

**SAMEN OP REIS? EEN VERKENNING NAAR INTEGRATIE MOGELIJKHEDEN VOOR
PERSONEN- EN GOEDERENVERVOER IN ROTTERDAM**

J.H.R. van Duin Hogeschool Rotterdam (CoE HRTECH)/ Technische Universiteit Delft
(Techniek, Bestuur & Management)

A.M.R. de Vries Hogeschool Rotterdam (CoE HRTECH)

N. Anand Hogeschool Rotterdam (CoE HRTECH)

Samenvatting

De komende jaren zullen steden meer en meer te maken krijgen met uitdagingen op het gebied van vervoer in termen van toegankelijkheid, ruimtegebruik en duurzaamheid. Het passagiers- en goederenvervoer zullen naar verwachting toenemen, terwijl de transportsector een belangrijke bijdrage levert aan de uitstoot van broeikasgassen en congestie in steden. Hoewel beide ecosystemen (personenvervoer en vrachtvervoer) historisch gezien met elkaar verweven waren, hebben de ecosystemen zich de afgelopen eeuw afzonderlijk van elkaar ontwikkeld. Dit onderzoek richt zich op het vinden van geïntegreerde logistieke stromen en logistieke innovaties en vooral op het vinden van de voorwaarden waaronder deze kunnen worden toegevoegd aan verschillende soorten mobiliteitsknooppunten. Door informatie uit literatuur en interviews te verzamelen en te structureren met behulp van een behoefteanalyse, werd het mogelijk om wijk-/stad-/buiten stad-hubs te definiëren. Met deze raamwerken is gekeken welke logistieke functies hieraan toegevoegd kunnen worden. De raamwerken zijn empirisch getest en gevalideerd door studenten van de Hogeschool Rotterdam voor verschillende metrostations in Rotterdam. De raamwerken geven duidelijk sturing wat men zou kunnen ontwikkelen op het gebied van integratie van personen- en goederenvervoer.

1. Introductie

De Wereldbank (Unesco, 2023) geeft aan dat momenteel meer dan 4,4 miljard mensen (56% van de wereldbevolking) in stedelijke omgevingen leven en dit aandeel zal naar verwachting stijgen tot 80% in 2050. Zowel de verplaatsingen van mensen als ook de leveringen van vracht zullen een enorme druk veroorzaken op de toewijzing van ruimte in de steden. De wereldwijde vraag naar stedelijk personenvervoer zal tussen 2020 en 2050 naar verwachting met bijna 260 procent toenemen. Passagierskilometers zullen naar verwachting stijgen tot 54,3 biljoen passagierskilometers wereldwijd in 2050 (Unesco, 2023). De vraag naar last-mile bezorging in de stad zal tegen 2030 naar verwachting met 78% groeien, wat zal leiden tot 36% meer bezorgvoertuigen in 's werelds top 100 steden (Hillyer, 2020). De bijbehorende verkeersopstoppingen zullen naar verwachting met meer dan 21% toenemen, wat overeenkomt met een toename van 11 minuten in het dagelijkse woon-werkverkeer voor elke passagier (Hillyer, 2020). De uitbreiding van het stedelijk landgebruik overtreft de bevolkingsgroei met maar liefst 50%, waardoor tegen 2030 naar verwachting 1,2 miljoen km² nieuw stedelijk bebouwd gebied aan de wereld zal zijn toegevoegd. Deze stedelijke wildgroei zet druk op land en natuurlijke hulpbronnen, met ongewenste gevolgen (Aljohani & Thompson, 2016).

We kunnen dan ook vaststellen dat zowel passagiers- als vrachtverkeer voor veel opstoppingen in onze steden zorgt. Om files en luchtvervuiling te verminderen verlagen veel steden de snelheidslimieten tot 30 km/uur in de binnensteden. Dit legt een grote druk op tijdige leveringen en stelt beleidsmakers voor ruimtelijke uitdagingen. Traditioneel wordt het naast elkaar bestaan van passagiersmobiliteit en stedelijk vrachtvervoer beschouwd als twee afzonderlijke systemen. Elk systeem heeft zijn eigen vakgebied en integratie van beide systemen komt in de praktijk zelden voor. De studies die over land zijn gevonden gaan over het toevoegen van vracht aan bestaande openbaarvervoersystemen (van Duin et al., 2019; Galkin et al., 2019) of innovaties in crowd-shipping (Marcucci et al., 2017; Zhang et al., 2023). In theorie lijken deze innovaties mogelijk, maar in de praktijk blijken ze moeilijk te implementeren vanwege de complexiteit, weerstand en juridische problemen bij deze initiatieven. Daarnaast zien we in de beleidspraktijk van het personenvervoer de opkomst van zogenaamde mobiliteitshubs. Dit zijn knooppunten met slimme en nieuwe mobiliteit (elektrisch, gedeelde mobiliteit) met de mogelijkheid om duurzame vervoerswijzen samen te brengen en niet-duurzaam mobiliteitsgedrag te veranderen (Enbel-Yan & Leonard, 2012; Bell, 2019; Franken, 2021; Witte, Gonzalez, en Rongen, 2021).

Dit onderzoek is een vervolg op ons onderzoek (Chetouani et al., 2023) waarin een morfologisch raamwerk over logistieke functies voor passagiersmobiliteitsknooppunten is ontwikkeld. In dit onderzoek zijn casestudies van metrohubs in Rotterdam toegepast om het raamwerk te verifiëren en om te onderzoeken of en onder welke voorwaarden de verschillende innovaties op het gebied van integratie van goederen- en personenvervoer mogelijk zijn.

2. Literatuur onderzoek

2.1. Mobiliteitshubs

Uit literatuuronderzoek is gebleken dat het moeilijk is om een algemene definitie van een mobiliteitshub te geven en dat verschillende definities kunnen worden gegeven, afhankelijk van het type mobiliteitshub en de bijbehorende kenmerken. Op basis van de gevonden definities (MobiliteitsAlliantie, 2019; Bell, 2019; Enbel-Yan & Leonard, 2012; Franken, 2021; Witte, Gonzalez, en Rongen, 2021; APPM & Goudappel Coffeng, 2020; Van Gils, 2019; Natuur & Milieu, 2020) is de volgende uitgebreide definitie voor mobiliteitshubs gevormd:

'Multimodale vervoersknooppunten die intermodale verplaatsingen faciliteren door verschillende vervoerswijzen in de buurt aan te bieden. Dit kan privaat, publiek en gedeeld vervoer zijn. Ze kunnen verschillende functies vervullen in de ruimtelijke ontwikkeling. Naast de mobiliteitsfunctie kan de hub ook retail, parking en andere faciliteiten zoals logistiek aanbieden. Tot slot is het belangrijk dat de diensten op zo'n hub geïntegreerd zijn via bijvoorbeeld een app of digitaal platform.'

In dit onderzoek kunnen op basis van de verschillende onderscheidingen die in de literatuur zijn gevonden (MobiliteitsAlliantie, 2019; Bell, 2019; Enbel-Yan & Leonard, 2012; Franken, 2021; Witte, Gonzalez, en Rongen, 2021; APPM & Goudappel Coffeng, 2020; Van Gils, 2019; Natuur & Milieu, 2020) drie typen hubs worden onderscheiden met elk hun eigen kenmerken:

- Een buurthub (*neighborhood hub*) wordt gezien als een kleine hub die vooral gericht is op het elimineren van de privéauto uit de eerste en laatste mijl van een reis door bijvoorbeeld gedeelde vervoerswijzen aan te bieden;
- Een stadshub (*cityhub*) maakt reizen in de stad mogelijk door verschillende vervoersmodaliteiten aan te bieden, zoals bus, tram, metro, trein, maar ook gedeelde modaliteiten. Het doel is om de bereikbaarheid van het stadscentrum te vergroten, maar er is weinig ruimte voor personen auto's. Vanwege het grote aantal passagiers op dit knooppunt, vooral transferpassagiers, worden op het knooppunt ook andere faciliteiten aangeboden (kleine winkels);
- Een outskirtheub wordt beschouwd als een hub aan de rand van de stad met als doel het aantrekken van personenauto's met het centrum van de stad als eindbestemming door het aanbieden van aantrekkelijke parkeerfaciliteiten en opties voor openbaar of gedeeld vervoer om verder de stad in te reizen. Dit knooppunt wordt ook wel een P&R-locatie genoemd.

Figuur 1 laat de verschillende hubtypen en hun kenmerken zien.

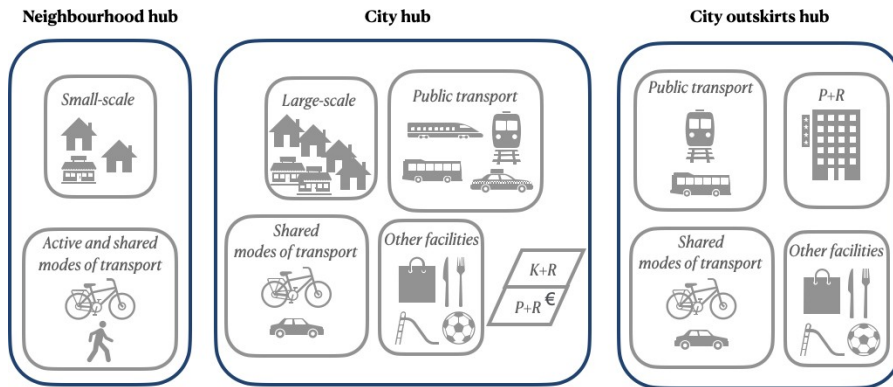


Figure 1. Drie onderscheidende type hubs (Chetouani et al., 2023)

2.2. Goederenstromen

Met betrekking tot de logistieke stromen is weinig literatuur gevonden die de stromen expliciet klassificeert. De Topsector Logistiek (2019) onderscheidt verschillende stromen waarvan de volgende vier logistieke stromen in dit onderzoek zijn meegenomen omdat deze de meeste potentie lijken te hebben in een mobiliteitshub. In Tabel 1 zijn de kenmerken per logistieke stroom weergegeven.

Table 1. Overzicht en eigenschappen van logistieke stromen (Topsector Logistiek, 2019)

Goederenstroom	Type levering	Eigenschappen
Constructie	Punt-punt belevering	<p>Bouwplaats is een unieke en tijdelijke bestemming</p> <p>Vaak zwaar transport</p> <p>Onregelmatige goederenbelevering, afhankelijk van de bouwplanning</p> <p>Constructie materialen worden beleverd met de juiste hoeveelheden op het juiste moment (JIT)</p> <p>Gefragmenteerd karakter</p> <p>Regelmatig spoed bestellingen</p>
Facilitaire goederen	(On)regelmatige services	<p>Transport van personen, goederen, services of een combinatie van beiden</p> <p>Transport van mensen zonder goederen (services) met gebruik van hun eigen bestelwagen</p> <p>Beslaat een groot aantal ritten met een bestelwagen</p> <p>Ad-hoc ritten</p> <p>Grote groep die geen goederen levert maar services (zoals beveiligingsbedrijven)</p> <p>Veel verschillende partijen</p> <p>Oorsprong en thuisbasis zijn vaak bij de service leverancier</p>
Catering	(On)regelmatige verschillende kleine punt to punt beleveringen	<p>Grote verscheidenheid aan leveranciers, beleverings frequenties kunnen sterk verschillen (seizoensgebonden)</p> <p>Specialistische belevering met hoge inefficiëntie voor weinig leveringen</p> <p>Specialisten bevinden zich in heel Nederland, compliceert elektrificatie</p>

	Kleine vraaggestuurde hoeveelheden met service als belangrijkste criterium
Pakketten	Supermarkten: lange stop tijd, beleving vanuit een hub in of nabij de stad
Onregelmatig	BtC: hoge stopfrequentie, stoptijd laag, soms gebruik van pakketkluisen BtB: stoptijd duurt langer dan BtC, beperkte leveringen aan collectie punten, belevingen gedurende openingsuren van de bedrijven Gemiste leveringen en retouren zijn uitdagingen voor consumentleveringen Logistieke dienstverleners zijn in het algemeen efficiënt te noemen, maar meer CO ₂ besparingen zijn mogelijk door gebruik te maken van collectiepunten.

In het laatste deel van de literatuurstudie werden combinaties tussen passagiersvervoer en vrachtvervoer onderzocht. Vier logistieke innovaties hebben aangetoond potentieel te kunnen hebben op mobiliteitsknooppunten:

- Pakketkluisen (Parcel Lockers): dit zijn afsluitbare kastjes waar mensen 24 uur per dag hun pakketten kunnen afgeven of ophalen.
- Crowd shipping/sourcing: het idee is dat mensen (de crowd) pakketjes langs hun route kunnen meenemen om ze op een bepaald punt af te geven (Marcucci et al., 2017).
- CargoHitching: bij vrachtkoppeling wordt ongebruikte capaciteit in het openbaar vervoer gebruikt voor vracht (van Duin et al, 2019).
- Openbare ruimte delen: dit staat gelijk aan multifunctioneel gebruik van ruimtes of een geïntegreerd knooppunt zijn waar passagiersmobiliteit en logistiek naast elkaar kunnen plaatsvinden (Galkin et al., 2019). Het knooppunt kan worden gebruikt voor zowel passagiersvervoer als logistiek, bijvoorbeeld als overstappunt waar vracht wordt overgeladen van conventionele vrachtwagens in kleinere duurzame ZE-voertuigen.

3. Ontwikkelde hub-raamwerken

Met behulp van de informatie uit de literatuur en interviews zijn de raamwerken gecreëerd. Er is een validatiestap uitgevoerd door experts (9 experts). Er is kritisch commentaar geleverd op de exacte inkleuring van het raamwerk. Deze opmerkingen zijn deels aangepast voor de oorspronkelijke raamwerken. De uiteindelijke raamwerken worden in de volgende tekst besproken. Voor elk type mobiliteitsknooppunt laat het raamwerk zien welke innovaties en welke goederenstromen potentieel hebben. Hiervoor worden drie kleuren gebruikt. De groene kleur geeft aan dat de innovatie gemakkelijk kan worden toegevoegd aan de mobiliteitshub, de oranje kleur geeft aan dat de innovatie onder bepaalde voorwaarden kan worden toegevoegd en tot slot betekent de rode kleur dat het moeilijk zal zijn om de innovatie toe te voegen aan de mobiliteitshub.

3.1. Neighborhood (wijk/buurt) hub

Voor dit type hub lijken de vrachtstromen (consumenten)pakketten de meest waarschijnlijke toevoeging en bouw of catering de minst waarschijnlijke. Pakketten zijn licht in gewicht en gemakkelijk te transporteren voor gebruikers van gedeelde mobiliteit. Bouw- en cateringstromen worden gekenmerkt als zware en grote stromen, terwijl in buurten geen zwaar transport plaatsvindt. Verder is het niet mogelijk om (facilitaire) dienststromen te bundelen, omdat hier geen ruimte voor is op deze hub. Tabel 2 toont het raamwerk van de wijkhub.

Table 2. Morphologisch raamwerk voor de wijkhub (Chetouani et al. 2023)

Neighbourhood hub	Freight flow				
Innovation	Consumer parcels		Construction	Catering	Facilities
	<i>Parcels</i>	<i>Groceries</i>			
Parcel lockers					
Crowdshipping					
Cargo hitching					
Sharing public space					

Pakketkluizen kunnen gemakkelijk op buurtknooppunten worden geplaatst. Op deze manier kan het dienen als een buurtpunt dat 24 uur per dag open is. Er kunnen consumenten pakketten worden toegevoegd. Boodschappen kunnen eventueel worden toegevoegd als de koel-vries technologie voor pakketkluizen beschikbaar is, vandaar de oranje kleur voor de catering/voedselstroom. Zware bouwstromen passen nooit in een pakketkluis, maar lichte materialen hebben mogelijk wel potentie.

Uit de literatuurstudie is gebleken dat crowd shipping moeilijk is voor andere stromen dan consumenten pakketten (Hodson, 2013; Lin et al., 2020), omdat er een menigte is die pakketten (vervoerbare afmetingen) mee moet nemen over de route, dus de goederen mogen niet zwaar zijn en mogen geen bederfelijke goederen zijn, omdat de voedselveiligheid niet gegarandeerd kan worden. Alleen pakketten of lichte materialen hebben potentieel. Waar echter rekening mee moet worden gehouden, is dat crowd shipping de verkeersbewegingen alleen minimaliseert en de milieuvordelen maximaliseert als het wordt opgepikt door bestaande reizen, en niet door nieuwe reizen. In een buurt worden relatief korte afstanden afgelegd, wat de kans verkleint dat een reiziger een pakketkluis of adres passeert waar het pakket moet worden afgeleverd. Daarom moet goed in de gaten worden gehouden of er speciale ritten worden gemaakt voor pakketbezorging (vandaar een gele kleur in plaats van een groene kleur). Omdat er geen openbaar vervoer is op dit knooppunt, is het koppelen van vracht met personenvervoer geen mogelijke innovatie om toe te voegen. Omdat het buurtknooppunt niet veel ruimte heeft, is de innovatie van het delen van de openbare ruimte niet mogelijk.

3.2. City (stads) hub

Van de vrachtstromen lijken (consumenten) pakketten weer het meest kansrijk. Constructie/bouw is nu onder voorwaarden mogelijk, omdat een stadshub meer ruimte biedt voor de overslag van grote goederen. Bovendien is het meeliften van vracht (cargo hitching) een optie, omdat er openbaar vervoer beschikbaar is. Tabel 3 toont het raamwerk van de city hub.

Table 3. Morphologisch raamwerk voor de stadshub (Chetouani et al. 2023)

City hub	Freight flow				
Innovation	Consumer parcels		Construction	Catering	Facilities
	<i>Parcels</i>	<i>Groceries</i>			
Parcel lockers					
Crowdshipping					
Cargo hitching					
Sharing public space					

Net als bij buurthubs kunnen pakketkluisen gemakkelijk worden toegevoegd aan stadshubs. Consumenten pakketten en lichte materialen hebben het grootste potentieel. Net als bij buurtknooppunten kunnen pakketkluisen gemakkelijk worden toegevoegd aan stadsknooppunten. Consumentenpakketten en lichte materialen hebben het grootste potentieel. Het bundelen van boodschappen in pakketkluisen is nog steeds een koel-vries (technische) uitdaging voor koel-vriesproducten. Om dezelfde reden als bij buurthubs is crowd shipping alleen mogelijk voor consumenten pakketten of lichte materialen. Vracht meeliften is mogelijk op een city hub, omdat er openbaar vervoer is dat ongebruikte capaciteit beschikbaar heeft. Stadshubs zijn echter vaak drukke hubs met grote passagiersstromen. Bovendien hebben bouwstromen de eigenschap dat ze erg onvoorspelbaar zijn en precies op tijd geleverd moeten worden. Het openbaar vervoer daarentegen werkt volgens vaste dienstregelingen en routes. Dit maakt het moeilijk om de twee te combineren. Voor consumenten pakketten is het laten meeliften van vracht mogelijk op voorwaarde dat er ongebruikte capaciteit is in het openbaar vervoer. Misschien kan gedacht worden aan nachtelijke belevingen. Daarnaast moeten de stromen voorspelbaar zijn en via een vaste route verstuurd kunnen worden. Er moeten goede aansluitingen zijn voor duurzaam voor- en natransport, aangezien het begin- en eindpunt van het openbaar vervoer waarschijnlijk niet hetzelfde zal zijn als waar vracht moet worden afgeleverd. Tot slot mag de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer niet worden aangetast.

3.3. Outskirt (stadsrand/buiten de stad) hubs

(Consumenten) pakketten hebben ook het grootste potentieel op dit knooppunt. Bovendien heeft het delen van openbare ruimte veel potentieel op dit knooppunt, omdat er veel ruimte beschikbaar is op dit type knooppunt (omdat het zich aan de rand van steden bevindt). Voor de bouw is er nu zelfs een groen

gekleurde optie. Daarnaast kan worden opgemerkt dat de meeste innovaties eigenlijk mogelijk zijn met dit knooppunt. Tabel 4 toont het raamwerk van de hub aan de stadsrand.

Table 4. Morphologisch raamwerk voor de stadsrandhub (Chetouani et al. 2023)

City outskirts hub	Freight flow				
Innovation	Consumer parcels		Construction	Catering	Facilities
	<i>Parcels</i>	<i>Groceries</i>			
Parcel lockers					
Crowdshipping					
Cargo hitching					
Sharing public space					

Voor de innovatie van pakketkluisen geldt dezelfde onderbouwing als eerder gegeven voor wijkhub en de stadshub. Voor de innovatie van crowd shipping gelden dezelfde bevindingen. Voor de innovatie van cargo hitching gelden dezelfde bevindingen als eerder gegeven voor het stadshub raamwerk.

De innovatie van het delen van openbare ruimte heeft veel potentie voor dit type hub. Hubs aan de rand van de stad bevinden zich vaak in meer afgelegen gebieden met voldoende parkeerplaatsen. Er is hier dus voldoende ruimte voor de overslag van goederen. Catering is oranje gekleurd, omdat niet alle catering kan worden overgeslagen. Niet-bederfelijke producten kunnen gemakkelijk worden overgeslagen. Verse producten of producten die gekoeld of ingevroren moeten worden, zijn zoals eerder vermeld moeilijk te verzenden, omdat er nog technische uitdagingen zijn. Om dezelfde reden is het bundelen van boodschappen niet mogelijk. Voor de facilitaire stroom is het mogelijk om zowel mensen als materialen te combineren. Voor materialen is opslag nu ook mogelijk, omdat er voldoende ruimte is.

4. Resultaten in Rotterdam

Studenten van de opleidingen Vastgoed & Makelaardij, Civiele Techniek, Facility Management, Ruimtelijke Ordening en Planologie, Watermanagement, Bouwkunde en Logistiek Management van het Instituut voor de Gebouwde Omgeving (IGO) hebben voor de multidisciplinaire challenge (MDC) onderzoek gedaan naar een 5-tal metro stations in Rotterdam om vanuit de raamwerken te kijken naar de mogelijkheden om het personen- en goederenvervoer meer te integreren. Daarnaast hebben de studenten de raamwerken ook gebruikt om deze te valideren.



Figure 2. Overzicht van de typologisch onderzochte metrostations in Rotterdam

Kralingse Zoom is als station het meest populair om te onderzoeken (zie Figuur 2, 4 groepen studenten). Ondanks dat Kralingse Zoom tegen het centrum aanligt, wordt deze locatie toch bestempeld als outskirt hub, omdat deze locatie buiten het voorgenomen besluit van de Zero-Emissie Zone ligt. Oplossingen die voor deze locatie zijn aangedragen, zijn het faciliteren van opslagruimte, binnenstad beleving met nachtmetro, postpakket punt (met eventueel zelfs een autonome connectie naar het PostNL sorteercentrum), autonome beleving met gebruikmaking van de Brainpark shuttle naar het Rivium en Brainpark (pakketten, facilitaire goederen en catering) en een postpakketpunt.

Het metrostation Tussenwater is ook een interessante locatie vanwege haar ligging ten opzichte van het voorgenomen besluit van de Zero-Emissie Zone, een goede bereikbaarheid via de Groene Kruisweg en twee vertrekkende metrolijnen (C+D). Tijdelijke opslag van goederen is hier mogelijk waardoor alle opties voor nachtbeleving mogelijk worden. Post pakket punt is ook hier goed mogelijk.

Voor het metrostation Meijersplein geldt feitelijk dezelfde redenatie qua locatie als voor metrostation Tussenwater, zij het dat dit metrostation aan de Noord kant van Rotterdam ligt, goed ontsloten via de N471 en de N209. Verder zou vanaf hier ook onbemande voertuigen kunnen worden ingezet voor het vervoer van passagiers en goederen van en naar Rotterdam The Hague Airport. We kunnen hierbij denken aan facilitaire goederen en catering. Ook hier zijn mogelijkheden aanwezig voor tijdelijke opslag waardoor nachtelijke distributie naar de binnenstad mogelijk zou kunnen zijn via de metroverbinding.

Beurs en Zuidplein kunnen gezien worden als duidelijke stadshubs. Zuidplein heeft meer dan Beurs nog expliciete mogelijkheden voor tijdelijke opslag en daarmee ook mogelijkheden voor verdere distributie de stad in. Pakketkluisen zijn hier vanzelfsprekend ook goed mogelijk.

Gerdesiaweg als klein metrostation kan beschouwd worden als een buurthub. Veel meer dan alleen pakketkluisen is hier niet mogelijk. Op deze locaties zou men kunnen denken aan bovengrondse opslag, waardoor dit punt een logistieke schakel zou kunnen worden voor de buurt(winkels).

5. Conclusies & Discussie

Aangezien de ruimte in onze steden schaars is, kan de integratie van passagiers- en goederenstromen een interessant beleidsinstrument zijn voor gemeenten. Voor de huidige mobiliteitsknooppunten is het al mogelijk om het ontwerp van het passagiersknooppunt zo te maken dat er logistieke functies aan kunnen worden toegevoegd. De resultaten laten zien dat wat betreft logistieke innovatie, het toevoegen van pakketkluisen aan alle drie de soorten mobiliteitsknooppunten het grootste potentieel heeft. Deze innovatie heeft de meeste interactie met mensen. Wat betreft logistieke stromen hebben kleine goederenstromen voor consumenten of bedrijven het meeste potentieel, omdat ze gebundeld kunnen worden in pakketkluisen. Als we kijken naar crowd shipping en cargo hitching, dan liggen hier de grootste uitdagingen. Bij crowd shipping gaat het vooral om de vertrouwelijkheid van het transport, omdat burgers (dus geen werknemers) pakketten van anderen vervoeren. De grootste uitdaging bij cargo hitching is om het openbaar vervoer betrouwbaar te houden, omdat het laden en lossen van goederen ongemak kan veroorzaken in bijvoorbeeld een langere reistijd. Het delen van de openbare ruimte is een innovatie die veel ruimte vraagt en in dit onderzoek potentie heeft, vooral op knooppunten aan de rand van de stad of P&R-locaties. De uitdaging is ook hier dat het passagiersvervoer niet gehinderd mag worden door de logistieke activiteiten op het knooppunt.

Een meer overkoepelende conclusie van dit onderzoek is dat het mogelijk is om bepaalde logistieke functies toe te voegen aan mobiliteitsknooppunten. Enerzijds kan er een onderscheid gemaakt worden in logistieke functies die in hetzelfde (transport)systeem zitten en dus het systeem beïnvloeden, zoals het aankoppelen van vracht en crowd shipping innovaties. Anderzijds zijn er logistieke functies die geen deel uitmaken van hetzelfde systeem, zoals parcel lockers en het delen van openbare ruimtes.

Het toevoegen van logistieke functies die in hetzelfde systeem zitten is moeilijk omdat dit op een bepaalde manier ten koste gaat van de efficiëntie, het serviceniveau en de kosten van het personenvervoersysteem. Het toevoegen van logistieke functies buiten het systeem is makkelijker omdat dit minimale invloed heeft op het personenvervoersysteem. De raamwerken dragen bij door een eerste inzicht te geven in de waarschijnlijkheid van bepaalde logistieke innovaties op een type mobiliteitsknooppunt en welke vervolgstappen, op basis van de geformuleerde voorwaarden, nodig zijn om verschillende logistieke innovaties toe te voegen aan mobiliteitsknooppunten.

Reflecterend op de resultaten is dit onderzoek erin geslaagd om de potentie van logistieke functies op mobiliteitsknooppunten in kaart te brengen. De resultaten van het raamwerk zijn in lijn met de verwachtingen, want hoe verder weg van het stadscentrum, hoe minder drukte en hoe meer ruimte er is voor het bundelen van grote en zware logistieke stromen. Het onderzoek heeft nieuwe inzichten laten

zien door inzicht te geven in mogelijke logistieke toevoegingen en vooral mogelijke condities waaronder logistiek kan worden toegevoegd aan mobiliteitshubtypes.

De resultaten laten zien dat in theorie meer potentieel beschikbaar is voor logistieke functies op mobiliteitsknooppunten dan in de huidige praktijk te zien is. Een mogelijke oorzaak hiervoor is volgens de auteurs het ontbreken van een restrictief beleid, waardoor de urgentie bij marktpartijen nog niet groot genoeg is om maximaal in te zetten op alternatieve (duurzamere) innovaties. Een andere reden is dat de focus van het beleid vooral gericht op het creëren van een succesvol mobiliteitsknooppunt en het daarna eventueel toevoegen van andere functies zoals logistiek, terwijl men niet vergeten mag dat functies elkaars potentieel kunnen versterken.

Het is echter belangrijk om een kritische kanttekening te plaatsen bij de interpretatie van de resultaten bij het gebruik van de raamwerken. Het gebruik van de kaders moet worden gezien als een eerste selectie van waarschijnlijkheid, waarbij de (technisch) onmogelijke opties kunnen worden geëlimineerd. Hierna is het wenselijk om verder onderzoek te doen naar de overgebleven opties om de haalbaarheid in de specifieke situatie te toetsen. Per locatie zijn er verschillen, afhankelijk van de lokale kenmerken en situatie (strategische ligging aan het water, voorzieningen in de omgeving, betrokken stakeholders, demografische kenmerken, draagvlak onder omwonenden, kostenstructuur, digitalisering en energietransitie). Dit vereist maatwerk voor elk specifiek geval en daarom geldt er geen one-size-fits-all principe. Dit geeft meer praktische betekenis en haalbaarheid aan de optie. Omdat de ruimte meer en meer schaars wordt achten we het onderzoek naar nieuwe ontwerpen van mobiliteitsknooppunten van belang om daar mee het mogelijk te maken dat 24-uurs operaties voor verschillende soorten vracht- en passagiersstromen te kunnen faciliteren op mobiliteithubs.

Referenties

- Aljohani, K.A., Thompson, R.G., 2016. Impacts of logistics sprawl on the urban environment and logistics: Taxonomy and review of literature. *Journal of Transport Geography* (57), 255-263.
- APPM & Goudappel Coffeng, 2020. *Gelderse mobiliteitshubs: Cruciale schakels in bereikbaarheid en leefbaarheid*. Website [https://gelderland.stateninformatie.nl/document/8831906/1/Eindrapport_Gelderse_Mobiliteitshubs_\(PS2020-289\)](https://gelderland.stateninformatie.nl/document/8831906/1/Eindrapport_Gelderse_Mobiliteitshubs_(PS2020-289)), visited at 3 January 2024.
- Bell, D., 2019. Intermodal mobility hubs and user needs. *Social Sciences* 8(2), 65. <https://doi.org/10.3390/socsci8020065>.
- Chetouani, I., van Duin, R., Vleugel, J. M., van Wee, G. P., van Son, C. B. H., & Arends, H. H. (2023). Hubs for Freight and Passengers? Exploring the suitability of adding logistics functions to mobility hubs. In Proceedings of the 102nd Annual Meeting of Transportation (pp. 1-15). Transportation Research Board (TRB).
- Enbel-Yan, J., Leonard, A., 2012. Mobility hub guidelines: Tools for achieving successful station areas. *ITE Journal* 82(1), 42-47.
- Franken, M.C., 2021. *Effects of e-mobility hubs in residential areas on car use and ownership*. Master Thesis, Delft University of Technology.
- Galkin, A., Schlosser, T., Galkina, O., Hodáková, D., Cápayová, S., 2019. Investigating using urban public transport for freight deliveries. *Transportation Research Procedia* (39), 64–73.
- Hillyer, M., 2020. *The Future of the Last-Mile Ecosystem. Transition Roadmaps for Public- and Private-Sector Players*. Website https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_the_last_mile_ecosystem.pdf, visited at 3 January 2024.
- Hodson, H., 2013. Hand-delivered parcels find their way to you via the crowd. *New Sci.* 218, 17–18.
- Lin X, Nishiki Y, Tavasszy L.A., 2020. Performance and Intrusiveness of Crowdshipping Systems: An Experiment with Commuting Cyclists in The Netherlands. *Sustainability* 12(17):7208. <https://doi.org/10.3390/su12177208>.
- Marcucci, E., Le Pira, M., Carrocci, C.S., Gatta, V., Pieralice, E., 2017. Connected shared mobility for passengers and freight: Investigating the potential of crowdshipping in urban areas. *Proceedings of 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems*, 839–843.
- Mobiliteitsalliantie, (2019). *Deltaplan 2030: hoog tijd voor mobiliteit*. Website <https://mobiliteitsalliantie.nl/wp-content/uploads/2019/06/Deltaplan-def-druk-LR.pdf>, visited at 3 January 2024.

- Natuur & Milieu, 2020. *Mobiliteitshubs: maak mobiliteitshubs aantrekkelijk en zorg voor diverse mobiliteit*. URL: <https://www.natuurenmilieu.nl/wp-content/uploads/2020/02/Brochure-Mobiliteitshubs.pdf>, visited at 3 January 2024.
- Topsector Logistiek, 2020. Outlook city logistics 2020. Website <https://kennisbank.topsectorlogistiek.nl/projecten/outlook-city-logistics-2020>, visited at 3 January 2024.
- UNESCO (2019). *As urbanization grows, cities unveil sustainable development solutions on World Day*. UN NEWS, 30 October 2019. Website <https://news.un.org/en/story/2019/10/1050291>, visited at 3 January 2023.
- Van Duin, J.H.R., Wiegmans, B., Tavasszy, L.A., Hendriks, B., He, Y., 2019. Evaluating new participative city logistics concepts: The case of cargo hitching. *Transportation Research Procedia* (39), 565–575.
- Van Gils, L., 2019. *Hub concepten*. Website https://www.nweurope.eu/media/9927/dt111_ehub_technical_and_functional_requirements.pdf, visited at 3 January 2024.
- Witte, J., Gonzalez, M.A., Rongen, T., 2021. *Verkenning van het concept mobiliteitshub*. Website <https://www.kimnet.nl/publicaties/rapporten/2021/05/31/verkenning-van-het-concept-mobiliteitshub>, visited at 3 January 2024.