

DE DUURZAAMHEIDSIMPACT VAN ONLINE LEVERINGEN OP POSTCODE NIVEAU IN BELGIË

Koen Mommens	Mobilise, Vrije Universiteit Brussel
Kathleen Cauwelier	Mobilise, Vrije Universiteit Brussel

Samenvatting

E-commerce vormt een belangrijk onderdeel van het huidige en toekomstige consumptiepatroon, en het verandert de logistieke organisatie en transport stromen. Die transport stromen hebben een negatieve ecologische en maatschappelijke impact, ondanks dat net pakjesleveringen een logistiek segment zijn waarbinnen reeds duurzaamheidsinspanningen gerealiseerd zijn. Er is reeds veel onderzoek gedaan naar de duurzaamheidsimpact van online-leveringen, en er heerst consensus onder academici dat er significante verschillen zijn in de duurzaamheid tussen de leveropties. Deze verschillen zijn echter afhankelijk van de leverlocatie, levertermijn, ingezette voertuigen, consumentenverplaatsing, omnichannel- en retourgedrag en de leveromgeving en daaraan verbonden drop densiteit en nabijheid van het distributiecentrum. Door deze vele variabelen is het niet evident om e-retailers en consumenten te ondersteunen met onderbouwde en doeltreffende informatie die hen in staat kan stellen om duurzaamheid als criterium op te nemen in hun aangeboden/gekozen leveropties. Deze studie brengt de duurzaamheidsimpact van e-commerce leveringen in België in kaart, in zijn geheel, op e-retailer-niveau, postcode niveau en adresniveau net met als doel om deze informatie aan te bieden. De consumentenverplaatsing zijn samengesteld op basis van meerdere bevestigingen, goed voor 5.000 respondenten. Er zijn daaruit emissie- en externe kostenfuncties opgesteld die berekening houden met type goed, afgelegde afstand, en woonplaats en bijgevolg nabijheid van afhaalpunten en aanwezigheid van openbaar vervoer. De impact en emissies van de logistieke stromen zijn berekend aan de hand van het TRABAM model, en dit voor bijna 5 miljoen pakjes verspreid over verschillende e-retailers en pakketbezorgers. De resultaten tonen dat de jaarlijkse maatschappelijke en ecologische impact van online leveringen in België 188 miljoen euro bedraagt. Indien de consument zich binnen een straal van 2 kilometer van het winkelpunt bevindt, is dit gemiddeld gezien de meest duurzame leverlocatie. Binnen een straal van 1 kilometer van het afhaalpunt – hetgeen het geval is voor stedelijke omgevingen en dorpskernen – is deze gemiddeld duurzamer dan de thuislevering, die dan weer de duurzaamheidsvoorkeur geniet in de andere gevallen. Bijgevolg dient de communicatie voor e-retailers en naar consumenten gebaseerd te zijn op adresgegevens eerder dan postcode gegevens of algemenere richtlijnen.

1. Inleiding

Transport activiteit heeft negatieve gevolgen voor mens, economie en milieu. Het verduurzamen van transport vormt bijgevolg een noodzaak, alsook een uitdaging en opportuniteit. Ondanks het mondiale karakter van e-commerce, wordt e-commerce vaak geïdentificeerd als een voorloper als het gaat over verduurzaming. Met name in de e-commerce kan de transitie naar een missievrije last-mile het snelst gemaakt worden. Er zijn verschillende redenen waarom de nadruk in onderzoek en inspanningen op de last-mile ligt. Ten eerste zijn de last-mile leveringen het meest tastbare segment van de transport keten. De bestelwagens van de verschillende pakketbezorgers worden als zeer zichtbaar ervaren, evenals de veroorzaakte overlast en vervuiling. Een tweede element is dat lokale overheden zich in groter wordende mate bewust worden van de rol die zij kunnen (en/of dienen) opnemen inzake leveringen binnen hun grondgebied (Mommens et al., 2025). Ook de interacties met pakket bezorgers groeit, denk maar aan de vraagstelling voor het plaatsen van pakketautomaten als voorbeeld. Tot slot worden pakket operatoren geconfronteerd met hoge kosten en toenemende beleidsinterventies net in de last-mile. Tegelijk zien we net in de last-mile ook veel duurzaamheidsinitiatieven ontstaan. Er wordt een groeiend aantal pakjes geleverd met elektrische bestelwagens (Siragusa et al., 2022) en cargofietsen (Temporelli et al., 2022). Ook wordt er ingezet op duurzame leveropties (Carotenuto et al., 2022) of tijdsvensters (Buldeo Rai et al., 2019a). Autonome voertuigen worden uitgetest (Buldeo Rai et al., 2022) en microhubs vinden hun ingang in stedelijke leveringen (Ballare et al., 2020). De veelheid aan duurzaamheidsinitiatieven vergroot de complexiteit om te bepalen wat nu het meest duurzaam is. Onderzoek toont daarenboven aan dat ook de omstandigheden mede bepalend zijn voor de duurzaamheid van een online levering. Mommens et al. (2021) stellen vast dat er een verschil is tussen stad en platteland, en dat dat verschil in omvang ook varieert voor verschillende retailmerken. Het al dan niet retourneren van het product heeft eveneens een impact (Mondal et al., 2022), en het retourgedrag hangt voor een deel af van het product en dus opnieuw van het retailmerk. Ook het omnichannel gedrag van de consument speelt een significante rol (Buldeo Rai et al., 2019b). Tot slot zijn er ook de variabelen verbonden aan de pakket operatoren van belang. Deze omvatten de nabijheid van het distributiecentrum en de drop densiteit en de densiteit aan afhaalpunten die de operator in het gebied behaalt.

Er zijn e-retailers die willen inzetten op het verduurzamen van de levering die zij aanbieden. Ook bij de online-consumenten is er een segment – ongeveer één vijfde van het totaal – dat zijn/haar leverkeuze wil afstemmen met de duurzaamheid van de aangeboden opties (Cauwelier et al., 2024). Voor hen is het – door bovenstaande redenen – op dit moment niet mogelijk om zelf uit te maken wat voor hen nu net de duurzame leveropties zijn. Er is grote behoefte aan meer aanvullende en vooral meer toegankelijke en begrijpelijke inzichten in de duurzaamheid van verschillende e-commerce bezorgopties. In dit onderzoek ontwikkelden we een kwantitatief onderbouwd methode die de duurzaamheidsimpact van e-commerce leveringen berekent voor de verschillende aangeboden leveropties. De methode is op

e-retailer niveau voor het Belgische grondgebied en beantwoordt zo de vraag van e-retailers wat voor hen de meest duurzame leveropties zijn, en onder welke voorwaarden. Daarenboven laat de methode toe om consumenten te informeren over wat voor hen de meest duurzame optie is. Zo berekenden we de duurzaamheidsimpact van de online-leveringen en hoe belangrijk de keuze voor de meest duurzame levering is.

2. Methode

Deze sectie beschrijft eerst de scope van het onderzoek en de ontwikkelde methode. Daarna wordt er ingegaan op de gebruikte methoden en gehanteerde kerncijfers om de duurzaamheid van de transport stromen in scope te berekenen. Deze verschilt naargelang de transport stroom.

De meerwaarde van de duurzaamheidsanalyse en ontwikkelde methode zit in de communicatie naar beslissingsnemers toe, zijnde e-retailers en consumenten in dit geval, zodat zij op basis van de resultaten hun keuzes kunnen aanpassen. Dit heeft echter als gevolg dat de berekening niet na de uitvoering van de levering, eens de effectief gereden voertuigkilometers gekend zijn, kan plaatsvinden. De berekening dient zich dus te baseren op vooraf gekende of geproduceerde data. De verscheidenheid aan actoren (e-retailers, overheden, pakket operatoren) maakt dat de data die nodig zijn om een duurzaamheidsanalyse uit te voeren verspreid zitten over deze actoren, en omwille van commerciële motieven niet onderling gedeeld worden. Achter de methode schuilt een uitgebreide data verzameling en validatie oefening, waarin maar in beperkte mate op ingegaan zal worden in deze paper.

De methode is twee jaar ingezet door zeven e-retailers in België, onder de noemer Smartdrop ©. Op dit moment wordt verder onderzocht hoe de methode verder het best gebruikt wordt. De methode vertrekt vanuit het standpunt van de e-retailer omdat e-retailers de aangeboden leveropties bepalen, inclusief de voorwaarden, levertermijn en prijs.

2.1. Scope

Zoals bij elke impact berekening, heeft ook deze studie een scope bepaling waaraan verbonden limitaties zijn. Ten eerste is de methode beperkt tot het laatste deel van de online levering, dewelke gedefinieerd wordt als zijnde alle transporten vanaf het laatst gebruikte distributiecentrum van de e-retailer tot de eind consument thuis, inclusief als deze gebruik maakt van een afhaalpunt. Het maakt daarbij niet uit of het laatste distributiecentrum zich in België of in het buitenland bevindt. Voorwaarde is dat de eindbestemming wel binnen België ligt.

In de methode worden de (1) eigen logistieke stromen van de e-retailer (click&collect), de (2) logistieke stromen van de gebruikte pakket operator(en), al dan niet dedeciated voor de e-retailer, en de (3) eventuele consumentenverplaatsing naar het afhaalpunt of winkelpunt meegenomen. Ook retour gedrag is meegerekend in de analyses. Internationale transporten en omnichannel gedrag worden

buiten beschouwing gelaten. Ook inbound stromen naar het distributiecentrum worden niet meegenomen in de tool. Voor elk van de drie type stromen is een verschillende methodiek gebruikt voor het berekenen van de transport prestaties en verbonden duurzaamheidsimpact.

2.2. Type transport stromen

In totaal namen zeven e-retailers deel aan de methode. Ze bestrijken verschillende sectoren: FNAC (boeken en kleine electro), Vanden Borre (grote electro), AVA (huis- en bureaumateriaal), ICI Paris XL (parfumerie), Dreamland (speelgoed), E5 mode (kleding) en Decathlon (sport). Samen hebben ze een online volume van net iets meer dan 7 miljoen pakjes die in België geleverd worden, ofwel bijna 2% van het totale jaarlijkse volume in België. Alle e-retailers bieden click&collect aan. Daarnaast worden ook afhaalpunten door alle e-retailers aangeboden als leveroptie. Sommige e-retailers organiseren ook eigen thuisleveringen voor buitenproportioneel grote pakketten. De e-retailers maken gebruik van verschillende pakket operatoren, zijnde: bpost, Urbike, BD Logistics, Agediss, Mondial Relay en DPD. Ter volledigheid neemt de methode ook de andere grote pakket operatoren mee – in geval nieuwe e-retailers willen instappen. Deze zijn PostNL, GLS, FEDEX en UPS. Hieronder wordt voor elk van de drie types transport stromen de gehanteerde methodiek verder toegelicht.

2.3. E-retailer stromen

Hoewel e-commerce leveringen geassocieerd worden met transport bewegingen van pakket operatoren, vormen transport bewegingen die zelf of dedicated uitgevoerd respectievelijk door of voor de e-retailers een belangrijk aandeel van alle operaties. Over de e-retailers heen wordt 43% van het pakket volume door deze stromen tot bij de consument gebracht.

The screenshot shows an online questionnaire titled "Vooruitgang vragenlijst" with a progress bar indicating 57% completion. The questionnaire contains several questions about logistics and delivery options, each with "Ja" (Yes) and "Nee" (No) response buttons. Some questions have additional "Formulier invullen" (Fill in form) or "Formulier aanpassen" (Adjust form) links.

Question	Ja	Nee	Additional Action
Belevert een andere pakket operator(en) voor u online volume?	Ja	Nee	
Komt een andere pakket operator(en) deze online-volumes zelf aan uw distributiecentrum ophalen?	Ja	Nee	
Transport van pakjes vanuit de distributiecentra van de retailer naar de distributiecentra van de 3PL, in eigen beheer			Formulier invullen
Belevert een andere pakket operator(en) (dan bpost) uw eigen winkelpunten ?	Ja	Nee	
Brengt een andere pakket operator(en) online-volume voor u tot bij de consument thuis?	Ja	Nee	
Levering door de 3PL vanuit diens netwerk tot bij de consument thuis			Formulier aanpassen
Brengt een andere pakket operator(en) (dan bpost) online-volume voor u tot bij de consument via hun netwerk van afhaalpunten?	Ja	Nee	
Levering door de 3PL vanuit diens netwerk tot aan een netwerk van afhaalpunten en pakket automaten			Formulier invullen
Levert een andere pakket operator(en) online-volume aan huis vanuit uw eigen winkelpunt(en)	Ja	Nee	

At the bottom, there is a timestamp "Laatst opgeslagen: 30/10/2023 20:16" and two buttons: "Opslaan als draft" (Save as draft) and "Data verzenden" (Send data).

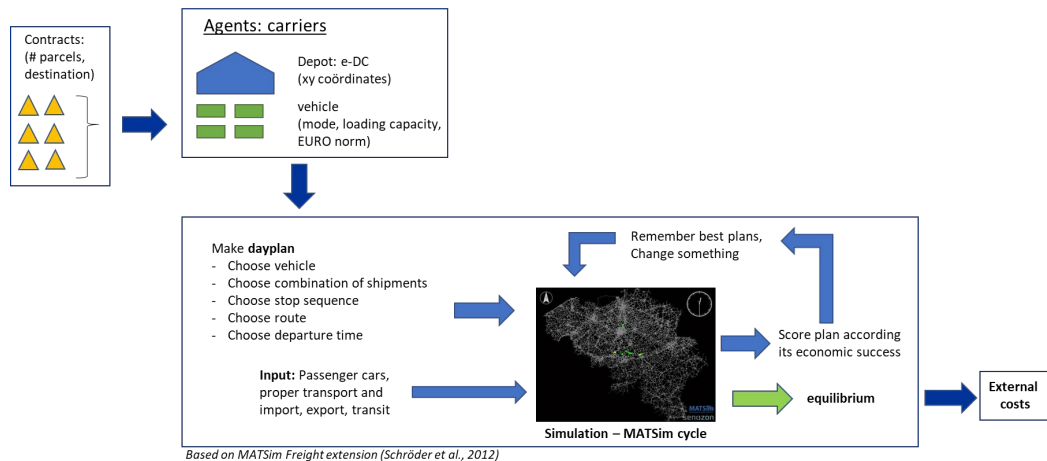
Figuur 1. Online vragenlijst e-retailer stromen

Voor de e-retailer stromen beschikt de deelnemende e-retailer zelf over de data die nodig zijn om een robuuste duurzaamheidsimpact analyse uit te voeren. Daarom werd er een online platform uitgewerkt waarbij de deelnemende e-retailers in een beveiligde omgeving, aan de hand van een gestandaardiseerde vragenlijst, de nodige gegevens kan ingeven. Deze gegevens omvatten: (1) volume, (2) volume in piekmaand, (3) ingezette voertuigen per type en aandrijving, (4) oorsprong-bestemmingsmatrices inclusief volume. Figuur 1 geeft een illustratie van het platform.

2.4. Pakket operator stromen

Om de duurzaamheidsimpact te berekenen van de transport stromen die georganiseerd en uitgevoerd worden door pakket operatoren, heb je gegevens nodig van deze operatoren. Deze gegevens worden echter als commercieel gevoelig beschouwd, waardoor de toegang tot de gegevens die nodig zijn voor een robuuste en operationele methode niet gewaarborgd kan worden. Bijgevolg werd er voor een methode gekozen die onafhankelijk is van de deelname van pakket operatoren.

Een agent-based simulatie model werd ingezet voor de berekening van de transport prestaties van de hierboven vermelde pakket operatoren. Het model is geïmplementeerd in open-source software MATSim (Horni et al., 2016), en bouwt verder op het werk van Schröder en Liedtke (2014). De agents in het model zijn de pakket operatoren. Elke agent maakt een dagplan op distributiecentra niveau. De agent kiest daarbij welk voertuig uit de vloot gebruikt wordt, wanneer dit voertuig het depot verlaat, welke verzendingen in dat voertuig gestoken worden, de stop-sequentie en de routekeuze. De voertuigen worden individueel op het Belgische wegennetwerk gesimuleerd, waarbij een tijdsafhankelijke en voertuigafhankelijke kostenminimalisatie algoritme de optimale route berekent. Het model simuleert een etmaal en voert alle dag-plannen van de verschillende agents simultaan uit. Daarna evalueren de agents individueel het economisch succes van hun eigen plan, waarbij economisch succes geïnterpreteerd wordt als de kosten die de pakket operatoren maken voor hun transport operaties en een penalisisatie voor het niet of te laat leveren van pakketten. Via een iteratieproces proberen de agents hun dag-plan te verbeteren door hun routekeuze, beladingsgraad, modale- en voertuigkeuze, vertrektijd en stop-sequentie aan te passen. Ze onthouden hun plan met het grootste economisch succes doorheen de verschillende iteraties en leren doorheen de iteraties welke invulling van de bovenstaande variabelen het meest aangewezen is. Zo evolueert elke agent naar een equilibrium dat het near-optimum vertegenwoordigt. Op dat moment wordt het iteratieproces afgebroken en worden de resultaten uitgelezen. Personenwagens worden tijdens piekuren als onderliggende belasting op het netwerk meegenomen.



Figuur 2. Agent-based model structuur (Mommens, 2019)

Het model gebruikt drie inputs:

1. het wegennetwerk van Openstreetmaps;
2. de transportvraag uitgedrukt in het aantal pakketten per pakket operator (agent). Hiervoor worden het totale jaarlijkse aantal pakketten die in België geleverd worden gekoppeld aan het marktaandeel in volume van de operatoren, beiden afkomstig van het BIPT. De ruimtelijke spreiding van het volume is gebaseerd op een reële dataset van 833 449 pakketten in België, waarbij er vanuit gegaan wordt dat alle operatoren een gelijke ruimtelijke spreiding van hun volumes hebben, maar waarbij operatoren die enkel lokaal actief zijn wel zo opgenomen zijn. De volumes van de deelnemende e-retailers worden in dit totaal volume geïnjecteerd, zodoende dat het model in staat is deze uit de analyses te selecteren en een correct aandeel van de transport prestaties aan deze pakketten toe te kennen.
3. de pakket operatoren die gedefinieerd worden door hun reële locaties van hun logistieke faciliteiten. Het netwerk van afhaalpunten per operator zijn afkomstig van PostaalPunt(.be). De vlootgegevens van de operatoren worden gehaald uit een datadank per onderneming voor voertuigen die transport mogen doen voor derden. De gegevens werden ter validering voorgelegd aan alle operatoren. Verschillende operatoren – samen goed voor 60% marktaandeel – hebben de input gegevens en model outputs voor hun operaties gevalideerd.

2.5. Consumenten verplaatsing

Tot slot zijn er de consumenten verplaatsingen die gedaan worden voor het ophalen van pakketten in winkelpunten of afhaalpunten. Ook bij een retour vindt er in België doorgaans een consumenten verplaatsing plaats. Nogmaals, omnichannel verplaatsingsgedrag wordt buiten beschouwing gelaten. Om de duurzaamheidsimpact van de consumenten verplaatsing correct te kunnen berekenen, zijn de volgende gegevens nodig: (1) gebruikte transport modus, (2) afgelegde afstand voor het ophalen van het pakket. Dit kan een deel van een langer traject zijn in geval van trip chaining. De afstand kan ook nul zijn indien het gebruikte afhaalpunt/winkelpunt langs het traject ligt (bvb. trein station) of indien

het afhaalpunt/winkelpunt reeds voor andere doeleinden bezocht dient te worden (bvb. wekelijkse inkopen). Enkel de consument beschikt over deze gegevens. Daarom werd een uitgebreide bevraging opgesteld die enerzijds door vijf van de deelnemers onder hun online klanten verspreid werd (# 2 296 respondenten). Anderzijds is er ook een steekproef met 2 105 repondenten die representatief zijn voor de Belgische bevolking ingezet, waarvan 232 gebruik gemaakt hebben van een afhaalpunt of winkelpunt. Een ruime beschrijving van de enquêtes en de resultaten is terug te vinden in Cauwelier et al. (2023) en Cauwelier et al. (2024). Bovenstaande elementen werden in detail bevraagd en vormen de basis voor de duurzaamheidsberekening van de consumenten verplaatsing.

2.6. Externe kosten

Duurzaamheid wordt in dit werk geïnterpreteerd als de belangrijkste transport gerelateerde externaliteiten, en worden uitgedrukt in externe kosten (in euro). Externaliteiten zijn veranderingen in de welvaart die veroorzaakt worden door economische activiteiten zonder dat zij worden gereflecteerd in de marktprijzen (Weinreich et al., 2000). De volgende externaliteiten zijn opgenomen in de duurzaamheidsimpact methode (Maibach et al., 2008; Gibson et al., 2014): (1) congestie, (2) luchtvervuiling, (3) klimaatverandering, (4) geluidshinder, (5) verkeersongevallen, (6) infrastructuurschade, (7) well-to-tank processen. Voor de logistieke stromen – dus e-ratiler stromen en pakket operator stromen – werden marginale externe kosten per voertuigkilometer toegepast uit de studie van Van Essen et al. (2019) waarbij er gedifferentieerd werd voor de variabelen omgeving (stedelijk, ruraal), wegtype, voertuigtype en euro-norm. Voor de pakket operator stromen zijn deze variabelen opgenomen in het simulatie model. Voor de e-retailer stromen werden deze gegevens opgevraagd. De CO₂ eq uitstoot werd berekend via de omzetting dat 1 ton CO₂ een externe kosten waarde heeft van 100€ in de gebruikte referentie studie (van Essen et al., 2019). Cargofietsen zijn niet opgenomen in van Essen et al. (2019), waardoor er beroep werd gedaan op de externe kosten waarden uit Litman et al. (2016). Voor de consumenten werden onderstaande externe kosten gehanteerd.

Tabel 1. Externe kosten in eurocent per persoonkilometer

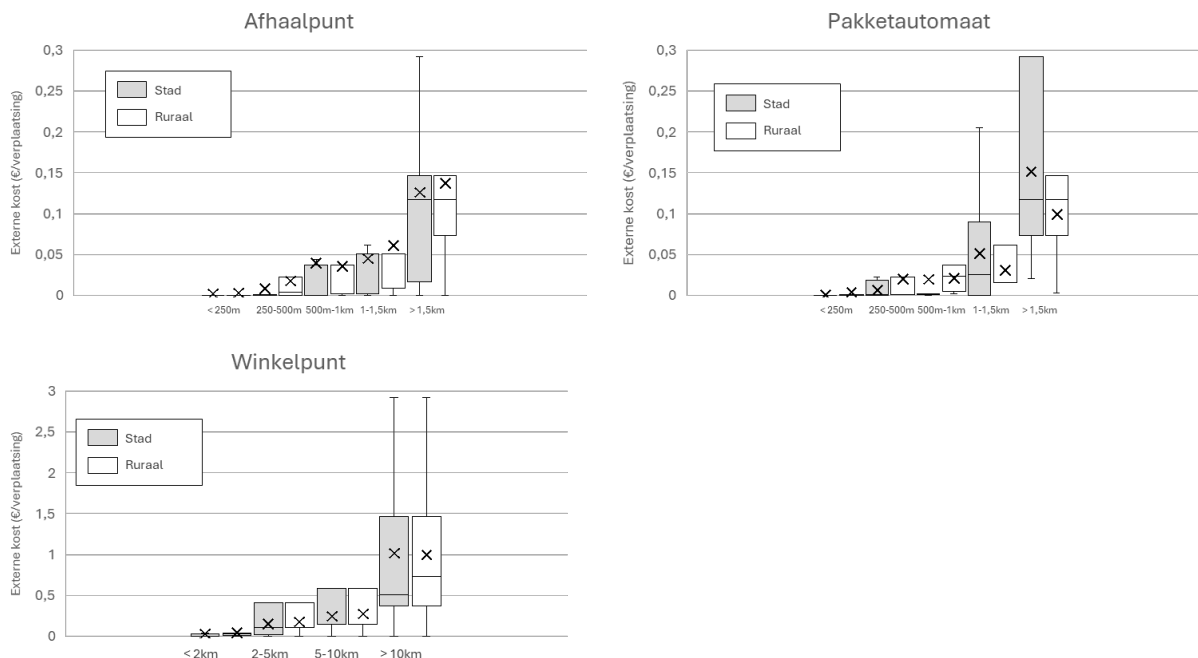
Externe Kosten parameter	Cargofiets	Openbaar vervoer	Wagen	Fiets	Te voet
<i>Congestie</i>	1,8	0,9	4,2	0,1	0
<i>Luchtvervuiling</i>	0	0,4	0,7	0	0
<i>Klimaatverandering</i>	0	0,5	1,2	0	0
<i>Geluidsoverlast</i>	0	0,3	0,6	0	0
<i>Ongevallen</i>	0,4	1,1	4,5	0,4	0
<i>Infrastructuur</i>	0	0,1	0,1	0	0
<i>Well – to – tank</i>	0,2	0,2	0,4	0	0
Bron	Litman et al. (2016)	Van Essen et al. (2019)	Van Essen et al. (2019)	Litman et al. (2016)	Eigen invulling

3. Resultaten en discussie

Dit onderzoek kent drie onderzoeksvragen:

- Wat is de meest duurzame leverlocatie?
- Onder welke voorwaarden kan gesteld worden dat een optie de meest duurzame is?
- Wat is het duurzaamheidspotentieel indien consumenten en e-retailers volledig in zouden zetten op de meest duurzame leverlocatie?

Vooraleer dit werk ingaat op bovenstaande onderzoeksvragen, dient eerst dieper ingegaan te worden in de duurzaamheidsimpact van de consumenten verplaatsing, omdat deze een belangrijke bijdrage heeft in de uiteindelijke resultaten. Onderstaande boxplots geven de externe kost weer voor de verschillende leverlocaties en dit voor stedelijke gebieden en rurale gebieden en voor de verschillende afstandscategorieën die gebruikt werden in de consumentenbevraging.



Figuur 3. Duurzaamheidsimpact van consumentenverplaatsing voor verschillende leverlocaties.

Hieruit komen een aantal belangrijke resultaten. Ten eerste zien we dat de gemiddelde afstand die consumenten afleggen om een pakket op te halen aanzienlijk korter in steden dan in rurale gebieden. Voor winkelpunten is de gemiddelde afstand in steden 6 kilometer, tegenover 9,7 kilometer in rurale gebieden. Voor afhaalpunten en pakketautomaten is de gemiddelde afstand 1,3 kilometer in steden en 1,9 kilometer in de rurale gebieden. Nabijheid van afhaal- en winkelpunten is in steden dus hoger, en dat is cruciaal voor de duurzaamheidsimpact omdat die impact disproportioneel stijgt met de afstand. Dit komt omdat er met stijgende afstand, minder zachte transport modi gebruikt worden. Binnen dezelfde afstandscategorieën is er nauwelijks verschil tussen de impact van consumenten verplaatsingen in steden en rurale gebieden. In steden wordt openbaar vervoer en zachte modi vaker

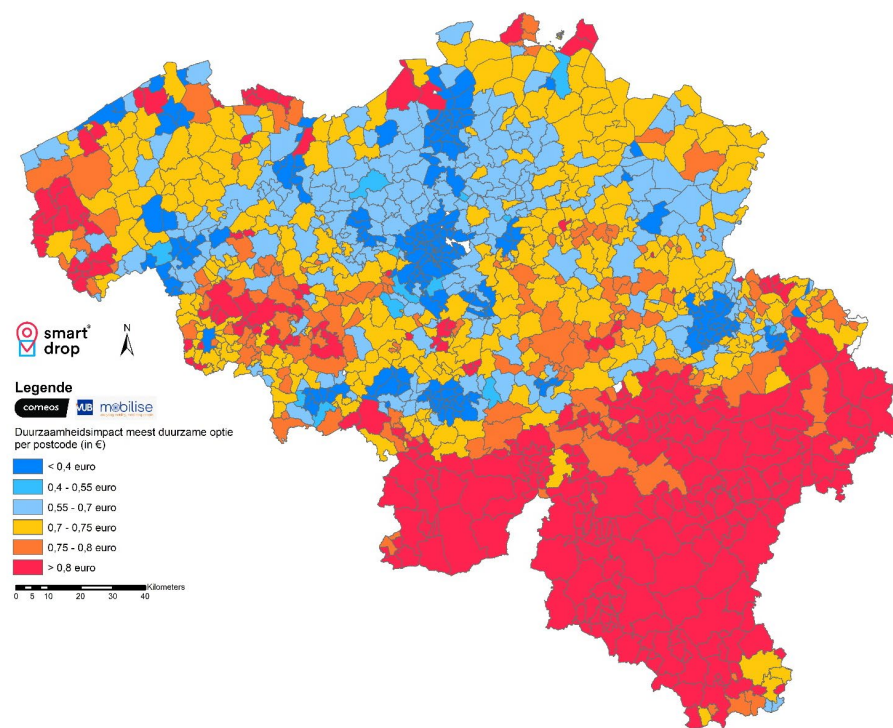
gebruikt, terwijl dit in rurale gebieden opgevangen wordt door vaker gebruik te maken van trip chaining of het combineren van activiteiten. Er is ook geen noemenswaardig verschil tussen afhaalpunten, pakketautomaten en winkelpunten, gezien het varierend patroon bij de lange afstandscategorieën voor pakketautomaten toe te schrijven is aan een laag aantal respondenten aldaar. Voor de kortste afstandscategorie is de impact voor alle leverlocaties ook minimaal. Het bevestigt dat consumenten voor zeer korte afstanden zachte modi gebruiken. Tot slot zijn de gemiddeldes (kruisjes) die hoog of hoger uitvallen dan de 'box'es te wijten aan outliers, dewelke een respondent is die de maximum afstand binnen de categorie volledig aflegt met de wagen, zonder trip chaining. Het dient dus opgemerkt te worden dat dit voor de korte afstandscategorieën uitzonderlijk gedrag is.

Van het totaal gecapteerde pakket volume in Smartdrop ©, wordt een opvallend groot aandeel (36,6%) in eigen winkelpunten aan de consument bezorgd. Dit is te verklaren door het feit dat geen louter online-verkoop-platformen tot op heden deelgenomen hebben aan de methode. Zij vertegenwoordigen een groot aandeel van de online volumes en kunnen bij gebrek aan eigen fysieke winkels enkel in afhaalpunten of thuis geleverd worden. Daarnaast kwam uit de contacten met de deelnemende e-retailers naar voren dat het winkelpunt voor hen de geprefereerde leverlocatie is, en dat sommigen daar ook hun leverprijs op afstemmen. Zo is bij 6 van de 7 deelnemers een levering in de eigen winkel gratis voor de klant. De overige volumes volgen het klassieke patroon in België, waarbij de meerderheid (45,3%) thuis geleverd wordt, een aanzienlijk aandeel in bemande afhaalpunten (10,9%) en een klein aandeel in pakketautomaten (3,7%). Twee van de deelnemende e-retailers leveren ook zelf buitenproportionele goederen aan huis als dienst.

De gemiddelde duurzaamheidsimpact van het transport (in scope gedeelte) voor het gehele volume bedraagt 0,67 euro per pakket. Bijgevolg is de maatschappelijke en ecologische impact van alle bijna 7 miljoen pakjes goed voor een jaarlijkse kost van bijna 4,6 miljoen euro. Indien dit geëxtrapoleerd wordt op het totale jaarlijkse online volume in België komt men zelfs op een bedrag van 188 miljoen euro. Er zijn verschillen in de duurzaamheidsimpact tussen de leverlocaties. Winkelpunten zijn gemiddeld het duurzaamste met 0,32 euro per pakket, al is deze optie ook het gevoeligste voor de impact van de consumenten verplaatsing. Indien de consument gemiddeld een afstand langer dan 2 100 meter afgelegd met de wagen voor ophaling van het pakket is een andere locatie duurzamer. Vanuit logistiek oogpunt is de levering aan afhaalpunten en pakketautomaten gemiddeld ongeveer 30% duurzamer dan een thuislevering. Dit vertegenwoordigd een afstand van 1 150 meter met de wagen. Uit het consumentengedrag ziet men momenteel echter dat wanneer hun huidige consumenten verplaatsingen toegevoegd worden aan de analyse, afhaalpunten en pakketautomaten met respectievelijk 0,73 euro per pakket en 0,88 euro per pakket slechter scoren inzake duurzaamheid dan de gemiddelde thuislevering met 0,71 euro per pakket. Dit is voornamelijk te wijten aan consumenten die gebruik maken van afhaalpunten in rurale gebieden. Er is dus nood aan het informeren van consumenten en e-retailers om de duurzaamheid van online leveringen te verbeteren, zodoende dat e-retailers hun klanten

kunnen stimuleren en consumenten hun keuze en gedrag kunnen aanpassen. Tot slot zijn leveringen aan huis door de e-retailers zelf vanuit duurzaamheidsperspectief geen wenselijk gegeven, met een impact van 2,19 euro aan externe transport kosten per pakket. Het is natuurlijk wel zo dat deze leveringen van buitenproportionele goederen niet via de klassieke leveringen van pakket operatoren kunnen plaatsvinden en dat bijgevolg de duurzaamheidsimpact ervan sowieso hoog zal uitvallen.

Bovenstaande cijfers geven de Belgische gemiddeldes weer. Er dient echter opgemerkt te worden dat er grote geografische verschillen zijn in de duurzaamheidsimpact van de verschillende leverlocaties. In steden is er meer fysieke aanwezigheid van winkelpunten en hebben pakket operatoren een eigen dens netwerk aan afhaalpunten, waardoor consumenten korte afstanden dienen af te leggen indien ze voor een winkel- of afhaalpunt kiezen. Daarenboven wordt er in steden ook meer gebruik gemaakt van leveringen met cargofietsen en elektrische voertuigen. De duurzaamheidsimpact is er dus relatief laag, zoals ook te zien is met de blauwe gebieden in onderstaande figuur. Bovendien hebben pakket operatoren meestal ook een distributiecentrum in de nabijheid van het stedelijk gebied, om dit te bevoorraden. In steden zijn de afhaalpunten en winkelpunten de meest duurzame leverlocatie op postcode niveau.

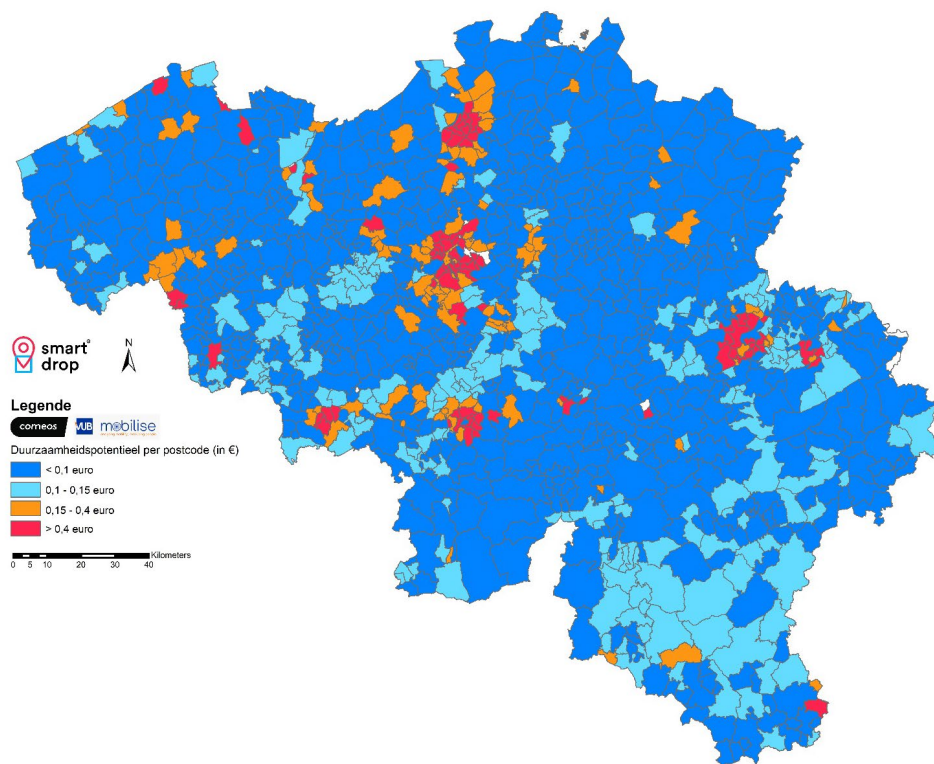


Figuur 4. Duurzaamheidsimpact van de meest duurzame leverlocatie op postcode niveau.

Het tegendeel is waar voor rurale gebieden, waar distributiecentra verder gelegen zijn en aanrij afstanden dus veel langer zijn. De impact hiervan wordt onderschreven door de iets lagere externe kost in het uiterste zuiden van België, die genieten van de nabijheid van distributiecentra in Luxemburg. In rurale gebieden is de impact van de meest duurzame leveroptie hoger dan in steden (zie gele en rode

gebieden in bovenstaande figuur 4). De meest duurzame optie is in rurale gebieden de thuislevering, omdat de gemiddeld gezien consumenten verplaatsing er impactvoller is door de beperktere nabijheid van afhaal- en winkelpunten.

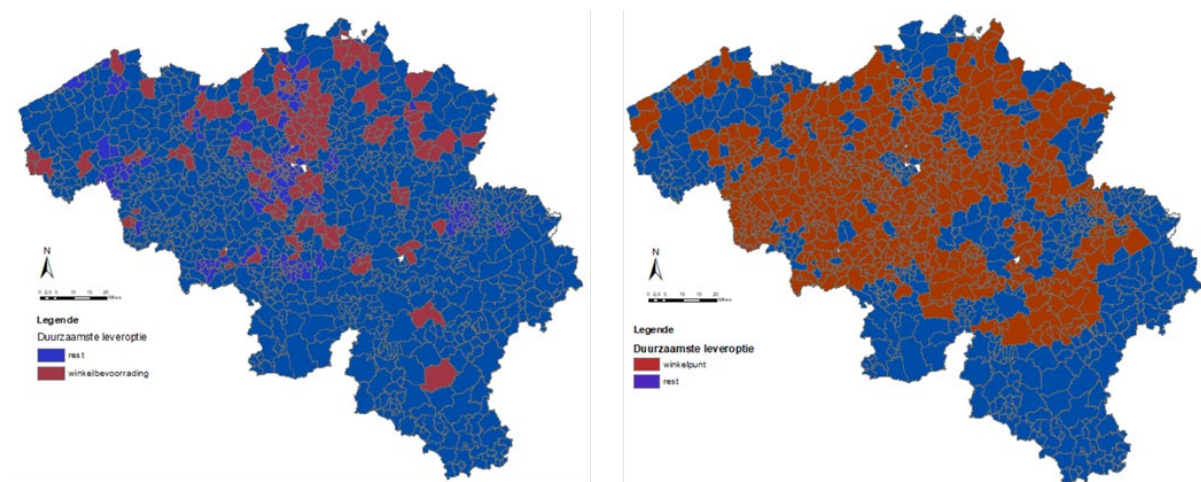
De thuislevering is even populair als leverlocatie in steden als in rurale gebieden. Daardoor is de discrepantie tussen de duurzaamheidsimpact van de meest duurzame leveroptie op postcodeniveau en de leverlocaties die consumenten verkiezen binnen de postcodes het grootste in stedelijke gebieden, zoals te zien in figuur 5. Indien consumenten voor de meest duurzame leverlocatie kiezen in hun postcode, dan kunnen ze de duurzaamheidsimpact van de levering gemiddeld met 19,2% verminderen. Het zou de Belgische samenleving en omgeving niet minder dan 36 miljoen euro per jaar besparen. Gemiddeld gaat de besparing om 13 eurocent aan externe transportkosten per pakket. In postcodes waar afhaalpunten de meest wenselijke locatie zijn vanuit duurzaamheidsoogpunt stijgt dit tot gemiddeld 22 eurocent per pakket, terwijl in postcodes waar thuislevering en het winkelpunt aangewezen zijn dit respectievelijk om 12 eurocent en 8 eurocent gaat. Consumenten wonend in postcodes nabij een winkelpunt van de deelnemende e-retailers maken dus al vaak gebruik van dat winkelpunt als leverlocatie.



Figuur 5. Reductie potentieel per postcode indien consumenten voor de meest duurzame leverlocatie kiezen.

Bovenstaande resultaten onderschrijven het belang van een dens netwerk aan bemande en/of onbemande afhaalpunten voor de pakket operatoren en een dens netwerk aan fysieke winkelpunten voor de e-retailers wanneer de duurzaamheidsimpact van de levering in kaart wordt gebracht.

Aangezien de densiteit van het winkelpunten netwerk sterk verschilt tussen de deelnemende e-retailers en ook het afhaalpunten netwerk van operatoren onderling verschillen vertoont, zal ook de meest duurzame leverlocatie voor eenzelfde postcode vaak verschillen tussen e-retailers. Onderstaande figuur 6 geeft de postcodes in het rood weer waar het winkelpunt van de e-retailer de meest duurzame locatie is, links voor de e-retailer met het kleinste netwerk aan winkelpunten, rechts voor de e-retailer met het grootste netwerk. Deze verschillen resulteren dat éénzelfde consument voor één bepaalde e-retailer best naar het winkelpunt gaat vanuit duurzaamheidsperspectief, terwijl hij of zij voor een andere e-retailer best voor een thuislevering kiest. Het maakt communicatie naar de consument minder evident, en het vergroot de kans dat hij of zij het verschil niet begrijpt en potentieel afhaakt en een minder duurzame keuze maakt. Zoals gezegd, telt hetzelfde ook, hetzij in mindere mate, voor de pakket operatoren. Een e-retailer kan weldegelijk een verschil maken door voor bepaalde gebieden in te zetten op bepaalde operatoren.



Figuur 6. Postcodes met het winkelpunt als meest duurzame leverlocatie voor de e-retailer met het kleinste netwerk links en het grootste netwerk rechts.

Alle bovenstaande resultaten zijn gebaseerd op de analyses op postcode niveau. Hoewel de analyses een duidelijke stap verder zijn dan de huidige state-of-the-art in onderzoek en kennis en ze eveneens een significant duurzaamheidspotentieel identificeren, moet men zich er eveneens van bewust zijn dat een postcode nog steeds een ruimtelijk aggregaat is en bijgevolg fijnmazigere analyses mogelijk zijn. Om de impact van de aggregatie te kunnen kwantificeren, heeft deze studie gebruik kunnen maken van adresgegevens van consumenten voor twee van de deelnemende e-retailers, goed voor respectievelijk 341 399 consumenten / 991 111 pakketten en 83 210 consumenten / 141 325 pakketten. Dezelfde methodologie werd toegepast en de resultaten tonen dat de robuustheid van bovenstaande analyses sterk verbeterd wordt door de methode op adresniveau toe te passen. Onderstaande tabel geeft het aantal consumenten die een bepaalde leverlocatie als meest duurzaam toegewezen krijgt door de analyse.

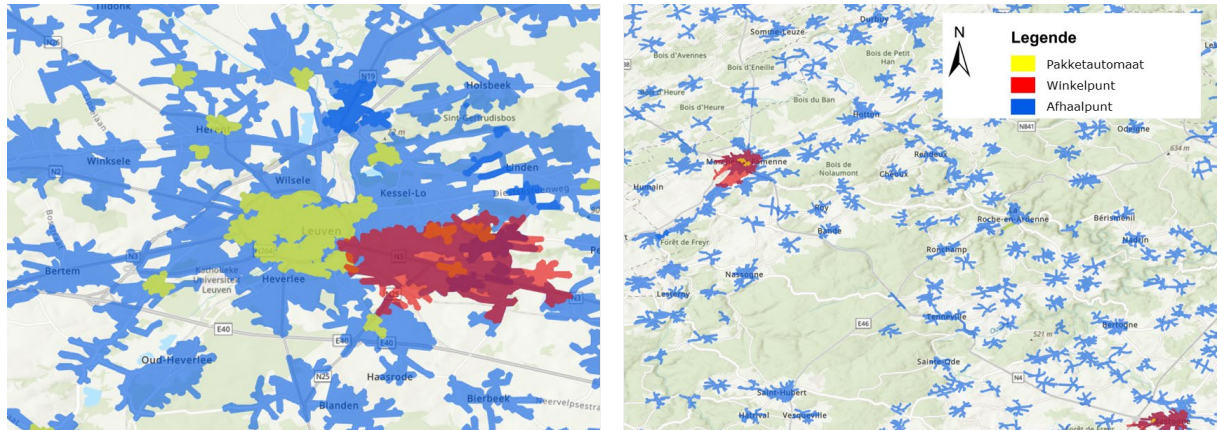
Tabel 2. Aantal consumenten die leverlocatie als meest duurzame toegewezen krijgen voor twee e-retailers.

Meest duurzame leverlocatie	E-retailer A Dens winkelpunt netwerk – 991 k pakketten per jaar		E-retailer B Minder winkelpunten – 141 k pakketten per jaar	
	Postcode	Adres	Postcode	Adres
Winkelpunt	126 090	90 339	6 761	9 793
Afhaalpunt	88 248	113 455	31 263	31 169
Pakketautomaat	0	9 684	0	2 500
Thuislevering	127 061	127 921	45 186	39 748

Merk ten eerste de bevestiging op dat het beeld verschillend is voor elk van de e-retailers. E-retailer A zijn de winkelpunten en thuislevering voor de meeste consumenten het meest duurzaam alternatief, terwijl voor e-retailer B vooral thuislevering voor de meeste consumenten het duurzaamste is, gevolgd door afhaalpunten. Ten tweede is het opvallend dat er grote verschillen zijn tussen de analyse op postcode niveau en de analyse op adresniveau, en opnieuw zien we dat het verschil ook een ander patroon vertoont tussen de twee e-retailers. Bij e-retailer A krijgt maar liefst 39,8% van de consumenten een andere meest duurzame leverlocatie toegewezen, terwijl het bij e-retailer B om de helft minder gaat, ofwel toch nog een aanzienlijke 20%. Ten derde ziet men bij e-retailer A – die een denser winkelpunten netwerk heeft – een verschuiving van het winkelpunt naar afhaalpunten en pakketautomaten. Thuisleveringen blijven voor een ongeveer gelijk aantal consumenten de meest aangewezen leverlocatie. Bij e-retailer B is het net de thuislevering die inboet ten voordele van de winkelpunten en pakketautomaten. Opnieuw geeft de methode, ditmaal op adresniveau, resultaten die afhankelijk zijn van de e-retailer, diens netwerk aan winkelpunten en de pakket operator(en) waarmee gewerkt wordt. Een constante is de verschuiving naar adresniveau is wel dat consumenten die nabij een pakketautomaat wonen, deze als meest duurzame leverlocatie krijgen, terwijl het aggregaat op postcode ervoor zorgde dat de pakketautomaat – omwille van te beperkte netwerk densiteit – nooit als meest duurzame leverlocatie aangewezen werd.

De toepassing op adresniveau heeft als voordeel dat ze het meest accuraat is en dat de resultaten meer aansluiten bij de beleving van de consument. Het is bevattelijker voor een consument dat de pakketautomaat om de hoek een duurzamere leverlocatie is dan het verder gelegen afhaalpunt, terwijl de aggregatie op postcodeniveau voor deze consument wel het afhaalpunt als meest duurzaam aangeeft. Idem voor consument die in een zeer landelijk gebied, in de dorpskern net naast het afhaalpunt of winkelpunt woont. In de analyse op postcode niveau zal het rurale karakter ervoor zorgen dat gemiddeld voor het gehele gebied de thuislevering meest aangewezen is, terwijl voor

bovenvermelde consument wel net dat afhaal- of winkelpunt het duurzaamste is. Beide voorbeelden worden onderschreven door onderstaande kaarten die een voorbeeld geven van het gebied op adresniveau dat toegewezen wordt aan specifieke leverlocaties (pakketautomaat in geel; winkelpunt in rood; afhaalpunt in blauw; niet ingekleurde gebieden thuislevering), en dit voor een stedelijk gebied links en een ruraal gebied rechts.



Figuur 7. Methode resultaten op adres niveau voor stedelijk gebied links en ruraal gebied rechts.

De toepassing op adresniveau heeft echter ook nadelen. Een eerste belangrijke is de rekentijd. De toepassing op postcode niveau is operationeel online en vraagt maar een paar seconden aan rekentijd. Hierdoor is een snelle communicatie naar de consument (en e-retailer) mogelijk. Zo heeft Vanden Borre de toepassing ook een jaar geïntegreerd in haar check-out. De rekentijd voor het adresniveau bedraagt 6 uur. Hetgeen een communicatie omslachtiger en dus minder efficient en kostelijker maakt. Bovendien is de analyse op adresniveau ook privacy gevoelig.

4. Conclusie

E-commerce is een sector die de laatste jaren erg gegroeid is, en daardoor is ook de maatschappelijke en ecologische impact van online leveringen zichtbaar toegenomen. Het verduurzamen van de sector is taak van verschillende actoren, zijnde de overheid, e-retailers, pakket operatoren en de consument. Er zijn al verschillende initiatieven genomen of lopend om online leveringen te verduurzamen. De wetenschappelijke literatuur toont bovendien aan dat de locatie waar de levering plaatsvindt de duureaamheidsimpact beïnvloedt. Echter welke deze meest duurzame leverlocatie dan is voor de consument is dan weer afhankelijk van een resem aan variabelen, waardoor het voor de e-retailer, consument en zelfs pakket operator niet meer mogelijk is om te weten welke nu de meest duurzame leveroptie is onder bepaalde omstandigheden.

Deze studie presenteert een methode die net dat toelaat. Gedragen door de e-retailers en ondersteund door pakket operatoren en een ruime set aan gegevens over consumenten, heeft deze studie als eerste bijdrage dat het de duurzaamheidsimpact van de online leveringen in kaart brengt. Jaarlijks worden zo 188 miljoen euro aan maatschappelijke en ecologische kosten veroorzaakt in België. De leverlocatie is

daarbij een belangrijk element dat relatief gemakkelijk voor significante duurzaamheidsverbetering kan zorgen. Een verandering van de huidige locatiekeuze naar de meest duurzame leverlocatie kan de duurzaamheidsimpact gemiddeld met 19,2% verbeteren. De e-retailer en consument dienen daarvoor wel over de informatie te beschikken die hen toelaat om voor de meest duurzame locatie te kiezen.

De locatie is onder meer afhankelijk van onder meer de gebruikte pakket operator en de e-retailer. De resultaten verschillen tussen gebieden en tussen e-retailers. De voorgestelde methode beantwoordt welke de meest duurzame leveroptie is onder deze verschillende omstandigheden. Op postcode niveau werd de methode geïntegreerd in een werkende online tool, onder de naam Smartdrop ©, waarbij deelnemende e-retailers alle nodige inputgegevens kunnen invoeren en de duurzaamheidsimpact van hun leveringen voor elke leveroptie op postcode niveau kunnen zien. Bij één e-retailer werd ook een rechtstreekse communicatie met de consument gerealiseerd door de info op te nemen in de check-out.

Ondanks het ongezien geografisch detailniveau van de methode en het belang van het delen van deze informatie met e-retailers en consumenten, dient tegelijk ook vastgesteld te worden dat het postcode niveau voor een aggregatie zorgt. In de studie werd onderzocht of deze aggregatie impactvol is, en dat blijkt het geval. Afhankelijk van de e-retailer, krijgen 20 tot 40% van de consumenten een andere meest duurzame locatie toegewezen indien de methode toegepast wordt op adres niveau. Vele nieuwe uitdagingen – waaronder GDPR en rekentijd – ontstaan echter bij deze verandering, waardoor de oefening, of beter afweging, gemaakt dient te worden of de methode vooral een communicatie- dan wel een berekeningsdoel dient te beogen.

Bibliografie

- Ballare, S., & Lin, J., 2020, "Investigating the use of microhubs and crowdshipping for last mile delivery", *Transportation Research Procedia*, 46, 277-284.
- BIPT (2023) <https://www.bipt.be>
- Buldeo Rai, H., Verlinde, S., Macharis, C., 2019a, "The "next day, free delivery" myth unravelled", *International Journal of Retail and Distribution Management*, 1(47), 39-54
- Buldeo Rai, H., Mommens, K., Verlinde, S., Macharis, C., 2019b, "How does consumers' omnichannel shopping behaviour translate into travel and transport impacts? Case-study of a footwear retailer in Belgium", *Sustainability*, 11
- Buldeo Rai, H., Touami, S., & Dablanc, L., 2022, "Autonomous e-commerce delivery in ordinary and exceptional circumstances. The French case", *Research in Transportation Business & Management*, 45, 100774.
- Carotenuto, P., Ceccato, R., Gastaldi, M., Giordani, S., Rossi, R., & Salvatore, A., 2022, "Comparing home and parcel lockers' delivery systems: a math-heuristic approach", *Transportation Research Procedia*, 62, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.012>
- Cauwelier, K., Macharis, C. & Mommens, K. M., 2023, "Travel behavior of e-consumers: do travel habits vary among last-mile practices?", *Bijdragen vervoerslogistieke werkdagen 2023*. Weijers, S. & Vannieuwenhuyse, B. (eds.). p. 515-530 15 p.
- Cauwelier, K., Buldeo Rai, H., Puttemans, K., Macharis, C., Mommens, K. 2024, "From cart to door: Unravelling consumer behaviour through attitudinal sustainability profiles", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 130, 104168
- Gibson, G., Varma, A., Cox, V., Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröcker, J., ... Meier, H., 2014, "Update of the Handbook on External Costs of Transport - Final Report", London.
- Horni, A., Nagel, K., & Axhausen, K. W., 2016, "The Multi-Agent Transport Simulation MATSim", (Andreas Horni, K. Nagel, & K. W. Axhausen, Eds.). <https://doi.org/10.5334/baw>
- Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, C., Van Essen, H., Boon, B., Smokers, R., & Bak, M., 2008, "Handbook on Estimation of External Cost in the Transport Sector: Internalisation Measures and Policies for All External Costs of Transport (IMPACT) ", Version 1.1. European Commission, DG TREN. Delft.
- Mommens, K., 2019, "The development of an assessment framework for multimodal freight transport of different cargo types in Belgium", PhD Vrije Universiteit Brussel
- Mommens, K., Buldeo Rai, H., Macharis, C., 2021, "Delivery to homes or collection points? An environmental impact analysis for urban, urbanised and rural areas in Belgium", *Journal of*

- Mommens, K., Baiwir, T., Bianchet, B., Peeters, J., Limbourg, S., Macharis, C., 2025, "The online check-out for local authorities: a toolkit for sustainable e-commerce deliveries", Routledge Sustainable Urban Transport
- Mondal, C., & Giri, B. C., 2022, "Analyzing strategies in a green e-commerce supply chain with return policy and exchange offer", *Computers & Industrial Engineering*, 171, 108492.
- Litman, T. A., & Doherty, E. 2016, "Transportation Cost and Benefit Analysis: Techniques, Estimates and Implications", Victoria,
- Schröder, S., Liedtke, G., 2014, "Modeling and analyzing the effect of differentiated urban freight measures – a case study of the food retailing industry", 93rd Annual Meeting of Transportation Research Board. Washington DC.
- Siragusa, C., Tumino, A., Mangiaracina, R., & Perego, A., 2022, "Electric vehicles performing last-mile delivery in B2C e-commerce: An economic and environmental assessment", *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(1), 22-33.
- Temporelli, A., Brambilla, P. C., Brivio, E., & Girardi, P., 2022, "Last mile logistics life cycle assessment: a comparative analysis from diesel van to e-cargo bike", *Energies*, 15(20), 7817.
- van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schroten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., Brambilla, M., Fiorello, D., Fermi, F., Parolin, R., El Beyrouthy, K., 2019, "Handbook of external costs of transport: version 2019", CE Delft
- Weinreich, S., Buhler, G., Schmid, S., Bickel, P., Friedrich, R., Ricci, A., Enei, R., Baccelli, O., Vaghi, C., Zucchetti, R., Cini, T., Henriques, M., 2000, "Accounting framework for the analysis of the costs structure of door-to-door intermodal freight transport services (deliverable 1), real cost reductions of door-to-door intermodal transport (RECORDIT) "