



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur

### **Masterthesis**

***Het effect van procesinnovatie voor de logistiek (delivery of distributie) van goederen en diensten: een micro-analyse***

#### **Fabio Pacione**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management en logistiek

#### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Mark VANCAUTEREN



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)

Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2022**  
**2023**



# Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur

## ***Masterthesis***

***Het effect van procesinnovatie voor de logistiek (delivery of distributie) van goederen en diensten: een micro-analyse***

### **Fabio Pacione**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management en logistiek

### **PROMOTOR :**

Prof. dr. Mark VANCAUTEREN



## Woord vooraf

In het kader van het opleidingsonderdeel Masterproef OML heb ik, Fabio Pacione, een tweedejaars student van de master Handelsingenieur met afstudeerrichting Operationeel Management en Logistiek, de opdracht gekregen om een wetenschappelijk onderzoek te voeren. Deze masterproef vormt het sluitstuk van mijn opleiding aan de Universiteit Hasselt. Met veel enthousiasme en interesse heb ik mij kunnen verdiepen in een persoonlijk interessegebied, namelijk logistiek en innovatie. In de lijst van onderwerpen koos ik als eerste voor het onderwerp *innovatie in de logistiek* en met enig geluk kreeg ik de opportuniteit om hiernaar onderzoek uit te voeren. Meer bepaald heb ik een literatuurstudie en een empirisch onderzoek uitgevoerd over de impact van procesinnovatie voor de logistiek van goederen en diensten in België.

Dit onderzoek kwam tot stand met de hulp en ondersteuning van een aantal mensen, die ik graag wil bedanken.

Allereerst wil ik mijn promotor prof. dr. Mark Vancauteren bedanken om mijn project in goede banen te leiden en voor het vertrouwen dat hij me gaf. Bovendien wil ik hem ook bedanken voor zijn advies en feedback bij het schrijven van een kwaliteitsvol werk en het uitvoeren van correcte data-analyses, wat me ten eerste zal helpen in mijn professionele carrière.

Tenslotte wil ik ook graag mijn ouders bedanken voor hun steun en begrip. Dankzij hen heb ik de kans gekregen om me verder te ontwikkelen tot handelsingenieur.

## Samenvatting

De logistieke sector bekleedt een belangrijke positie in de economie en is de afgelopen decennia sterk gegroeid (Vanoutrive et al., 2014). Belangrijke ontwikkelingen zoals de economische crisis, concurrentiedruk en opkomst van e-commerce hebben de sector beïnvloed en huidige maatschappelijke trends en marktveranderingen blijven de sector beïnvloeden (De Doncker, 2017). Deze masterproef gaat dieper in op één van de trends, namelijk (proces)innovaties en diens impact op de prestaties van een onderneming in de logistieke sector. De centrale onderzoeksvraag van deze studie luidt dan ook als volgt: *In welke mate heeft de invoering van procesinnovatie de productiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector beïnvloedt?* Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden, wordt een literatuurstudie en een empirisch onderzoek uitgevoerd. De literatuurstudie dient om inzichten te verkrijgen in de logistieke sector in België, de meting van productiviteit, de definitie en meting van innovatie en de link tussen innovatie en productiviteit.

Deze studie hanteert voor het empirisch onderzoek de Vlaamse innovatie-vragenlijst onder de naam *Community Innovation Survey* (CIS) van 2017, 2019 en 2021, gebaseerd op het Oslo-handboek (2018). Deze vragenlijst meet de inspanningen van ondernemingen op het gebied van innovatie. Er wordt gevraagd naar de product- of bedrijfsprocesinnovaties die de afgelopen drie jaar zijn doorgevoerd, evenals de investeringen die zijn gedaan om deze innovaties te realiseren. Het onderzoek betreft enkel ondernemingen binnen de sectie H 'Vervoer en opslag' uit de NACE-Bel-nomenclatuur, die als hoofdactiviteit instaan voor de levering of distributie van goederen en diensten.

Volgens de literatuur is de meest gebruikte maatstaf voor productiviteit de arbeidsproductiviteit, gemeten aan de hand van de verhouding tussen de omzet en het aantal werknemers (Mohnen et al., 2019). Een groot deel van de economische groei in de afgelopen decennia is het resultaat van slimme productie, waarbij meer toegevoegde waarde is gecreëerd met dezelfde hoeveelheid arbeid en kapitaal (de Nooij en Poort, 2005). In de logistiek betekent slimmer produceren het slimmer vervoeren van ladingen, de adoptie van nieuwe technologieën, het optimaliseren van interne logistieke processen en multimodaliteit. Om dit allemaal te verwezenlijken, steunt de logistieke sector meer en meer op innovaties. Innovatie is een belangrijke factor om welvaart in de toekomst te blijven verzekeren (Smits et al., 2006; de Nooij en Poort, 2005). De toenemende globalisering dwingt ondernemingen om voortdurend te concurreren, bijvoorbeeld door kostenbesparing of het verhogen van productiviteit en efficiëntie. Hierdoor is innovatie een essentieel aspect bij het onderzoeken van verschillen in productiviteit tussen ondernemingen (Vancauteran et al., 2017). Innoveren is immers één van de manieren om de productiviteit van ondernemingen te verhogen en duurzame groei en jobcreatie te verzekeren. Syverson (2011) bespreekt een aantal factoren die de productiviteit van een onderneming positief kunnen beïnvloeden, waaronder innovatie. Voorbeelden van innovaties in de logistieke sector zijn de implementatie van geautomatiseerde systemen, het gebruik van drones en autonome voertuigen, en de implementatie van RFID-technologie. Om innovatie te verwezenlijken, moet er eerst geïnvesteerd worden. Volgens Mohnen et al. (2019) bestaan er verschillende soorten investeringen die tot innovatie kunnen leiden, maar in het algemeen wordt vaak gekeken naar de uitgaven aan R&D als maatstaf voor innovatie-input. Naast de zojuist genoemde inputzijde van innovatie, kan innovatie ook gemeten worden door diens output. De

outputzijde omvat nieuwe of aanzienlijk verbeterde producten, processen, organisatie- of marketingmethoden die met succes zijn geïntroduceerd (OECD/Eurostat, 2005).

Vooraleer ik het effect van procesinnovatie op de arbeidsproductiviteit empirisch onderzocht, heb ik een binomiale logistische regressie uitgevoerd om het effect van R&D op de waarschijnlijkheid dat ondernemingen een procesinnovatie hebben ingevoerd vast te stellen. Hieruit bleek dat, voor een 1% stijging in R&D-investeringen, de *odds* van procesinnovatie toenemen met factor 1,25. Daarnaast hebben ondernemingen die een product- of organisatorische innovatie hebben ingevoerd in een bepaalde periode respectievelijk een factor 5,7 en 4,8 meer kans op een ingevoerde procesinnovatie dan ondernemingen die dit niet hadden. Ondernemingen die een samenwerkingsverband hadden of financiële steun kregen voor innovatieactiviteiten en/of R&D hadden respectievelijk 2,7 en 7,7 maal meer kans op een ingevoerde procesinnovatie dan ondernemingen die dit niet hadden. De voorspelde kansen van de variabele procesinnovatie gebruik ik vervolgens als onafhankelijke variabele in de regressie met afhankelijke variabele arbeidsproductiviteit.

De meeste papers hebben het verband tussen innovatie-output en productiviteit empirisch onderzocht in de productiesector. Hieruit bleek dat procesinnovatie leidt tot een betere (arbeids)productiviteit (Mairesse et al., 2005; Parisi et al., 2006; Griffith et al., 2006). Andere studies, zoals Lööf en Heshmati (2006), van Leeuwen en Klomp (2006), Mairesse en Robin (2009) en Criscuolo (2009), hebben echter een negatief effect van procesinnovatie op de (arbeids)productiviteit(sgroei) in de dienstensector vastgesteld. Gebruikmakend van een *weighted least squares* (WLS) regressie stel ik, net zoals laatstgenoemde papers, een significant negatief effect van procesinnovatie op de arbeidsproductiviteit van ondernemingen vast. De vooropgestelde hypothese dat de invoering van een procesinnovatie de productiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector niet heeft verhoogd, wordt bijgevolg niet verworpen. Uit de significante coëfficiënten van de controlevariabelen blijkt dat een onderneming die één of meerdere innovaties, uitgezonderd procesinnovatie, heeft ingevoerd een 38 % hogere arbeidsproductiviteit heeft dan ondernemingen die geen dergelijke innovaties heeft ingevoerd in dezelfde periode. Indien een onderneming deel uit maakte van een groep, dan zal diens arbeidsproductiviteit 37,5 % hoger zijn dan een onderneming die geen deel uit maakte van een groep. Verder hebben grote ondernemingen een significant lagere arbeidsproductiviteit dan kleine ondernemingen. Meer bepaald ligt de arbeidsproductiviteit van grote ondernemingen 41% lager dan kleine ondernemingen. Verder zorgt een 1% stijging in andere innovatie-investeringen (uitgezonderd R&D) voor een 0,034% stijging in de arbeidsproductiviteit.

De waarde van deze masterproef zit in het helpen om het begrip van de relatie tussen procesinnovatie en productiviteit verder te vergroten en specifiek inzicht te bieden in de context van de logistieke sector.

Tot slot staat deze masterproef staat kritisch stil worden bij de beperkingen van het empirisch onderzoek. Ten eerste zouden kwantitatieve gegevens met betrekking tot innovatie-output waarschijnlijk zinnigere en robuustere resultaten opleveren dan kwalitatieve variabelen. Denk maar aan het deel van de kostenreductie dankzij de procesinnovatie. Ten tweede was het voor deze studie

niet mogelijk om de CIS-gegevens van een onderneming aan te vullen met andere bedrijfsgegevens vanwege redenen van vertrouwelijkheid. Extra informatie zoals kapitaal, winst en marktaandeel was dus niet beschikbaar en zou wellicht een meerwaarde gehad hebben om de relatie tussen procesinnovatie en arbeidsproductiviteit te schatten. Ik raad dan ook aan dat er in de toekomst onderzoek gedaan zal worden naar de impact van procesinnovatie op de productiviteit van Vlaamse bedrijven in de logistiek, gebruikmakend van een dataset die (meer kwantitatieve) innovatiegegevens linkt met andere bedrijfsgegevens uit bijvoorbeeld Bel-first.





## Lijst met tabellen

Tabel 1: bespreking variabelen.....	- 33 -
Tabel 2: beschrijvende statistieken .....	- 36 -
Tabel 3: innoverend vs. niet-innoverend per ondernemingsgrootte .....	- 38 -
Tabel 4: innoverend vs. niet-innoverend per afdeling .....	- 40 -
Tabel 5: correlatiematrix .....	- 41 -
Tabel 6: resultaten binaire logistische regressie.....	- 42 -
Tabel 7: resultaten WLS-regressiemodel arbeidsproductiviteit.....	- 44 -

## Inhoudsopgave

<b>Lijst met tabellen .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Inleiding .....</b>	<b>- 8 -</b>
1.1. <i>Probleemstelling</i> .....	- 8 -
1.2. <i>Centrale onderzoeksvraag en deelvragen</i> .....	- 11 -
1.3. <i>Onderzoeksaanpak</i> .....	- 12 -
1.3.1. <i>Literatuurstudie</i> .....	- 13 -
1.3.2. <i>Empirisch onderzoek</i> .....	- 13 -
<b>2. Literatuurstudie.....</b>	<b>- 14 -</b>
2.1. <i>Logistieke sector</i> .....	- 14 -
2.2. <i>België</i> .....	- 16 -
2.3. <i>Productiviteit</i> .....	- 19 -
2.4. <i>Innovatie</i> .....	- 21 -
2.5. <i>Link innovatie en productiviteit</i> .....	- 26 -
2.6. <i>Hypothese</i> .....	- 29 -
<b>3. Empirisch onderzoek.....</b>	<b>- 30 -</b>
3.1. <i>Dataverzameling</i> .....	- 30 -
3.2. <i>Dataverwerking</i> .....	- 31 -
3.3. <i>Meting en bespreking van variabelen</i> .....	- 32 -
3.4. <i>Research design</i> .....	- 34 -
3.4.1. <i>Regressiemodel: relatie tussen R&amp;D en innovatie-output</i> .....	- 35 -
3.4.2. <i>Regressiemodel: relatie tussen innovatie-output en arbeidsproductiviteit</i> -	35 -
3.5. <i>Beschrijvende statistieken</i> .....	- 36 -
3.6. <i>Resultaten</i> .....	- 42 -
3.6.1. <i>R&amp;D-procesinnovatie</i> .....	- 42 -
3.6.2. <i>Procesinnovatie-arbeidsproductiviteit</i> .....	- 43 -
<b>4. Discussie en conclusie.....</b>	<b>- 45 -</b>
<b>5. Referenties.....</b>	<b>- 46 -</b>

## 1. Inleiding

### 1.1. Probleemstelling

De logistieke sector bekleedt een belangrijke positie in de economie en is de afgelopen decennia sterk gegroeid, doordat steeds meer bedrijven hun logistieke activiteiten uitbesteden (Vanoutrive et al., 2014). Deze groei is zowel te danken aan als het gevolg van de toegenomen wereldhandel. Logistieke dienstverleners spelen een belangrijke rol in deze sector door het uitvoeren van transport- en andere logistieke activiteiten voor derden. Verder hebben belangrijke ontwikkelingen zoals de economische crisis van 2008-2009, de verhoogde concurrentiedruk van Midden- en Oost-Europa en de opkomst van e-commerce een grote impact gehad op de zeer conjunctuurgevoelige sector (De Doncker, 2017). Daarnaast blijven maatschappelijke trends en marktveranderingen de logistieke sector voortdurend beïnvloeden. De omgeving voor de logistieke sector is de afgelopen decennia aanzienlijk veranderd als gevolg van een aantal externe elementen, waaronder politieke, regelgevende, sociaal-culturele, economische, technische en ecologische elementen. De reactie van de logistieke sector op deze gewijzigde marktomstandigheden leidde tot logistieke trends. De Doncker (2017) haalt de belangrijkste drijvende factoren achter de huidige trends in de logistiek aan: globalisering, ketenomkering, technologische innovaties en de toenemende aandacht voor duurzaamheid.

Als gevolg van de globalisering van de economie is de consumentenvraag gestegen, waar de logistieke sector baat bij had (De Doncker, 2017). Maar dit heeft echter ook geleid tot een verhoogde regionale en wereldwijde concurrentiedruk en het uithollen van concurrentievoordelen. Hierdoor zijn bedrijven hun strategie gaan herzien en hun logistieke activiteiten gaan herstructureren en optimaliseren. Voorbeelden hiervan zijn de shift naar uitbesteding van logistieke activiteiten aan gespecialiseerde logistieke dienstverleners en de opkomst van regionale en Europese distributiecentra in plaats van nationale distributiecentra.

De toenemende nadruk op service en de overgang van een aanbodgerichte economie naar een meer vraag gestuurde economie zijn de belangrijkste oorzaken van de trend naar ketenomkering (De Doncker, 2017). Het is dus noodzakelijk geworden om de logistieke keten te benaderen vanuit de voorkeuren van ondernemingen of klanten. De moderne, goed geïnformeerde consument is enorm veeleisend op vlak van functionaliteit, kwaliteit, veiligheid, betrouwbaarheid, duurzaamheid en milieu-impact. De nieuwe standaard is betrouwbare, snelle, zeer gefragmenteerde levering van (gepersonaliseerde) artikelen, zoals just-in-time leveringen aan bedrijven of de levering van online aankopen aan klanten (Vanoutrive et al. 2014). Daarnaast bieden bedrijven klanten verschillende leveringsopties en de mogelijkheid tot retour aan. In een dergelijke situatie is het van cruciaal belang voor bedrijven om hun goederen zo laat mogelijk in de logistieke keten massaal aan te passen, terwijl ze blijven werken met betaalbaar transport en schaarse voorraden van basisartikelen. Inspelend op deze trend hebben logistieke bedrijven hun portfolio van logistieke diensten uitgebreid met onder meer *value added logistics* (VAL).

Vervolgens is er de opkomst van nieuwe technologieën, met name informatie- en communicatietechnologie (ICT), die een grote impact hebben gehad op de organisatie van bedrijven in de logistieke sector (De Doncker, 2017). Technologieën zoals *real-time track-and-tracing* van

goederen, software voor magazijnbeheer en intelligente transportsystemen (ITS) zijn ontworpen om logistieke processen efficiënter en flexibeler te maken, hun capaciteit uit te breiden en kosten te verlagen. De technologische vooruitgang genereert voortdurend nieuwe mogelijkheden en worden uitgetoet in de logistiek. Denk maar aan zelfrijdende auto's, inzet van drones (in magazijnen), 3D-printen, enzovoort.

Tot slot is er door het toegenomen duurzaamheidsbewustzijn steeds meer aandacht voor de nadelige externe gevolgen van logistiek, zoals emissies, geluidsoverlast, veiligheid en congestie (De Doncker, 2017). De logistieke sector heeft te maken met sterkere eisen uit de markt voor duurzaamheid en ook de wetgeving wordt aangescherpt. Denk maar aan emissienormen, kilometerheffing, et cetera. Innovatie speelt daarbij een belangrijke rol, want de duurzaamheidsinitiatieven van de sector zijn grotendeels gericht op het verminderen van het energieverbruik en de uitstoot (schonere transportmiddelen, alternatieve brandstoffen, groene magazijnen, enzovoort). Ook wordt er meer gewerkt aan het samenvoegen van goederenstromen door samenwerking tussen verladings- en/of logistieke operators om zo de beladingsgraad te verhogen en het aantal vrachtwagens te verminderen. Ook stedelijke distributieplatforms kunnen hier aan bod komen, al dan niet geïntegreerd met fietskoeriers en elektrische auto's. Consolidatie blijft wel een uitdaging in het geval van e-commerce vanwege het gefragmenteerde transport en de omvangrijke retourstromen. Initiatief *Collaborative Urban Logistics & Transport* (CULT), waarbij verschillende bedrijven samenwerken door goederen te bundelen in één distributiecentrum en van daaruit met milieuvriendelijke voertuigen te verdelen om de leveringen van online aankopen groener én efficiënter te gaan organiseren, draagt al bij aan een duurzamere logistiek (Nws, 2022). Ten slotte biedt de groei van multimodaliteit een kans om de duurzaamheid van het goederenvervoer te verbeteren.

De logistieke ontwikkeling heeft ruimtelijke consequenties met zich meegebracht, zoals een toename in verkeersstromen en de bouw van diverse magazijnen en logistieke faciliteiten op verschillende locaties. Ondanks de negatieve aspecten van het toegenomen goederentransport, zoals de uitstoot van vervuilende stoffen, congestieproblemen en de bouw van grote magazijnen, wordt innovatie in de logistiek door bijna alle beleidsniveaus gepromoot. Het Vlaams Instituut voor de Logistiek (VIL), *Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe* (ALICE), mobiel Vlaanderen (Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken), het toekomstplan voor 2020 van Vlaanderen in Actie (ViA, 2013) en de Europese Commissie (Horizon 2020) zijn enkele instellingen die allemaal als doelstelling hebben om innovatie in de logistieke sector te stimuleren. Innovaties zijn namelijk vitaal voor het optimaliseren van multi- en intermodaal verkeer en van het volledige, intelligente *supply chain* beheer, zodat transporttijd kan worden ingekort, transportfrequentie kan worden opgedreven, de betrouwbaarheid voor gebruikers kan worden verhoogd en meer flexibiliteit kan worden ingebouwd (Smits et al., 2006).

Daarnaast stelt de sector veel laaggeschoolde arbeidskrachten tewerk en is het belangrijk voor bijna alle economische activiteiten. In 2020 was de Europese logistieke markt bijna 1,7 biljoen Amerikaanse dollars waard (Statista). De toegevoegde waarde van de transport- en opslagsector in de Europese Unie (EU) bedroeg 433,9 miljard euro (Eurostat). Dit is een aanzienlijke daling van 15%

ten opzichte van 2019, die te wijten is aan de COVID-19-pandemie. Verder had de transport- en opslagsector in 2020 10.270.900 werknemers in dienst.

Bedrijven in de logistieke sector bevinden zich in een bedrijfsnetwerk waarin voortdurend verbeteringen in efficiëntie, effectiviteit en duurzaamheid worden nagestreefd om competitief te blijven. Omdat bedrijven geconfronteerd worden met een maximaal aantal verbeteringsmogelijkheden door bijvoorbeeld beperkte winst, kunnen bedrijven zich niet op elk aspect optimaal ontwikkelen. Hierdoor moeten bedrijven een *trade-off* maken in welke richting ze zich meer willen ontwikkelen. Daarnaast moeten bedrijven rekening houden met en zich aanpassen aan de externe omgeving. Zij worden namelijk steeds beïnvloed door technologische ontwikkelingen, maatschappelijke behoeften en prijsontwikkelingen op de markt/ontwikkeling van de economie. Technologische vooruitgang en innovatie kunnen bijdragen aan de optimalisatie van reeds genoemde aspecten zodat bedrijven zich blijven verbeteren (Kees Ruijgrok, 2012).

België wordt gezien als de ideale locatie voor de logistiek vanwege de centrale ligging in Europa en wordt ook wel het hart van Europa genoemd. Dankzij een zeer sterk ontwikkeld transportnetwerk, bestaande uit wegen, havens, waterwegen, spoorwegen en luchthavens, het geschoolde personeel en de IT-mogelijkheden is België het ideale land waarin internationale bedrijven hun Europese logistieke basis, hoofdkantoor of distributiecentrum opzetten. De infrastructuur maakt het mogelijk om vracht snel en gemakkelijk te vervoeren. Verder wordt een regio met een breed scala aan logistieke dienstverleners gezien als een aantrekkelijke vestigingslocatie voor andere bedrijven, zoals de productiesector, zodat verladers niet afhankelijk zijn van één logistieke dienstverlener. Op basis van de wensen van de klant optimaliseert de logistieke dienstverlener de inrichting van zijn dienstverlening. Maar niet alle logistieke dienstverleners mogen over één kam geschoren worden, er zijn namelijk vijf verschillende niveaus van logistieke uitbesteding gebaseerd op de te leveren diensten: *First-Party Logistics* (1PL), *Second-Party Logistics* (2PL), *Third-Party Logistics* (3PL), *Fourth-Party Logistics* (4PL) en *Fifth-Party Logistics* (5PL). Een enquête onder 3PL-klienten toonde aan dat klanten naast prijs en servicekwaliteit ook sterk de verbetering van service levels waarderen, een uitgebreider aanbod van toegevoegde waarde diensten, en innovatieve IT-ondersteuning bij het selecteren van een 3PL-provider (Wagner en Sutter, 2012). Dit geeft aan dat 3PL-aanbieders de vaardigheid moeten hebben om voortdurend te innoveren en te veranderen, en om nieuwe en bestaande processen en diensten te verbeteren. Voor logistieke dienstverleners is het niet langer voldoende om basis transport- en opslagdiensten te bieden met een korte-termijn aanpak, omdat dit niet genoeg is om klanten tevreden te houden en hun loyaliteit te behouden. Om te blijven groeien en hun marktaandeel te vergroten, moeten bedrijven zich richten op het creëren van innovaties die de waarde voor hun klanten vergroten. Tegenwoordig hangen de concurrentiepositie en prestaties van bedrijven af van hun vermogen om zich te onderscheiden van de concurrentie door middel van hun innovatieve oplossingen.

Tot slot wordt logistiek gepropageerd om de ontwikkeling van innovatieve logistieke clusters te bevorderen (Vanoutrive et al., 2014). Deze clusters zijn een samenstelling van gerelateerde bedrijven die kunnen specialiseren, omdat nabijgelegen ondernemingen andere niches kunnen invullen. Door specialisatie en de mogelijkheid om samen te werken met nabijgelegen gerelateerde bedrijven, kunnen clusters leiden tot extra toegevoegde waarde en meer innovatie stimuleren.

Hierdoor is het waarschijnlijker dat, met eventueel ondersteuning van de overheid en kennisinstellingen, nieuwe technieken en processen voor het beheren en verwerken van goederenstromen binnen clusters worden ontwikkeld, verfijnd en toegepast.

## 1.2. Centrale onderzoeksvraag en deelvragen

Zoals eerder aangehaald gaat deze studie over innovatie in de logistieke sector. Innovaties worden zowel in de productiesector als in de dienstensector gebruikt om betere bedrijfsprestaties te

realiseren. Maar, vertrekkend van bestaande literatuur, is het voor mij ook duidelijk geworden dat er nog maar weinig onderzoek is geweest naar de impact van innovatie in de logistieke sector. Daarom ga in dit onderzoek een antwoord proberen te formuleren op de volgende **centrale onderzoeksvraag**:

“In welke mate heeft de invoering van procesinnovatie de productiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector beïnvloedt?”

Om een zo compleet mogelijk antwoord te krijgen op deze centrale onderzoeksvraag maak ik gebruik van relevante literatuur en data. Aan de hand van deze centrale onderzoeksvraag heb ik een aantal deelvragen opgesteld:

#### Literatuurstudie

- Hoe wordt de logistieke sector afgebakend?
- Welke definities worden in de literatuur gebruikt om (proces)innovatie en productiviteit te definiëren en te meten?
- Welke andere factoren kunnen de productiviteit beïnvloeden (bijv. aantal werknemers, omzet, andere innovatie-investeringen)?
- Waarom is innovatie belangrijk?
- Wat voor impact heeft procesinnovatie op de productiviteit in de dienstensector?

#### Data-analyse

- Welke impact heeft procesinnovatie op de productiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector?
- Heeft de omvang van een onderneming invloed op het effect van procesinnovatie op de productiviteit?
- In hoeverre speelt de betrokkenheid bij een groep een rol bij het effect van procesinnovatie op de productiviteit?
- Hebben bepaalde afdelingen binnen de logistieke sector een groter effect van procesinnovatie op de productiviteit dan andere afdelingen?

### 1.3. Onderzoeksaanpak

Eerst en vooral moet ik de logistieke sector definiëren. Daarnaast moet ik voldoende kennis verwerven over de productiviteit van bedrijven en innovatie (in de logistieke sector), met de nadruk op procesinnovaties. Dit doe ik door middel van een literatuurstudie. Nadien volgt een data-analyse

met (innovatieve) gegevens van Vlaamse bedrijven in de logistieke sector.

### 1.3.1. Literatuurstudie

Om tot een antwoord te komen op onze centrale onderzoeksvraag, heb ik eerst een grondige literatuurstudie uitgevoerd. Voor deze literatuurstudie heb ik gebruik gemaakt van verschillende databanken, waaronder de bibliotheek van de Universiteit Hasselt, waarin ik kwaliteitsvolle wetenschappelijke artikels over productiviteit, innovatie en studies gebruikmakend van CIS heb bemachtigd. Dit onderwerp is heel breed en bijgevolg heb ik verschillende termen gebruikt om het zoekdomein af te bakenen: *innovation, productivity, proces innovation, logistics Belgium, Community Innovation Survey* en *R&D-innovation-productivity relationship*.

Het is ook belangrijk om recente artikelen te vinden over dit onderwerp aangezien de structuur van de CIS-rapporten in voorgaande jaren enigszins zijn aangepast. Deze masterproef tracht immers een zo correct en actueel mogelijk beeld te scheppen.

### 1.3.2. Empirisch onderzoek

Een literatuurstudie is niet voldoende om een antwoord te bieden op de centrale onderzoeksvraag omdat er tot op heden een beperkt aantal studies werden uitgevoerd in Belgische context. Vandaar heb ik de centrale onderzoeksvraag ook empirisch onderzocht. Voor deze studie zal ik gebruik maken van de *Community Innovation Survey* (CIS), gelanceerd door het Expertisecentrum O&O Monitoring (ECOOM) in opdracht van de federale en regionale overheden. Het Expertisecentrum Onderzoek en Ontwikkelingsmonitoring van de Vlaamse Gemeenschap (ECOOM) ontwikkelt een consistent systeem van R&D- en innovatie-indicatoren om innovatie en R&D in Vlaanderen in kaart te brengen. Eenmaal ik alle data verworven heb en regressies uitgevoerd heb, is het de bedoeling om mijn bevindingen in verband te brengen met de eerder uitgevoerde literatuurstudie.



## 2. Literatuurstudie

### 2.1. Logistieke sector

Het definiëren van logistiek op een duidelijke en beknopte manier die universeel geldt voor de hele economie is moeilijk te bereiken. Het bespreken van bepaalde gerelateerde begrippen kan echter inzicht bieden in het belang ervan voor deze specifieke studie. Na het citeren van enkele historische definities zal een specifieke definitie naar voren komen, die gebruikt wordt om de logistieke sector af te bakenen.

#### 2.1.1. Definities van logistiek

Volgens Lummus et al. (2001) verwijst de term logistiek naar een algemene benadering van het beheer van de verwerving, het transport en de opslag van grondstoffen, half afgewerkte producten en eindproducten, evenals de bijbehorende informatiestromen over hoe afgewerkte producten door een organisatie aan de eindconsument kunnen worden geleverd en zijn marketingkanaal. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen inkomende en uitgaande logistiek, die beide het transport en de verplaatsing van goederen doorheen de toeleveringsketen beschrijven. Terwijl uitgaande logistiek de levering en verzending van afgewerkte goederen en producten naar eindklanten omvat, waar de orderverwerkingsprocessen het verzamelen, verpakken, verzenden en afleveren van pakketten omvatten, houdt inkomende logistiek zich bezig met het ontvangen van voorraad zoals grondstoffen en goederen rechtstreeks van fabrikanten en leveranciers. De definitie van Zijm et al. (2019) luidt als volgt: "Logistiek verwijst naar het transport en de opslag van materialen, onderdelen en producten in een supply chain. Logistiek omvat inbound en outbound processen van en naar magazijnen, evenals interne en externe materiaalverwerking en transportoperaties. Het omvat ook de uitvoering van diensten en de overdracht van informatie tussen de verschillende fasen van een supply chain." *Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)* (Kukovič et al., 2014) definieert logistiek (management) als volgt: "... dat deel van supply chain management dat de efficiënte, effectieve voorwaartse en achterwaartse stroom en opslag van goederen, diensten en gerelateerde informatie plant, implementeert en beheert tussen het punt van herkomst en het punt van consumptie om aan de eisen van klanten te voldoen." De definitie van Bowersox et al. (2002) luidt als volgt: "Logistiek is, in tegenstelling tot supply chain management, het werk dat nodig is om inventarisatie te verplaatsen en te positioneren door de hele supply chain. Als zodanig is logistiek een onderdeel en gebeurt het binnen het bredere kader van een supply chain. Logistiek is het proces dat waarde creëert door de timing en positionering van de voorraad; het is de combinatie van orderbeheer, voorraad, transport, opslag, materiaalbehandeling en verpakking van een bedrijf, geïntegreerd door een faciliteiten netwerk. Geïntegreerde logistiek dient om de algehele supply chain te linken en te synchroniseren als een continu proces en is essentieel voor effectieve supply chain-connectiviteit."

In essentie gaat het erom dat de juiste goederen op het juiste tijdstip, in de juiste hoeveelheid, in goede conditie en tegen de laagst mogelijke kosten op de gewenste locatie worden geleverd. Het is belangrijk om te benadrukken dat logistiek meer omvat dan alleen transport en opslag, omdat het draait om het matchen van vraag en aanbod in de gehele keten.

### 2.1.2. Vervoer- en opslagsector

Zoals de definities aantonen, is logistiek een breed begrip. Daarom beperk ik het onderzoeksgebied tot een aantal goed gedefinieerde economische activiteiten, waarvan het bereik relevant is voor deze studie. In deze studie gebruik ik namelijk de NACE-Bel-nomenclatuur als referentie om de logistieke sector af te bakenen en te definiëren. De NACE-Bel-nomenclatuur omvat de logistieke sector binnen de sectie H 'Vervoer en opslag', bestaande uit verschillende afdelingen: vervoer te land en vervoer via pijpleidingen, vervoer over water, luchtvaart, opslag en vervoerondersteunende activiteiten, postdiensten en koeriers. Deze afdelingen zijn vervolgens opgesplitst in groepen, groepen in klassen en klassen in subklassen. De subcategorieën omvatten diverse bedrijven die zich bezighouden met het transporteren en opslaan van goederen en diensten. Elk bedrijf krijgt een specifieke NACE-code toegewezen op basis van zijn voornaamste activiteit, namelijk de activiteit die het grootste aandeel heeft in de totale toegevoegde waarde van het bedrijf. Meer specifiek omvat dit onderdeel het al dan niet geregeld vervoeren van passagiers of goederen per spoor, via pijpleidingen, over de weg, over het water of door de lucht, en aanverwante activiteiten zoals terminals, parkeerfaciliteiten, vrachtafhandeling, opslag en post- en koeriersactiviteiten<sup>1</sup>. Deze studie betreft enkel bedrijven in de logistieke sector die als hoofdactiviteit instaan voor de levering of distributie van **goederen en diensten**.

Het belang van de transport- en opslagsector kan worden weergegeven door gegevens van Eurostat. Hieruit bleek dat de toegevoegde waarde van de transport- en opslagdienstensector in de EU in 2020 goed was voor 433,9 miljard euro. Dit is een aanzienlijke daling van 15% ten opzichte van 2019, die te wijten is aan de COVID-19-pandemie. Van de totale toegevoegde waarde van deze sector, had de afdeling vervoer te land en het vervoer via pijpleidingen de grootste bijdrage met 47,8%, gevolgd door opslag en vervoerondersteunende activiteiten (33,2%). De toegevoegde waarden van de afdelingen post- en koeriersactiviteiten en vervoer over water bedroegen respectievelijk 12,5% en 5%, terwijl luchtvaart de kleinste afdeling was met een aandeel van 1,5%. De transport- en opslagsector had in 2020 10.270.900 werknemers in dienst, waarbij iets meer dan de helft in de afdeling vervoer te land en het vervoer via pijpleidingen aan de slag was.

---

<sup>1</sup>Dit gedeelte is exclusief: Grote reparaties of aanpassingen aan niet-gemotoriseerde vervoermiddelen, aanleg, onderhoud en reparatie van wegen, spoorwegen, havens en vliegvelden, onderhoud en reparatie aan motorvoertuigen en verhuur vervoermiddel zonder chauffeur of bediener.

## 2.2. België

### 2.2.1. De ideale locatie

België, gelegen in het hart van geïndustrialiseerd continentaal Europa, wordt vaak het logistieke paradijs genoemd omdat het een belangrijke goederenstroom door de haven-, weg- en spoorverbindingen heeft (Lagneaux, 2008). Daarnaast is het Belgische regelgevingskader marktvriendelijk en goed georganiseerd. De havens van België hebben zich ontwikkeld tot de grootste havens van Europa. Ze spelen ook een rol in de wereldwijde toeleveringsketen van de scheepvaart. De maritieme faciliteiten van het land hebben zich verder ontwikkeld dan alleen voldoen aan de binnenlandse vraag. De haven van Antwerpen staat niet voor niets in de top 10 belangrijkste havens in Europa en de wereld. Het is een sleutelpoort voor verzending naar vele landen waaronder Frankrijk en Duitsland. Het is en zal naar verwachting een belangrijk knooppunt en toegangspoort blijven voor de afhandeling en doorvoer binnen Europa (2023). De weg- en spoorverbindingen naar de haven van Antwerpen versterken de wereldwijde connectiviteit. België heeft 2.043 km bevaarbare waterwegen, waarvan ongeveer 1.500 km in commercieel gebruik is. Het land heeft een uitgebreid wegennet van 154 012 kilometer, waarvan 120 514 km (inclusief 1.756 km snelwegen) verhard. 80% van het vrachtvervoer in België gebeurt over de weg en de kwaliteit van het Belgische wegennet zorgt ervoor dat het zijn rol als meest gebruikte vorm van goederenvervoer behoudt. Het aandeel vrachtvervoer over de weg zal naar verwachting op middellange termijn afnemen naarmate de Eurozone overgaat van wegen naar spoorwegen en binnenwateren voor een groenere toekomst. België heeft in totaal 3.592 km spoorwegennet. Gezien de sterke afhankelijkheid van goederenvervoer over de weg, is het spoor goed voor minder dan 20% van de totale vrachtmix. Er is voortdurende druk van de EU op de lidstaten om hun afhankelijkheid van wegvervoer te verminderen vanwege congestie- en emissiekwetsies, en het verplaatsen van vracht naar andere vervoersmodi, zoals het spoor. Tot slot heeft België een goed ontwikkelde luchtvrachtsector, waardoor transport van belangrijke exportgoederen zoals farmaceutica en diamanten makkelijk gaat.

De logistieke activiteiten in België vertoonden een stijgend prestatiepatroon op basis van de *Logistics Performance Index* (LPI) vrijgegeven door de *International Trade and Transport Department* van de Wereldbank. De LPI rangschikt 160 landen op basis van verschillende criteria, zoals douane-efficiëntie, infrastructuur, de kwaliteit van logistieke diensten en de effectiviteit van *tracking* en *tracing*. Van de 160 landen stond België op de zesde plaats in 2016 en op de derde plaats in 2018. België behaalde de beste resultaten voor internationale zendingen en tijdigheid. Wel is er nog werk aan de winkel op het gebied van douane en infrastructuur (plaats 14 voor beide criteria). De onbetwiste leider van de voorbije jaren is Duitsland, dat op alle criteria niet slechter scoort dan een vierde plaats. Prestatiebeoordeling van de logistieke sector is essentieel voor alle organisaties, met name voor kleine en middelgrote ondernemingen die hun activiteiten online uitvoeren ten gevolge van het toegenomen concurrentievermogen van de wereldeconomie. Volgens Bao et al. (2018) kan prestatie meting de hele branche motiveren om vooruit te komen. Dit zal een effect hebben op de expansie van de nationale economie. Het is dus cruciaal om de prestatie-evaluatie te analyseren en te creëren om de logistiek te blijven verbeteren.

### 2.2.2. Statistieken transport- en opslagsector ten opzichte van andere landen in de EU

De omzet van de transport- en opslagsector in België was in 2020 901,8 miljoen euro lager dan in 2019 en bedroeg 50,2 miljard euro (Statista, z.d.). Duitsland spant de kroon met 314 miljard euro, Frankrijk en Italië vervolledigen de top drie met respectievelijk 195 miljard euro en 157 miljard euro aan opbrengsten. Nochtans heeft Spanje het meest aantal bedrijven in de sector met bijna meer dan 200.000 bedrijven. Uit gegevens van 2016 blijkt dat Duitsland 106.000 bedrijven had in de sector en België 18.000. Duitsland heeft wel het grootste aantal fulltime medewerkers, wat te wijten is aan de grote Duitse bedrijven in de sector. Gedurende de laatste tien jaar zijn de totale opbrengsten van bedrijven in de afdelingen 'opslag en vervoerondersteunende activiteiten' en 'vervoer te land en vervoer via pijpleidingen' het grootst. De totale opbrengsten in de categorie 'posten en koeriers' zijn de laatste jaren gestegen tot bijna vijf miljard euro en zijn nu hoger dan de afdeling 'luchtvaart'. De personeelskosten van de transport- en opslagindustrie in België bereikten met 11 miljard euro de hoogste waarde in de laatste tien jaar (2019). Het aantal medewerkers in de transport- en opslagbranche in België is in 2019 met 6.107 medewerkers gestegen ten opzichte van het jaar ervoor. Het totaal aantal medewerkers bedroeg in 2019 dus 200.459 medewerkers. Over het algemeen is het aantal medewerkers in de geobserveerde periode constant gebleven. Bijna een derde vindt de logistieke sector aantrekkelijk om in te werken. De aantrekkelijkheid is gebaseerd op scores voor verschillende criteria, zoals lonen en arbeidsvoorwaarden, loopbaanperspectieven, baan zekerheid, nieuwste technologieën, reputatie van de bedrijven en andere. In 2019 steeg het aantal ondernemingen in de transport- en opslagsector in België met 2.195 ondernemingen sinds 2018. Met 21.218 ondernemingen bereikte het aantal ondernemingen daarmee de hoogste waarde in de laatste tien jaar (2019). De productiewaarde van de transport- en opslagindustrie in België is ten opzichte van 2018 met 4,6 miljard euro gestegen. Daarmee kwam de totale productiewaarde in 2019 uit op 50,7 miljard euro. De productiewaarde wordt gedefinieerd als de omzet, vermeerderd of verminderd met de wijzigingen in voorraden gereed product, *work-in-progress* en voor wederverkoop ingekochte goederen en diensten, verminderd met de aankopen van goederen en diensten voor wederverkoop, plus gekapitaliseerde productie, plus overige bedrijfsopbrengsten (exclusief subsidies). Inkomsten en uitgaven die in de bedrijfsrekeningen als financieel of buitengewoon zijn geclassificeerd, zijn uitgesloten van de productiewaarde.

In 2021 domineerde het goederenvervoer over zee in de Europese Unie, met een aandeel van 67,9%. Het aandeel van het vervoer over de weg, per spoor, over de binnenwateren en door de lucht in het totale goederenvervoer in de EU was respectievelijk 24,6%, 5,4%, 1,9% en 0,2%. In België daarentegen werden de meeste tonkilometers geregistreerd over de weg, met een aandeel van ongeveer 47%. Tonkilometer is een meeteenheid waarbij gewicht en afstand gecombineerd worden (*Mobility*, 2023). Zo is bijvoorbeeld 2 ton vervoeren over een afstand van 2 kilometer goed voor 4 tonkilometer. De toonaangevende wegtransport- en logistieke bedrijven in België qua omzet zijn H.Essers, die de meeste omzet genereerde met een omzet van ongeveer 225 miljoen euro in 2017. Daarna volgde Sarens, met een omzet die iets minder dan 130 miljoen euro bedroeg. Het aandeel van het vrachtvervoer over de binnenwateren neemt de tweede plaats in en bedraagt ongeveer 38%. Verder liggen het aantal tonkilometers van het vervoer per spoor en over de binnenwateren dicht bij elkaar, respectievelijk met een aandeel van ongeveer 6,8% en 7,5%. Net zoals in elk ander Europees

land, is het vrachtvervoer door de lucht in België het minst prominent aanwezig (ongeveer 0,7%). In 2020 bezorgden de Duitse pakketbezorgdiensten meer dan 3,8 miljard pakketten in het hele land, waarmee het de grootste in Europa is. België stond op de negende plaats met meer dan 134 miljoen pakjes die werden geleverd, terwijl het binnenlandse pakketverkeer in Nederland het viervoudige was van dat in België. In het voorbije decennium (2010-2020) is het totale volume en bijgevolg de totale inkomsten van pakket- en expresdiensten in België per jaar exponentieel gestegen. In 2020 genereerden pakket- en expresdiensten in België meer dan 1,8 miljard euro aan inkomsten, een stijging van ongeveer 401 miljoen euro ten opzichte van 2011. In datzelfde jaar bedroeg het totale pakketverkeer in het land 336 miljoen stuks. Van de 336 miljoen stuks, is 41% toe te wijden aan binnenlands pakketverkeer, 32% aan internationaal, inkomend pakketverkeer en 27% aan internationaal, uitgaand pakketverkeer. De jaarlijkse stijging kan deels verklaard worden door de e-commerce markt, die de afgelopen jaren een gestage groei heeft doorgemaakt, van ongeveer acht miljard euro in 2015 tot meer dan 12 miljard euro in 2021. In dezelfde geest heeft België een aanzienlijke toename gezien van internetshoppers over het laatste decennium, gebruikt door twee derde van de bevolking in 2021. Dit is een verdubbeling ten opzichte van tien jaar geleden. Naarmate meer en meer Belgen overgingen op online winkelen, nam niet alleen het aandeel van e-commerce in de detailhandel in België in de loop van de periode toe maar ook het aantal *parcel shops and points*. De grootste postbedrijven in termen van het aantal *parcel shops and points* zijn bpost, Mondial Relay, DHL, GLS, UPS, DPD en PostNL, waarbij bpost het dubbel aantal *parcel shops and points* heeft dan de tweede en derde samen. Hoewel bpost een recordaantal opbrengsten boekte in 2021, circa 4,2 miljard euro, was de nettowinst (250 miljoen euro) 100 miljoen euro minder dan in 2016. Mogelijk zou dit te maken hebben met investeringen in innovatie.

Uit het onderzoek van De Doncker (2017) bleek dat goederenvervoer over de weg en de post- en koeriersactiviteiten in 2015 de grootste bijdrage leverden aan de toegevoegde waarde van de transport- en opslagsector, respectievelijk met 3,3 miljard euro (27,7%) en 1,8 miljard euro (14,9%). In deze bedrijfstakken bedroeg de directe werkgelegenheid respectievelijk ongeveer 47.000 voltijds equivalenten (35,1%) en 26.000 voltijds equivalenten (19,4%). Goederenvervoer per spoor en goederenvervoer over binnenvaart hadden respectievelijk een toegevoerde waarde van 86,8 miljoen euro (0,7%) en 61,2 miljoen euro (0,5%). In deze bedrijfstakken bedroeg de directe werkgelegenheid respectievelijk ongeveer 1310 voltijds equivalenten (1%) en 305 voltijds equivalenten (0,4%). Qua investering trekt het goederenvervoer over de weg de kar met ruwweg 650 miljoen euro (22,1%).

De logistieke sector in het Vlaamse Gewest leverde in 2020 een toegevoegde waarde van 10,9 miljard euro op (*Toegevoegde waarde van logistieke sector, 2023*). De bedrijven die betrokken zijn bij het vervoer van goederen zijn verantwoordelijk voor 4,5% van de totale toegevoegde waarde in het Vlaamse Gewest. In het jaar 2020 was de logistieke sector in het Vlaamse Gewest verantwoordelijk voor 4,4% van de totale werkgelegenheid, wat overeenkomt met 127.080 personen (*Werkgelegenheid in de logistieke sector, 2022*).

### 2.3. Productiviteit

Om de prestatie van een bedrijf te weten te komen, wordt vaak gekeken naar diens winst of omzetgroei. Maar, net zoals in de paper van Tosun et al. (2020) ligt de focus van deze studie op een andere maatstaf, namelijk de productiviteit. De relatie tussen de output en input van een organisatie wordt productiviteit genoemd. Het drukt uit hoe het gebruik van verschillende hulpbronnen, zoals energie, kapitaal en informatie, kan worden gemaximaliseerd. Aan de andere kant verwijst output naar het geproduceerde product, terwijl input de gebruikte bron is.

Rusli et al. (2022) stellen dat efficiëntie en productiviteit belangrijke aspecten zijn van economische prestaties van bedrijven. Twee van de meeste populaire methoden om efficiëntie en productiviteitsgroei te meten zijn respectievelijk het *epsilon-based measure* (EBM) model en de Malmquist *productivity index* (MPI). Maar productiviteit mag niet verward worden met efficiëntie aangezien ze een verschillende betekenis hebben. Bij efficiëntie gaat het om de resultaten en de gevolgen daarvan, terwijl productiviteit gericht is op input en output en het correct uitvoeren van productieprocessen. Haynes (2007) beschreef efficiëntie dan weer als de verhouding van de verwachte middelen tot de gebruikte en productiviteit als de verhouding tussen output en input gemeten door enkele kostenwaarden zoals bijvoorbeeld arbeidskosten. Volgens Syverson (2011) betekent productiviteit de efficiëntie waarmee input wordt omgezet naar output.

Productiviteitsmaatstaven die slechts met één factor rekening houden, tonen de geproduceerde output per eenheid van een individuele input. De meest typische indicator is de arbeidsproductiviteit, maar af en toe worden kapitaal- of zelfs materiaalproductiviteitsindicatoren gebruikt. Voor arbeid is er de keuze of het aantal werknemers moet worden gebruikt, of het aantal werknemersuren. Kapitaal wordt doorgaans gemeten gebruikmakend van de boekwaarde van het bedrijf. Vanwege de gebruiksintensiteit van de uitgesloten inputs is het beter om te werken met de totale factorproductiviteit (TFP), ook wel multifactorproductiviteit genoemd. Dit wordt meestal gemeten als de verhouding tussen de totale output en de totale input. Met dezelfde set waarneembare inputs zullen bedrijven met een hogere TFP meer output genereren dan bedrijven met een lagere TFP. De meest gebruikelijke formulering van een productiefunctie, waarbij output het resultaat is van een functie van waarneembare inputs en een factorneutrale (of Hicks-neutrale) shifter, is waar TFP het duidelijkst zichtbaar is:  $y_t = A_t * F(K_t, L_t)$ , waar  $y$  de output is,  $F()$  een functie is van de waarneembare inputs arbeid en kapitaal ( $K_t, L_t$ ), en factor-neutrale shifter  $A$ . De TFP is  $A_t$  in dit soort formulering. Het registreert outputvariëaties die niet worden verklaard door veranderingen in de waarneembare inputs. Om de TFP-meting output-input ratio te construeren, moeten de inputs op de juiste manier gewogen zijn bij het construeren van een inputindex. Het exacte gewicht is makkelijker te zien wanneer de productiefunctie Cobb-Douglas is:

$$TFP_t = A_t = \frac{Y_t}{K_t^{\alpha_k} L_t^{\alpha_l} M_t^{\alpha_m}} .$$

Daarnaast kan ook gekeken worden naar de TFP-groei, oftewel de outputgroei die niet verklaard kan worden door de groeipercentages in de traditionele inputs arbeid en kapitaal volgens Mohnen et al. (2019).

Productiviteit kan zowel van binnenin het bedrijf beïnvloed worden als door externe factoren. Externe factoren, zoals elementen van de markt of de industriële omgeving, zijn factoren die van buitenaf productiviteitsveranderingen kunnen teweegbrengen. Interne factoren zijn factoren die een directe invloed kunnen hebben op de productiviteit vanwege managementacties. Volgens Syverson (2011) zijn er een aantal omgevingsfactoren die het productiviteitsniveau en -groei kunnen beïnvloeden. Zo kunnen er productiviteit *spillovers* ontstaan wanneer bijvoorbeeld kennis opgebouwd uit R&D, die geleid heeft tot innovaties of productiviteitsverhogende praktijken bij een bedrijf, als het ware overgenomen wordt door een ander bedrijf. Deze overloop verbetert de prestaties van het profiterende bedrijf zonder dat het profiterende bedrijf hiervoor een (volledige) compensatie hoeft te betalen. Daarom bestaan patenten en auteursrechten, die bedrijven in staat stellen hun nieuwe kennis vast te leggen en te voorkomen dat concurrenten er onmiddellijk gebruik van kunnen maken (de Nooij en Poort, 2005). Maar het is belangrijk dat beleid, dat bedoeld is om deze overloopeffecten te stimuleren, ervoor zorgt dat de prikkels van bedrijven om zich te ontwikkelen niet worden ondermijnd. Dergelijk beleid, ook wel slimme specialisatiestrategie<sup>2</sup> genoemd, wordt toegepast in innovatieve logistieke clusters, waar samenwerkingsverbanden ontstaan tussen bedrijven met verwante en dienstverlenende activiteiten. Dit kan, naast kennisoverloop, leiden tot kostenvoordelen, productiviteitsstijging, specialisatie, flexibiliteit en meer innovatie (Vanoutrive et al., 2014). Overloopbevorderende regelgeving zou uiteindelijk meer kwaad dan goed kunnen doen als ze het bedrijven te moeilijk maken om de vruchten van hun innovatie te plukken. Andere externe factoren zijn competitie, (de)regulatie en flexibele inputmarkten. Hoewel deze externe factoren misschien niet direct van invloed zijn op de productiviteit, kunnen ze wel van invloed zijn op de motivatie van het management om interne factoren toe te passen (Syverson, 2011).

Er zijn volgens Syverson (2011) ook voor het management van een bedrijf een aantal manieren om de productiviteit te beïnvloeden. Hij stelt overigens dat meerdere mechanismen samen kunnen werken. Een eerste factor is het talent van de manager zelf en de kwaliteit van diens praktijken. Hoewel het moeilijk is om deze factor te meten, stellen Bloom en Van Reenen (2007) vast dat managementpraktijken een statistisch significante invloed hebben op TFP. Of dit verband causaal zou zijn, blijft voorlopig een vraagteken. Daarnaast merken ze ook op dat intense competitie in de markt waarin het bedrijf actief is positief gecorreleerd is met kwaliteitsvolle managementpraktijken in een bedrijf. Een tweede factor is de kwaliteit van arbeid en kapitaal. Andere factoren zijn: informatietechnologie (IT), R&D, *learning-by-doing*, innovatie en structuurbeslissingen. Soms kan een bepaalde factor niet de hoeveelheid output per eenheid input verhogen, maar wel de kwaliteit van een product (of proces) en bijgevolg de gemiddelde productprijs van een bedrijf of de bedrijfsopbrengsten per eenheid input. Productiviteitsmetingen in termen van fysieke outputeenheden zouden in dat geval het gerealiseerde surplus niet nauwkeurig weergeven. Vanwege het feit dat dit soort productiviteitsverhoging zou worden weerspiegeld in inkomsten in plaats van fysieke hoeveelheden, vormt de beperking van de meeste datasets op producentenniveau tot op inkomsten gebaseerde outputstatistieken in dit geval geen meetbarrière.

---

<sup>2</sup> 'Slimme specialisatie' betekent dat het innovatie- en transformatiebeleid in een regio de middelen focust op een beperkt aantal toekomstgerichte activiteiten in nieuwe waardeketens, waarin deze regio specifieke sterkten heeft.

## 2.4. Innovatie

Innovatie is een risicovolle, onzekere en kostbare activiteit, die niet zomaar kan worden genegeerd vanwege enerzijds de concurrentiedruk en anderzijds opportuuniteten om als bedrijf te groeien. Wanneer bedrijven efficiënter produceren door middel van nieuwe processen of technologieën, zullen ze aantrekkelijker worden voor klanten en een positieve verandering in gang zetten. Concurrenten die hun positie willen behouden, zullen ook beginnen te innoveren om bij te blijven (Roper et al., 2008; Vanoutrive et al., 2014).

Om innovatie te verwezenlijken, moet er eerst geïnvesteerd worden en dit kan op verschillende manieren gebeuren. Volgens Mohnen et al. (2019) bestaan er drie soorten investeringen die tot innovatie kunnen leiden: investeringen in informatie- en communicatietechnologie (ICT), investeringen in onderzoek en ontwikkeling (R&D) en investeringen in organisatorische innovatie. Hoewel sceptici vinden dat de economische voordelen van ICT van korte duur zijn, is er dankzij ICT in de laatste dertig jaar een enorme groei ontstaan in de economie en in de arbeidsproductiviteit (Jorgenson et al., 2008). Investeringen in ICT kunnen niet alleen leiden tot technologische innovaties, maar ook tot verandering in de organisatie door de manier van werken aan te passen aan een nieuwe ICT-toepassing. Verder kan R&D gezien worden als een voorbeeld van technologische innovatie en organisatorische verandering als een voorbeeld van niet-technologise innovatie. In het algemeen wordt vaak gekeken naar de uitgaven aan R&D als maatstaf voor innovatie-input.

Innovatie bestaat uit verschillende stappen, die aan elkaar gelinkt zijn in de *innovation value chain* (IVC) (Roper et al., 2008). De eerste stap is het verzamelen van diverse vormen van kennis die nodig zijn voor innovatie. Hierbij kan het gaan om eigen R&D-activiteiten ter aanvulling of vervanging van externe kennisbronnen<sup>3</sup>. Daarna moeten bedrijven de verworven kennis omzetten naar de werkelijke innovatie. Deze transformatie kan gemodelleerd worden aan de hand van de innovatieproductiefunctie benadering, die kennisinput koppelt aan innovatieoutput. In lijn met open innovatiemodellen mag aangenomen worden dat innovatie-outputs van bedrijven een mix zijn van kennis die intern is gegenereerd door middel van R&D en externe kennisbronnen. De karakteristieken, de voorkennis en de managementcapaciteiten van het bedrijf spelen een belangrijke rol in de efficiëntie van de omzetting van deze kennis naar innovatieve producten of productietechnieken, organisatorische- en marketinginnovatie. De laatste link in het IVC betreft de exploitatie van de innovaties van bedrijven, gemodelleerd aan de hand van een *augmented* productiefunctie benadering.

### 2.4.1. Definitie innovatie

Het Oslo-handboek, de belangrijkste internationale bron van richtlijnen voor het verzamelen en gebruiken van gegevens over innovatieactiviteiten in de industrie, gebruikt vier innovatiecategorien om innovatie te definiëren: productinnovaties, procesinnovaties, organisatorische innovaties en marketinginnovaties. Productinnovaties zijn nieuwe producten of diensten, of significante

---

<sup>3</sup> Voorbeelden van externe kennisbronnen zijn: voorwaartse relaties met klanten, achterwaartse koppelingen naar leveranciers of externe adviseurs, horizontale relaties met concurrenten of via joint ventures en relaties met universiteiten of andere openbare onderzoekscentra.



verbeteringen van reeds bestaande producten of diensten. Procesinnovaties zijn nieuwe of significante verbeteringen in productie- of leveringsmethoden. Organisatorische innovaties zijn veranderingen in handelspraktijken, in de organisatie van werkplekken of in de externe zakenrelaties van het bedrijf. Marketinginnovaties zijn veranderingen in productontwerp, verpakking, plaatsing, promotie of prijsstelling (OECD/Eurostat, 2005). Een bedrijf is innovierend indien het minstens één soort innovatie heeft geïntroduceerd in de beschouwde periode. De definitie van een innovatief bedrijf kan eigenlijk ook worden uitgebreid tot bedrijven die de innovatie nog niet hebben aangenomen, maar tevergeefs hebben geprobeerd dit te doen of daarmee bezig zijn. In 2018 kreeg het Oslo-handboek een update waarbij het concept van "innovatie van bedrijfsprocessen" geïntroduceerd werd. Dit nieuwe concept combineert nu de begrippen (technologische) procesinnovatie, organisatorische en marketinginnovatie omdat deze vaak samen voorkomen en conceptueel overlappen. Dit is onder andere het geval bij bepaalde managementpraktijken die vaak leiden tot herzieningen van productieprocessen (OECD/Eurostat, 2018). Nieuw wordt gedefinieerd als substantieel verbeterd of volledig nieuw, en een nieuw product kan nieuw zijn enkel voor het bedrijf of ook nieuw voor de markt. Zo kan meer radicale innovatie onderscheiden worden van imitatie. Zoals aangegeven in het Oslo-handboek kunnen de grenzen van deze definities voor discussie vatbaar zijn. Zo geven de Nooij en Poort (2005) het voorbeeld van internetbankieren. Enerzijds kan het worden gezien als de introductie van een nieuw product, omdat klanten nu op elk moment hun bankzaken kunnen regelen zonder naar een bankkantoor te hoeven gaan. Anderzijds kan het worden gezien als procesinnovatie, omdat de klant nu zelf sommige delen van het proces uitvoert en de interne processen van de bank zijn veranderd, terwijl het geld nog steeds wordt overgemaakt.

#### 2.4.2. *Community Innovation Surveys (CIS)*

Naast R&D-uitgaven, zijn patenten en de resultaten van innovatie-enquêtes andere conventionele maatstaven voor het meten van innovatie-inspanningen die op grote schaal worden gebruikt (Mairesse en Mohnen, 2010). In deze studie ligt de focus niet op patenten, maar op innovatie-enquêtes onder de naam *Community Innovation Surveys (CIS)*, gebaseerd op het Oslo-handboek (2018). In alle landen uit de Europese Unie wordt om de twee jaar de CIS-bevraging uitgevoerd. Deze enquêtes bieden zowel kwalitatieve als kwantitatieve informatie over innovatie-inspanningen en de effectieve toetreding van verschillende soorten innovatie tot de markt. Statistici en beleidsbewakers gebruiken ze op grote schaal om innovatieprestaties te benchmarken en te volgen, terwijl economen en econometristen ze gebruiken om de oorzaken en gevolgen van innovatie te onderzoeken en te evalueren. Daarnaast geven verschillende variabelen een inkijk in de strategische beslissingen van een bedrijf. Vroeger werden deze enquêtes enkel uitgevoerd in de productiesector, maar tegenwoordig gebeurt dit ook in dienstensectoren, zoals de logistieke sector. De innovatie-enquêtes verzamelen gegevens op bedrijfsniveau over innovators en niet-innovators, waarbij innovators worden gedefinieerd als ondernemingen die gedurende een bepaalde periode, meestal de afgelopen drie jaar, een nieuw product of een nieuw proces hebben geïntroduceerd, of op zijn minst hebben geprobeerd of daar nog mee bezig zijn. Verder kan het nastreven van innovatieactiviteiten zoals R&D, het verwerven van externe expertise, training voor nieuwe goederen en processen en het op de markt brengen ervan worden gebruikt om innovatie aan de inputzijde te kwantificeren.

Uit de innovatie-enquête kunnen verschillende maatstaven afgeleid worden zoals dummyvariabelen die aangeven of een bedrijf innoverend is, innovatieve verkoop (het aandeel in de verkoop van innovatieve producten) en innovatie-uitgaven. Het nadeel van een dummyvariabele, meestal gebruikt om proces-, organisatorische en marketinginnovatie te meten, is dat het de omvang of intensiteit van innovatie onvoldoende meet. Bovendien, door naar verschillende bedrijfsgroottes te kijken, wordt de verkeerde indruk gewekt dat grotere bedrijven innovatiever zijn, terwijl in werkelijkheid grotere bedrijven meer geneigd zijn zich bezig te houden met een breder scala aan activiteiten, waardoor de kans groter is dat ze in tenminste één geval innoveren. Beweringen zoals 'grote ondernemingen zijn innovatiever dan kleine', kunnen dus niet worden gemaakt met deze variabele (Hall, 2011). Daarom gebruikt men vaker de innovatieve verkoop als innovatiemaatstaf, maar deze maatstaf is echter alleen van toepassing op producten en diensten en kan niet gebruikt worden voor het vastleggen van organisatorische of procesinnovatie (Mohnen en Hall, 2013).

Een probleem met de subject-methode, dit wil zeggen het verzamelen van informatie op bedrijfsniveau, inclusief al haar innovatieve resultaten en activiteiten, is dat het alle innovatie-initiatieven van een bedrijf samenvoegt, waarvan sommige zeer succesvol zijn, sommige minder succesvol en sommige helemaal niet, in tegenstelling tot de objectbenadering, die informatie over specifieke innovatieprojecten verzamelt. Een ander probleem is dat, hoewel in het Oslo-handboek gedefinieerd wordt wat nieuw of verbeterd is, variabelen subjectief beoordeeld worden door de respondenten wat de kwaliteit van de variabelen beïnvloedt.

#### 2.4.3. Innovatie in de logistieke sector

Deze paragraaf bespreekt een aantal voorbeelden van (proces)innovatie in de logistieke sector, die een belangrijk rol spelen in de verhoging van de productiviteit van arbeid en kapitaal. Een eerste voorbeeld is de implementatie van geautomatiseerde systemen. In de huidige wereld van snel veranderende klantvraag, kleine internetbestellingen, strakke leveringsschema's, hoge concurrentie en hoge servicelevel-eisen worden geautomatiseerde opslag- en ophaalsystemen veel gebruikt in distributieomgevingen. Een geautomatiseerd opslag- en ophaalsysteem wordt namelijk gebruikt om producten op te slaan en op te halen uit de rekken in reactie op klantorders. Het systeem bestaat meestal uit stellingen die worden bediend door kranen die door gangpaden tussen de stellingen rijden zonder tussenkomst van een operator. Het gebruik van AS/RS-systemen heeft verschillende voordelen ten opzichte van niet-geautomatiseerde systemen. Voorbeelden hiervan zijn besparingen op arbeidskosten en vloeroppervlak, verhoogde betrouwbaarheid en verminderde foutenpercentages. De hoge investeringskosten daarentegen zijn een nadeel hiervan (Roodbergen en Vis, 2009). Een ander voorbeeld is het gebruik van drones en autonome voertuigen. Logistieke dienstverleners zijn op zoek naar oplossingen om de steeds groter wordende hoeveelheid bezorgde pakketten, in combinatie met hogere eisen aan kwaliteit en service, zoals snelle leveringen en retourzendingen, te blijven garanderen. Dit leidt namelijk tot hogere kosten voor logistieke bedrijven. Daarnaast rijden er vaak talloze bestelbusjes van verschillende bedrijven in stedelijke gebieden die enerzijds soms dubbel geparkeerd staan en het verkeer verstoren, en anderzijds leiden tot een hogere uitstoot van broeikasgassen en een negatieve impact op het milieu. Eén van de oplossingen voor het *last-mile delivery* probleem is het gebruik van drones of autonome bezorgvoertuigen. Meer

bepaald gaat het over onbemande, zelfrijdende (meestal elektrische) voertuigen, zoals kleine auto's, drones of robots. Hoewel er nog geen wetgeving bestaat in verschillende landen met betrekking tot volledig autonome voertuigen en er twijfels zijn over hun vermogen om veilig om te gaan met onvoorspelbare situaties, zijn er al daadwerkelijk geïmplementeerde onbemande concepten zoals het elektrische bezorgvoertuig R1 van Nuro in de Verenigde Staten en de mobiele robots van Starship in het Verenigd Koninkrijk (Behnke, 2019). Een onderneming kan ook opteren voor de implementatie van RFID-technologie. Radiofrequentie-identificatie (RFID) is een technologie voor automatische identificatie en gegevensverzameling. Het bestaat uit drie componenten: een *tag* met een chip en antenne, een lezer die radiosignalen uitzendt en antwoorden ontvangt van *tags*, en een tussenlaag die de RFID-hardware verbindt met bedrijfstoepassingen. Door gebruik te maken van radiogolven maakt RFID *real-time* communicatie op afstand mogelijk met meerdere objecten tegelijk. Deze geavanceerde identificatie- en communicatiemogelijkheden van RFID kunnen niet alleen de traceerbaarheid en zichtbaarheid van producten binnen *supply chains* verbeteren, maar ook de nauwkeurigheid, efficiëntie en snelheid van verschillende processen verhogen. Het heeft ook het potentieel om kosten te verlagen die gepaard gaan met opslag, behandeling en distributie, terwijl tegelijkertijd de verkoop wordt verbeterd door het verminderen van voorraadtekorten. De bijdrage van RFID aan supply chains gaat verder dan alleen efficiëntieverbeteringen en ondersteunt de herorganisatie van systemen die efficiënter worden (Sarac et al., 2010).

#### 2.4.4. Innovatie leidt tot meer innovatie

Vaak zijn meerdere soorten innovatie tegelijkertijd nodig bij veranderingen. Bijvoorbeeld, het produceren van een nieuw product vereist vaak aanzienlijke aanpassingen aan het productieproces, terwijl investeringen in nieuwe procestechnologie vaak ook een reorganisatie van het werk binnen de onderneming met zich meebrengen om de nieuwe technologie optimaal te kunnen benutten (de Nooij en Poort, 2005; Mohnen en Hall, 2013). Martínez-Ros en Labeaga (2009) onderzochten de rol van persistentie in de beslissing van bedrijven om product- en procesinnovaties door te voeren en te ontwikkelen. Persistentie wordt gedefinieerd als het vermogen van een bedrijf om kennis te vergaren en te assimileren bij het aangaan van hetzelfde innovatietype. Ze concludeerden dat persistentie de belangrijkste factor is voor huidige innovatiebeslissingen en dat de introductie van een alternatieve innovatie de kans op innovatie met 2 tot 4% verhoogt. Dit toont (nog maar eens) aan dat complementariteit tussen innovaties belangrijk is bij de beslissing om door te gaan met innoveren, ook al is het blijven bij hetzelfde innovatietype nog steeds de belangrijkste drijfveer. Mogelijke redenen waarom innovatie tot meer innovatie leidt, zijn investeringsredenen of om het marktimage te verbeteren. Bedrijven die consequent innoveren, creëren routines, synergieën en competenties binnen hun teams van mensen en afdelingen die succespercentages verhogen en nieuwe uitvindingen aanmoedigen. Dankzij de ontwikkeling van innovatie-enquêtes die gegevens verzamelen over een aantal bedrijfskenmerken, kunnen de verschillen tussen organisaties die innoveren en organisaties die dat niet doen, en om de belangrijkste drijfveren van hun verschillende innovatieactiviteiten te identificeren, onderzocht worden.

#### 2.4.5. Rol van de overheid

De studie van Smits et al. (2006) benoemt drie types van innovatie: innovatie van producten en diensten, innovatie van processen en structurele innovatie. De overheid heeft grotendeels de verantwoordelijkheid voor structurele innovatie. Product- en procesinnovatie worden als prioriteiten beschouwd, structurele innovatie als kritische randvoorwaarde. Het is aan de overheid om een gunstig klimaat te creëren voor innovatie, zodat Vlaanderen innovatief kan blijven. Hierbij moet ook aandacht gegeven worden aan kleine KMO's, die niet voldoende bezig zijn met het implementeren van innovatieve concepten en technologieën, deels vanwege een gebrek aan middelen en deels vanwege een gebrek aan kennis en begrip van de kansen die dit biedt. Als de overheid zich bewust zou maken van de innovatieve ontwikkelingen binnen KMO's, zouden deze bedrijven de vernieuwende trends sneller kunnen oppakken. Anders lopen deze kleine logistieke bedrijven op termijn het risico te worden bedreigd. Tot slot geven ze ook aan dat innovatie alleen kan leiden tot economische groei en werkgelegenheid als de drie soorten innovatie harmonieus en tegelijkertijd aanwezig zijn.

## 2.5. Link innovatie en productiviteit

Volgens Hall (2011) innoveren bedrijven om de productiviteit te verhogen en de producten en diensten die ze aanbieden te verbeteren, wat de vraag zal stimuleren en de productiekosten zal verlagen. Daarnaast zullen innovatieve bedrijven waarschijnlijk meer uitbreiden dan andere, en zullen nieuwkomers met superieure goederen waarschijnlijk oude, ineffectieve bedrijven verdringen, wat leidt tot een stijging van de algehele productiviteitsniveaus. De institutionele en macro-economische context waarin de ondernemingen opereren, heeft in beide omstandigheden invloed op de link tussen innovatie en productiviteit. Een bedrijf kan overigens verschillende innovatiestrategieën tegelijkertijd hanteren (Polder et al., 2009). Bijvoorbeeld, Polder et al. (2010) stelden vast dat product- en organisatorische innovatie complementen zijn, terwijl proces- en organisatorische innovatie substituten blijken te zijn. Met complementen wordt bedoeld dat het uitvoeren van één soort innovatie het rendement doet toenemen van het uitvoeren van de andere innovatie. Uit de resultaten blijkt dat de drie soorten investeringen complementair zijn, in de zin dat ze elkaar versterken in het doen toenemen van de TFP-groei en bijgevolg dat de kans om in de ene te investeren de kans vergroot om in de andere te investeren, omdat gezamenlijke investeringen leiden tot een grotere TFP-groei dan afzonderlijke investeringen.

Zoals eerder aangehaald kunnen niet-technologische innovaties, zoals aanpassingen aan organisatiestructuren of marketingstrategieën, onderscheiden worden van technologische innovaties, die de vorm aannemen van nieuwe goederen, diensten of processen. Innovatie is een cruciaal onderdeel van economische vooruitgang, aangezien het de productiviteitsgroei of TFP-groei positief kan beïnvloeden. Om te weten in welke mate een bedrijf bezig is met innovatie, kijkt men vaak naar diens R&D-uitgaven (de Nooij en Poort, 2005; Hall, 2011). Nochtans bestaan de innovatie-uitgaven van een innovatief bedrijf uit meerdere kosten zoals de latere fasen van ontwikkeling en testen die geen deel uitmaken van R&D, kapitaaluitgaven in verband met de introductie van nieuwe processen, marketinguitgaven gerelateerd aan nieuwe producten, bepaalde soorten training van werknemers, uitgaven voor ontwerp en technische specificaties enzovoort (Hall, 2011). Naast de zojuist genoemde inputzijde van innovatie, kan innovatie ook gemeten worden door diens output. De outputzijde omvat nieuwe producten of processen die met succes zijn geïntroduceerd, met als gevolg winst- of efficiëntieverhogingen. Een andere veelgebruikte alternatieve output van innovatie zijn patenten, die als formeel middel worden gebruikt om intellectuele eigendomsrechten in verband met uitvindingen te beschermen. Mohnen en Hall (2013) bespreken hoe innovatie de productiviteit van een bedrijf kan beïnvloeden. De introductie van een nieuw product op de markt genereert een nieuwe bron van vraag, wat kan leiden tot schaalvoordelen bij de productie of tot een verbeterde productiviteit omdat de productie ervan minder inputs vereist dan een oud product. Een nieuw product kan natuurlijk de winst, gemaakt van het produceren van een oud product, afsnoepen wanneer het nieuwe product het oude product vervangt en verdrijft van de markt. Het is ook mogelijk dat naarmate het bedrijf de leercurve aflegt, de productiviteit aanvankelijk afneemt en vervolgens toeneemt. Het kan dus beide kanten op. Bij een procesinnovatie wordt een duidelijke, positieve invloed op de productiviteit voorspeld, omdat er vaak nieuwe methoden worden geïntroduceerd om de productiekosten te verlagen door een deel van de duurdere inputs (meestal arbeid) te besparen. Naast directe effecten op de productiviteit kunnen innovaties ook indirecte effecten hebben,

bijvoorbeeld wanneer een initiële productiviteitsverbetering leidt tot een prijsverlaging, die bij een voldoende prijsafhankelijke vraag leidt tot een meer dan evenredige stijging van de afzet, wat kan leiden tot aanvullende productiviteitsverbeteringen in aanwezigheid van schaalvoordelen. Het bedrag waarmee verlagingen van de eenheidskosten worden omgezet in prijsverlagingen wordt bepaald door het concurrentievermogen van de markt, wat een functie kan zijn van hoe waardevol de innovatie is. Het is aannemelijk dat bedrijven zich niet beperken tot het uitvoeren van één soort innovatie, maar een combinatie van twee of meer soorten innovaties. Het produceren van een nieuw product zou een nieuw of verbeterd proces vereisen of een nieuw productieproces kan op zijn beurt de productiviteit alleen verhogen als ze gecombineerd wordt met een reorganisatie van het werk. In deze gevallen is er dus sprake van complementariteit. Zoals vermeld in de paper van Mohnen et al. (2019) kan het ook interessant zijn om het effect van de verschillende combinaties te beschouwen, bijvoorbeeld enkel bedrijven die aan product- en procesinnovatie doen, of enkel aan proces- en organisatorische innovatie op de TFP(-groei). Zo kan men nagaan of investeren in één bepaalde innovatie de investering van een andere innovatie versterkt zodat het gezamenlijke effect op TFP groter is dan het individuele effect.

Mohnen et al. (2019) onderzochten of de drie verschillende types investeringen een invloed hebben op TFP. Verschillende empirische studies hebben reeds aangetoond dat investeringen in ICT en veranderingen in de organisatie en werkpraktijken ten gevolge van ICT-toepassingen bijdragen aan de productiviteitsgroei van bedrijven. Desondanks is er weinig bewijs dat R&D en ICT, of ICT en technologische vooruitgang in de vorm van product- en procesinnovatie, elkaar aanvullen. Uit Duitse onderzoeken (Cerquera en Klein, 2008; Engelstätter, 2012) blijkt dat ICT gekoppeld is aan een toename van productiviteitsvariëteit, waardoor bedrijven aangemoedigd worden om te investeren in R&D en dat verschillende vormen van software een goede impact hebben op product- en procesinnovatie. Daarnaast ontdekten Polder et al. (2010) dat investeringen in informatietechnologie de innovatie-output, zoals gemeten door patenten, verbeteren, en dat ICT-investeringen cruciaal zijn voor alle vormen van innovatie in dienstensectoren, maar een beperkt effect hebben in productiesectoren.

De paper van Huergo en Jaumandreu (2004) onderzocht het effect van procesinnovatie op de productiviteitsgroei van productiebedrijven. Ze stelden vast dat innovatie een duidelijke hedendaagse impact heeft op de productiviteitsgroei met ongeveer 1,5% en deze positieve effecten zouden nog drie jaar aanhouden met een lagere gemiddelde waarde van 0,7%. De positieve effecten lijken echter ook te worden gevolgd door nog drie jaar waarin, indien geen andere innovatie wordt geïntroduceerd, de groei van de bedrijfsproductiviteit lager is dan de gemiddelde groei. De onderzoekers stellen overigens vast dat nieuwe bedrijven hogere productiviteitsgroeipercentages hebben, die in de loop van de tijd convergeren naar gebruikelijke groeipercentages. Procesinnovatie daarentegen zorgt op elk moment in dit proces zeker voor verdere productiviteitswinst. In verschillende onderzoeken (Janz et al. 2003; Lööf en Heshmati, 2006; van Leeuwen en Klomp, 2006; Criscuolo, 2009) werd daarentegen een significant negatief effect van de dummy variabele procesinnovatie op de arbeidsproductiviteit vastgesteld.

Volgens het onderzoek van Doraszelski en Jaumandreu (2009) lijkt R&D verantwoordelijk te zijn voor een aanzienlijk deel van de productiviteitsstijging. Ze ontdekken ook dat er op bedrijfsniveau veel meer onzekerheid bestaat over de resultaten van R&D dan over het rendement op fysieke kapitaaluitgaven. Sterker nog, volgens hun voorspellingen verdubbelt investeren in R&D bijna de mate van onzekerheid over hoe het productiviteitsniveau van een bedrijf zich zal ontwikkelen. R&D is natuurlijk één van de meer zichtbare aspecten van de algehele inventieve inspanningen van bedrijven. Veel bedrijven innoveren processen en producten zonder hun R&D-uitgaven expliciet bekend te maken. Dit beperkt het vermogen van de literatuur om een alomvattend beeld te geven van relaties tussen productiviteit en innovatie.

De innovatie-enquête CIS is reeds gebruikt om het effect van innovatie op een bepaalde outputvariabele, zoals productiviteit (sgroei), te onderzoeken. Verschillende onderzoeken, waaronder Blundell et al. (1999) geven aan dat de grootte van het bedrijf een belangrijke rol speelt in de neiging om te innoveren. Hoewel innovatieve activiteiten vaker voorkomen bij grote bedrijven, groeit de innovatie-output niet evenredig met de totale omzet. Daarnaast innoveren gevestigde bedrijven meer, niet omdat ze de middelen hebben om de innovaties te financieren, maar eerder omdat ze meer te verliezen hebben door niet te innoveren dan nieuwere bedrijven. R&D-inspanning, met name de praktijk van continue R&D, is de meest genoemde substantiële verklaring voor innovatie-output. Vrijwel alle onderzoeken (Brouwer en Kleinknecht, 1996; Crépon et al., 1998; Mohnen en Dagenais, 2002; Raymond et al., 2006) hebben aangetoond dat deze variabele belangrijk en gunstig is voor innovatie.

## 2.6. Hypothese

Mijn hypothese is gebaseerd op de resultaten uit de literatuurstudie en de voorop gelegde doelstellingen van verschillende instellingen, dat ondernemingen meer moeten investeren in innovaties om competitief te blijven. De verwachting is dat ondernemingen, die investeren in R&D en innovaties invoeren, betere prestaties realiseren. Daarom stel ik de volgende hypothese op.

Ik onderzoek de invoering van een procesinnovatie de arbeidsproductiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector heeft verhoogd. Als ondernemingen zich bezig houden met innovatieactiviteiten, wordt er verwacht dat ondernemingen productiever zullen zijn. Mijn hypothese is dus als volgt:

**H<sub>0</sub>: De invoering van een procesinnovatie heeft de productiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector niet verhoogd.**

**H<sub>1</sub>: De invoering van een procesinnovatie heeft de productiviteit van Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector verhoogd.**



### 3. Empirisch onderzoek

#### 3.1. Dataverzameling

De gegevens die in deze studie worden gebruikt, bestaan uit gegevens van Vlaamse ondernemingen die binnen de sectie H 'Vervoer en opslag' behoren volgens de NACE-Bel-nomenclatuur. De gegevens van deze studie zijn afkomstig van de innovatievragenlijst *Community Innovation Survey (CIS)*, die om de twee jaar uitgevoerd wordt om innovatie-inspanningen van ondernemingen systematisch in kaart te brengen. De dataset telt 889 panelobservaties op bedrijfsniveau van 541 unieke ondernemingen uit drie opeenvolgende CIS, namelijk die van 2017, 2019 of 2021. Deze enquêtes bestrijken de periode van 2014 tot 2020. Niet elke onderneming in de dataset heeft de drie opeenvolgende CIS ingevuld, wat de dataset ongebalanceerd maakt. Van de 541 verschillende ondernemingen zijn er 112 die de drie opeenvolgende CIS hebben ingevuld, 124 die twee CIS hebben ingevuld en 305 die één CIS hebben ingevuld. Overigens is elke wave voor 33% van de totale dataset verantwoordelijk.

### 3.2. Dataverwerking

Na het verzamelen van de gegevens, werden de data in Excel verwerkt. Deze data werden omgevormd tot een longitudinale of panel database. Over de golven heen is er een *identifier* aangemaakt, waardoor hetzelfde bedrijf over de verschillende golven kan gevolgd worden. Die *identifier* wordt aangegeven in de variabele 'id'. De variabele 'wave' geeft de golf aan, dus wave 2017 is de CIS 2017, wave 2019 is de CIS 2019 en wave 2021 is de CIS 2021. Vooraleer ik de data kon analyseren, moest ik de data eerst nog harmoniseren. Dit komt onder meer doordat de definitie van verschillende variabelen verandert over de drie golven heen, en voor verschillende variabelen verandert ook de naamgeving. Dat betekent dat voor verschillende variabelen de gegevens voor bijvoorbeeld CIS 2017 in een andere kolom staan dan voor CIS 2021. Omdat deze studie enkel Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector betreft die als hoofdactiviteit instaan voor de levering of distributie van goederen en diensten, heb ik per afdeling de gegevens met betrekking tot het personenvervoer uit de dataset gefilterd. De overgebleven klassen zijn: 49.2, 49.41, 50.2, 50.4, 51.21, 52.1, 52.21, 52.22, 52.23, 52.24, 52.29 en 53.2. Verder werd er voor verschillende variabelen een eenvoudigere versie in de finale data opgenomen dan er in de innovatie-enquête opgenomen is. Vervolgens werd de database in SPSS geïmporteerd. Zoals eerder gezegd is de dataset ongebalanceerd, aangezien er ontbrekende waarden zijn in de variabelen voor verschillende bedrijven en jaren. Na een analyse van de ontbrekende waarden, merkte ik op dat enkel variabelen omzet en financiële steun hebben meer dan 5% ontbrekende waarden. Daarnaast is er een verband tussen variabelen omzet en personeelsaantal, en tussen variabelen omzet totale R&D in termen van *missing values*. Vervolgens heb ik elke observatie van onderneming, die in minstens vijf van de belangrijkste variabelen een ontbrekende waarde heeft op voorwaarde dat deze onderneming maar één wave CIS heeft ingevuld, verwijderd. Daarenboven heb ik elke onderneming, die in een bepaald jaar geen omzet of personeelsaantal heeft gegeven, verwijderd. SPSS laat toe om de overgebleven ontbrekende waarden weg te filteren waardoor deze waarden geen problemen vormen bij regressies en andere statistieken. De exploratieve, descriptieve en regressieanalyses zijn uitgevoerd via SPSS.

### 3.3. Meting en bespreking van variabelen

Om de vergelijkingen te specificeren, houd ik rekening met verschillende factoren die mogelijk van invloed zijn op enerzijds de relatie tussen R&D en innovatie-output en anderzijds de relatie tussen innovatie-output en productiviteit. Uit de CIS van 2017, 2019 en 2021 heb ik de belangrijkste variabelen gehaald: omzet, personeelsaantal, R&D, interne R&D, uitbestede R&D, totale R&D, andere innovatie-investeringen, productinnovatie, procesinnovatie, organisatorische innovatie, marketinginnovatie, kostendaling, groep, samenwerking en financiële steun. De betekenissen van deze variabelen worden gepresenteerd in tabel 1.

Variabele	Betekenis
<b>Omzet</b>	De opbrengsten van verkochte producten of verrichte diensten in jaar t (inclusief alle belastingen behalve BTW). Let op: dit is niet gelijk aan de bedrijfsopbrengsten.
<b>Personeelsaantal</b>	Aantal werknemers in jaar t
<b>R&amp;D (binair)</b>	Ondernemingen die onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten hebben verricht in periode t = 1 Ondernemingen die geen onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten hebben verricht in periode t = 0
<b>Interne R&amp;D</b>	Intern verrichte onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten in jaar t
<b>Uitbestede R&amp;D</b>	Onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten uitgevoerd door andere ondernemingen en louter aangekocht door eigen onderneming in jaar t
<b>Totale R&amp;D</b>	= som van interne en uitbestede R&D in jaar t
<b>Andere innovatie-investeringen</b>	Investeringen in innovaties (uitgezonderd R&D), bijvoorbeeld aankoop van machines, apparatuur, software, gebouwen, bestaande kennis, patenten, of niet gepatenteerde uitvindingen voor innovaties, marktonderzoek of reclame bij de lancering van innovaties of overige uitgaven voor innovaties (vb. haalbaarheidsstudies, testen, routinematige softwareontwikkeling, design, opleidingen, ...) in jaar t
<b>Productinnovatie</b>	Ondernemingen die nieuwe of aanzienlijk verbeterde producten of diensten hebben verkocht in periode t = 1 Ondernemingen die geen nieuwe of aanzienlijk verbeterde producten of diensten hebben verkocht in periode t = 0

<b>Procesinnovatie</b>	Ondernemingen die nieuwe of aanzienlijk verbeterde processen hebben ingevoerd in periode t = 1 Ondernemingen die geen nieuwe of aanzienlijk verbeterde processen hebben ingevoerd in periode t = 0
<b>Organisatorische innovatie</b>	Ondernemingen die nieuwe of aanzienlijk verbeterde procesorganisatie en organisatie van externe relaties, beslissingsbevoegdheden en HR hebben ingevoerd in periode t = 1 Ondernemingen die geen nieuwe of aanzienlijk verbeterde procesorganisatie en organisatie van externe relaties, beslissingsbevoegdheden en HR hebben ingevoerd in periode t = 0
<b>Marketinginnovatie</b>	Ondernemingen die nieuwe of aanzienlijk verbeterde marketingmethoden hebben ingevoerd in periode t = 1 Ondernemingen die nieuwe of aanzienlijk verbeterde marketingmethoden hebben ingevoerd in periode t = 0
<b>Kostendaling</b>	Minstens één van de procesinnovaties resulteerde al in een daling van de kosten = 1 Geen van de procesinnovaties resulteerde al in een daling van de kosten = 0
<b>Groep</b>	Ondernemingen die deel uit maakten van een groep in jaar t = 1 Ondernemingen die niet deel uit maakten van een groep in jaar t = 0
<b>Samenwerking</b>	Ondernemingen die samengewerkt hebben met groepsleden, andere ondernemingen, of (overheids)instellingen voor R&D en/of innovatieactiviteiten in periode t = 1 Ondernemingen die niet samengewerkt hebben met groepsleden, andere ondernemingen, of (overheids)instellingen voor R&D of innovatieactiviteiten in periode t = 0
<b>Financiële steun</b>	Ondernemingen die financiële overheidssteun voor R&D of innovatieactiviteiten ontvangen hebben in periode t = 1 Ondernemingen die geen financiële overheidssteun voor R&D of innovatieactiviteiten ontvangen hebben in periode t = 0

Tabel 1: bespreking variabelen

Daarnaast heb ik ook zelf variabelen berekend aan de hand van reeds verzamelde gegevens. De belangrijkste variabele is de arbeidsproductiviteit, waarbij de omzet gedeeld wordt door het personeelsaantal. Daarnaast heb ik de variabele omzetgroei berekend. Verder heb ik een dummy variabele 'andere innovaties' aangemaakt die gelijk is aan 1 wanneer een onderneming minstens één van de volgende innovaties – productinnovatie, organisatorische innovatie of marketinginnovatie - heeft ingevoerd in periode t, en gelijk is aan 0 wanneer een onderneming geen van deze innovaties heeft ingevoerd in periode t. Tot slot heb ik van enkele variabelen het natuurlijke logaritme genomen, omdat dit zorgt voor een betere fit voor de regressiemodellen (Stock, 2011).

### 3.4. Research design

De *weighted least squares* (WLS) regressie, oftewel gewogen lineaire regressie, is een veralgemening van de (pooled) OLS-regressie waarbij kennis over de variantie van waarnemingen wordt opgenomen in de regressie. Meer bepaald is het een regressie waarbij elke observatie ongelijk wordt gewogen. De extra schaalfactor (*weight*), die wordt meegenomen in het aanpassingsproces, verbetert de fit en maakt het mogelijk om met gegevens van verschillende varianties en kwaliteit om te gaan. Het voordeel van WLS ten opzichte van OLS is dat WLS rekening houdt met deze extra informatie aangezien het observaties in een gebied met hoge variantie een lager gewicht geeft dan observaties in een gebied met lage variantie. Vooraleer regressies mogen worden gemaakt, moet er voldaan zijn aan bepaalde assumpties:

1. De error term, gegeven alle jaarlijkse waarden van een variabele X van één entiteit, heeft als *conditional* variantie een niet-constante waarde, maar een functie van X. De error termen zijn dus heteroscedastisch.
2. De covariantie tussen error termen van verschillende entiteiten in een bepaalde periode is gelijk aan 0. Er is dus geen autocorrelatie tussen de error termen.
3. De gekozen variabelen zijn identiek en onafhankelijk verdeeld tussen ondernemingen. De variabelen mogen wel gecorreleerd zijn over tijd binnen een onderneming.
4. Grote *outliers* zijn onwaarschijnlijk.
5. Twee of meer variabelen mogen geen exact lineair verband hebben met elkaar. Er is dus geen perfecte multicollineariteit (Stock, 2011).

Het welbekende model van Crépon, Duguet and Mairesse (1998) (CDM) bestaat uit drie vergelijkingen: één die de hoeveelheid R&D beschrijft, één die de innovatie-output beschrijft, waarin R&D als input verschijnt, en één die de productiviteit beschrijft, waarin de innovatie-output als verklarende variabele verschijnt. In deze paper worden enkel de twee laatstgenoemde vergelijkingen onderzocht voor Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector. Dit model houdt overigens rekening met de selectiviteit van R&D-verrichtende of innovatieve ondernemingen, evenals met de endogeniteit van de R&D- en innovatie-output. Wat de schatting betreft, is er de gebruikelijke afweging tussen efficiëntie en robuustheid tegen misspecificatie.

De regressies zien er als volgt uit:

### 3.4.1. Regressiemodel: relatie tussen R&D en innovatie-output

*Procesinnovatie*<sub>*i,t*</sub>

$$\begin{aligned} &= \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{Totale R\&D})_{i,t} + \beta_2 \text{Ln}(\text{Personeelsaantal})_{i,t} \\ &+ \beta_3 \text{Samenwerking}_{i,t} + \beta_4 \text{Financiële steun}_{i,t} + \beta_5 \text{Groep}_{i,t} \\ &+ \beta_6 \text{Ln}(\text{Omzet})_{i,t} + \beta_7 \text{Productinnovatie}_{i,t} \\ &+ \beta_8 \text{Organisatorische innovatie}_{i,t} + \beta_9 \text{Marketinginnovatie}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

### 3.4.2. Regressiemodel: relatie tussen innovatie-output en arbeidsproductiviteit

*Arbeidsproductiviteit*<sub>*i,t*</sub>

$$\begin{aligned} &= \beta_0 + \beta_1 \text{Predicted probabilities procesinnovatie}_{i,t} + \beta_2 \text{Andere innovaties}_{i,t} \\ &+ \beta_3 \text{Kostendaling}_{i,t} + \beta_4 \text{Ln}(\text{Andere innovatie – investeringen})_{i,t} \\ &+ \beta_5 \text{Groep}_{i,t} + \beta_6 \text{NACE 49}_i + \beta_7 \text{NACE 52}_i + \beta_8 \text{NACE 53}_i + \beta_9 \text{Klein}_{i,t} \\ &+ \beta_{10} \text{Groot}_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

### 3.5. Beschrijvende statistieken

In de dataset verwijst de grootste fractie van de waarnemingen naar ondernemingen zonder R&D maar met innovatie-output (44,2%). Een kleinere fractie (39,1%) bestaat uit ondernemingen zonder R&D en zonder innovatie-output. De overige waarnemingen in deze steekproef komen overeen met ondernemingen met positieve R&D en innovatie-output (16,1%) in hetzelfde jaar en ondernemingen met positieve R&D maar geen innovatie-output (0,6%). Tabel 2 toont het gemiddelde, de mediaan, de standaardafwijking, het minimum en het maximum van de belangrijkste variabelen voor de volledige dataset. Hieruit blijkt dat voor elk van deze variabelen er een groot verschil is tussen het gemiddelde en de mediaan en tussen het minimum en het maximum. Dit is een eerste indicatie dat een aantal ondernemingen veel groter zijn dan de rest. Bijvoorbeeld, minstens 50% van de ondernemingen investeert niet in R&D, terwijl er gemiddeld meer dan 70.000 euro gespendeerd wordt aan R&D.

Variabelen	Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector					
	Aantal panelobservaties	Gemiddelde	Mediaan	Standaardafwijking	Minimum	Maximum
Personeelsaantal	889	131	66	232	7	3683
Omzet (€000s)	889	36955,5	15385,4	64128,9	76,4	442836
R&D (€000s)	869	73,3	0	520,8	0	8992
Andere innovatieinvesteringen (€000s)	866	152,8	0	546,1	0	6750
Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	889	376	175	626,5	3,5	6872,6
Omzetgroei	348	0,18	0,04	1,84	-0,96	33,49

Tabel 2: beschrijvende statistieken

Om een onderscheid te maken tussen innoverende en niet-innoverende ondernemingen, kijk ik naar de dummy variabele R&D en de variabele innovatie-output. Ik classificeer ondernemingen als innoverend indien het R&D-activiteiten heeft uitgevoerd en/of innovatie-output heeft gerealiseerd. Ondernemingen zijn niet-innoverend indien het geen van beide heeft gedaan. Daarnaast houd ik rekening met de grootte van ondernemingen aangezien de literatuur aantoont dat vooral grote bedrijven innoverend zijn. Dit doe ik aan de hand van de variabele personeelsaantal. Ik classificeer een onderneming als klein indien ze 10 tot 49 werknemers heeft, middelgrote ondernemingen hebben 50 tot 249 werknemers en grote ondernemingen hebben minstens 250 werknemers. De dataset telt 255 kleine ondernemingen, 241 middelgrote ondernemingen en 45 grote ondernemingen.

Tabel 3 toont de gemiddelde waarden, standaardafwijkingen, minima en maxima van de belangrijkste variabelen per ondernemingsgrootte voor innoverende en niet-innoverende ondernemingen. In het algemeen merk ik op dat per ondernemingsgrootte innoverende ondernemingen gemiddeld een hogere omzet hebben dan niet-innoverende ondernemingen. Het verschil in omzet is het kleinst tussen grote, innoverende ondernemingen en grote, niet-innoverende ondernemingen. De gemiddelde investering in R&D is met voorsprong het grootst bij grote ondernemingen, namelijk ongeveer 500 000 euro meer dan bij kleine en middelgrote ondernemingen. Het gemiddelde van andere innovatie-investeringen ligt steeds hoger indien van klein naar groot gekeken wordt bij innoverende ondernemingen, maar ook in vergelijking met niet-innoverende ondernemingen. Verder hebben innoverende ondernemingen gemiddeld een hogere arbeidsproductiviteit dan niet-innoverende ondernemingen behalve in de categorie groot. Maar de

maxima liggen niet ver uit elkaar. Tot slot zie ik in elk segment een positieve gemiddelde omzetgroei - bij innoverend wel hoger - behalve bij kleine, innoverende ondernemingen. Verder valt op dat in elk segment het minimum onder nul ligt en dat een middelgrote onderneming een zeer hoge omzetgroei heeft gerealiseerd. Op basis van deze statistieken verwacht ik dat innovatie in de vorm van R&D-investeringen en ingevoerde innovaties een positief effect heeft op de performantie van een bedrijf.



		Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector									
		Innoverende ondernemingen					Niet-innoverende ondernemingen				
Grootte	Variabelen	Aantal panelobservaties	Gemiddelde	Standaardafwijking	Minimum	Maximum	Aantal panelobservaties	Gemiddelde	Standaardafwijking	Minimum	Maximum
Klein	Personeelsaantal	144	27	12	10	49	158	23	12	7	49
	Omzet (€000s)	144	15414,7	28314,9	76,5	149732,7	158	9079,7	15015,4	116	88037
	R&D (€000s)	140	63,5	267,3	0	2500	158	0	0	0	0
	Andere innovatie-investeringen (€000s)	139	97,9	188,5	0	1250	158	10,6	52,2	0	400
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	144	543,8	985	3,8	6872,6	158	421,8	767,8	9,7	6639,4
	Omzetgroei	25	-0,1	0,34	-0,96	0,64	24	0,05	0,34	-0,86	1,13
Middelgroot	Personeelsaantal	313	105	52	50	248	166	101	48	50	245
	Omzet (€000s)	313	36924,6	47499,3	2514	360695	166	28773,6	37297,5	180	231482
	R&D (€000s)	302	46,2	135	0	850	166	0	0	0	0
	Andere innovatie-investeringen (€000s)	302	211,2	500	0	5195	166	7,8	61,3	0	750
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	313	377,2	510,2	46,6	4123,4	166	286,4	174,9	3,5	3252,6
	Omzetgroei	160	0,32	2,7	-0,52	33,49	76	0,07	0,28	-0,91	1,23
Groot	Personeelsaantal	77	583	538	250	3683	30	489,7	204	280	1108
	Omzet (€000s)	77	112655,3	92332,7	11327	376084	30	111761,5	104470,2	24995	442836
	R&D (€000s)	73	558,6	1669,4	0	8892	30	0	0	0	0
	Andere innovatie-investeringen (€000s)	71	653,7	1329,9	0	6750	30	182,8	964,3	0	5285
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	77	218	164,7	45,3	669,4	30	227,4	190,5	74,3	724
	Omzetgroei	44	0,14	0,21	-0,15	0,78	19	0,12	0,33	-0,39	1,3

Tabel 3: innoverend vs. niet-innoverend per ondernemingsgrootte

Tot slot heb ik een onderscheid gemaakt op basis van de afdelingen. Afdelingen 49 en 52 zijn het meest vertegenwoordigd in de gebruikte dataset, met respectievelijk 275 en 233 ondernemingen. Het aantal ondernemingen van afdelingen 50, 51 en 53 bedraagt respectievelijk 12, 4 en 17. Tabel 4 geeft de belangrijkste statistieken per afdeling voor innoverende en niet-innoverende ondernemingen.

Aangezien afdelingen 50, 51 en 53 weinig observaties hebben, bespreek ik enkel de belangrijkste statistieken van afdelingen 49 en 52, respectievelijk vervoer te land en opslag en vervoer ondersteunende activiteiten. Ten eerste is er een duidelijk verschil te merken in de gemiddelde omzet tussen zowel innoverende en niet-innoverende ondernemingen als beide afdelingen. Daarnaast liggen de gemiddelde R&D-investeringen meer dan 150 000 euro hoger in afdeling 52 ten opzichte van afdeling 49. Hoewel er een groot verschil is in de gemiddelde arbeidsproductiviteit in beide afdelingen, ligt het verschil lager wanneer per afdeling innoverende ondernemingen vergeleken worden met niet-innoverende ondernemingen. Verder valt opnieuw op dat in beide afdelingen het minimum onder nul ligt en dat een onderneming uit afdeling 52 een zeer hoge omzetgroei heeft gerealiseerd. Tot slot stel ik vast dat het bereik van de omzetgroei voor zowel innoverende als niet-innoverende ondernemingen groter is in afdeling 52 dan in afdeling 49.

Om een eerste beeld te krijgen van hoe de variabelen onderling gerelateerd zijn, kijk ik naar de correlaties tussen alle variabelen om eventuele multicollineariteit op een subjectieve manier te detecteren. De mate van multicollineariteit heeft namelijk invloed op de voorspelbaarheid van de afhankelijke variabele ( $R^2$ ), de impact van de individuele onafhankelijke variabelen en de statistische significantie van de coëfficiënten. Uit de correlatiematrix van tabel 5 bespreek ik de voornaamste statistisch significante correlaties. Allereerst merk ik een sterk positief verband tussen het personeelsaantal en de omzet. Daarnaast is er sprake van een matig positief verband tussen de totale R&D en het personeelsaantal en tussen de totale R&D en de omzet. Verder leid ik op basis van de positieve correlatiecoëfficiënt af dat procesinnovatie en andere innovaties matig samenhangen. Tot slot zijn de variabelen samenwerking en financieel matig positief gecorreleerd met de invoering van een procesinnovatie.

		Vlaamse ondernemingen in de logistieke sector									
		Innoverende ondernemingen					Niet-innoverende ondernemingen				
Afdeling	Variabelen	Aantal panelobservaties	Gemiddelde	Standaardafwijking	Minimum	Maximum	Aantal panelobservaties	Gemiddelde	Standaardafwijking	Minimum	Maximum
49	Personeelsaantal	231	85	78	10	638	191	64	63	10	448
	Omzet (€000s)	231	20304,1	30934,3	76,4	376084,4	191	13793,2	17657,4	444	114317
	R&D (€000s)	220	37,4	217,3	0	3000	191	0	0	0	0
	Andere innovatieinvesteringen (€000s)	219	207,0	623,3	0	6750	191	11,2	66,7	0	750
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	231	256,6	312,2	3,8	2265,8	191	222,8	267	30	2196,3
	Omzetgroei	95	0,06	0,25	-0,52	1,08	52	0,09	0,25	-0,40	1,13
50	Personeelsaantal	13	47	38	15	146	6	32	15	10	45
	Omzet (€000s)	13	59896,3	61657,5	2761	157165	6	17883,3	28570,7	2190	74181,6
	R&D (€000s)	13	421,4	785,7	0	2500	6	0	0	0	0
	Andere innovatieinvesteringen (€000s)	11	15	34,3	0	100	6	0,8	2	0	5
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	13	1901,5	2206,9	97,2	6872,6	6	902,5	1708,6	67,8	4363,6
	Omzetgroei	5	0,07	0,73	-0,96	0,88	2	0,21	0,13	0,12	0,30
51	Personeelsaantal	1	12	/	12	12	3	15	4	11	18
	Omzet (€000s)	1	24052	/	24052	24052	3	9935,3	924,7	8980	10826
	R&D (€000s)	1	0	/	0	0	3	0	0	0	0
	Andere innovatieinvesteringen (€000s)	1	2	/	2	2	3	5	8,7	0	15
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	1	2004,3	/	2004,3	2004,3	3	709,9	205,4	498,9	909,1
	Omzetgroei	0	/	/	/	/	0	/	/	/	/
52	Personeelsaantal	266	211	363	10	3683	148	143	186	7	1108
	Omzet (€000s)	266	56246,1	68380	1100	360695	148	43178,4	66613,9	180	442836
	R&D (€000s)	258	193,1	904,1	0	8992	148	0	0	0	0
	Andere innovatieinvesteringen (€000s)	259	287,3	698,9	0	5500	148	42,6	435,7	0	5285
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	266	445,5	639,4	45,3	5142,8	148	472,7	756,1	3,5	6639,4
	Omzetgroei	118	0,39	3,14	-0,56	33,49	64	0,05	0,34	-0,91	1,30
53	Personeelsaantal	23	232	257	10	788	6	250	338	12	699
	Omzet (€000s)	23	86833,3	104988,1	2100	358147	6	66973,0	99600,2	116	197162
	R&D (€000s)	23	7,3	22,3	0	80	6	0	0	0	0
	Andere innovatieinvesteringen (€000s)	22	177,1	573,5	0	2720	6	0	0	0	0
	Arbeidsproductiviteit (€000s/werknemer)	23	376,3	246,6	59,3	871,8	6	157,1	111,7	9,7	294,3
	Omzetgroei	11	0,16	0,36	-0,23	0,82	1	-0,03	/	-0,03	-0,03

Tabel 4: innoverend vs. niet-innoverend per afdeling

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>1 Personeelsaantal</b>	1.00													
<b>2 Omzet</b>	,51**	1.00												
<b>3 Arbeidsproductiviteit</b>	-0.06	,59**	1.00											
<b>4 Omzetgroei</b>	0.03	,11*	0.03	1.00										
<b>5 Groep</b>	,16**	,19**	,07*	0.02	1.00									
<b>6 Procesinnovatie</b>	,12**	,09**	-0.02	0.05	,12**	1.00								
<b>7 Andere innovaties</b>	,07*	,16**	,09**	0.06	,11**	,47**	1.00							
<b>8 Totale R&amp;D</b>	,36**	,30**	0.03	-0.01	0.06	,12**	,16**	1.00						
<b>9 Andere innovatie-investeringen</b>	0.02	0.01	0.00	0.01	-0.05	0.02	0.00	0.02	1.00					
<b>10 Samenwerking</b>	,12**	,10**	0.01	0.07	,11**	,36**	,33**	,18**	0.02	1.00				
<b>11 Financiële steun</b>	,17**	,12**	0.01	-0.02	0.01	,27**	,20**	,26**	-0.01	,28**	1.00			
<b>12 Klein</b>	-,33**	-,25**	,09**	-0.05	-,28**	-,17**	-,14**	-0.06	0.02	-,13**	-0.03	1.00		
<b>13 Middelgroot</b>	-,13**	-0.05	-0.05	0.04	,15**	,11**	,10**	-,09**	-0.02	0.06	-0.03	-,78**	1.00	
<b>14 Groot</b>	,68**	,44**	-0.05	-0.01	,17**	,08*	0.05	,23**	0.00	,10**	,09*	-,27**	-,40**	1.00

Tabel 5: correlatiematrix

### 3.6. Resultaten

#### 3.6.1. R&D-procesinnovatie

Er werd een binomiale logistische regressie uitgevoerd om het effect van R&D op de waarschijnlijkheid dat ondernemingen een procesinnovatie hebben ingevoerd vast te stellen. Deze regressie stelt me overigens in staat om voor elke observatie een kans te voorspellen dat een onderneming behoort tot de categorie van ondernemingen die een procesinnovatie heeft geïmplementeerd in periode t aan de hand van verschillende onafhankelijke variabelen. Het logistische regressiemodel is statistisch significant:  $X^2(9) = 294,034$ ;  $p < 0,001$  (zie bijlage: tabel A). Dit wil zeggen dat de fit van het model verbetert op het moment dat die onafhankelijke variabelen worden toegevoegd. Het model verklaart 41,3% (Nagelkerke  $R^2$ ) van de variantie in de voorspelde waarden van procesinnovatie en classificeerde 76,3% van de gevallen correct. Nu volgt een bespreking van de significante variabelen uit tabel 6. Toenemende R&D-investeringen wordt geassocieerd met een verhoogde kans op procesinnovatie. Meer bepaald, voor een 1% stijging in R&D-investeringen, nemen de *odds* van procesinnovatie toe met factor 1,249. Daarnaast hebben ondernemingen die een product- of organisatorische innovatie hebben ingevoerd in een bepaalde periode respectievelijk een factor 5,7 en 4,8 meer kans op een ingevoerde procesinnovatie dan ondernemingen die dit niet hadden. Ondernemingen die een samenwerkingsverband hadden of financiële steun kregen voor innovatieactiviteiten en/of R&D hadden respectievelijk 2,7 en 7,7 maal meer kans op een ingevoerde procesinnovatie dan ondernemingen die dit niet hadden.

	Afhankelijke variabele:
	Procesinnovatie
Onafhankelijke variabelen:	Exp(B)
Algemeen percentage	76,3%
Constante	0,186*** (0,634)
Ln(Totale R&D)	1,249*** (0,084)
Ln(Personeelsaantal)	1,251* (0,118)
Ln(Omzet)	0,960 (0,094)
Productinnovatie	5,722*** (0,374)
Organisatorische innovatie	4,815*** (0,214)
Marketing innovatie	1,422 (0,388)
Groep	1,142 (0,239)
Samenwerking	2,731*** (0,222)
Financiële steun	7,366*** (0,514)
Adjusted R <sup>2</sup>	0,413
Chi-kwadraat	294,034***
Statistische significantie op het 1%, 5% en 10% niveau aangeduid als ***, **, * respectievelijk. Standaardafwijkingen staan tussen haakjes.	

Tabel 6: resultaten binaire logistische regressie

De voorspelde kansen van de variabele procesinnovatie gebruik ik vervolgens als onafhankelijke variabele in de regressie met afhankelijke variabele arbeidsproductiviteit.

### 3.6.2. Procesinnovatie-arbeidsproductiviteit

Wanneer ik de gepoolde OLS schat met behulp van SPSS, krijg ik een model met een  $R^2$  *adjusted* van 0,079 (zie bijlage: tabel B). Dit betekent dat 7,9% van de totale variantie verklaard kan worden door dit regressiemodel. Het gepoolde OLS-model fit de data voldoende op een 5% significantieniveau omdat het statistisch significant is ( $p < 0,001$ ). De coëfficiënt van de voorspelde waarden van procesinnovatie is -0,171 maar niet significant.

De inclusie periode- en afdelingeffecten bij een *pooled* OLS controleren voor niet geobserveerde heterogeniteit. Afdelingeffecten zijn alle afdeling gerelateerde factoren die arbeidsproductiviteit op de afdeling toebehorend bedrijfsniveau kunnen beïnvloeden maar constant blijven doorheen de tijd. Omdat de arbeidsproductiviteit per afdeling kan verschillen, heb ik een dummy variabele gemaakt voor elke afdeling. Deze dummies heb ik toegevoegd in de regressie, behalve voor afdeling 51 om de *dummy variable trap* te voorkomen. Hieruit volgt dat het model statistisch significant is en dat elke afdelingdummy statistisch significant is, behalve afdeling 50 (zie bijlage: tabel C). Dit betekent dat het model niet afhankelijk is van de afdeling 'vervoer over water'. Ik concludeer dus dat de overige afdelingdummies in het model moeten worden opgenomen. Overigens is de  $R^2$  *adjusted* van het model gestegen van 0,079 naar 0,107.

De periode gerelateerde dummies zijn constant voor elk bedrijf maar controleren voor tijdsafhankelijke factoren doorheen de sampleperiode die de arbeidsproductiviteit per bedrijf kunnen beïnvloeden. Bijgevolg creëerde ik voor elke CIS periode een dummy. Deze dummies heb ik toegevoegd in de regressie met afdelingeffecten, behalve CIS 2021 om de *dummy variable trap* te voorkomen. Hieruit blijkt dat alle periodedummies statistisch niet significant zijn (zie bijlage: tabel D). Overigens is de  $R^2$  *adjusted* van het model gedaald van 0,107 naar 0,103. De opname van deze dummies is dus niet gevalideerd. Tijdseffecten homogeen voor elk bedrijf hebben geen enkel invloed op de arbeidsproductiviteit.

Om te checken voor heteroscedasticiteit, heb ik een scatterplot gemaakt van de residuen. De residuele waarden in de grafiek (zie bijlage: grafiek 1) zijn meer verspreid bij stijgende voorspelde waarden, wat een eerste indicatie geeft van heteroscedasticiteit. Vervolgens gebruik ik een formele statistische test om te bepalen of heteroscedasticiteit aanwezig is, namelijk de Breusch-Pagan-test (zie bijlage: tabel E). Voor deze test heb ik de residuen van het model gekwadeerd en als responswaarden gebruikt in een nieuwe regressie met dezelfde onafhankelijke variabelen. Deze test verwerpt de nulhypothese van homoscedasticiteit aangezien de p-waarde van het regressiemodel met de residuen als afhankelijke variabele kleiner is dan 0,05. Er is dus sprake van heteroscedasticiteit, waardoor de OLS-schatter niet langer de beste (meest efficiënte) lineaire conditioneel onvertekende schatter is. Door gebruik te maken van de *weighted least squares* (WLS) methode, is het mogelijk om een schatter te construeren die een kleinere variantie heeft dan de OLS-schatter.

Vooraleer ik een WLS-regressie kon uitvoeren, moest ik een aantal stappen verrichten om het gewicht te berekenen. Eerst heb ik de ongestandaardiseerde residuen van de OLS-regressie met afdelingseffecten opgeslagen, waarvan ik vervolgens de absolute waarden genomen heb. Daarna heb ik opnieuw een OLS-regressie uitgevoerd, maar nu met de absolute waarden van de ongestandaardiseerde residuen als afhankelijke variabele. Daarvan heb ik de *predicted values* opgeslagen. Om de variabele gewicht te creëren, heb ik gebruikgemaakt van volgende berekening:  $1/(\text{predicted values})^2$ . Vervolgens heb ik een WLS-regressie uitgevoerd met het natuurlijke logaritme van arbeidsproductiviteit als afhankelijke variabele. Tabel 7 geeft de resultaten van hypothese 1 weer. Daaruit blijkt dat de coëfficiënt van de variabele 'voorspelde kans op procesinnovatie' negatief is en significant op een 5 % significantieniveau, wat aangeeft dat ondernemingen met een hogere kans op een ingevoerde procesinnovatie een lagere arbeidsproductiviteit hebben. Dit ligt niet in lijn met mijn verwachting. De nulhypothese wordt dus niet verworpen op een 5 % significantieniveau.

Een inspectie van de effecten van de controlevariabelen laat zien dat als een onderneming een kostendaling dankzij een ingevoerde procesinnovatie heeft gerapporteerd dat dat gepaard gaat met 10,3 % hogere arbeidsproductiviteit dan ondernemingen die geen kostendaling hebben gerealiseerd na invoering van een procesinnovatie. Echter is dit niet significant op 5 % significantieniveau. Een onderneming die één of meerdere innovaties, uitgezonderd procesinnovatie, heeft ingevoerd heeft een 38 % hogere arbeidsproductiviteit dan ondernemingen die geen dergelijke innovaties heeft ingevoerd in dezelfde periode. Indien een onderneming deel uit maakte van een groep in een bepaald jaar, dan zal diens arbeidsproductiviteit 37,5 % hoger zijn dan een onderneming die geen deel uit maakte van een groep. Verder hebben grote ondernemingen een significant lagere arbeidsproductiviteit dan kleine ondernemingen. Meer bepaald ligt de arbeidsproductiviteit van grote ondernemingen 41% lager dan kleine ondernemingen. Verder zorgt een 1% stijging in andere innovatie-investeringen (uitgezonderd R&D) voor een 0,034% stijging in de arbeidsproductiviteit. Tot slot is er geen significant verschil te merken in de verschillende afdelingen.

	Afhankelijke variabele:			
	Ln(arbeidsproductiviteit)			
Onafhankelijke variabelen:	Verwacht teken	B	Std. Error	Sig.
Intercept		5,723	0,525	<,001
Predicted probability van procesinnovatie	+	-0,609	0,165	<,001
Kostendaling (1/0)	+	0,103	0,071	0,148
Andere innovaties (1/0)	+	0,380	0,095	<,001
Groep (1/0)	+	0,375	0,081	<,001
Klein (1/0)	+	0,134	0,088	0,130
Groot (1/0)	-	-0,410	0,111	<,001
Ln(andere innovatie-investeringen)	+	0,034	0,015	0,025
NACE 49 (1/0)		-0,734	0,514	0,154
NACE 52 (1/0)		-0,548	0,517	0,289
NACE 53 (1/0)		-0,658	0,573	0,251
Adjusted R <sup>2</sup>		0,154		

Tabel 7: resultaten WLS-regressiemodel arbeidsproductiviteit

#### 4. Discussie en conclusie

In deze masterproef onderzoek ik het enerzijds het effect van R&D op procesinnovatie en anderzijds het effect van procesinnovatie op arbeidsproductiviteit. Het resultaat van het eerste verband is als volgt: toenemende R&D-investeringen wordt geassocieerd met een verhoogde kans op procesinnovatie. De focus van deze masterproef ligt op de relatie tussen procesinnovatie en arbeidsproductiviteit. Uit de resultaten van de regressie blijkt dat de coëfficiënt van de variabele 'voorspelde kans op procesinnovatie' negatief is en significant op een 5 % significantieniveau, wat aangeeft dat ondernemingen met een hogere kans op een ingevoerde procesinnovatie een lagere arbeidsproductiviteit hebben. Dezelfde conclusie wordt getrokken in verschillende onderzoeken.

Voor de volledigheid moet er gewezen worden op de beperkingen van dit onderzoek. In die mate houdt deze studie in het achterhoofd dat, de CIS van de beschouwde periodes anders bevroegd werden (Bracht et al., 2021). Daarnaast kreeg ik ook niet de mogelijkheid om de CIS-gegevens van een onderneming aan te vullen met andere bedrijfsgegevens aangezien de CIS-gegevens anoniem aan mij werden gegeven. Meer bepaald beschikte ik niet over het ondernemingsnummer van elke observatie waardoor ik geen extra informatie zoals kapitaal, winst en marktaandeel kon gebruiken. Verder gebruikt deze studie weinig kwantitatieve gegevens die iets zeggen over de omvang van het innovatiesucces. In de Vlaamse CIS bestaat echter alleen dichotome informatie omtrent procesinnovatie, terwijl de CIS in Duitsland een kwantitatieve maatstaf voor procesinnovatie gebruikt, namelijk het deel van de kostenreductie dankzij de procesinnovatie (Mohnen, 2019). Ik raad dan ook aan dat er in de toekomst onderzoek gedaan zal worden naar de impact van procesinnovatie op de productiviteit van Vlaamse bedrijven in de logistiek, gebruikmakend van een dataset die (meer kwantitatieve) innovatiegegevens linkt met andere bedrijfsgegevens uit bijvoorbeeld Bel-first.



## 5. Referenties

- Belgium logistics & freight transport report - Q1 2023. (2023). (). London: Fitch Solutions Group Limited.
- Behnke, M. (2019). Recent Trends in Last Mile Delivery: Impacts of Fast Fulfillment, Parcel Lockers, Electric or Autonomous Vehicles, and More. In *Logistics Management: Strategies and Instruments for digitalizing and decarbonizing supply chains-Proceedings of the German Academic Association for Business Research, Halle, 2019* (pp. 141-156). Springer International Publishing.
- Blundell, R., Griffith, R., & Van Reenen, J. (1999). Market share, market value and innovation in a panel of British manufacturing firms. *The review of economic studies*, 66(3), 529-554.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. E. (2002). *Supply Chain Logistics Management*.
- Bracht, F., Hoskens, M., Joosten, W., Verheyden, L., (2021). Innovatie-inspanningen van de Vlaamse ondernemingen: Kernresultaten van de Europese Innovatievragenlijst van 2019.
- Brouwer, E., & Kleinknecht, A. (1996). Determinants of innovation: a microeconomic analysis of three alternative innovation output indicators. *Determinants of innovation: The message from new indicators*, 99-124.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairessec, J. (1998). Research, innovation and productivity [ty: an econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and new Technology*, 7(2), 115-158.
- De Doncker, H. (2017). *Economic importance of the logistics sector in Belgium* (No. 325). NBB Working Paper.
- de Nooij, M., Poort, J. P., & SEO, I. (2005). *Vooruit met procesinnovatie*. SEO Economisch Onderzoek.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., & Peters, B. (2006). Innovation and productivity across four European countries. *Oxford review of economic policy*, 22(4), 483-498.
- Hall, B. H. (2011). *Innovation and productivity*. Cambridge: National Bureau of Economic Research, Inc. doi:<https://doi.org/10.3386/w17178>
- Haynes, B. P. (2007). Office productivity: a shift from cost reduction to human contribution. *Facilities*, 25(11/12), 452-462. <https://doi.org/10.1108/02632770710822562>
- Huergo, E., & Jaumandreu, J. (2004). Firms' age, process innovation and productivity growth. *International Journal of Industrial Organization*, 22(4), 541-559.
- Kees Ruijgrok. (2012). Innovatie en duurzaamheid in de logistiek.
- KOÇ USTALI, N. E. S. R. İ. N., & TOSUN, Ö. (2020). INVESTIGATION OF LOGISTIC PERFORMANCE OF G-20 COUNTRIES USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND MALMQUIST TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY ANALYSIS. *JOURNAL OF MEHMET AKIF ERSOY UNIVERSITY ECONOMICS AND ADMINISTRATIVE SCIENCES FACULTY*, 7(3).

- Kukovič, D., Topolšek, D., Rosi, B., & Jereb, B. (2014). A comparative literature analysis of definitions for logistics: between general definition and definitions of subcategories. *Business Logistics in Modern Management*.
- Lagneaux, F. (2008). Economic importance of Belgian transport logistics. *National Bank of Belgium Working Paper*, (125).
- Lööf, H., & Heshmati, A. (2006). On the relationship between innovation and performance: A sensitivity analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, 15(4-5), 317-344.
- Lummus, R. R., Krumwiede, D. W., & Vokurka, R. J. (2001). The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition. *Industrial management & data systems*, 101(8), 426-432.
- Mairesse, J., & Mohnen, P. (2010). Using Innovations Surveys for Econometric Analysis. In *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.3386/w15857>
- Mairesse, J., & Robin, S. (2009). Innovation and productivity: a firm-level analysis for French Manufacturing and Services using CIS3 and CIS4 data (1998-2000 and 2002-2004). *Paris: Crest-Ensaë*.
- Martínez-Ros, E., & Labeaga, J. M. (2009). Product and process innovation: Persistence and complementarities. *European Management Review*, 6(1), 64-75.
- Merenne-Schoumaker, B. (2007). La localisation des grandes zones logistiques. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, (49).
- Mobility. (2023, February 2). Mobility. <https://mobilit.belgium.be/nl>
- Mohnen, P., & Dagenais, M. (2002). *Towards an innovation intensity index: the case of CIS 1 in Denmark and Ireland* (pp. 3-30). Palgrave Macmillan UK.
- Mohnen, P., Hall, B.H. Innovation and Productivity: An Update. *Eurasian Bus Rev* 3, 47–65 (2013). <https://doi.org/10.14208/BF03353817>
- Mohnen, P., Polder, M., & Van Leeuwen, G. (2019). ICT, R&D, and Organizational Innovation: Exploring Complementarities in Investment and Production. In *Measuring and Accounting for Innovation in the 21st Century*. University of Chicago Press.
- Mohnen, P. (2019). *R&D, innovation and productivity* (pp. 97-122). Springer International Publishing.
- Nws, V. (2022, 15 maart). Bedrijven bundelen bestellingen in Antwerpen om milieuvriendelijker te leveren. *vrtnews.be*. <https://www.vrt.be/vrtnews/nl/2022/03/15/bedrijven-bundelen-bestellingen-samen-om-milieuvriendelijker-te/>
- Parisi, M. L., Schiantarelli, F., & Sembenelli, A. (2006). Productivity, innovation and R&D: Micro evidence for Italy. *European Economic Review*, 50(8), 2037-2061.

OECD/Eurostat (2005). Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data – Oslo Manual. Third edition, OECD, Paris.

OECD/Eurostat (2018). Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. Fourth edition, OECD, Paris.

Raymond, W., Mohnen, P., Palm, F., & Van der Loeff, S. S. (2006). A classification of Dutch manufacturing based on a model of innovation. *De Economist*, 154, 85-105.

Rodrigue, J. P., & Notteboom, T. (2010). Comparative North American and European gateway logistics: the regionalism of freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 18(4), 497-507.

Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European journal of operational research*, 194(2), 343-362.

Roper, S., Du, J., & Love, J. H. (2008). Modelling the innovation value chain. *Research policy*, 37(6-7), 961-977.

Rusli, N.A.E., Ramli, N.A., Shariff, S.S.R., Zahid, Z., & Hussin, S.A.S. (2022). Evaluating the efficiency and productivity of Malaysian logistics companies using epsilon-based measure and malmquist index during the Covid-19 pandemic. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(4), 521-537

Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International journal of production economics*, 128(1), 77-95.

Smits, E., Ratinckx, E., Thoen, V., Debackere, K., Monard, E., & Raspoet, D. (2006). Technologie en innovatie in Vlaanderen: Prioriteiten. *VRWB-studiereeks 18*.

Statista. (z.d.). *Statista - The Statistics Portal*. Geraadpleegd van <https://www.statista.com/search/?q=logistics+europe&qKat=search&newSearch=true&p=1>

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2011). *Introduction to Econometrics*: Addison-Wesley.

Syverson, C. (2011). What determines productivity?. *Journal of Economic literature*, 49(2), 326-365.

*Toegevoegde waarde van logistieke sector*. (2023). [www.vlaanderen.be](http://www.vlaanderen.be). Retrieved May 7, 2023, from <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/mobiliteit/toegevoegde-waarde-van-logistieke-sector>

Vancauteran, M., Vos, S., & Jaarsma, M. (2017). Hoe innovatie en internationalisering samenhangen, en het effect op productiviteit.

Vanoutrive, T., Verhetsel, A., & Vanelslander, T. (2014). Logistiek en locatie 2: enkele relevante elementen voor een ruimtelijk economisch beleid met betrekking tot de logistiek.

Van Leeuwen, G., & Klomp, L. (2006). On the contribution of innovation to multi-factor productivity growth. *Economics of innovation and New Technology*, 15(4-5), 367-390.

ViA. (2009). "Vlaanderen in Actie. Toekomstplan voor 2020".  
[www.vlaanderen.be/publicaties/vlaanderen-in-actie-toekomstplan-voor-2020](http://www.vlaanderen.be/publicaties/vlaanderen-in-actie-toekomstplan-voor-2020)

Wagner, S. M., & Sutter, R. (2012). A qualitative investigation of innovation between third-party logistics providers and customers. *International Journal of Production Economics*, 140(2), 944-958.

*Werkgelegenheid in de logistieke sector.* (2022). [www.vlaanderen.be](http://www.vlaanderen.be).  
<https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/mobiliteit/werkgelegenheid-in-de-logistieke-sector>

Zijm, H., Klumpp, M., Heragu, S., & Regattieri, A. (2019). Operations, logistics and supply chain management: definitions and objectives. *Operations, logistics and supply chain management*, 27-42.

## 6. Bijlage

Tabel A: output binary logistic regression

### Block 1: Method = Enter

#### Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	294,034	9	<,001
	Block	294,034	9	<,001
	Model	294,034	9	<,001

#### Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	804,933 <sup>a</sup>	,310	,413

a. Estimation terminated at iteration number 6 because parameter estimates changed by less than ,001.

#### Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	5,973	8	,650

#### Classification Table<sup>a</sup>

Observed	Proc_Inn	Predicted		Percentage Correct
		0	1	
Step 1	0	316	72	81,4
	1	116	289	71,4
Overall Percentage				76,3

a. The cut value is ,500

#### Variables in the Equation

Step 1 <sup>a</sup>		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
								Lower	Upper
	InRD000	,222	,084	7,014	1	,008	1,249	1,059	1,472
	InWerknemers	,224	,118	3,576	1	,059	1,251	,992	1,577
	InOmzet000	-,041	,094	,188	1	,664	,960	,799	1,153
	Product/dienst(1)	1,744	,374	21,785	1	<,001	5,722	2,751	11,904
	organisatorische innovatie(1)	1,572	,214	53,896	1	<,001	4,815	3,165	7,325
	Mar_Inn(1)	,352	,388	,825	1	,364	1,422	,665	3,040
	Groep(1)	,133	,239	,311	1	,577	1,142	,715	1,825
	samenwerking met andere ondernemingen of instellingen(1)	1,005	,222	20,422	1	<,001	2,731	1,767	4,223
	financiële overheidssteun voor innovatieactiviteiten of voor R&D(1)	1,997	,514	15,073	1	<,001	7,366	2,688	20,187
	Constant	-1,682	,634	7,044	1	,008	,186		

a. Variable(s) entered on step 1: InRD000, InWerknemers, InOmzet000, Product/dienst, organisatorische innovatie, Mar\_Inn, Groep, samenwerking met andere ondernemingen of instellingen, financiële overheidssteun voor innovatieactiviteiten of voor R&D.

Tabel B: output pooled OLS

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,309 <sup>a</sup>	,095	,079	,91207

a. Predictors: (Constant), InAnderelnnInv000, Groep, Kostendaling, Groot, Andere\_Inn, Klein, Predicted probability

b. Dependent Variable: InProductiviteit000

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	33,972	7	4,853	5,834	<,001 <sup>b</sup>
	Residual	321,931	387	,832		
	Total	355,903	394			

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

b. Predictors: (Constant), InAnderelnnInv000, Groep, Kostendaling, Groot, Andere\_Inn, Klein, Predicted probability

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4,768	,181		26,325	<,001
	Predicted probability	-,171	,274	-,049	-,625	,532
	Kostendaling	,089	,095	,046	,934	,351
	Andere_Inn	,335	,145	,172	2,312	,021
	Groep	,461	,137	,173	3,377	<,001
	Klein	,200	,110	,095	1,826	,069
	Groot	-,509	,143	-,181	-3,555	<,001
	InAnderelnnInv000	,036	,019	,094	1,833	,068

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

Tabel C: output pooled OLS met dummy variabelen per afdeling:

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,364 <sup>a</sup>	,132	,107	,89802

a. Predictors: (Constant), nace53, Groot, Kostendaling, nace50, Andere\_Inn, Groep, InAnderelnInv000, Klein, nace49, Predicted probability, nace52

b. Dependent Variable: InProductiviteit000

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	47,036	11	4,276	5,302	<,001 <sup>b</sup>
	Residual	308,867	383	,806		
	Total	355,903	394			

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

b. Predictors: (Constant), nace53, Groot, Kostendaling, nace50, Andere\_Inn, Groep, InAnderelnInv000, Klein, nace49, Predicted probability, nace52

### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6,943	,933		7,438	<,001
	Predicted probability	-,198	,272	-,057	-,727	,467
	Kostendaling	,070	,094	,037	,751	,453
	Andere_Inn	,265	,145	,136	1,823	,069
	Groep	,308	,142	,116	2,170	,031
	Klein	,155	,109	,074	1,423	,156
	Groot	-,617	,147	-,220	-4,194	<,001
	InAnderelnInv000	,042	,019	,112	2,174	,030
	nace49	-2,143	,909	-1,120	-2,359	,019
	nace50	-1,373	,949	-,216	-1,447	,149
	nace52	-1,845	,907	-,972	-2,035	,043
	nace53	-2,096	,941	-,394	-2,227	,027

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

Tabel D: output pooled OLS met dummy variabelen per wave:

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,365 <sup>a</sup>	,133	,103	,89997

a. Predictors: (Constant), CIS2019, nace49, Kostendaling, InAnderelnnInv000, nace53, Klein, nace50, Andere\_Inn, Groot, CIS2017, Groep, Predicted probability, nace52

b. Dependent Variable: InProductiviteit000

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	47,314	13	3,640	4,494	<,001 <sup>b</sup>
	Residual	308,590	381	,810		
	Total	355,903	394			

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

b. Predictors: (Constant), CIS2019, nace49, Kostendaling, InAnderelnnInv000, nace53, Klein, nace50, Andere\_Inn, Groot, CIS2017, Groep, Predicted probability, nace52

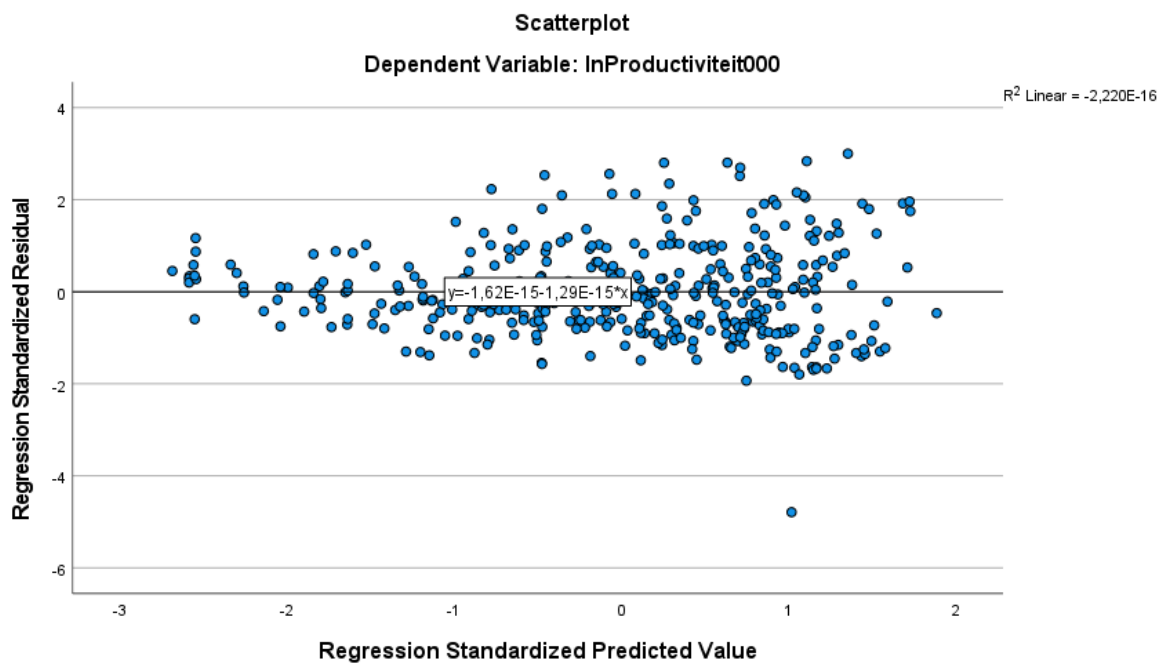
### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6,877	,943		7,291	<,001
	Predicted probability	-,205	,274	-,059	-,749	,454
	Kostendaling	,071	,094	,037	,758	,449
	Andere_Inn	,267	,146	,137	1,827	,069
	Groep	,313	,144	,118	2,179	,030
	Klein	,156	,109	,074	1,430	,153
	Groot	-,615	,148	-,219	-4,164	<,001
	InAnderelnnInv000	,042	,020	,111	2,130	,034
	nace49	-2,107	,915	-1,101	-2,304	,022
	nace50	-1,345	,953	-,211	-1,412	,159
	nace52	-1,812	,913	-,954	-1,985	,048
	nace53	-2,068	,947	-,389	-2,185	,029
	CIS2017	,062	,119	,028	,525	,600
	CIS2019	,046	,106	,023	,435	,664

a. Dependent Variable: InProductiviteit000



Grafiek 1: heteroscedasticiteit



Tabel E: output test heteroscedasticiteit

### Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,306 <sup>a</sup>	,093	,070	1,32783

a. Predictors: (Constant), nace53, Groot, Kostendaling, Andere\_Inn, Groep, lnAndereInnInv000, Klein, nace52, Predicted probability, nace49

b. Dependent Variable: squaredRES\_2

### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	69,755	10	6,976	3,956	<,001 <sup>b</sup>
	Residual	677,042	384	1,763		
	Total	746,797	394			

a. Dependent Variable: squaredRES\_2

b. Predictors: (Constant), nace53, Groot, Kostendaling, Andere\_Inn, Groep, lnAndereInnInv000, Klein, nace52, Predicted probability, nace49

Tabel F: output WLS-regressie

**Model Summary<sup>b,c</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,418 <sup>a</sup>	,175	,154	1,29147

a. Predictors: (Constant), nace53, Kostendaling, Groot, InAnderelnInv000, Andere\_Inn, Klein, Groep, nace52, Predicted probability, nace49

b. Dependent Variable: InProductiviteit000

c. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

**ANOVA<sup>a,b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	135,892	10	13,589	8,147	<,001 <sup>c</sup>
	Residual	640,473	384	1,668		
	Total	776,365	394			

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

c. Predictors: (Constant), nace53, Kostendaling, Groot, InAnderelnInv000, Andere\_Inn, Klein, Groep, nace52, Predicted probability, nace49

**Coefficients<sup>a,b</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	5,723	,525		10,906	<,001
	Predicted probability	-,609	,165	-,239	-3,682	<,001
	Kostendaling	,103	,071	,070	1,448	,148
	Andere_Inn	,380	,095	,250	3,980	<,001
	Groep	,375	,081	,255	4,618	<,001
	Klein	,134	,088	,075	1,517	,130
	Groot	-,410	,111	-,200	-3,679	<,001
	InAnderelnInv000	,034	,015	,115	2,251	,025
	nace49	-,734	,514	-,444	-1,429	,154
	nace52	-,548	,517	-,322	-1,061	,289
	nace53	-,658	,573	-,120	-1,149	,251

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

**Residuals Statistics<sup>a,b</sup>**

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	4,6141	6,4300	5,4032	,28584	395
Residual	-4,06571	2,79281	,00767	,89511	395
Std. Predicted Value <sup>c</sup>	.	.	.	.	0
Std. Residual <sup>c</sup>	.	.	.	.	0

a. Dependent Variable: InProductiviteit000

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

c. Not computed for Weighted Least Squares regression.