

Vervoersarmoede op wijkniveau in de metropoolregio Amsterdam: Relevantie van sociaaleconomische- en gebouwde omgevingsfactoren

Thijs Bon – Technische Universiteit Delft – bon.thijs@gmail.com
Matthew Bruno – Technische Universiteit Delft – m.bruno@tudelft.nl
Niels van Oort – Technische Universiteit Delft – n.vanoort@tudelft.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
23 en 24 november 2023, Brussel**

Samenvatting

Het verminderen van vervoersarmoede is essentieel voor het bevorderen van welzijn en het creëren van baankansen. Wij hebben op wijkniveau de relevantie van verschillende sociaaleconomische karakteristieken en gebouwde omgevingsfactoren in relatie tot de mate van vervoersarmoede geëvalueerd, met gebruik van zeven indicatoren voor vervoersarmoede. De relevantie van de factoren is geëvalueerd op basis van correlatiesterkte en significantie, gebruikmakend van gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten en t-statistieken.

Door middel van regressie- en ruimtelijke verdelingsanalyses voor wijkzones binnen de Metropoolregio Amsterdam zijn we tot vijf hoofdbevindingen gekomen: (1) vervoersarmoede bij autobezitters is verwaarloosbaar in vergelijking met degenen die afhankelijk zijn van het openbaar vervoer; (2) gemiddeld autobezit wordt grotendeels bepaald door het gemiddelde inkomen op wijkniveau; (3) gemiddeld autobezit is sterk positief gelinkt aan een omgeving die zich meer zou lenen voor vervoersarmoede; (4) baandichtheid is sterk negatief gelinkt aan vervoersarmoede op wijkniveau; (5) demografische factoren zoals leeftijd, geslacht en huishoudgrootte zijn zwak of niet significant gerelateerd aan vervoersarmoede op wijkniveau. We hebben ook vastgesteld voor de vervoersarmoede indicatoren buiten autobezit om, dat zowel een lagere bevolkingsdichtheid als een lager gemiddeld inkomensniveau matig gerelateerd zijn aan meer vervoersarmoede op wijkniveau.

We concluderen dat inkomen de meest relevante factor is wat betreft vervoersarmoede op wijkniveau en identificeren woonwijken die vatbaar zijn voor vervoersarmoede door de gelijktijdige aanwezigheid van relatief lage inkomensniveaus en een slechte baanbereikbaarheid via het openbaar vervoer.

Onze bevindingen bieden waardevolle inzichten voor onderzoekers en beleidsmakers—met name kunnen ze de sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren beter tegen elkaar afwegen in modellen waarin deze factoren gebruikt worden om gebieden te identificeren waar bevolkingsgroepen meer risico lopen op vervoersarmoede.

Het beter kunnen identificeren van gebieden met een vergroot risico op vervoersarmoede helpt beleidsmakers bij het beslissen hoe ze beperkte vervoersmiddelen effectief en efficiënt kunnen toewijzen om vervoersarmoede te bestrijden door woongebieden met een laag inkomen te prioriteren voor verbeteringen in openbaar vervoersdiensten, waarbij met name gestuurd moet worden op het vergroten van de baanbereikbaarheid.

1. Introductie

Een van de belangrijkste doelstellingen van het vervoersbeleid is het vergemakkelijken van de bereikbaarheid van mensen tot banen, voorzieningen en sociale connecties (Bastiaanssen en Breedijk, 2022). Een ontoereikende bereikbaarheid van essentiële maatschappelijke kansen gaat namelijk gepaard met aanzienlijke individuele en maatschappelijke kosten (United Nations, 2016).

Een uitgebreide hoeveelheid literatuur heeft zich gericht op het vermogen van verschillende groepen mensen om in hun mobiliteitsbehoeften te voorzien. Dit vermogen en gerelateerde concepten worden op diverse manieren benoemd en beschreven: bereikbaarheidsarmoede (Martens en Bastiaanssen, 2019), betaalbaarheid van vervoer (Fan en Huang, 2011), vervoer gerelateerde sociale uitsluiting (Luz en Portugal, 2022), vervoersgelijkwaardigheid (Martens et al., 2019) en vervoersnadeel (Shay et al., 2016), onder andere.

Wij richten ons op vervoersarmoede en de drie onderdelen daarvan: mobiliteitsarmoede, bereikbaarheidsarmoede en betaalbaarheidsarmoede (Awaworyi Churchill en Smyth, 2019), omdat is aangetoond dat een hoger niveau van vervoersarmoede een negatieve invloed heeft op welzijn (Delbosc en Currie, 2011), baankansen (Bastiaanssen et al., 2020), en sociale inclusie (Luz et al., 2022).

De vervoersmiddelen die we in acht nemen bij het definiëren van vervoersarmoede zijn het openbaar vervoer en de auto. We laten de fiets buiten beschouwing omdat is gebleken dat deze modaliteit slechts een beperkte rol speelt in het verminderen van vervoersarmoede in Nederland—vooral bij het verkrijgen van toegang tot de arbeidsmarkt—want de fiets wordt over het algemeen alleen gebruikt voor relatief korte verplaatsingen (Martens, 2013).

Onze belangrijkste bijdrage is het vaststellen van het belang van verschillende algemeen gebruikte sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren voor het identificeren van wijken die vatbaar zijn voor vervoersarmoede. Relevantie wordt kwantitatief geëvalueerd met behulp van de sterkte en significantie van correlaties, verkregen uit gestandaardiseerde regressieanalyses.

Het merendeel van voorgaand onderzoek identificeert sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren die zouden samenhangen met vervoersarmoede op basis van logische redenering (Martens et al., 2019; Shay et al., 2016; Voerknecht, 2020). De relevantie van deze factoren wordt zelden grondig geanalyseerd.

Lucas et al. (2018) maken wel een grondige analyse van de relevantie van sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren in relatie tot tripfrequentie op individueel niveau. Zij merken echter op dat hun analyse meer gezien moet worden als een verkenning van de geografisch gewogen regressiebenadering, “rather than a robust causal analysis of the relationship between transport and social disadvantage at the micro-level” (Lucas et al., 2018).

We beperken de reikwijdte van het onderzoek door vervoersarmoede uitsluitend te definiëren aan de hand van potentiële mobiliteitsbeperkingen binnen de gegeven vervoersomgeving. Hieruit volgt dat de resultaten geen betrekking hebben op objectieve of subjectieve uitkomsten van vervoersarmoede. Bovendien houden we, vanwege de geaggregeerde aard van onze gegevens, geen rekening met heterogeniteit in termen van ervaren reistijden en betaalbaarheidsmaatstaven tussen mensen die in dezelfde wijk wonen.

Onze onderzoeksaanpak, zoals gevisualiseerd in Bon (2023), begint met het bestuderen van de literatuur om de relevante sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren te identificeren om op te nemen in onze analyses. Gelijktijdig met de selectie van de relevante factoren is de methodologie bepaald als een combinatie van regressie- en ruimtelijke analyses. De benodigde data zijn vervolgens gedestilleerd uit een studiegebied specifiek transportmodel. Na het verzamelen en voorbereiden van de benodigde gegevens voerden we (gestandaardiseerde) regressieanalyses uit, waarbij we niet-significante factoren buiten de selectie plaatsten door middel van achterwaartse eliminatie en we corrigeerden voor heteroskedasticiteit. Uit onze analyses vloeiden de beoogde correlatiesterkte en significantie informatie van de factoren in relatie tot vervoersarmoede voort, evenals de ruimtelijke verdelingen van de vervoersarmoede indicatoren. We bespreken deze resultaten en hun implicaties en sluiten af met conclusies, limitaties en aanbevelingen.

2. Methodologie

Gebaseerd op eerder onderzoek en de gebruikte definitie van vervoersarmoede (Awaworyi Churchill en Smyth, 2019), hebben we een reeks van factoren die potentieel bepalend zijn voor vervoersarmoede en zeven indicatoren van vervoersarmoede samengesteld (zie Tabel 1). De twee hoofdcategorieën van factoren zijn sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren; factoren buiten deze categorieën (e.g., brandstofprijzen en de ruimtelijke verdeling van het sociale netwerk) hebben geen betrekking op wijkniveau kenmerken en zijn daarom niet meegenomen.

Tabel 1: Overzicht van de opgenomen sociaaleconomische factoren, gebouwde omgevingsfactoren en de zeven vervoersarmoede indicatoren. OV: openbaar vervoer.

Sociaaleconomische factoren	Gebouwde omgevingsfactoren	Vervoersarmoede indicatoren
Huishoudgrootte	Inwonerdichtheid	Gemiddelde reistijden tussen zones (auto + OV)
Leeftijd 0-18 cohort proportie	Baandichtheid	Aantal banen binnen een half uur reistijd (auto + OV)
Leeftijd 18-34 cohort proportie		Gemiddelde kosten per enkele reis tussen zones (auto + OV)
Leeftijd 35-54 cohort proportie		Autobezit
Leeftijd 55-64 cohort proportie		
Leeftijd 65+ cohort proportie		
Man proportie		
Autobezit		
Inkomen		

Sommige studies gebruiken vervoerskenmerken van wijken of gebieden als gebouwde omgevingsfactoren die van invloed zijn op vervoersarmoede (e.g., Godfrey et al. (2015)). Wij geloven echter dat dit niet erg nuttig is omdat vaak gebruikte kenmerken, zoals de nabijheid van een openbaar vervoer halte, geen rekening houdt met het potentieel om aan

mobiliteitsbehoeften te voldoen. Een bushalte kan dichtbij zijn, maar als de busdienst je niet binnen een redelijke tijd naar je gewenste locatie kan brengen, is het grotendeels irrelevant met betrekking tot vervoersarmoede. Onze indicatoren voor vervoersarmoede, daarentegen, houden rekening met het potentieel om aan mobiliteitsbehoeften te voldoen.

De drie beschouwde dimensies van vervoersarmoede (mobiliteit, bereikbaarheid en betaalbaarheid (Awaworyi Churchill en Smyth, 2019)) worden respectievelijk gekwantificeerd door gemiddelde interzonale reistijden, het aantal beschikbare banen binnen een half uur reistijd, en de gemiddelde interzonale reiskosten van een enkele reis. Elke indicator wordt berekend voor zowel de auto als het openbaar vervoer. Samen met de vervoersarmoede indicator van autobezit resulteert dit in zeven afhankelijke variabelen. Er wordt een regressieanalyse uitgevoerd voor elke afhankelijke variabele.

We evalueren de relevantie van elf sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren. Hiervoor nemen we ze op als onafhankelijke variabelen in elke regressieanalyse. De onafhankelijke variabelen zijn inwonerdichtheid, baandichtheid, huishoudgrootte, vijf leeftijdscohorten (0-18, 18-34, 35-54, 55-64, en 65+), geslacht, autobezit, en inkomen.

Autobezit wordt vaak gegroepeerd met andere sociaaleconomische factoren als een determinant van vervoersarmoede (e.g., Jomehpour Chahar Aman en Smith-Colin (2020)). Het representeert echter ook op zichzelf al vervoersarmoede omdat het de beschikbare vervoersmiddelen bepaalt, en "Mobility poverty refers to the lack of transport" (Awaworyi Churchill en Smyth, 2019). Ter illustratie: het aanbod van openbaar vervoer varieert sterk gedurende de dag, terwijl autobezit in het huishouden veel meer tijdsflexibiliteit biedt. Wij beschouwen autobezit dus zowel als een factor voor het identificeren van vervoersarmoede als een directe indicator van vervoersarmoede.

Autobezit wordt gebruikt als een onafhankelijke variabele in de zes regressieanalyses waar autobezit niet de indicator voor vervoersarmoede is. Daarnaast is autobezit de afhankelijke vervoersarmoede indicator in een regressieanalyse waar de overige tien sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren de set van onafhankelijke variabelen vormen.

De gegevens voor onze regressieanalyses zijn afkomstig uit de Metropoolregio Amsterdam; de wijkzones die we gebruiken zijn overgenomen van een studiegebied specifiek transportmodel. De sociaaleconomische, gebouwde omgevings- en vervoersarmoede variabelen zijn uitgedrukt op het niveau van deze wijken.

2.1 Regressie analyses

Onze regressieanalyses bestaan uit vier opeenvolgende stappen. Ten eerste log-transformeren we elke variabele wanneer uit histogram plots van de empirische en logaritmisch getransformeerde empirische distributies blijkt dat een logaritmische transformatie de data aanzienlijk normaliseert. Ten tweede elimineren we insignificante onafhankelijke variabelen door middel van achterwaartse eliminatie. Ten derde corrigeren we voor heteroskedasticiteit door de gewogen kleinste kwadraten methode toe te passen wanneer homoskedasticiteit van de residuen wordt verworpen op het vijf procent significantieniveau door de White-test (White, 1980). Ten vierde worden alle data

gestandaardiseerd met behulp van de standaardscore voordat de lineaire regressies opnieuw worden uitgevoerd, waardoor dezelfde schaal voor alle variabelen wordt opgelegd en een nuttige vergelijking van de gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten mogelijk is. Een uitgebreidere beschrijving van de toegepaste methoden en de stappen die bij de toepassing ervan betrokken zijn, is te vinden in Bon (2023).

3. Data

In deze sectie wordt de data behandeld. We beginnen met de sociaaleconomische en gebouwde omgeving data en beschrijven vervolgens de vervoersarmoede data. De ruimtelijke resolutie van alle data is op wijkniveau, de gegevens zijn afkomstig uit een studiegebied specifiek transportmodel en stammen uit 2014 (het meest recente beschikbare jaar).

Er zijn 1941 wijken gelegen in de Metropoolregio Amsterdam. Na het filteren van wijken met onvolledige gegevens blijven 1704 wijk observaties over. Verder zijn er 1959 zones buiten het studiegebied, waarvan 159 zich buiten Nederland bevinden. Deze zones zijn belangrijk om op te nemen vanwege hun invloed op vervoersarmoede binnen het studiegebied. Tabel 2 beschrijft de wijk data van het studiegebied die (direct of indirect) als input worden gebruikt voor onze analyses.

Tabel 2: Beschrijvende statistieken van de 1704 wijkzones.

	Gemiddelde	SD	Mediaan	Min	Max	Beschrijving
Oppervlakte	1.47	4.44	0.44	0.03	65.6	in km ²
Inwoners	1.55	1.84	1.00	0.00	13.9	aantal mensen ($\times 10^3$)
Banen	0.77	1.42	0.30	0.00	14.5	aantal banen ($\times 10^3$)
Mobiliteitsniveau OV	2.32	0.29	2.28	1.75	4.44	gemiddelde reistijd in uren*
Mobiliteitsniveau auto	1.20	0.08	1.19	1.06	1.46	gemiddelde reistijd in uren*
Baanbereikbaarheid OV	35.2	57.9	13.7	0.00	387	banen binnen 30 minuten ($\times 10^3$)
Baanbereikbaarheid auto	746	280	844	102	1223	banen binnen 30 minuten ($\times 10^3$)
Financiële kosten OV	9.00	1.36	8.95	3.13	14.5	gemiddelde enkele reis kosten in €*
Financiële kosten auto	8.90	0.78	8.82	7.76	12.0	gemiddelde enkele reis kosten in €*
Inwonerdichtheid	3.97	4.23	3.25	0.00	27.8	mensen ($\times 10^3$) per km ²
Baandichtheid	1.97	3.74	0.75	0.00	44.26	banen ($\times 10^3$) per km ²
Gemiddelde huishoudgrootte	2.30	1.23	2.24	1.00	36.6	mensen per huishouden
Leeftijd 0-18	0.19	0.08	0.19	0.00	0.85	fractie ten opzichte van alle inwoners
Leeftijd 18-34	0.20	0.13	0.18	0.00	1.00	fractie ten opzichte van alle inwoners
Leeftijd 35-54	0.29	0.09	0.29	0.00	1.00	fractie ten opzichte van alle inwoners
Leeftijd 55-64	0.13	0.07	0.13	0.00	1.00	fractie ten opzichte van alle inwoners
Leeftijd 65+	0.18	0.12	0.17	0.00	1.00	fractie ten opzichte van alle inwoners
Man	0.51	0.07	0.50	0.00	1.00	fractie ten opzichte van alle inwoners
Gemiddeld autobezit	1.05	0.33	1.06	0.00	2.10	auto's per huishouden
Gemiddeld inkomen	38.4	9.53	37.2	11.4	101	jaarlijks inkomen ($\text{€} \times 10^3$) per persoon

* Het rekenkundig gemiddelde voor een specifieke wijkzone wordt berekend over de reistijden (of kosten) naar alle andere modelzones. OV: openbaar vervoer.

3.1 Sociaaleconomische data

Leeftijd, geslacht, inkomen, autobezit en huishoudgrootte zijn opgenomen als sociaaleconomische onafhankelijke variabelen in de regressieanalyses. Inkomen wordt weergegeven door het gemiddelde jaarinkomen in euro's onder de inwoners van een zone, terwijl autobezit wordt uitgedrukt in het gemiddeld aantal geregistreerde personenauto's per huishouden.

3.2 Gebouwde omgeving data

Als gebouwde omgevingskarakteristieken gebruiken we baandichtheid en inwonerdichtheid. Om de baandichtheid te verkrijgen, aggregeren we eerst alle zeven banensectoren door het totale aantal banen voor elke zone te berekenen. We gebruiken geen afzonderlijke banensectoren om multicollineariteit te beperken. Door te aggregeren kunnen we de relatie tussen algemene baandichtheid en vervoersarmoede nauwkeurig bepalen zonder vertroebeling wanneer meerdere banensectoren vergelijkbare ruimtelijke verdelingen hebben.

3.3 Vervoersarmoede data

Naast autobezit bestaan de vervoersarmoede indicatoren uit een auto maatstaf en een openbaar vervoer maatstaf voor elk van de drie gebruikte vervoersarmoede dimensies (mobiliteit, bereikbaarheid en betaalbaarheid), dus in totaal zeven. Om deze indicatoren op te stellen, gebruiken we skim matrices van reistijden en reiskosten tussen zones en het totale aantal banen dat aan elke zone is toegekend. De beschouwde periode voor de skim matrices is een ochtendspits (7:00-9:00) op een gemiddelde werkdag.

De skim matrices komen uit een studiegebied specifiek traditioneel 4-staps verkeersmodel dat wordt gebruikt door vervoersplanners in de Metropoolregio Amsterdam, zie Smits (2011) voor meer details. De skim matrices voor financiële kosten en reistijden bestaan uit de respectievelijke waarden tussen elk herkomst-bestemmings- zonale paar, waarbij financiële kosten alleen betrekking hebben op enkele reiskosten. Aangezien auto aanschaf-, verzekerings- en wegenbelastingkosten dus niet zijn inbegrepen, zouden de kosten voor autogebruik in werkelijkheid hoger zijn. In tegenstelling tot de auto geven de enkele reiskosten voor het openbaar vervoer een goed beeld van de ervaren financiële kosten.

De vervoersarmoede indicatoren worden berekend voor alle wijken binnen het studiegebied; zones buiten het studiegebied hebben een bepaalde invloed afhankelijk van de indicator in kwestie. Voor het uitdrukken van de mobiliteitsindicator volgen we Martens en Bastiaanssen (2019). Dit houdt het gebruik in van een eenvoudig rekenkundig gemiddelde van de interzonale reistijden om potentiële mobiliteit voor een bepaalde zone te vatten. Aangezien alle zones potentiële bestemmingen bevatten, zijn alle modelzones (zowel binnen als buiten het studiegebied) betrokken bij het berekenen van deze indicator die de mobiliteit van wijken binnen het studiegebied weerspiegelt.

De betaalbaarheidsindicator voor de wijken binnen het studiegebied wordt op dezelfde manier uitgedrukt als de mobiliteitsindicator: het rekenkundig gemiddelde van de interzonale enkele reiskosten naar alle modelzones.

Ten slotte wordt de bereikbaarheidsindicator bepaald door het totale aantal banen binnen een half uur reistijd. Banen in alle modelzones worden gebruikt bij het berekenen van deze baanbereikbaarheidsindicator. Deze maatstaf is al gebruikt voor vergelijkbaar onderzoek in Nederland (Martens en Bastiaanssen, 2019; Susilo en Maat, 2007) en het voldoet aan de meeste criteria voor een goede bereikbaarheidsmaatstaf, zoals uiteengezet door Geurs en van Wee (2004).

4. Resultaten en discussie

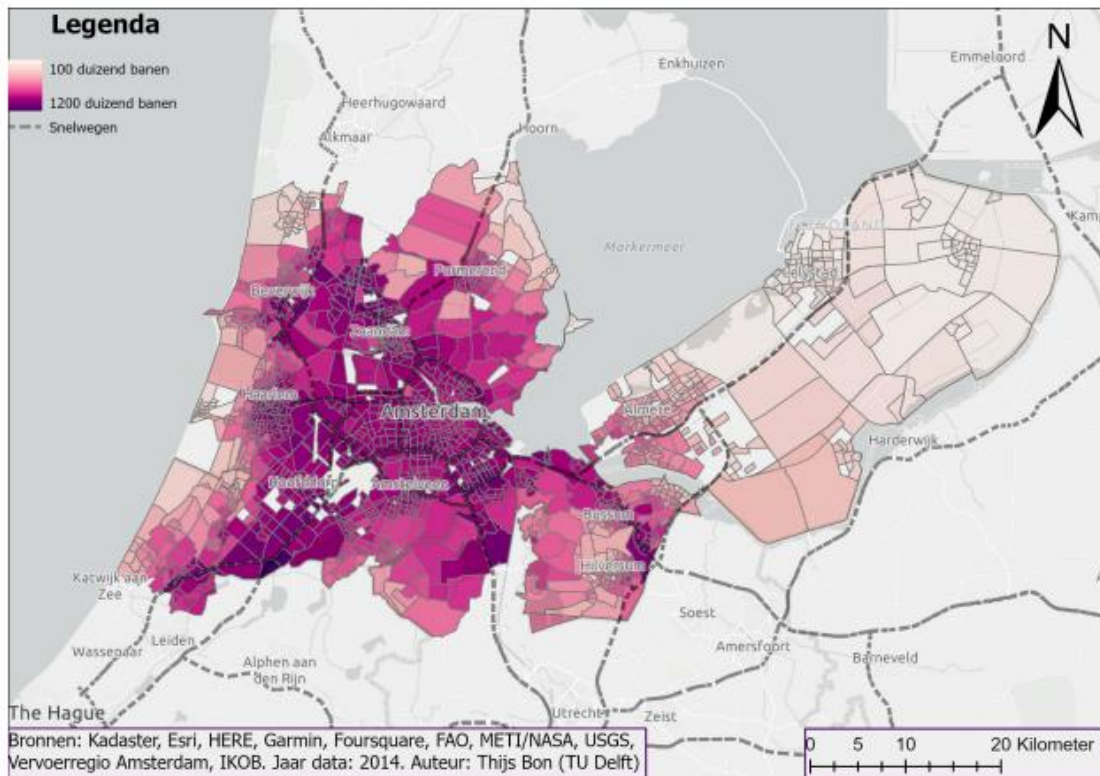
Bereikbaarheidsarmoede en mobiliteitsarmoede worden, voor elke wijk, enorm beperkt door autobezit. De grote afname in twee van de vervoersarmoede dimensies kan worden geobserveerd uit de ruimtelijke verdelingen van de baanbereikbaarheid per vervoerswijze (gevisualiseerd in Figuur 1), en uit dezelfde indruk wekkende ruimtelijke verdelingen van de gemiddelde reistijd (zie Bon (2023)).

Door uitersten van de baanbereikbaarheid tussen auto en openbaar vervoer te vergelijken (Figuur 1a en Figuur 1b, respectievelijk), wordt het aanzienlijke voordeel van de auto in vergelijking met openbaar vervoer onderstreept: het aantal banen binnen dertig minuten reistijd met het openbaar vervoer in wijken met een relatief hoge openbaar vervoer baanbereikbaarheid ligt ongeveer op hetzelfde niveau als het aantal banen binnen een half uur auto reistijd voor wijken met de laagste auto baanbereikbaarheid.

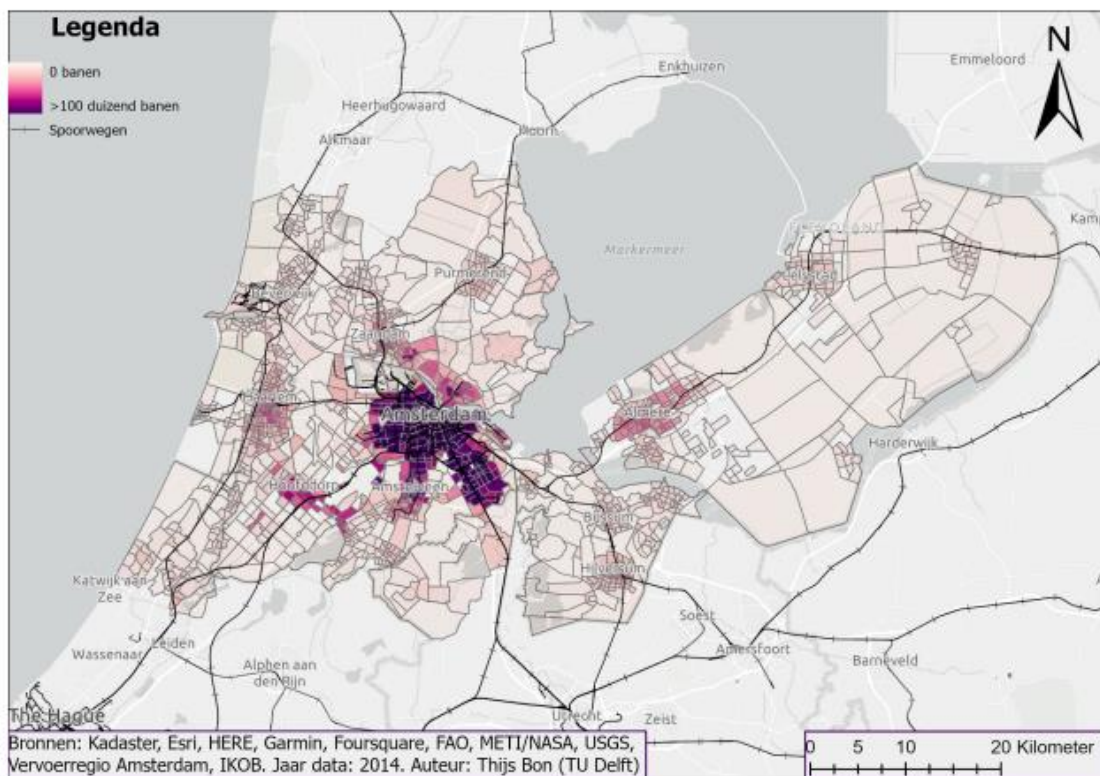
Uit de ruimtelijke verdelingen van de reiskosten (zie Bon (2023)) blijkt dat de kosten voor een enkele reis met de auto en die met het openbaar vervoer op vrijwel hetzelfde niveau liggen en op dezelfde manier ruimtelijk verdeeld zijn. Echter, de hoge vaste kosten van autobezit (aanschaf, onderhoud, verzekering, belastingen) worden niet meegerekend. Daarom kunnen we concluderen dat openbaar vervoer betaalbaarder is dan de auto.

Uit de ruimtelijke analyse blijkt dus dat (betaalbare) toegang tot een auto zeer bepalend is in het beperken van vervoersarmoede. De gestandaardiseerde coëfficiënten van de regressie op autobezit tonen aan dat autobezit het sterkst gecorreleerd is met een hoger inkomen (zie Figuur 2). Baan- en inwonerdichtheid zijn matig negatief verbonden met autobezit. We concluderen dat inwoners met een lager inkomen over het algemeen meer afhankelijk zijn van het openbaar vervoer, vooral in meer stedelijke gebieden.

Onze bevindingen over het belang van inkomen en verstedelijking als bepalende factoren voor autobezit komen overeen met Oakil et al. (2016), die een scherp stijgende kans op autobezit observeren met een hoger inkomensniveau, en in mindere mate met een afnemend verstedelijkingsniveau onder jonge Nederlandse volwassenen. Bastiaanssen en Breedijk (2022) gebruiken inkomen zelfs als een indicator van autobeschikbaarheid in Nederland in plaats van autobezit, omdat personen met een hoog inkomen ervoor kunnen kiezen een auto te bezitten (Johnson et al., 2010), en personen met een laag inkomen mogelijk uit noodzaak een auto bezitten wanneer er geen werkbare alternatieve vervoersopties bestaan (Mattioli, 2017).

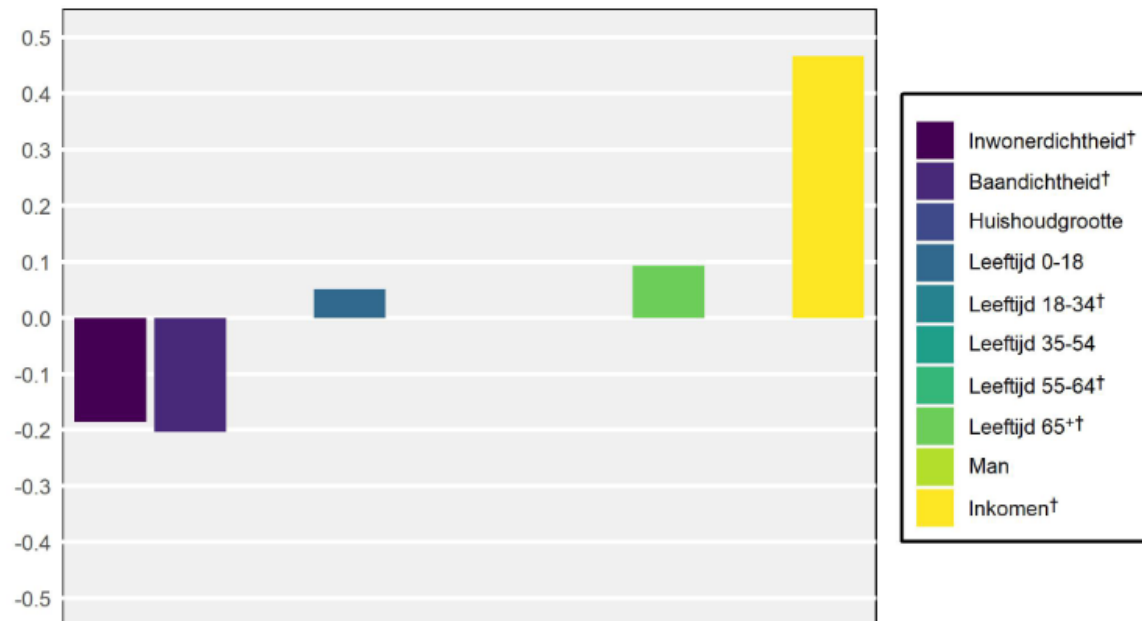


(a) Auto



(b) Openbaar vervoer

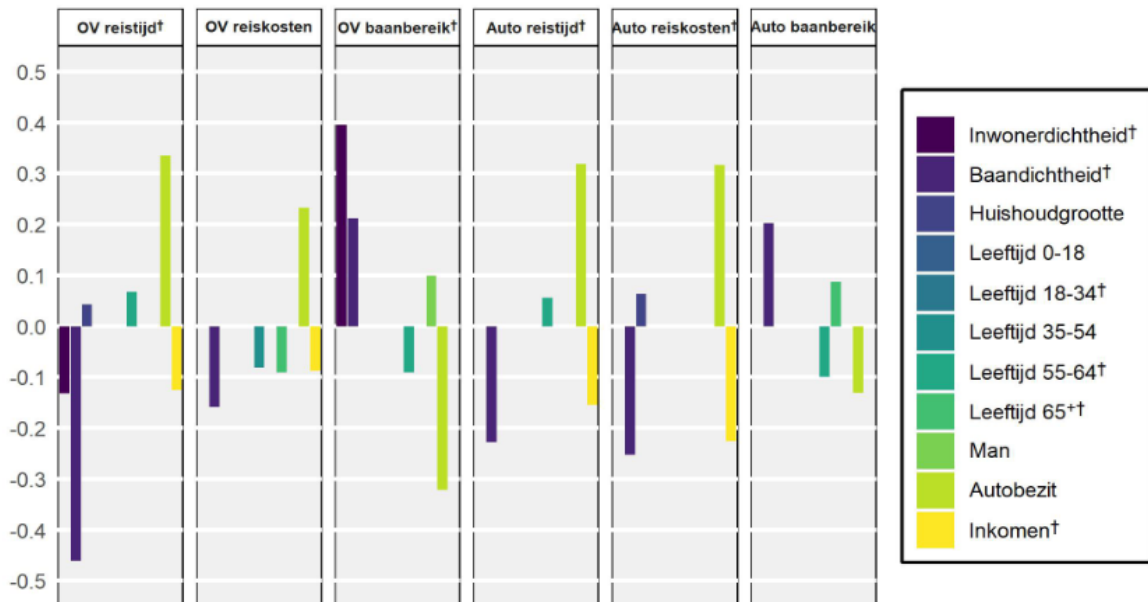
Figuur 1: Ruimtelijke verdelingen aantal bereikbare banen binnen een half uur reistijd, auto boven en openbaar vervoer onder.



Figuur 2: Gestandaardiseerde coëfficiëntwaarden van gewogen kleinste kwadraten regressie op autobezit. † Logaritmisches getransformeerde variabele.

De demografische samenstelling van een zone in termen van huishoudgrootte, leeftijdscohorten en geslachtsverhoudingen is insignificant dan wel zwak gecorreleerd met elke maatstaf voor vervoersarmoede. Dit kan worden waargenomen aan de hand van de gestandaardiseerde regressiecoëfficiënten in Figuur 2 en Figuur 3. De significante demografische correlaties tonen maximaal slechts een absolute gestandaardiseerde coëfficiëntwaarde van ongeveer 0,1. Deze insignificantie of zwakte van correlatie suggereert dat huishoudgrootte, leeftijd en geslacht grotendeels irrelevante factoren zijn met betrekking tot de identificatie van vervoersarmoede op wijkniveau, in termen van gemiddeldes.

In schril contrast met de demografische factoren, blijkt de baandichtheid zeer relevant te zijn voor alle zeven maten van vervoersarmoede. Zoals te zien is in Figuur 4, is de gemiddelde absolute gestandaardiseerde coëfficiëntwaarde van baandichtheid—die het algemene correlatieniveau weergeeft—gelijk aan 0,28 voor de drie maten van openbaar vervoer armoede en gelijk aan 0,23 voor de drie maten van auto vervoersarmoede. Richting en sterkte per maatstaf van vervoersarmoede zijn duidelijk afgebeeld in Figuur 2 en Figuur 3, waaruit we opmerken dat hogere baandichtheden over het algemeen samenvallen met kortere reistijden, lagere reiskosten en een hoger aantal bereikbare banen, voor zowel de auto als het openbaar vervoer.



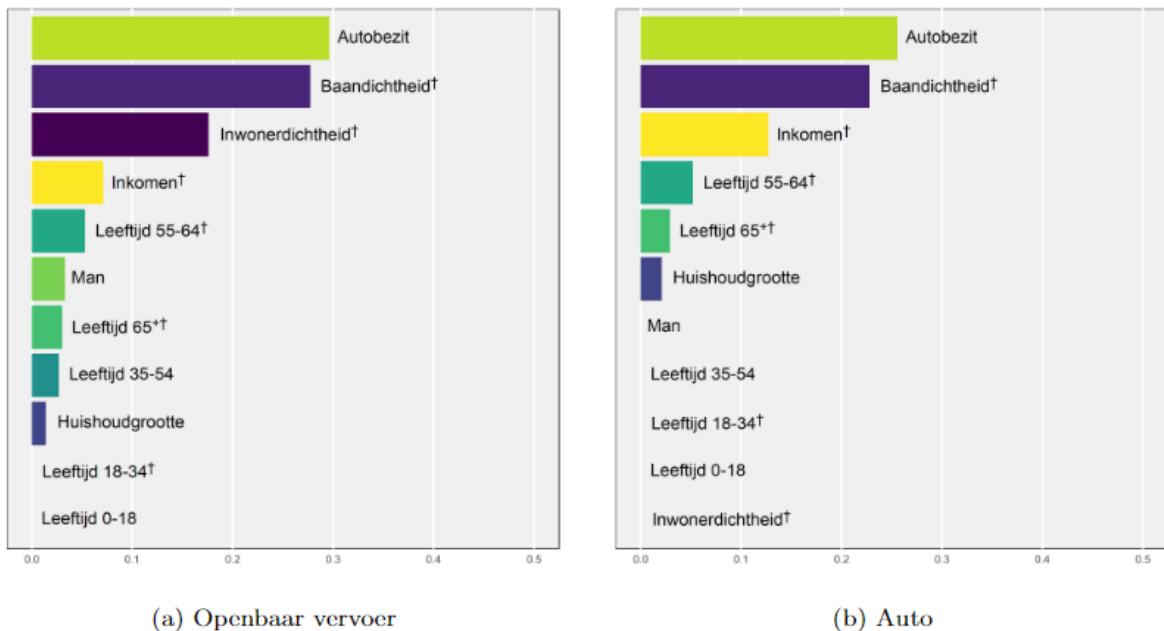
Figuur 3: Gestandaardiseerde coëfficiëntwaarden van gewogen kleinste kwadraten regressies op zes vervoersarmoede indicatoren. † Logaritmisch getransformeerde variabele. OV: openbaar vervoer.

Inwonerdichtheid blijkt alleen relevant te zijn met betrekking tot de baanbereikbaarheid via het openbaar vervoer, waarvoor de gestandaardiseerde coëfficiëntwaarde (zoals gevisualiseerd in Figuur 3) gelijk is aan 0,40. Uit de zeer significante en sterke correlaties van de gebouwde omgevingsfactoren met de indicatoren van openbaar vervoer armoede kunnen we opmaken dat landelijk gelegen wijken aanzienlijk vatbaarder zijn voor vervoersarmoede dan meer verstedelijkte wijken.

De gemiddelde absolute gestandaardiseerde coëfficiëntwaarden in Figuur 4 suggereren dat autobezit de meest relevante factor is in relatie tot vervoersarmoede op wijkniveau. Zoals waar te nemen in Figuur 3, is autobezit significant en matig sterk tot zeer sterk verbonden met hogere niveaus van alle vervoersarmoede indicatoren.

De sterke positieve associatie tussen autobezit en vervoersarmoede op wijkniveau kan worden verklaard door de noodzakelijke afhankelijkheid van autotransport in gebieden met weinig openbaar vervoersopties, wat overeenkomt met de vastgestelde link tussen lage openbaar vervoer bereikbaarheid en gedwongen autobezit in Duitsland (Mattioli, 2017). Bovendien berust de residentiële zelfselectie in Nederlandse landelijke gebieden—die over het algemeen vervoersarmer zijn dan stedelijke gebieden—sterk op de beschikbaarheid van auto's (Pot et al., 2023).

Tot slot is inkomen ofwel insignificant of zwak en negatief gekoppeld aan de drie maten van openbaar vervoer armoede; de gestandaardiseerde coëfficiëntwaarden zijn ongeveer -0,1 voor reistijd en reiskosten (gevisualiseerd in Figuur 3). Met betrekking tot de drie maten van auto vervoersarmoede, afgezien van autobezit, zien we in Figuur 3 dat inkomen matig negatief verband houdt met reistijd en reiskosten: de gestandaardiseerde coëfficiëntwaarden zijn ongeveer -0,2.



Figuur 4: Gemiddelden per factor van de absolute gestandaardiseerde coëfficiëntwaarden uit de gewogen kleinste kwadraten regressies op vervoerswijze specifieke vervoersarmoede indicatoren. † Logaritmisch getransformeerde variabele.

4.1 Implicaties

Uit onze analyses blijkt dat inkomen de meest relevante factor is in relatie tot vervoersarmoede op wijkniveau vanwege het zeer sterke positieve effect op autobezit en, in mindere mate, vanwege de lichte negatieve connectie met reistijd en reiskosten voor openbaar vervoer. De implicaties voor vervoersarmoede van de sterke invloed van inkomen op autobezit worden nog verder verergerd wanneer je 'geforceerd' autobezit van inwoners met een laag inkomen en de vaak vrije keuze van inwoners met een hoog inkomen om een auto te bezitten, in overweging neemt. Uit onze analyses blijkt dus dat inwoners van wijken met een laag inkomen en slechte openbaar vervoervoorzieningen het meest vatbaar zijn voor vervoersarmoede.

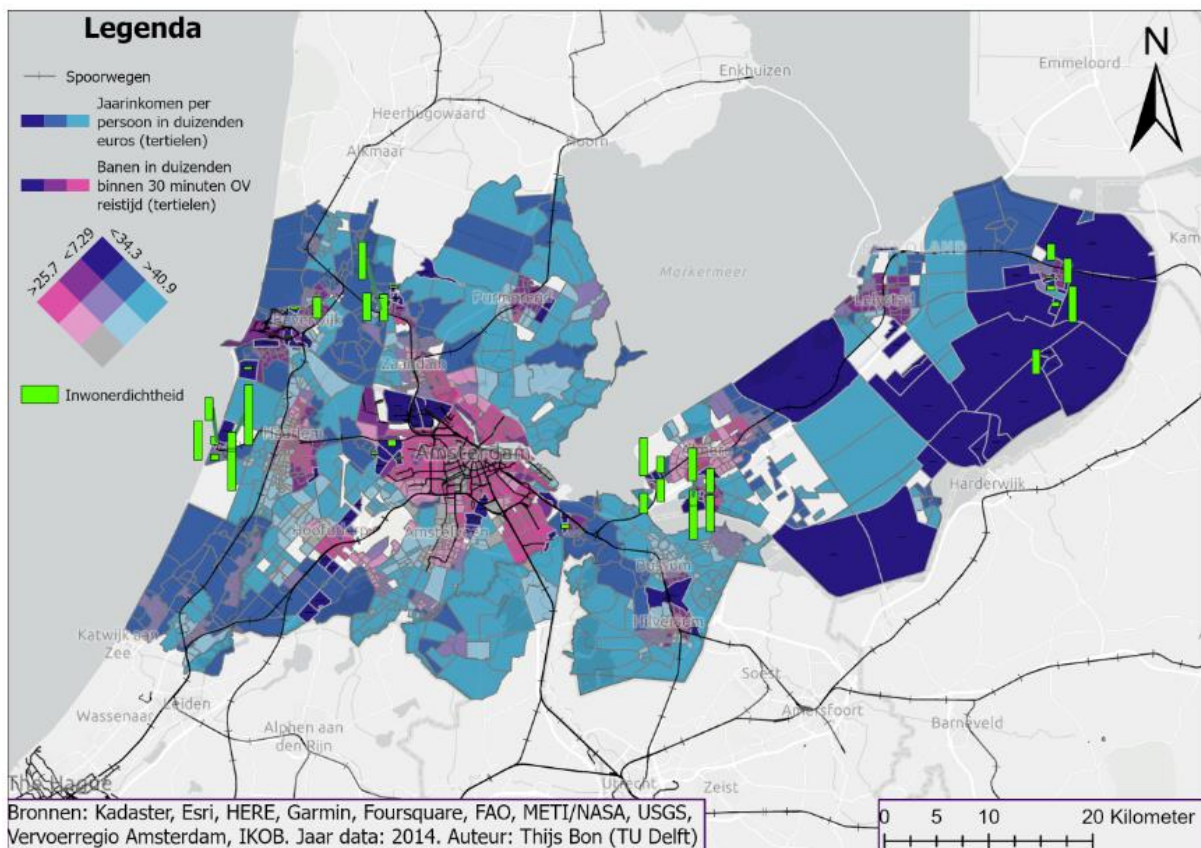
Uit de duale ruimtelijke verdeling van inkomen en openbaar vervoer baanbereikbaarheid in Figuur 5 kunnen we de wijken identificeren waar zowel het inkomen als de openbaar vervoer baanbereikbaarheid tot de laagste tertiël behoren van alle wijken, te herkennen aan hun donkerblauwe kleur; dit zijn de wijken die het meest vatbaar zijn voor vervoersarmoede.

De rechter bovenzijde van de kleurdiamant in Figuur 5 verdeelt het jaarlijkse inkomen in tertielen: van laag naar hoog, respectievelijk van links naar rechts. Evenzo verdeelt de linker bovenzijde van de kleurdiamant het aantal bereikbare banen binnen een half uur reistijd met het openbaar vervoer in tertielen: van hoog naar laag, respectievelijk van links naar rechts. Elke tertiël combinatie van inkomen en baanbereikbaarheid via het openbaar vervoer heeft zijn eigen geassocieerde kleur binnen de kleurdiamant. Verder vertegenwoordigen de groene balken in Figuur 5 de niveaus van inwonerdichtheid.

De relatief meest vervoersarme gebieden in donkerblauw met een niet-verwaarloosbare inwonerdichtheid, kunnen worden beschreven aan de hand van twee locatie categorieën. Ten eerste, wijken die zich bevinden aan de rand van Almere; ten zuiden en zuidwesten van het stadscentrum. Ten tweede, (wijken van) kleinere plaatsen in perifere gebieden zoals Dronten, Biddinghuizen, Zandvoort, Beverwijk en Krommenie.

Hoe lager een wijk scoort binnen de tertielen van inkomen en openbaar vervoer baanbereikbaarheid, hoe groter het risico op vervoersarmoede onder haar inwoners. In Figuur 5 vertaalt een hoger risico op vervoersarmoede zich naar een kleur dicht bij donkerblauw in de kleurdiamant van de legenda. Vervoersarmoede kan effectief en efficiënt worden bestreden door openbaar vervoer voorzieningen te verbeteren in de woonwijken die het meest vatbaar zijn voor vervoersarmoede.

Bij het verbeteren van het openbaar vervoer in de wijken die het meest vatbaar zijn voor vervoersarmoede moet speciale aandacht worden besteed aan het verbeteren van de baanbereikbaarheid, aangezien dit grotendeels vervoersarmoede bepaalt.



Figuur 5: Inkomen en OV baanbereikbaarheid duale ruimtelijke verdeling, samen met inwonerdichtheid niveaus voor de wijken die het meest vatbaar zijn voor vervoersarmoede. OV: openbaar vervoer

5. Conclusie

Op basis van onze bevindingen met betrekking tot de relevantie van verschillende vaak gebruikte sociaal-demografische en gebouwde omgevingsfactoren voor het identificeren van wijken die vatbaar zijn voor vervoersarmoede, adviseren wij te focussen op inkomensniveaus. We concluderen dat inwoners van woonwijken met lage inkomens en slechte openbaar vervoer voorzieningen een zeer verhoogd risico op vervoersarmoede ondervinden. We hebben dergelijke vervoersarme woonwijken binnen het studiegebied geïdentificeerd en raden openbaar vervoer planners aan om de openbaar vervoer diensten te verbeteren—met de nadruk op baanbereikbaarheid—in deze vervoersarme woonwijken om vervoersarmoede effectief en efficiënt te bestrijden. Deze conclusie en deze aanbeveling zijn in lijn met voorgaand onderzoek (e.g., Martens (2013); Mattioli (2017); Shay et al. (2016)).

Om gebieden te identificeren die vatbaar zijn voor vervoersarmoede, is onze correlatiemethode zeer geschikt, maar voorzichtigheid is geboden bij het afleiden van causaliteit uit onze bevindingen—vooral bij het baseren van beleid op een veronderstelde causale structuur. Een voorbeeld is dat autobezit de factor blijkt te zijn die het sterkst gerelateerd is aan vervoersarmoede op wijkniveau, maar dat dit niet per se betekent dat autobezit leidt tot een woonlocatie keuze die zich meer zou lenen voor vervoersarmoede. Evenzo betekent dit niet dat de causaliteit loopt van een vervoersarme omgeving naar hogere autobezitspercentages. Vermoedelijk is het een combinatie van beiden, maar in hoeverre elk causaal mechanisme leidt tot de waargenomen correlatie kan niet worden bepaald met deze experimentele opzet.

Daarnaast gebruiken we gemiddeldes per wijk, waardoor we impliciet aannemen dat de maatstaven voor vervoersarmoede uniform zijn gedefinieerd voor de heterogene groep mensen binnen een wijk, terwijl reistijden en reiskosten kunnen verschillen onder de inwoners. Bovendien worden verschillen in de sociaal-demografische kenmerken van de inwoners uitgemiddeld en wordt aangenomen dat de gemiddelde maatstaf van toepassing is op alle inwoners. Demografische kenmerken zoals leeftijd, geslacht en huishoudgrootte kunnen relevant zijn op individueel niveau, maar zijn statistisch gezien niet significant of vertonen zeer zwakke relaties tot vervoersarmoede op wijkniveau. Gezien het feit dat data op wijkniveau vaak wordt gebruikt in verkeersmodellen, in tegenstelling tot data op individueel niveau, zijn de bevindingen uit deze studie in de praktijk vaak zeer bruikbaar voor het identificeren van gebieden die vatbaar zijn voor vervoersarmoede.

Gezien de benoemde limitaties, presenteren we vier richtingen voor vervolgonderzoek. Allereerst bevelen we aan om de relaties tussen vervoersarmoede en de sociaaleconomische en gebouwde omgevingsfactoren op een individueel niveau te onderzoeken. Het gebruik van individuele maatstaven opent onder andere de mogelijkheid om individuele (besteedbaar) inkomensgegevens te gebruiken bij het bepalen van vervoersbetaalbaarheid, om een persoonlijke maatstaf van autobeschikbaarheid op te nemen, en om rekening te houden met verschillen tussen individuen die in dezelfde wijk wonen. De tweede aanbeveling is om causale verbanden te onderzoeken door een andere experimentele opzet te gebruiken, zoals gegevensverzameling op meerdere momenten in de tijd, het gebruik van individuele panel data of het benutten van een natuurlijk experiment.

Ten derde zijn onze bevindingen mogelijk niet algemeen toepasbaar buiten ons studiegebied. We verwachten dat onze resultaten grotendeels te generaliseren zijn naar andere gebieden die bestaan uit zowel landelijke en stedelijke omgevingen die niet overwegend extreem auto-afhankelijk zijn, omdat we zowel landelijke als stedelijke omgevingen hebben opgenomen, en we hebben vervoersarmoede indicatoren voor zowel de auto- als het openbaar vervoer gebruikt. Dat betekent dus ook dat soortgelijke analyses met verschillende typen studiegebieden, zoals in sterk auto-afhankelijke Amerikaanse regio's of regio's in economisch minder ontwikkelde landen, meer allesomvattende informatie kunnen opleveren en de mogelijk locatie-afhankelijke aard van onze resultaten kunnen onthullen. Tot slot biedt het opnemen van vervoersarmoede indicatoren die betrekking hebben op subjectieve perceptie, objectieve uitkomsten of vervoersexternaliteiten potentieel interessante richtingen voor vervolgonderzoek.

Referenties

Awaworyi Churchill, S., Smyth, R., 2019. Transport poverty and subjective wellbeing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 124, 40– 54. doi:10.1016/J.TRA.2019.03.004.

Bastiaanssen, J., Breedijk, M., 2022. Toegang voor iedereen? — Een analyse van de (on)bereikbaarheid van voorzieningen en banen in Nederland. Technical Report. Planbureau voor de Leefomgeving. Den Haag. URL: <https://www.pbl.nl/publicaties/toegang-voor-iedereen>.

Bastiaanssen, J., Johnson, D., Lucas, K., 2020. Does transport help people to gain employment? A systematic review and meta-analysis of the empirical evidence. *Transport Reviews* 40, 607–628. doi:10.1080/01441647.2020.1747569.

Bon, T., 2023. Transport Poverty in the Amsterdam Metropolitan Area: Relationships with Socioeconomics and the Built Environment at the Neighborhood Level. Technical Report. TU Delft Civil Engineering & Geosciences. URL: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Adfcfe6db-b565-48a9-9353-fe283267b1f0>.

Delbosc, A., Currie, G., 2011. Exploring the relative influences of transport disadvantage and social exclusion on well-being. *Transport Policy* 18, 555– 562. doi:10.1016/J.TRANPOL.2011.01.011.

Fan, Y., Huang, A., 2011. How Affordable is Transportation? A Context-Sensitive Framework. Technical Report.

Geurs, K.T., van Wee, B., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography* 12, 127–140. doi:10.1016/J.JTRANGE.2003.10.005.

Godfrey, B., Armstong, B., Davison, G., Malan, J.d.V., Gleeson, B., 2015. Delivering sustainable urban mobility. Technical Report 8. Australian Council of Learned Academies (ACOLA).

Johnson, V., Currie, G., Stanley, J., 2010. Measures of disadvantage: Is car ownership a good indicator? *Social Indicators Research* 97, 439–450. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-009-9510-1>, doi:10.1007/S11205-009-9510-1/METRICS.

Jomehpour Chahar Aman, J., Smith-Colin, J., 2020. Transit Deserts: Equity analysis of public transit accessibility. *Journal of Transport Geography* 89, 102869. doi:10.1016/J.JTRANGE0.2020.102869.

Lucas, K., Phillips, I., Mulley, C., Ma, L., 2018. Is transport poverty socially or environmentally driven? Comparing the travel behaviours of two low-income populations living in central and peripheral locations in the same city. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 116, 622–634. doi:10.1016/J.TRA.2018.07.007.

Luz, G., Barboza, M.H., Portugal, L., Giannotti, M., van Wee, B., 2022. Does better accessibility help to reduce social exclusion? Evidence from the city of São Paulo, Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 166, 186–217. doi:10.1016/J.TRA.2022.10.005.

Luz, G., Portugal, L., 2022. Understanding transport-related social exclusion through the lens of capabilities approach. *Transport Reviews* 42, 503–525. doi:10.1080/01441647.2021.2005183.

Martens, K., 2013. Role of the Bicycle in the Limitation of Transport Poverty in the Netherlands. *Transportation Research Record* 2387, 20–25. doi:10.3141/2387-03.

Martens, K., Bastiaanssen, J., 2019. An index to measure accessibility poverty risk. *Measuring Transport Equity* , 39–55doi:10.1016/B978-0-12-814818-1.00003-2.

Martens, K., Bastiaanssen, J., Lucas, K., 2019. Measuring transport equity: Key components, framings and metrics. *Measuring Transport Equity* , 13–36doi:10.1016/B978-0-12-814818-1.00002-0.

Mattioli, G., 2017. "Forced car ownership" in the UK and Germany: sociospatial patterns and potential economic stress impacts. *Social Inclusion* 5, 147–160. URL: <https://doi.org/10.17645/si.v5i4.1081>, doi:10.17645/si.v5i4.1081.

Oakil, A.T.M., Manting, D., Nijland, H., 2016. Determinants of car ownership among young households in the Netherlands: The role of urbanisation and demographic and economic characteristics. *Journal of Transport Geography* 51, 229–235. doi:10.1016/J.JTRANGE0.2016.01.010.

Pot, F.J., Koster, S., Tillema, T., 2023. Perceived accessibility and residential self-selection in the Netherlands. *Journal of Transport Geography* 108, 103555. doi:10.1016/J.JTRANGE0.2023.103555.

Shay, E., Combs, T.S., Findley, D., Kolosna, C., Madeley, M., Salvesen, D., 2016. Identifying transportation disadvantage: Mixed-methods analysis combining GIS mapping with qualitative data. *Transport Policy* 48, 129–138. doi:10.1016/J.TRANPOL.2016.03.002.

Smits, E.S., 2011. Origin-Destination Matrix Estimation in OmniTRANS. Technical Report. Utrecht University. Utrecht.

Susilo, Y.O., Maat, K., 2007. The influence of built environment to the trends in commuting journeys in the Netherlands. *Transportation* 34, 589–609. doi:10.1007/S11116-007-9129-5/TABLES/5.

United Nations, 2016. Leaving no one behind: the imperative of inclusive development Report on the World Social Situation 2016. Technical Report. United Nations. New York.

Voerknecht, H., 2020. Een nieuwe kijk op bereikbaarheid, in: NVC 2020.

White, H., 1980. A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica* 48, 838. doi:10.2307/1912934.