iets genuanceerder. Het is mogelijk alleen naar de verandering in handelskosten zelf te kijken terwijl we de voor de weging gebruikte handelsstromen onveranderd laten. Dit geeft een goede benadering van de gevolgen op de zeer korte termijn voor de totale handelskosten in de waardeketen. Voor de middellange termijn moeten ook de veranderende handelsstromen worden meegenomen. Er zijn ook vraagstukken die buiten de reikwijdte van het instrumentarium vallen. Zo kan het niet worden gebruikt om de gevolgen van handelsbeleid op de arbeidsmarkt, kapitaalstromen of specifieke bedrijven en de bijbehorende waardeketen te onderzoeken.

In hoofdstuk 2 beschrijven we de constructie van de handelskostenindex en in hoofdstuk 3 het handelsmodel van Caliendo en Parro (2015). Dit document is bedoeld als naslagwerk en zal over de tijd worden geüpdatet met extra gevoeligheidsanalyses en nieuwe opgedane kennis over het instrumentarium.

2 Constructie van de handelskostenindex

Het doel van de handelskostenindex¹ is om de handelskosten te bepalen die over de gehele waardeketen van een product ontstaan. We kunnen ons daarbij richten op de stroomopwaartse of de stroomafwaartse keten. De stroomopwaartse index geeft de som van de handelskosten aan die bij de productie van een goed op de waardeketen van de intermediaire leveringen ontstaan als aandeel van de waarde van het geproduceerde goed. De stroomafwaartse index vat de handelskosten samen waarmee een goed wordt belast voordat het deel van de finale consumptie wordt. Deze indices kunnen met standaardmethodes uit de input-outputanalyse worden berekend. We volgen daarbij de opzet van Miroudot en Nordström (2020).

2.1 Stroomopwaarts

Voor het geval van één geaggregeerde bedrijfstak per land kan de stroomopwaartse (u) handelskostenindex TCI_j^u voor de invoer van tussenproducten van land j berekend worden als:

$$TCI_j^u = \sum_k \alpha_{kj} t_{kj} + \sum_k \alpha_{kj} \sum_l \alpha_{lk} t_{lk} + \sum_k \alpha_{kj} \sum_l \alpha_{lk} \sum_m \alpha_{ml} t_{ml} + \dots$$

TCI_j^u geeft daarbij de gecumuleerde handelskosten weer van land j op alle tussenproducten als percentage van de waarde van de brutoproductie. De bilaterale handelskosten voor uitvoer van land k naar land j (als percentage van de onderliggende handelswaarde) worden gegeven door t_{kj} . Het waarde-aandeel α_{kj} is de inputcoëfficiënt² die aangeeft hoeveel input uit land k in land j nodig is om één goed te produceren, waarbij $\sum_k \alpha_{kj} < 1$. De eerste term in de som geeft dan de handelskosten op de directe intermediaire leveringen aan, de tweede term die intermediaire leveringen in de tweede stap en zo verder.

De bovenstaande vergelijking kan worden herschreven in matrixnotatie:

$$TCI^u = W^\alpha + A'W^\alpha + A'^2W^\alpha + \dots$$

De stroomopwaartse handelskostenindex TCI^u vat dan alle landen samen en is een $K \times 1$ vector met K het aantal landen. W^α is de $K \times 1$ vector met gewogen handelskosten waarin element j wordt gegeven door $\sum_k \alpha_{kj} t_{kj}$, en A de $K \times K$ matrix met inputcoëfficiënten. Voor alle bilaterale matrices geldt dat het uitvoerende land op de rijen staat en het invoerende land op de kolommen. Met behulp van de Leontief-inverse kan deze oneindige som worden herschreven tot:

$$TCI^u = [I - A']^{-1}W^\alpha,$$

waar I de $K \times K$ identiteitsmatrix is. Met deze formule is het mogelijk om in één stap de stroomopwaartse handelskostenindex voor elk land uit te rekenen.

¹ We bespreken hier de constructie van de handelskostenindex in algemene zin. De tariefkosten- en afstandsindex zijn een special geval van de handelskostenindex. Behalve tarieven zijn er andere vormen van handelskosten: handels- en transportmarges, niet-tarifaire handelsmaatregelen (NTMs). Deze liggen ingewikkelder, onder meer door redenen van databeschikbaarheid. Daarom laten we ze voorlopig buiten beschouwing.

² In de internationale literatuur worden deze ook wel *direct requirement coefficients* genoemd.

Tot nog toe zijn we uitgegaan van een tot één bedrijfstak geaggregeerde economie, maar nu generaliseren we het naar een Q -bedrijfstakkeconomie:

$$TCI_j^{r,u} = \sum_{k,s} \alpha_{kj}^{sr} t_{kj}^{sr} + \sum_{k,s} \alpha_{kj}^{sr} \sum_{l,u} \alpha_{lk}^{us} t_{lk}^{us} + \sum_{k,s} \alpha_{kj}^{sr} \sum_{l,u} \alpha_{lk}^{us} \sum_{m,v} \alpha_{ml}^{vu} t_{ml}^{vu} + \dots$$

Nu worden de opwaartse handelskosten voor productie in land j en bedrijfstak r gegeven door $TCI_j^{r,u}$. Alle variabelen bevatten nu twee additionele indices voor de leverende en de ontvangende bedrijfstak. α_{kj}^{sr} is de inputcoëfficiënt voor leveringen van bedrijfstak s in land k aan bedrijfstak r in land j , en t_{kj}^{sr} zijn de bijhorende handelskosten.³ Dit kunnen we opnieuw in dezelfde matrixvorm als hierboven beschrijven met het verschil dat nu de matrices de dimensies $KQ \times KQ$ hebben, waarbij op de rijen per exporterend land k alle Q bedrijfstakken staan en op de kolommen per invoerend land j alle Q bedrijfstakken.

2.2 Stroomafwaarts

De stroomafwaartse (d) handelskostenindex van bedrijfstak q in land i kan op analoge manier als de stroomopwaartse index worden berekend, alleen met een andere soort waarde-aandelen voor de aggregatie:

$$TCI_i^{q,d} = \sum_k \left(\varphi_{ik}^q t_{ik}^{qC} + \sum_s \beta_{ik}^{qs} t_{ik}^{qs} \right) + \sum_{k,s} \beta_{ik}^{qs} \sum_l \left(\varphi_{kl}^s t_{kl}^{sC} + \sum_t \beta_{kl}^{st} t_{kl}^{st} \right) + \sum_{k,s} \beta_{ik}^{qs} \sum_{l,t} \beta_{kl}^{st} \sum_m \left(\varphi_{lm}^t t_{lm}^{tC} + \sum_u \beta_{lm}^{tu} t_{lm}^{tu} \right) + \dots$$

Het waarde-aandeel β_{ik}^{qs} is de outputcoëfficiënt⁴ die aangeeft welk aandeel van de output van bedrijfstak q uit land i naar bedrijfstak s uit land k gaat, φ_{ik}^q is de outputcoëfficiënt voor de finale vraag in land k . Alle outputcoëfficiënten van een goed tellen op tot 1: $\varphi_{ik}^q + \sum_{k,s} \beta_{ik}^{qs} = 1$. De bijhorende tariefvoeten zijn t_{ik}^{qs} en t_{ik}^{qC} .

Ook de vergelijking voor de stroomafwaartse index kan worden herschreven in matrixnotatie:

$$TCI^d = W^\beta + BW^\beta + B^2W^\beta + \dots$$

TCI^d is een $QK \times 1$ vector, W^β is de $QK \times 1$ vector met gewogen handelskosten waarin het element W_{iq}^β wordt gegeven door $W_{iq}^\beta = \sum_k (\varphi_{ik}^q t_{ik}^{qC} + \sum_s \beta_{ik}^{qs} t_{ik}^{qs})$. Tot slot is B de $QK \times QK$ matrix met outputcoëfficiënten. Met behulp van de Ghosh-inverse kan deze som worden herschreven tot:

$$TCI^d = [I - B]^{-1}W^\beta.$$

Met deze formule is het mogelijk om de stroomafwaartse handelskostenindex voor elke land-bedrijfstakcombinatie uit te rekenen.

³ In de praktijk zullen de handelskosten in de meeste gevallen niet per ontvangende bedrijfstak verschillen. Voor de symmetrie voegen we hier toch een tweede bedrijfstakindex s toe.

⁴ In de internationale literatuur worden dit ook wel *allocation coefficients* genoemd.

2.3 Decompositie van de handelskostenindex

Om inzicht te krijgen waarom de stroomop- of stroomafwaartse handelskostenindex verschilt tussen land-bedrijfstakingcombinaties, is het nuttig om de verschillende componenten waaruit de handelskostenindex is opgebouwd uit elkaar te trekken. Zo kunnen bijvoorbeeld twee land-bedrijfstakingcombinaties dezelfde handelskostenindex hebben, maar daar kunnen verschillende onderliggende redenen voor zijn. De handelskostenindex voor een land-bedrijfstakingcombinatie kan laag zijn omdat de betreffende waardeketen voor het grootste deel nationaal is of omdat de handelskosten in de betreffende waardeketen laag zijn. In deze sectie behandelen we de decompositie van de stroomopwaartse index. Op de stroomafwaartse index kan de decompositie op dezelfde manier worden toegepast.

De handelskostenindex voor een land-bedrijfstakingcombinatie zal, *ceteris paribus*, hoger zijn wanneer: (i) de waardeketens langer zijn, (ii) het aantal landsgrenspassages in de waardeketen toeneemt, (iii) een land minder vaak participeert aan vrijhandelsovereenkomsten en dus vaker moet betalen bij grenspassages (belast deel) en (iv) als de gemiddelde tariefkosten bij belaste grenspassages omhoog gaan. Om het relatieve belang van deze determinanten voor de handelskostenindex in kaart te brengen, berekenen we een reeks hulpindicatoren. De berekening van de indicatoren lijkt sterk op de berekening van de handelskostenindex zelf. Gecombineerd leiden deze indicatoren tot de handelskostenindex.

Ten eerste is de lengte van de waardeketen (D^{lng}) tot aan de land-bedrijfstakingcombinatie gelijk aan de met waarde-aandelen gewogen som van alle voor de productie benodigde intermediaire leveringen voor deze en alle eerdere productiestappen:

$$D^{lng} = [I - A']^{-1}W^{lng}.$$

De berekening komt overeen met de handelskostenindex zelf, met uitzondering van de W -vector. Het element van W^{lng} met de indices r, j is gegeven door $\sum_{k,s} \alpha_{kj}^{sr}$. Vergeleken met W^α van de handelskostenindex valt dus het handelskostenpercentage t_{kj}^{sr} weg. Deze maatstaf is gelijk aan de *embodied production stages* min 1 van Fally (2012). Dit verschil komt doordat Fally kijkt naar alle productiestadia tot en met de combinatie zelf, terwijl wij kijken naar alle doorlopen productiestadia tot aan de combinatie.

Voor de tweede indicator, het aantal landsgrenspassages in de waardeketen (D^{int}), worden alleen de waardestromen meegenomen die de grens over gaan:

$$D^{int} = [I - A']^{-1}W^{int}.$$

Weer zit het enige verschil bij de berekening in de W -vector. Het element van W^{int} met de indices r, j is gegeven door $\sum_{k,s} \alpha_{kj}^{sr} t_{kj}^{sr}$ ($k \neq j$). t_{kj}^{sr} ($k \neq j$) is een indicatorvariabele die de waarde 1 heeft als $k \neq j$ en anders 0. Miroudot en Nordström (2020) hebben een vergelijkbare maatstaf met de naam *foreign production stages*.

De derde indicator is het aantal grenspassages waarbij handelskosten worden gemaakt in de waardeketen (D^{cst}). Hier worden alleen nog de waardestromen meegenomen waar handelskosten voor gemaakt worden:

$$D^{cst} = [I - A']^{-1}W^{cst},$$

Het element van W^{cst} met de indices r, j is gegeven door $\sum_{k,s} \alpha_{kj}^{sr} t_{kj}^{sr}$ ($t_{kj}^{sr} > 0$). De indicatorvariabele is nu gelijk aan 1 als de aan de waardestroom verbonden handelskosten positief zijn, anders is de indicator 0.

Tot slot zijn de gemiddelde nominale handelskosten over alle waardestromen mét handelskosten (\bar{T}^{nom}), de vierde indicator, per definitie gelijk aan

$$\bar{T}_j^{r,nom} = TCI_j^{r,u} / D_j^{r,cst},$$

waar $\bar{T}_j^{r,nom}$ en $D_j^{r,cst}$ respectievelijk de land-bedrijfstakspecifieke gemiddelde nominale handelskosten en het land-bedrijfstakspecifieke aantal belaste handelsstromen zijn. Met de definities $d_j^{r,int} = D_j^{r,int} / D_j^{r,lng}$ en $d_j^{r,cst} = D_j^{r,cst} / D_j^{r,int}$ resulteert dan de decompositie per land-bedrijfstakcombinatie in:

$$TCI_j^{r,u} = \bar{T}_j^{r,nom} \cdot D_j^{r,lng} \cdot d_j^{r,int} \cdot d_j^{r,cst}.$$

De handelskostenindex voor een land-bedrijfstakcombinatie resulteert uit de gemiddelde nominale handelskosten ($\bar{T}_j^{r,nom}$), de lengte van de waardeketen ($D_j^{r,lng}$), de relatieve internationale openheid van de land-bedrijfstakcombinatie ($d_j^{r,int}$) en de belaste handelsstromen relatief ten opzichte van de vrijhandelsstromen ($d_j^{r,cst}$).

2.4 Scenarioanalyse met een handelskostenindex

Als gevolg van een verandering in handelsbeleid kunnen de stroomop- en stroomafwaartse handelskostenindex veranderen. Als bijvoorbeeld twee landen een nieuw vrijhandelsakkoord tekenen, zal het aantal belaste grenspassages, D^{cst} , afnemen en veranderen mogelijk ook de gemiddelde nominale handelskosten, \bar{T}^{nom} . Daarmee verandert ook de handelskostenindex zelf. Maar dit is alleen het eerste-orde-effect van de verandering in het handelsbeleid en houdt nog geen rekening met eventuele handelsverschuivingen als gevolg van relatieve prijsveranderingen. Dit eerste-orde-effect kan ook worden geïnterpreteerd als het kortetermijngevolg van een verandering in handelskosten op de totale handelskosten in de waardeketen.

Door het sluiten van een handelsverdrag wordt het goedkoper om met elkaar te handelen. Dat kan zorgen voor verschuivingen in waardeketens. Waardeketens die zich eerst volledig in één land bevonden of juist via een derde land liepen, kunnen zich geheel of gedeeltelijk verplaatsen als twee landen een vrijhandelsverdrag sluiten. Dit heeft niet alleen invloed op het aantal belaste grenspassages en de gemiddelde nominale handelskosten, maar ook op het aantal grenspassages D^{int} en de lengte van de waardeketen D^{lng} . Dit noemen we het tweede-orde-effect. Dit effect brengt de middellangetermijngevolgen van een verandering in handelskosten op de totale handelskosten in de waardeketen in kaart.

Om het eerste-orde-effect af te leiden, is een nieuwe bilaterale handelskostenmatrix T' nodig met elementen $t_{ij}^{qr'}$. Hiermee kan vervolgens de nieuwe $W^{\alpha'}$, $W^{\beta'}$ en $W^{cst'}$ worden berekend. Gebruikmakend van de formules uit respectievelijk sectie 2.1, 2.2 en 2.3 kunnen we dan de nieuwe stroomopwaartse ($TCI^{u,1}$) en stroomafwaartse ($TCI^{d,1}$) handelskostenindex en het aantal belaste grenspassages ($D^{cst,1}$) berekenen. Hieruit volgen de nieuwe gemiddelde nominale handelskosten over alle belaste handelspassages in de waardeketen ($\bar{T}^{nom,1}$).

Voor het tweede-orde-effect is naast een nieuwe bilaterale handelskostenmatrix T' ook een nieuwe input-outputtabel nodig. Deze geeft de omvang van alle nieuwe handelsstromen en intermediaire leveringen weer. Hieruit kunnen nieuwe input- en outputcoëfficiënten worden afgeleid en zodoende de nieuwe A' - en B' -matrices. De tweede-orde-effecten $TCI^{u,2}$, $TCI^{d,2}$, $D^{lng,2}$, $D^{int,2}$, $D^{cst,2}$ en $\bar{T}^{nom,2}$ kunnen vervolgens met

bovenstaande formules worden afgeleid. Voor het afleiden van nieuwe input-outputtabellen als gevolg van een verandering in het handelsbeleid hebben we een handelsmodel nodig dat rekening houdt met waardeketens. In sectie 3 introduceren we daarvoor het model van Caliendo en Parro (2015).

3 Het handelsmodel met waardeketens van Caliendo en Parro (2015)

3.1 Modelstructuur

De ambitie van het handelsmodel van Caliendo en Parro (2015) (voortaan C&P) is om handel in intermediaire goederen mee te nemen, anders dan dit het geval is in de literatuur die aansluit bij het zwaartekrachtmodel van Anderson en Van Wincoop (2003). Op dit laatste model is het voorgaande handelsmodel van het CPB gebaseerd (Bollen et al., 2020). Deze uitbreiding met waardeketens zal echter zo simpel mogelijk worden gemodelleerd, zodat het *black box*-effect van een volledig berekenbaar algemeen evenwichtsmodel (CGE) wordt vermeden.

Vele elementen van C&P zijn standaard voor handelsmodellen. Consumenten maximaliseren een nutsfunctie over een reeks per bedrijfstak afgebakende, samengestelde goederen. Deze goederen bestaan uit binnenlands geproduceerde en ingevoerde variëteiten. De keuze tussen de mogelijke leveranciers van de variëteiten gebeurt op basis van de laagste prijs ('Ricardiaanse handel' à la Eaton en Kortum (2002), zie verder beneden in deze sectie). Bij de productie van iedere variëteit worden arbeid (als enige primaire input) en intermediaire leveringen gebruikt. De intermediaire leveringen gebruiken dezelfde samengestelde goederen per bedrijfstak, zodat de binnenlandse vraag kan worden opgesomd uit finale vraag en intermediaire vraag.

De structuur van de internationale handel wordt dan bepaald door de relatieve prijzen en deze weer door de kosten die bestaan uit lonen, intermediaire inputprijzen en stochastische productiviteitsparameters. De vergelijking voor de bilaterale handelsaandelen kan worden geformuleerd als zwaartekrachtvergelijking met de volgende elementen: grootte van de exporteur, grootte van de importeur en handelskosten. Dit maakt het mogelijk om bij de schatting van substitutieparameters in de zwaartekrachtliteratuur aan te sluiten (zie sectie 3.3). Door de sluiting van het inkomenscircuit (consumptie-uitgaven gelijk aan looninkomen plus tariefopbrengsten plus handelsdeficit) worden de handelsbalansen gecontroleerd. Handelsoverschotten/-tekorten van het vertrekpunt worden daarbij constant gehouden.

Door het meenemen van intermediaire leveringen begint het C&P-handelsmodel te lijken op CGE-modellen, zoals WorldScan wat in het verleden door het CPB werd gebruikt. Bij bepaalde aspecten zijn vereenvoudigingen meegenomen die het oplossen van het model voor een grote hoeveelheid landen en bedrijfstakken mogelijk maken:

- De waarde-aandelen in de finale consumptie zijn constant (Cobb-Douglas).
- De waarde-aandelen op productniveau bij de intermediaire leveringen zijn constant (Cobb-Douglas).
- Alle bedrijfstakken van het importerende land (en de finale consumptie) gebruiken dezelfde mix uit binnenlands geproduceerde en geïmporteerde variëteiten. In werkelijkheid bevat een internationale input-outputtabel verschillen in de invoermix per bedrijfstak.

De internationale handel per bedrijfstak is gemodelleerd als handel in variëteiten à la Eaton en Kortum (2002). De binnenlandse vraag (intermediaire plus finale vraag) heeft daarbij betrekking op een continuüm van variëteiten. Ieder land is in beginsel in staat om iedere variëteit te produceren, maar er zijn verschillen in de productiviteit per bedrijfstak en land voor de verschillen variëteiten. Deze productiviteitsniveaus zijn stochastisch en worden getrokken uit een Fréchetdistributie. Ieder land koopt de nodige variëteiten bij de goedkoopste aanbieder, rekening houdend met de handeldkosten. Door het toevalelement in de productiviteit en het oneindige aantal variëteiten wordt de vraag van ieder land dan toch over een groot aantal bronnen gespreid.

Het model is geformuleerd in relatieve verschillen ten opzichte van een vertrekpunt. Het voordeel hiervan is dat het model kan worden gekalibreerd op een internationale input-outputtabel (in ons geval FIGARO, zie sectie 3.2) en dat de landen- en bedrijfstakspecifieke productiviteitsparameters geen numerieke waarde hoeven te krijgen omdat ze constant zijn en bij het bepalen van het effect van een schok uit de vergelijkingen vallen. De enige parameters die we nog steeds nodig hebben, zijn verschillende waarde-aandelen en de dispersieparameters van de productiviteitsdistributie. De eerste kunnen we afleiden uit de input-outputtabel (zie sectie 3.2) en de tweede zijn direct gerelateerd aan de substitutie-elasticiteiten die in de zwaartekrachtliteratuur met behulp van tariefdata worden geschat (zie sectie 3.3).

Met 46 landen en 63 bedrijfstakken uit de input-outputtabel van FIGARO is het model ondanks de vereenvoudigingen te groot om met standaardmiddelen simultaan te kunnen worden opgelost. Daarom hebben C&P een iteratieve oplossingsmethode geïntroduceerd. Het effect van een schok in de bilaterale handeldkosten wordt eerst in een consistente set van aanbod- en vraagprijzen vertaald terwijl we de handelsaandelen constant houden. Daaruit worden vervolgens nieuwe handelsaandelen berekend. In de laatste stap van een iteratie wordt met de nieuwe aandelen een consistente set van waardestromen (inclusief inkomen per land) berekend. Deze waardestromen impliceren handelsoverschotten en -tekorten per land die afwijken van de geobserveerde handelsbalanssaldi. C&P veronderstellen dat de handelsbalanssaldi ook in de gesimuleerde situatie gelijk blijven, en passen de lonen per land zo aan dat de saldi in de gewenste richting veranderen. Dit geeft de nieuwe input voor de volgende iteratie, totdat er convergentie is bereikt. Door het scheiden van een prijssysteem en een systeem van waardestromen wordt het aantal simultane variabelen en daarmee de omvang van de benodigde berekeningen beperkt.

3.2 Handelsdata

Zoals hierboven benoemd, is het model op FIGARO-data gebaseerd.⁵ De 2022-versie van deze dataset omvat input-output-(IO-)tabellen voor de jaren 2010-2020. Deze tabellen brengen voor 64 bedrijfstakken in 46 landen toegevoegde waarde, productie en de onderlinge handelsstromen in kaart. De handelsstromen zijn op te delen in leveringen voor intermediair gebruik, zoals halffabricaten, en finaal gebruik, voornamelijk consumptie en investeringen.

De dataset is een volledige matrix van handelsstromen. Daarmee bevat de data betreffende intermediaire leveringen vier dimensies (leverend(e) land en bedrijfstak, en gebruikend(e) land en bedrijfstak) en die van de finale vraag drie dimensies (leverend(e) land en bedrijfstak, en gebruikend land). De cruciale constructiestap van een IO-tabel zoals FIGARO is het consistente samenvoegen van handelsdata en nationale IO-tabellen.

⁵ Zie voor verdere details over de FIGARO-database Rémond-Tiedrez en Rueda-Cantuche (2019) en ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables/figaro.

Beide soorten informatie zijn nodig om de keuze tussen binnenlands geproduceerde goederen en diensten en importen goed te modelleren.

De data in een IO-tabel zijn geordend in twee boekhoudkundige identiteiten. De bruto-productiewaarde van een land-industrie is gelijk aan de waarde van alle intermediaire leveringen aan alle land-industriecombinaties (inclusief aan zichzelf) plus de leveringen aan alle landen voor finaal gebruik (inclusief in eigen land). Daarnaast is de toegevoegde waarde van een land-industrie steeds gelijk aan de bruto-productiewaarde minus de waarde van alle intermediaire leveringen van alle land-industriecombinaties.

Een aantal parameters van het model zijn direct op de FIGARO-data gekalibreerd zodat het model de data in afwezigheid van een verdere schok exact reproduceert:

- de inputcoëfficiënten van intermediaire leveringen per leverend(e) land en bedrijfstak,
- de handelsaandelen per bedrijfstak en land,
- de aandelen in de finale consumptie per land.

Gezien dat het model van C&P met drie dimensies werkt, in tegenstelling tot de vier dimensies van de dataset, bevat deze kalibratie een aggregatiestap (zie ook sectie 3.1 voor een beschrijving van het model en sectie 3.5 voor het afleiden van een nieuwe IO-tabel). Intermediair en finaal gebruik van de importen worden voor iedere exporteur opgesomd. Hieruit worden gemiddelde importaandelen berekend, en die worden op iedere ontvangende bedrijfstak en de finale vraag toegepast.

3.3 Substitutie-elasticiteiten

De substitutie-elasticiteit van elke bedrijfstak is een cruciale parameter om de algemene evenwichtseffecten als gevolg van een verandering in handelskosten te kunnen bepalen. De substitutie-elasticiteit laat per bedrijfstak zien hoe gevoelig de vraag naar producten uit een bepaald land is voor een verandering in de relatieve internationale prijzen. Wij zijn hier in het bijzonder geïnteresseerd in prijsveranderingen die door verandering in de handelskosten zijn geïnduceerd. Als Nederland bijvoorbeeld begint met het heffen van tarieven op de invoer uit Duitsland, wordt Duitsland duurder voor Nederland. De substitutie-elasticiteit bepaalt dan hoe de Nederlandse vraag verschuift en de duurdere Duitse producten worden vervangen door goedkopere producten uit alle andere landen, inclusief uit Nederland zelf. Als ook andere landen tarieven heffen op invoer uit Duitsland en er ook vanuit deze landen meer vraag komt naar Nederlandse producten vanwege de duurdere Duitse producten, zal ook de prijs van Nederlandse producten stijgen. Opnieuw bepaalt dan de substitutie-elasticiteit hoeveel de vraag zal wegschuiven van de Nederlandse producten.

Het handelsmodel van C&P heeft geen substitutie-elasticiteit maar een bedrijfstakafhankelijke dispersieparameter (zie sectie 3.1). Deze bepaalt de spreiding van productiviteit binnen een bedrijfstak en daarmee de variëteiten waarin een land een comparatief voordeel heeft. Deze parameter speelt een vergelijkbare rol als de substitutie-elasticiteit in de Armington-CES-zwaartekrachtmodellen, zoals die van Anderson en Van Wincoop (2003) en het CPB-zwaartekrachtmodel. Daarom stellen wij de dispersie-parameter gelijk aan de substitutie-elasticiteit min 1.

Conceptueel zijn beide modellen wel degelijk verschillend. In het model van C&P vindt handel plaats op basis van de laagste prijs, terwijl dit in een Armington-CES-zwaartekrachtmodel gebeurt op basis van de preferenties voor nationale variëteiten. Consumenten wisselen alleen dan naar een variëteit uit een ander land als ze daarvoor door de prijs worden gecompenseerd. Zie ook voetnoot 20 en 35 in Caliendo en Parro (2015) voor een uitgebreide discussie.

We maken gebruik van de geschatte substitutie-elasticiteiten uit Freeman et al. (2022a) (zie tabel 6.1). De schatting van de substitutie-elasticiteit is gebaseerd op invoertarieven die een een-op-eenverandering in de prijs veroorzaken. De substitutie-elasticiteit is dan gelijk aan minus de partiële tariefelasticiteit⁶. We kiezen ervoor de substitutie-elasticiteiten niet met FIGARO-data te schatten, omdat FIGARO alleen de meest recente periode (2010-2019) beslaat. In deze periode zijn de tarieven over het algemeen laag en zit er weinig variatie over de tijd in. Hierdoor is het moeilijk om de partiële tariefelasticiteit en daarmee de substitutie-elasticiteit nauwkeurig te schatten. Freeman et al. (2022a) maken daarentegen gebruik van langetermijn-WIOD(LTWIOD)-data⁷. Deze beslaan een veel langere tijdsperiode waarin de tariefdata veel meer land- en tijdsvariatie laten zien. Dit levert ons een periode van 1988-2011 op⁸ waarover de substitutie-elasticiteiten nauwkeurig kunnen worden geschat. De bedrijfstakindeling van de LTWIOD voor goederen is op een iets sterker geaggregeerd niveau dan die van de FIGARO. In een aantal gevallen moeten we daarom meerdere FIGARO-bedrijfstaken dezelfde substitutie-elasticiteit toekennen.

Voor diensten is het niet mogelijk substitutie-elasticiteiten te schatten omdat er geen invoertarieven worden geheven op diensten. Om toch een waarde van de substitutie-elasticiteit in de dienstenbedrijfstakken voor het model te krijgen, volgen we de literatuur (Freeman et al., 2021) door 1,5 keer het gemiddelde van de handelsetasticiteit van goederen te gebruiken.⁹ Dit betekent een substitutie-elasticiteit van 10,6 voor alle dienstenbedrijfstakken.

Voor het schatten van partiële tariefelasticiteiten en daarmee de substitutie-elasticiteit maken Freeman et al. (2022a) gebruik van een standaard zwaartekrachtvergelijking (zie hun notitie voor meer details over de schattingsmethode en de onderliggende schattingsvergelijking). In het vervolg bespreken wij de belangrijkste elementen van hun methode. In de notitie schatten zij de zwaartekrachtvergelijking met behulp van de *Poisson pseudo maximum likelihood* (PPML)-schattingmethode (zie Santos Silva en Tenreyro, 2006), zoals gebruikelijk is in de zwaartekrachtliteratuur. De schattingsvergelijking bestaat uit de volgende onderdelen:

$$X_{ijt}^q = \exp(\ln(Tarieven_{ijt}^q)\beta_1^q + Z_{ijt}^q\beta_5^q + \alpha_{ij}^q + \theta_{it}^{x,q} + \theta_{jt}^{m,q})\eta_{ijt}^q$$

De afhankelijke variabele X_{ijt}^q is de uitvoer in bedrijfstak q van i naar j op tijdstip t . Om de partiële tariefelasticiteit β_1^q te kunnen schatten, definiëren we $Tarieven_{ijt}^q$ als 1 plus het landenpaar-bedrijfstak-specifieke *ad-valorem*-tarief¹⁰. De geschatte partiële tariefelasticiteiten en bijbehorende standaardfouten zijn weergegeven in tabel 6.1. De nodige substitutie-elasticiteit is gelijk aan min de partiële tariefelasticiteit.

Aan de schattingsvergelijking zijn door Freeman et al. (2022a) ook nog diverse controlevariabelen Z_{ijt}^q toegevoegd die belangrijk zijn voor het verklaren van uitvoer. Ten eerste voegen zij variabelen toe die controleren voor de economisch integratie van de Europese Unie (EU) omdat EU-landen onderling vaak relatief meer met elkaar handelen dan niet-EU-lidstaten. Daarbij maken zij onderscheid tussen verschillende stadia van economische integratie in de EU, zoals het vrijhandelsverdrag en de douane-unie of de interne markt. Zij controleren ook voor handelsverschuiving van derde landen naar de EU-lidstaten als gevolg van de EU. Tot slot wordt er ook gecontroleerd voor het verschil tussen handel binnen een land en handel tussen twee landen. In het laatste geval zijn handelsbarrières vrijwel altijd veel hoger dan binnen een land. Voor een uitgebreide toelichting op alle controlevariabelen die zij meenemen, zie de bijlage van Freeman et al. (2022b).

⁶ De tariefelasticiteit is partieel omdat het alleen het directe effect van de tarieven op uitvoer meeneemt en niet het indirecte effect van tarieven via de multilaterale handelskosten van de importeur en exporteur.

⁷ Zie Woltjer et al. (2021).

⁸ De LTWIOD beslaat een periode van 1965-2011 en de tariefdata van 1988-2011.

⁹ Freeman et al. (2022a) gebruiken een substitutie-elasticiteit van 4 voor dienstenbedrijfstakken, aansluitend bij Egger et al. (2012) en Felbermayr et al. (2021)

¹⁰ Tariefdata zijn afkomstig uit de UNCTAD TRAINS-database.

Tabel 6.1 Geschatte partiële tariefelasticiteiten uit Freeman et al. (2022a)

Bedrijfstak	Partiële tariefelasticiteit	Standaardfout
Landbouw	-4,1*	1,0
Bosbouw	-4,1*	1,0
Visserij	-4,1*	1,0
Delfstoffenwinning	-6,8*	1,2
Voedingsmiddelenindustrie	-3,2*	0,7
Textielindustrie	-4,8*	0,8
Houtindustrie	-3,2*	0,7
Papierindustrie	-3,2*	0,7
Grafische industrie	-3,2*	0,7
Aardolie-industrie	-7,0*	2,2
Chemische industrie	-7,2*	1,1
Farmaceutische industrie	-7,2*	1,1
Rubber- en plastic-industrie	-6,0*	1,0
Overige niet-metaalhoudende industrie	-5,4*	1,7
Primaire metaalindustrie	-5,9*	0,7
Metaalproducten	-5,9*	0,7
Elektrotechnische industrie	-12,1*	1,8
Elektronische apparatenindustrie	-12,1*	1,8
Machine-industrie	-13,2*	2,0
Auto-industrie	-8,1*	1,7
Overige transportmiddelenindustrie	-8,1*	1,7
Meubelindustrie	-12,1*	1,3
Overige industrie en reparaties	-12,1*	1,3
Alle dienstenbedrijfstakken	-10,6	

Tabelnoot: De geschatte partiële tariefelasticiteit is gelijk aan minus de substitutie-elasticiteit. De * geeft aan dat de schatting significant is op een 95%-significantieniveau. Cursief gedrukte bedrijfstakken zijn samen met direct bovenstaande bedrijfstak als één bedrijfstak geschat en hebben daarom dezelfde partiële tariefelasticiteit. De dienstenbedrijfstakken hebben een partiële tariefelasticiteit van 1,5 keer het gemiddelde van alle goederenbedrijfstakken. Zie Freeman et al. (2022a) voor meer informatie over de schattingsmethode.

Tot slot is het belangrijk om te corrigeren voor niet-geobserveerde heterogeniteit in de data, door verschillende typen *fixed effects* (FE) toe te voegen. Ten eerste is het belangrijk om het bedrijfstakafhankelijke landenpaar-FE, α_{ij}^q , toe te voegen zoals Baier en Bergstrand (2007) laten zien. Landenpaarspecifieke factoren die niet veranderen over de tijd, zoals of twee landen een gemeenschappelijke grens of taal hebben, kunnen het niveau van de uitvoer beïnvloeden. Ten tweede worden ook bedrijfstakafhankelijke exporteur-tijd-, $\theta_{it}^{x,q}$, en importeur-tijd-, $\theta_{it}^{m,q}$ FE toegevoegd. Deze corrigeren voor de niet-geobserveerde multilaterale handelskosten die een belangrijke rol spelen in de zwaartekrachtmodellen.

3.4 Scenarioanalyses met het zwaartekrachtmodel

Om de effecten van een verandering in handelsbeleid te kunnen schatten, maken we gebruik van scenarioanalyses. In een scenarioanalyse vergelijken we de bestaande met een alternatieve situatie. Een voorbeeld hiervan is een alternatief scenario waarbij de EU niet bestaat en alle EU-lidstaten met elkaar

handelen op basis van World Trade Organization (WTO)-regels (Freeman et al., 2022a). Hierdoor kunnen we vaststellen wat de impact van het alternatieve scenario is op uitvoerwaardes en prijzen terwijl alle andere factoren, zoals de wereldwijde economische groei, gelijk blijven.

In een scenarioanalyse met een zwaartekrachtmodel houden we niet alleen rekening met de partiële effecten van, bijvoorbeeld, het EU-lidmaatschap op twee lidstaten, maar ook met de algemene evenwichtseffecten. Dit houdt in dat we rekening houden met handelsverschuiving van of naar derde landen omdat deze respectievelijk relatief duurder of goedkoper worden. In dit voorbeeld betekent dit dat handel tussen de ene en de andere EU-lidstaat in de daadwerkelijke situatie verschuift naar een derde niet-EU-land in het alternatieve scenario omdat deze relatief goedkoper is bij het ontbreken van de EU.

Voor een scenarioanalyse hebben we in de eerste plaats handelsvolume-effecten nodig van het handelsbeleid in kwestie. Schattingen van deze effecten kunnen gegenereerd worden door bijvoorbeeld handelsbeleidvariabelen toe te voegen aan de zwaartekrachtsschattingvergelijking in sectie 3.3, zoals bijvoorbeeld een EU-dummy die gelijk aan 1 is als het uitvoerende en invoerende land allebei EU-lid zijn en 0 in andere gevallen. Voor een uitgebreide discussie over het schatten van handelsvolume-effecten verwijzen we bijvoorbeeld naar (Freeman et al., 2022a).

Tot slot is voor een scenarioanalyse een goed alternatief scenario nodig. De keuze van het scenario moet worden afgestemd op de onderzoeksvraag die de onderzoekers willen beantwoorden. Enkele voorbeelden van verschillende alternatieve scenario's zijn: er is geen EU en alle lidstaten handelen met elkaar op basis van WTO-regels, er is geen interne markt binnen de EU en alle lidstaten handelen met elkaar op basis van een vrijhandelsverdrag en een economische unie (Freeman et al., 2022a), tussen Rusland en een blok westerse landen worden sancties opgelegd met een tariefequivalent van 100% (Meijerink et al., 2022) en wederzijdse invoertarieven tussen de EU en China zijn 25% hoger, zoals in de jaren negentig het geval was (Freeman et al., 2022a).

3.5 Het afleiden van een nieuwe input-outputtabel

Als output van de scenarioanalyse met het Caliendo-Parro-model krijgen we een driedimensionale handelsstructuur (importeur × exporteur × uitvoerende bedrijfstak). Dit is geen volledige internationale input-outputtabel omdat informatie ontbreekt over de invoerintensiteit en de invoerbronnen van iedere ontvangende bedrijfstak. In het C&P-model wordt omwille van de numerieke beheersbaarheid van het model aangenomen dat de invoerstructuur per land voor alle ontvangende bedrijfstakken en de finale consumptie dezelfde is.

Het is niet verhelderend om deze ruwe modeloutput met zijn homogene structuur voor alle invoerende bedrijfstakken direct met de oorspronkelijke FIGARO-data (het vertrekpunt vóór de schok in de scenarioanalyse) te vergelijken. Een dergelijke vergelijking zou de simulatie-uitkomsten (effect van de schok) en de modelaanname van een homogene invoerstructuur op verwarrende manier mengen. Het is dan niet langer duidelijk welke veranderingen in de nieuwe input-outputtabel het gevolg van de schok zijn en welke het gevolg van de modelaanname. In het bijzonder zou het tot onduidelijke resultaten leiden als we de ruwe modeloutput gebruiken om tweede-orde-effecten (verschuiving van de handelsstructuur) op de handelskostenindex (zie sectie 2.4) te berekenen. Daarom bewerken we de ruwe modeloutput in een vervolgstap verder en proberen dit op een plausibele manier naar het niveau van de ontvangende bedrijfstakken (en de finale vraag) op te splitsen.

Voor dit doel passen we een RAS-procedure voor het balanceren van matrices toe (zie Eurostat 2014). Aangezien de landen alleen door handelsstromen zijn verbonden en deze door het model worden bepaald, kunnen de verschillende landen afzonderlijk van elkaar worden beschouwd in de procedure. We starten met de ex-antematrix van landenspecifieke waarestromen voor land j uit de oorspronkelijke IO-tabel: \bar{W}_{ij}^{qr} met uitvoerend land i , leverende bedrijfstak q en ontvangende bedrijfstak (inclusieve finale vraag) r uit invoerend land j . In twee dimensies en bij een dataset met K landen en Q bedrijfstakken is dit een nationale input-outputmatrix met KQ rijen en $Q + 1$ kolommen. Iedere rij geeft een land-bedrijfstakcombinatie aan als oorsprong van de goederen/diensten, de kolommen bevatten de nationale bedrijfstakken plus finale consumptie. Het binnenwerk van de matrix is niet door het model bepaald, maar de randtotalen zijn dat wel: de totale bestedingen per leverende land-bedrijfstakcombinatie (D_{ij}^q) als som van de rij en de totale bestedingen per ontvangende bedrijfstak (D_j^{qr} , inclusieve finale vraag) als som van de kolommen. Dit geeft de volgende restricties voor de rijen en kolommen van de matrix voor land j :

$$\sum_r W_{ij}^{qr} = D_{ij}^q$$

$$\sum_i W_{ij}^{qr} = D_j^{qr}$$

De RAS-procedure vertrekt van de startwaardes \bar{W}_{ij}^{qr} en past het binnenwerk van de inputoutput-matrix vervolgens door iteratieve rij- en kolommultiplicaties zo aan dat alle restricties opgaan. De structuur van de oorspronkelijke input-outputtabel wordt daarbij zo veel mogelijk bewaard. De schokken die we kunnen analyseren in onze scenarioanalyse geven immers geen aanleiding voor de aanname dat de verdeling van de importen over en binnen de ontvangende bedrijfstakken zou verschuiven boven op wat voor het reproduceren van de randtotalen nodig is.

4 Literatuur

Anderson, J.E. en E. Van Wincoop, 2003, Gravity with gravitas: a solution to the border puzzle, *American Economic Review*, vol. 93, nr. 1, pag. 170–192. ([link](#)).

Baier, S.L. en J.H. Bergstrand, 2007, Do free trade agreements actually increase members' international trade?, *Journal of International Economics*, vol. 71, nr. 1, pag. 72–95. ([link](#)).

Bollen, J., R. Teulings en D. Freeman, 2020, *Trade policy analysis with a gravity model*, CPB Achtergronddocument, Den Haag: Centraal Planbureau. ([link](#)).

Caliendo, L. en F. Parro, 2015, Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA, *The Review of Economic Studies*, vol. 82, nr. 1, pag. 1–44 ([link](#)).

Costinot, A. en A. Rodríguez-Clare, 2014, Trade Theory with Numbers: Quantifying the Consequences of Globalization, in: *Handbook of International Economics*, Elsevier, vol. 4, pag. 197–261 ([link](#)).

Eaton, J. en S. Kortum, 2002, Technology, Geography, and Trade, *Econometrica*, vol. 70, nr. 5, pag. 1741–1779. ([link](#)).

Egger, P.H., M. Larch en K.E. Staub, 2012, Trade preferences and bilateral trade in goods and services: A structural approach, CEPR Discussion Papers 9051. ([link](#))

Eurostat, 2014, Method: RAS, in: *Memobust Handbook on Methodology of Modern Business Statistics* ([link](#)).

Fally, T., 2012, *Production staging: Measurements and facts* ([link](#)).

Felbermayr, G.J., S. Gans, H. Mahlkow en A. Sandkamp, 2021, *Decoupling Europe*, Kiel Policy brief 153, Kiel: IfW Kiel Institute for the world economy. ([link](#)).

Freeman, R., M. Larch, A. Theodorakopoulos en Y.V. Yotov, 2021, *Unlocking new methods to estimate country-specific trade costs and trade elasticities*, Staff working paper 951, Londen: Bank of England. ([link](#)).

Freeman, D., G. Meijerink en R. Teulings, 2022a, *Handelsbaten van de EU en de interne markt*, CPB Notitie, Den Haag: Centraal Planbureau ([link](#)).

Freeman, D., G. Meijerink, R. Teulings, M. van 't Riet, T. Notten, K.F. Wong, N. Aerts en O. Lemmers, 2022b, *Economische verwevenheid met China via handel: twee kanten van een medaille*, CPB/CBS notitie, Den Haag: Centraal Planbureau en Centraal Bureau voor de Statistiek ([link](#)).

Helpman, E., M.J. Melitz en S.R. Yeaple, 2004, Export Versus FDI with Heterogeneous Firms, *The American Economic Review*, vol. 94, nr. 1, pag. 300–316. ([link](#)).

Meijerink, G., D. Freeman, R. Teulings en M. van 't Riet, 2022, *Analyse van internationale handelssancties tegen Rusland*, CPB Notitie, Den Haag: Centraal Planbureau ([link](#)).

Miroudot, S. en H. Nordström, 2020, Made in the World? Global Value Chains in the Midst of Rising Protectionism, *Review of Industrial Organization*, vol. 57, nr. 2, pag. 195–222 ([link](#)).

Rémond-Tiedrez, I. en J. Rueda-Cantuche, 2019, *Full international and global accounts for research in input-output analysis (FIGARO)*, Eurostat.

Santos Silva, J.M.C. en S. Tenreyro, 2006, The log of gravity, *The Review of Economics and statistics*, vol. 88, nr. 4, pag. 641–658. ([link](#)).

Teulings, R., S. Boeters, D. Freeman, G.H. Van Heuvelen, G. Meijerink en M. van 't Riet, 2023, *Tariefkosten in waardeketens: Nederland er uitgelicht*, CPB Publicatie, Den Haag: Centraal Planbureau ([link](#)).

Woltjer, P., R. Gouma en M.P. Timmer, 2021, *Long-run World Input-Output Database: Version 1.0 Sources and Methods*, GGDC Research Memorandum 190 ([link](#)).