

## Kunnen gemeenten de gezondheid bevorderen door het stimuleren van actief transport? De resultaten van een structureel vergelijkingsmodel

**Maarten Kroesen**

Technische Universiteit Delft<sup>1</sup>

**Bert van Wee**

Technische Universiteit Delft<sup>2</sup>

---

Actief reizen (lopen en fietsen) draagt bij aan de mate van lichamelijke beweging en daarmee aan de lichamelijke en geestelijke gezondheid van mensen. Onderzoek naar actief reisgedrag richt zich meestal op de beleidsgerelateerde determinanten van actief reisgedrag *of* de gezondheidseffecten. Tot nu toe zijn er geen studies die beide groepen variabelen in één empirisch model opnemen. Het doel van deze studie is om deze kloof te dichten door een structureel vergelijkingsmodel te schatten dat zowel de determinanten van actief reizen als relevante gezondheidseffecten omvat. Voor het schatten van het model gebruiken we geaggregeerde gegevens van Nederlandse gemeenten, 355 in totaal. De resultaten laten zien dat de aandelen lopen en fietsen consequent negatief geassocieerd zijn met de prevalentie van obesitas en diabetes. De effecten zijn vergelijkbaar in omvang als die van sportdeelname. Daarnaast laten de resultaten laten zien op welke bebouwde omgevingskenmerken gemeenten kunnen sturen als hun doel is om de gezondheid te verbeteren via actief reizen. In dit opzicht toont het model dat het verkleinen van de (gemiddelde) afstand tot scholen het meeste effect zal sorteren.

*Trefwoorden:* fietsen, gezondheidseffecten, lopen, Nederlandse gemeenten, ruimtelijke determinanten, structureel vergelijkingsmodel

---

---

<sup>1</sup> Faculteit Techniek, Bestuur en Management, sectie Transport en Logistiek, E: [m.kroesen@tudelft.nl](mailto:m.kroesen@tudelft.nl)

<sup>2</sup> Faculteit Techniek, Bestuur en Management, sectie Transport en Logistiek, E: [g.p.vanwee@tudelft.nl](mailto:g.p.vanwee@tudelft.nl)

## 1. Inleiding

Er is overtuigend bewijs dat fysieke activiteit goed is voor de gezondheid. Regelmatige beweging vermindert het risico op hart- en vaatziekten, diabetes, kanker, hoge bloeddruk, overgewicht en depressie (Warburton et al., 2006). Ondanks deze positieve effecten voldoet meer dan de helft (53%) van de Nederlandse bevolking niet aan de beweegrichtlijnen zoals die in 2017 door de Gezondheidsraad zijn opgesteld (o.a. 150 minuten per week matig intensieve inspanning) (Gezondheidsraad, 2017). Mede hierdoor is in Westerse landen fysieke inactiviteit één van de belangrijkste risicofactoren voor vroegtijdig overlijden. Zo concludeert een Europese studie dat 676.000 mensen jaarlijks vroegtijdig overlijden aan de gevolgen van te weinig bewegen (twee keer zoveel als door obesitas) (Ekelund et al., 2015).

Wetenschappers en beleidsmakers zien actief transport (fietsen en lopen) als een kansrijke manier gezien om de mate van fysieke activiteit in de populatie te vergroten en zodoende een bijdrage te leveren aan de fysieke en mentale gezondheid van mensen (Van Wee & Ettema, 2016). Naast deze gezondheidsvoordelen zijn er twee specifieke redenen waarom een focus op actief transport interessant is vanuit een beleidsperspectief. De eerste is dat actief transport makkelijker dan andere vormen van beweging (bijvoorbeeld sporten) onderdeel kan worden van de dagelijkse routine van mensen. Zodra mensen bijvoorbeeld voor een bepaalde routinematige verplaatsing de fiets kiezen (in plaats van de auto) kan dit gedrag snel een onbewuste gewoonte worden. De tweede reden is dat er nog veel potentie is om het aandeel van lopen en fietsen in de 'modal split' op korte afstanden te vergroten. Zo is bij verplaatsingsafstanden tussen 0-5 kilometer het aandeel van de auto al 30% en bij 5-10 kilometer zelfs 60% (CBS, 2016), terwijl dit dus verplaatsingen zijn die mogelijk ook lopend of met de (elektrische) fiets kunnen worden gemaakt. Gerelateerd hieraan zal de toename in het aandeel van lopen en fietsen (waarschijnlijk) ook leiden tot een vermindering van het autogebruik en daarmee ook de negatieve effecten van deze vervoerswijze (congestie, milieuvervuiling, risico's).

Onderzoek met betrekking tot actief reizen wordt grotendeels gestuurd door twee vragen: (1) wat zijn de gezondheidsvoordelen van actief reizen? en (2) wat zijn de determinanten van actief reizen? Meerdere wetenschappelijke disciplines, zoals gezondheidswetenschappen, vervoerwetenschappen, psychologie en geografie, zijn betrokken bij het beantwoorden van deze twee vragen en de resulterende literatuur is enorm. Wat de gezondheidseffecten betreft, omvatten relevante uitkomsten een toename in totale fysieke activiteit, een lagere kans op overgewicht, en hogere fitheid en mentaal welzijn (zie Oja et al. (2011), Wanner et al. (2012) en Saunders et al. (2013) voor relevante reviews). Met betrekking tot de determinanten van actief reizen is er veel onderzoek gedaan naar de rol van de gebouwde omgeving (bijvoorbeeld woondichtheid of connectiviteit) en de beschikbare fiets- en voetgangersinfrastructuur (zie Ding & Gebel (2012) voor een review). Daarnaast zijn ook psychologische factoren (attitudes en voorkeuren) veelvuldig onderzocht (Panter & Jones, 2010; Heinen et al., 2011).

Tot nu toe richten empirische studies zich ofwel op de gezondheidseffecten of de (beleid-gerelateerde) determinanten van actief reizen. Voor zover bekend bij de auteurs zijn er tot nu toe geen studies die beide groepen variabelen in één empirisch model opnemen. Een dergelijk model zou kunnen uitwijzen in welke mate beleidsinspanningen de gezondheid kunnen bevorderen door het stimuleren van actief reizen. Deze kennis is relevant om de kosteneffectiviteit te beoordelen van maatregelen die beogen actief reizen te stimuleren. Bovendien kan een geïntegreerd model laten zien of actief reisgedrag inderdaad de meest relevante mediërende factor is tussen de determinanten (van actief reizen) en de gezondheidseffecten. Het zou kunnen dat andere vormen van mobiliteit (autogebruik) of andere gedragsrisicofactoren ook als zodanig functioneren. Dergelijke inzichten zijn zeer relevant vanuit een beleidsperspectief.

Het doel van deze studie is om deze kloof te dichten door een structureel vergelijkingsmodel te ontwikkelen en te schatten dat zowel determinanten van actief reizen als relevante gezondheidseffecten omvat. De mate van actief reizen (lopen en fietsen) wordt beschouwd als relevante mediërende factor. Daarnaast worden ook andere gedragsvariabelen in beschouwing genomen als mediërende factoren, namelijk het gebruik van andere vervoerswijzen (auto en openbaar vervoer) en gedragsrisicofactoren (roken en sportparticipatie). Voor het schatten van het model gebruiken we geaggregeerde gegevens van alle Nederlandse gemeenten, 355 in totaal. De studie van Rietveld en Daniel (2004) laat zien dat deze onderzoekseenheid zeer geschikt om de invloeden van beleidsinspanningen (op gemeenteniveau) op de mate van actief transport te achterhalen.

## 2. Eerder onderzoek en een conceptueel model

Hieronder bespreken we kort twee eerdere studies die in de opzet vergelijkbaar zijn met de huidige. Daarna presenteren we het conceptuele model dat aan de basis ligt van onze empirische analyse.

Rietveld en Daniel (2004) hebben een verklaringsmodel opgesteld om het aandeel van de fiets (van alle ondernomen verplaatsingen) te voorspellen aan de hand van bevolkingskenmerken, infrastructurele kenmerken en beleidsfactoren. In totaal beschouwen ze 38 mogelijke verklarende factoren. Om het statistische (semi log-lineair) model te schatten gebruiken ze data van 103 Nederlandse gemeenten. Het model laat zien vooral het fietsaandeel (op gemeenteniveau) kan worden verklaard door factoren die het gebruik van de fiets aantrekkelijker kunnen maken (bijv. directheid van routes) en ook factoren die het gebruik van alternatieve vervoerswijzen (de auto) onaantrekkelijker maken (bijv. parkeertarieven). Daarnaast spelen demografische kenmerken een rol, zoals het aandeel van de bevolking met een niet-westerse migratieachtergrond en het percentage VVD stemmers, die beide een negatief effect hebben op het fietsaandeel in een gemeente.

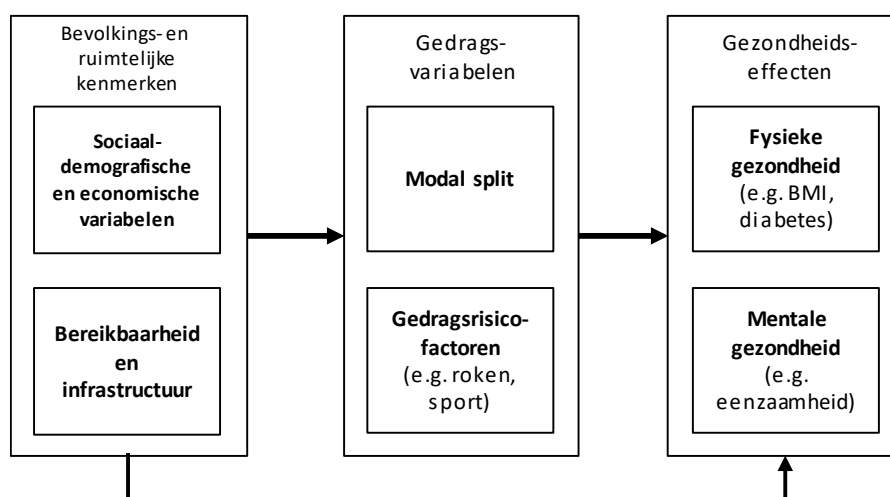
Een tweede studie, uitgevoerd door Ververs en Ziegelaar (2006), laat vergelijkbare resultaten zien. Ook deze auteurs specificeren een verklaringsmodel voor het aandeel van de fiets, welke zij schatten met data van 116 Nederlandse gemeenten. Daarnaast beschouwen ze een nog breder pallet van mogelijke verklarende factoren. In totaal onderscheiden ze 61 factoren welke ze indelen in fietsbeleidsindicatoren, verkeersbeleidsindicatoren, ruimtelijke en ruimtelijk-economische kenmerken, kenmerken van inwonerspopulatie en fysieke kenmerken (reliëf en weeromstandigheden). De resultaten van het lineaire regressiemodel laten zien dat de parkeerkosten, het percentage inwoners met niet-westerse achtergrond en de mate van reliëf de sterkste effecten hebben op het fietsgebruik, alle in negatieve richting.

De bijdrage van de huidige studie ten opzichte van deze eerdere studies is vierledig. Ten eerste, zoals in de inleiding al beschreven, beschouwen we naast de determinanten van actief transport ook de relevante gezondheidseffecten. Ten tweede beschouwen we niet alleen fietsgebruik maar ook het gebruik van andere vervoerswijzen en relevante gedragsrisicofactoren die ook van invloed zijn op de gezondheid. Ten derde schatten we alle factoren en effecten in een geïntegreerd empirisch model. En als laatst beschouwen we niet een selecte subset van gemeenten, maar alle Nederlandse gemeenten (355).

Figuur 1 toont het conceptuele model dat als basis dient voor de specificatie van dit structureel vergelijkingsmodel. Het model bestaat uit drie lagen; de eerste heeft betrekking op de bevolkings- en ruimtelijke kenmerken van de gemeenten, die gerelateerd zijn aan de demografische samenstelling van de bevolking en de ruimtelijke determinanten van actief transport (de bereikbaarheid van verschillende bestemmingen en fietsinfrastructuur). Deze laatste factoren kunnen gemeente beïnvloeden door ruimtelijke planning. De tweede laag bevat relevante

gedragsvariabelen die betrekking hebben op het gebruik van actieve vervoerswijzen (lopen en fietsen), het gebruik van andere vervoerswijzen (auto en openbaar vervoer) en andere gedragsrisicofactoren die de gezondheid beïnvloeden. Ten slotte omvat de derde laag relevante gezondheidseffecten. Hierbij onderscheiden we zowel lichamelijke als geestelijke gezondheidsindicatoren.

Het model is gebaseerd op de veronderstelling dat de bevolkings- en ruimtelijke factoren de gedragskenmerken beïnvloeden, die op hun beurt worden verondersteld de gezondheid te beïnvloeden. Daarnaast schatten we ook directe effecten tussen de bevolkings- en ruimtelijke factoren en de gezondheidsindicatoren. Als deze significant blijken te zijn, suggereert dit dat er andere niet-gemodelleerde (gedrags)factoren bestaan die fungeren als mediërende variabelen. Aangezien het model geschat wordt aan de hand van cross-sectionele data is het niet mogelijk om (ook) omgekeerde effecten te schatten. Zo is in eerder onderzoek aangetoond dat bepaalde gezondheidsindicatoren zoals overgewicht ook omgekeerd de vervoerswijzekeuze beïnvloeden (Kroesen, & De Vos, 2020; De Haas et al., 2021).



Figuur 1: Conceptueel model voor de samenhang tussen gezondheidseffecten, gedragsvariabelen en bevolkings- en ruimtelijke kenmerken.

### 3. Methode

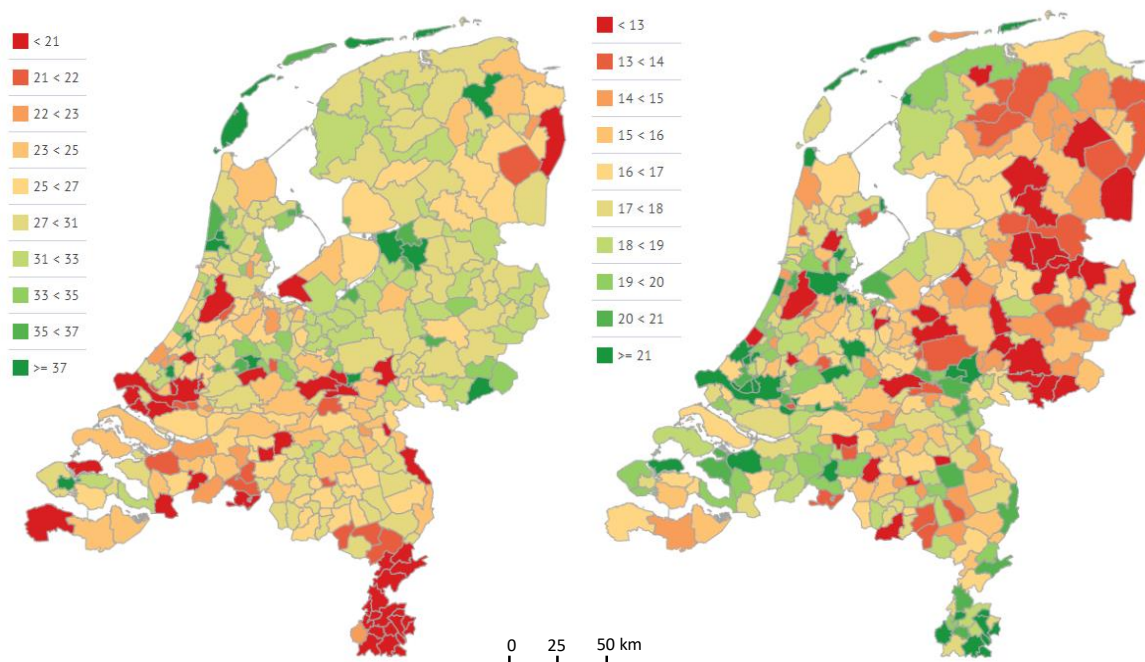
#### 3.1 Data

Om het conceptuele model te testen, gebruiken we geaggregeerde gegevens van alle (355) Nederlandse gemeenten. De data met betrekking tot de gedragsvariabelen en de gezondheidsindicatoren zijn afkomstig van grootschalige landelijke enquêtes, namelijk het Onderzoek Verplaatsingsgedrag in Nederland (OVIN) van 2017 en de nationale gezondheidsmonitor van 2016, met respectievelijk 38.127 en 457.153 respondenten. Hiermee kunnen betrouwbare statistieken op gemeenteniveau worden berekend. Tabel 1 geeft een overzicht van de variabelen die gebruikt zijn om de concepten in figuur 1 te operationaliseren, inclusief de beschrijvende statistieken en de bronnen waaruit de respectievelijke gegevens afkomstig zijn.

In de analyse worden de (gemiddelde) leeftijd, immigratieachtergrond, gezinsinkomen en werkloosheid (op gemeenteniveau) gebruikt als relevante demografische en economische kenmerken. Drie variabelen, gerelateerd aan fietsinfrastructuur, zien we als beleidsgerelateerde determinanten van actief reizen (en in het bijzonder fietsen): de directheid van fietsroutes, de mate waarin fietsers voorrang genieten op rotondes en het relatieve aantal aparte fietspaden bij 50 km/u

wegen. Deze variabelen zijn gemeten en berekend door de Fietsersbond op het niveau van gemeenten. Naast deze variabelen hebben we verschillende ruimtelijke/bereikbaarheidsindicatoren opgenomen, namelijk de mate van de stedelijkheid (adressendichtheid), de diversiteit in woon/werk en de (gemiddelde) afstand tot vier relevante locaties, namelijk de basisschool, middelbare school, supermarkt en het treinstation. Voor deze laatste variabelen gaat het hier om de gemiddelde afstand (via de weg) van alle inwoners van een gemeente tot de dichtstbijzijnde betreffende locatie.

Als indicatoren voor het gebruik van verschillende vervoerswijzen gebruiken we de 'modal split', oftewel de relatieve aandelen van de vervoerswijzen in het totaal aantal trips. De statistieken laten zien dat het aandeel van fietsen en lopen relatief hoog ligt: 27,2% van alle trips wordt met de fiets gemaakt en 17,0% te voet. Ook is er aanzienlijke variatie tussen de gemeenten, vooral wat betreft het fietsgebruik, dat varieert van 8,1% tot 54,4% in de dataset. Figuur 2 toont de geografische spreiding van de aandelen fiets en lopen.



Figuur 2: Modale aandelen (% van verplaatsingen met de respectieve vervoerswijze) van fietsen (links) en lopen (rechts) in de 355 Nederlandse gemeenten

Voor de invloed van gedrag op gezondheid gebruiken we, naast de indicatoren voor het gebruik van de verschillende vervoerswijzen, drie gedragsrisicofactoren, namelijk het percentage mensen dat minimaal één keer per week aan sport doet, het percentage rokers en het percentage van de bevolking dat voldoet aan de bewegingsnorm (150 minuten matige tot krachtige lichamelijke activiteit per week) van de Nederlandse Gezondheidsraad. Deze drie variabelen zijn tot zekere hoogte onderling gecorreleerd. Deze correlaties worden ook gespecificeerd binnen het model, zodat de unieke effecten van de variabelen op de gezondheidsfactoren later in de causale keten geschat kunnen worden.

De fysieke gezondheidsindicatoren omvatten het percentage van de bevolking dat lijdt aan overgewicht (een body-mass index van meer dan 25) en de percentages die gediagnosticeerd zijn met COPD/astma, hartfalen, diabetes en kanker. Daarnaast identificeren we twee geestelijke gezondheidsindicatoren namelijk het percentage van de bevolking dat behandeld wordt voor psychische problemen en het percentage dat een hoge score heeft op schaal die emotionele/sociale eenzaamheid meet.

Tabel 1: Beschrijvende statistieken van de modelvariabelen (N=355)

Categorie	Variabelen	Gem.	SD	Bron
Sociaal-demografische en economische factoren	Leeftijd bevolking	43,2	2,3	a
	Niet-westerse achtergrond (%)	7,4	5,9	a
	Werkloosheid (%)	3,4	0,6	a
	Gemiddeld besteedbaar inkomen per huishouden (Keuro)	45,1	5,7	a
Bereikbaarheid en fietsinfrastructuur	Directheid van fietsroutes ten opzichte van de een rechte lijn (genormaliseerd op schaal van 1-5)	2,4	0,7	b
	Voorrang voor fietsers op rotondes (genormaliseerd op schaal van 1-5)	4,0	1,6	b
	Aparte fietspaden naast 50 km/u wegen (genormaliseerd op schaal van 1-5)	2,0	1,0	b
	Stedelijkheid (adressendichtheid per km <sup>2</sup> ) (genormaliseerd op schaal van 1-5)	2,6	1,1	a
	Functiemenging (relatieve aantal banen ten opzichte van woningen) (%)	49,2	6,9	c
	Gemiddelde afstand tot school basisonderwijs (km)	0,8	0,2	a
	Gemiddelde afstand tot school voortgezet onderwijs (km)	3,2	2,0	a
	Gemiddelde afstand tot dagelijkse levensmiddelen (km)	0,9	0,3	a
	Gemiddelde afstand tot treinstations (km)	7,0	7,1	a
Modal split	Verplaatsingen met fiets (%)	27,2	6,0	d
	Verplaatsingen door te lopen (%)	17,0	3,2	d
	Verplaatsingen met auto (%)	35,2	5,2	d
	Verplaatsingen met trein (%)	1,5	1,2	d
	Verplaatsingen met bus, tram, metro (BTM) (%)	1,4	1,5	d
Gedragsrisicofactoren	Deelname aan sport minimaal één keer per week (%)	50,8	6,0	e
	Rokers (%)	18,7	3,2	e
	Voldoet aan bewegingsnorm (%)	63,7	4,7	e
Fysieke gezondheid	Overgewicht (BMI>25) (%)	50,2	4,6	e
	Diagnose COPD of asthma (%)	4,3	0,7	f
	Diagnose hartfalen (%)	3,7	0,7	f
	Diagnose diabetes (%)	2,3	0,5	f
	Diagnose kanker (%)	3,5	0,6	f
Mentale gezondheid	Gebruik psychische problematiek (%)	8,6	1,4	f
	Volwassenen (19+) met hoge emotionele/sociale eenzaamheidsscore (%)	41,0	4,4	e

a CBS Statistiek Bevolking (2017)

b Fietersbond Fietsstad verkiezing (2018)

c CBS Statistiek Bevolking (2017) - bewerking ABF Research

d CBS OViN (2017)

e Gezondheidsmonitor volwassenen (en ouderen), GGD'en, CBS en RIVM (2016)

f Percentage verzekerden dat gelet op het medicijngebruik een chronische aandoening, Vektis (2017)

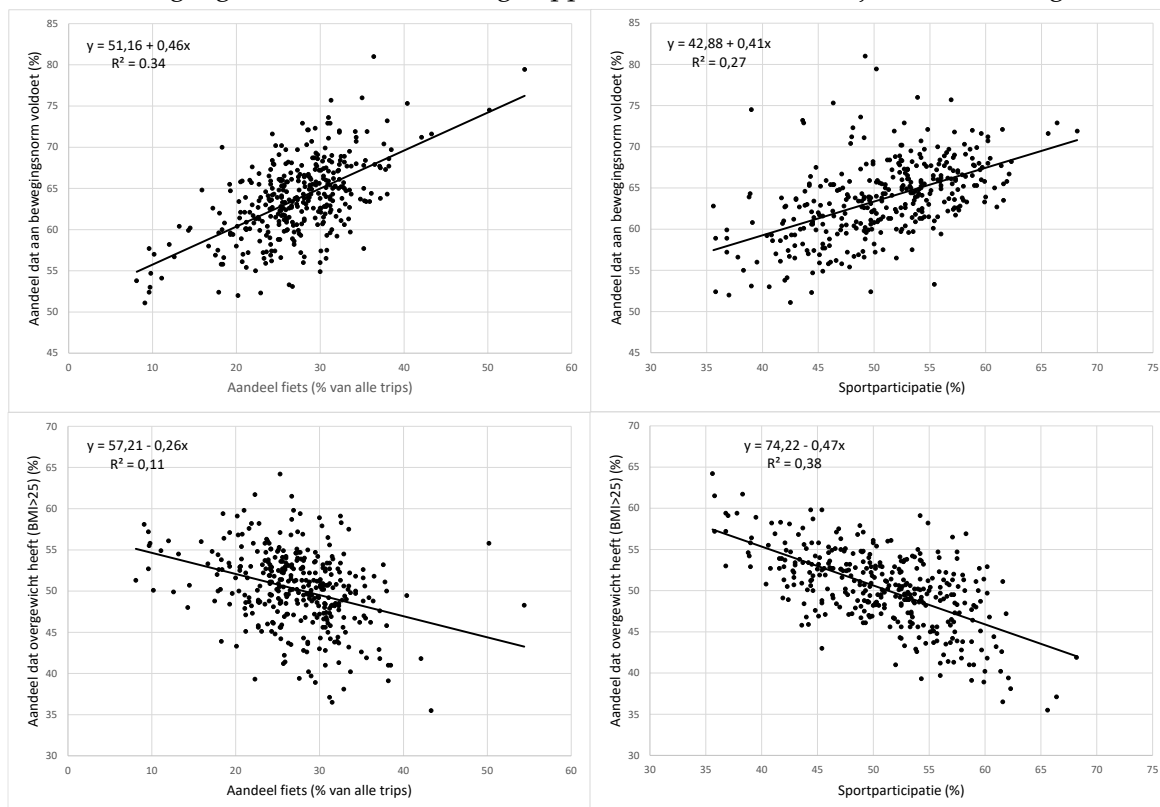
### 3.2 Modelspecificatie en schatting

In lijn met het conceptuele model worden de structurele variabelen gespecificeerd als exogene variabelen waarvan we aannemen dat ze zowel de gedragsvariabelen als de gezondheidsindicatoren beïnvloeden. De gedragsvariabelen worden, zoals figuur 1 reeds heeft duidelijk gemaakt, verondersteld te werken als mediërende factoren. De fouttermen van de endogene variabelen op hetzelfde niveau van de causale keten (dus respectievelijk op het niveau van gedragsvariabelen en gezondheidsindicatoren) laten we vrij correleren. Hiermee worden de effecten van de variabelen van de ene naar de volgende laag in de keten statistisch gecontroleerd voor de onderlinge correlaties tussen variabelen op hetzelfde niveau in de keten. Deze specificatie leidt tot een volledig verzadigd model (met nul vrijheidsgraden). Het model wordt geschat in MPlus 8.4 met behulp van de standaard maximum likelihood (ML) schatter.

Om uiteindelijk een spaarzaam model (een model met niet meer parameters dan 'nodig') te verkrijgen, verwijderen we via een proces van 'backward elimination' stapsgewijs de niet-significante directe effecten (met  $p > 0,05$ ). Alle correlaties tussen fouttermen (ook als deze niet-significant zijn) worden behouden om een goede statistische controle te waarborgen. Uiteindelijk zijn 166 directe paden verwijderd. Het resulterende model levert een goede modelfit op ( $\chi^2=249,6$ ,  $df=166$ ,  $p=0,00$ ,  $CFI=0,981$ ,  $RMSEA=0,038$ ).

## 4. Resultaten

Alvorens in te gaan op de modelschattingen is het interessant om een aantal bivariate relaties in de data te onderzoeken en enkele patronen te belichten. Figuur 3 toont de scatterplots tussen het percentage verplaatsingen met de fiets en sportdeelname enerzijds en het percentage dat voldoet aan de bewegingsnorm en het percentage met overgewicht anderzijds. Te zien is dat beide gedragsfactoren sterk bijdragen aan het percentage dat voldoet aan de bewegingsnorm. Voor elke procentuele toename van het aandeel fietsen, stijgt het percentage dat voldoet aan de bewegingsnorm met 0,46%. Het effect van sportparticipatie is vergelijkbaar in grootte, maar iets kleiner (0,41). Voor overgewicht is dit patroon omgekeerd. Hier heeft sportdeelname een wat groter (negatief) effect dan het percentage van de trips met de fiets. Interessant is dat sportdeelname positief gecorreleerd is met fietsgebruik ( $r=0,32$ , zie Tabel 2), wat aangeeft dat deze verschillende vormen van fysieke activiteit elkaar aanvullen (in plaats van vervangen), of beide positief worden beïnvloed door een derde factor, zoals de genetische neiging om fysiek actief te zijn (Perusse, 1989). Tussen het aandeel looptrips en het aandeel dat voldoet aan de bewegingsnorm is geen sterke correlatie (0,048, zie Tabel 2). Een mogelijke verklaring is dat verplaatsingen te voet ondergerapporteerd zijn in het OViN. Zo heeft Methorst (2005) berekend dat in het MON (de voorganger van het OViN) 40% minder voetgangerskilometer worden gerapporteerd dan in werkelijkheid worden gemaakt.



Figuur 3: Scatterplots tussen fietsaandeel en sportdeelname en het aandeel dat voldoet aan de bewegingsnorm en dat overgewicht heeft

Hoewel deze bivariate correlaties al interessante en plausibele inzichten opleveren, moeten ze worden gecontroleerd voor de correlaties die tussen de factoren bestaan, om de unieke effecten van de verklarende variabelen op de gezondheidsuitkomsten goed te kunnen inschatten. Dit wordt bereikt door het geschatte padmodel, dat hieronder wordt besproken.

Tabel 2 geeft de gestandaardiseerde coëfficiënten (wat betekent dat ze onderling vergeleken kunnen worden: ze geven de relatieve invloed van variabelen op de afhankelijke variabelen weer) van de directe effecten en de correlaties tussen de fouttermen van de endogene variabelen. Hieronder lichten we de belangrijkste bevindingen toe.

Wat betreft de determinanten van het gebruik van de actief transport, blijkt de directheid van de fietsroutes een positieve invloed te hebben op het fietsaandeel (0,078), ten koste van het aandeel lopen (-0,155). Dit suggereert dat fietsen en lopen elkaar (gedeeltelijk) vervangen, wat ook wordt bevestigd door de significante negatieve correlatie tussen (de fouttermen van) van beide variabelen (-0,111). De effecten van functiemenging tonen een vergelijkbaar patroon. Deze variabele heeft een positief effect op het aandeel fietsen (0,165) maar een negatief effect op het aandeel lopen (-0,175). Verrassend genoeg blijken de andere variabelen met betrekking tot fietsinfrastructuur niet significant te zijn. Wat de bereikbaarheid betreft, heeft de afstand tot basisscholen een negatief effect op zowel het aandeel lopen (-0,178), terwijl de afstand tot de middelbare school een negatief effect heeft op het fietsaandeel (-0,168).

Het model laat ook significantie effecten zien tussen de gebouwde omgevingsvariabelen en de sportdeelname. De mate van stedelijkheid heeft bijvoorbeeld een positieve invloed op de sportparticipatie (0,208). Het ligt voor de hand dat stedelijke omgevingen mensen over het algemeen meer kansen bieden om (een verscheidenheid aan) sportactiviteiten te ondernemen. Interessant is dat sportdeelname positief gecorreleerd is met fietsgebruik (0,323), wat aangeeft dat deze verschillende vormen van fysieke activiteit elkaar eerder aanvullen dan vervangen. Het kan ook zijn dat er een groep mensen is die gezond wil leven, en daarom zowel meer fietst als op andere manieren fysiek actief is.

Wat betreft de gezondheidseffecten van actief transport hebben zowel lopen als fietsen verwachtte gunstige effecten op gezondheid: een toename van het aandeel lopen/fietsen leidt tot minder overgewicht en minder diagnoses van diabetes. Het aandeel lopen heeft daarnaast een negatief effect op de prevalentie van hartfalen en kanker. Voor fietsen zijn deze effecten niet significant. Daarnaast hebben lopen en fietsen geen significant effect op de prevalentie van COPD/astma. Een plausibele verklaring is dat de blootstelling aan fijnstof bij het lopen en fietsen (vooral in stedelijke omgevingen) de positieve gezondheidsvoordelen tenietdoet (Strak et al., 2010). Deze interpretatie past bij de bevinding dat deelname aan sport wel een verwacht negatief effect heeft op het percentage COPD/astma diagnoses.

Met betrekking tot de mentale gezondheidsindicator laten de resultaten zien dat het fietsaandeel een negatief effect heeft op de mate van eenzaamheid (-0,165). Verrassend genoeg heeft het loopaandeel een positief effect op deze variabele (0,109). Uiteraard is de richting van het verband niet bekend; het zou kunnen dat eenzame mensen eerder gaan lopen. De positieve effecten van sportdeelname op de geestelijke gezondheid zijn wellicht mede te danken aan het (vaak) sociale karakter van deze activiteit. Dit sociale karakter is uiteraard in mindere mate van toepassing op lopen.

Ten slotte zijn de resultaten informatief ten aanzien van de vraag of de beschouwde gedragsvariabelen inderdaad de meest relevante mediërende variabelen zijn in de relatie tussen de gebouwde omgeving en de gezondheid. Immers, als dit zo is zouden er geen directe effecten moeten overblijven tussen de bevolkings- en ruimtelijke kenmerken en de gezondheidsindicatoren. Uit de resultaten blijkt echter dat er verschillende directe effecten overblijven, waarvan de sterkste gerelateerd zijn aan de mate van stedelijkheid. Een hogere mate van stedelijkheid leidt tot een hoger percentage van mensen met COPD/astma (0,257) en tot meer gebruik van de geestelijke gezondheidszorg (0,196) en eenzaamheid (-0,138). Wat betreft COPD/astma is (wederom) een plausibele verklaring dat de blootstelling aan fijnstof hoger is in stedelijke gebieden dan in landelijke. De andere twee effecten zijn moeilijker uit te leggen. Enigszins speculatief: het zou kunnen dat in stedelijke gebieden de sociale cohesie minder sterk is, wat een negatief effect heeft op de geestelijke gezondheid.

Aan de hand van de directe effecten kunnen ook de (totale) indirecte effecten worden berekend tussen de sociaal-demografische en ruimtelijke factoren en de gezondheidsfactoren (respectievelijk de eerste en derde laag van het conceptuele model, zie figuur 1). Tabel 3 geeft deze effecten weer.



Enkele indirecte effecten zijn sterk en daarom het opmerken waard. Als eerste valt op dat inkomen sterke negatieve indirecte effecten heeft op verschillende gezondheidseffecten; gemeentes met hogere gemiddelde inkomens kennen een lagere prevalentie van overgewicht, COPD/Astma, hartfalen, diabetes, kanker en eenzaamheid. Deze indirecte effecten komen met name voort uit het (directe) positieve effect van inkomen op sportdeelname. Ook is een hogere mate van stedelijkheid en functiemenging goed voor de gezondheid; in meer stedelijke gemeentes is de prevalentie van overgewicht, hartfalen, diabetes kanker en COPD/astma lager. Ook hier lopen deze effecten via deelname aan sport, wat hoger ligt in stedelijke gebieden.

## 5. Conclusie

In dit artikel presenteren wij een structureel vergelijkingsmodel met zowel determinanten als gezondheidseffecten van actieve (en niet-actieve) mobiliteit. Het model is geschat met behulp van data van alle Nederlandse gemeenten. Gemeenten kunnen de resultaten gebruiken om de gezondheid te bevorderen via actief reizen. In dit opzicht laat het model zien dat het verkleinen van de (gemiddelde) afstand tot scholen het meeste effect zal sorteren. Deze bevinding druist in tegen de huidige trend in Nederland om kleinere scholen samen te voegen in grotere, wat meestal resulteert in een lagere bereikbaarheid. Daarnaast is een ander belangrijk resultaat dat fietsen sterk bijdraagt aan het behalen van de bewegingsnorm. Voor elke procentuele toename van het aandeel fietsen, stijgt het percentage dat voldoet aan de beweegnorm met 0,46%. De effecten van fietsen zijn gelijk aan die van sportparticipatie.

Deze studie kent drietal beperkingen en -gerelateerd daaraan- relevante richtingen voor vervolgonderzoek. Een eerste is dat de huidige studie zich vooral heeft gericht op kenmerken die de aantrekkelijkheid van het gebruik van actieve vervoerswijzen weergeven. Voor toekomstig onderzoek zou het juist interessant zijn te focussen op factoren die het gebruik van gemotoriseerde vervoerswijzen, en met name de auto, minder aantrekkelijk maken. Uit eerder onderzoek is bijvoorbeeld gebleken dat parkeerkosten een sterk positief effect hebben op het fietsgebruik (Rietveld en Daniel, 2004; Ververs en Ziegelaar, 2006). Het zou relevant zijn om in toekomstig onderzoek met dergelijke factoren rekening te houden en, in lijn met deze bevinding, ook recentere maatregelen te overwegen die door steden over de hele wereld (en ook in Nederland) worden genomen om de aantrekkelijkheid van de auto te verminderen door simpelweg minder ruimte voor de auto, bijvoorbeeld door wegen af te sluiten, autoluwe wijken in te voeren of het aantal parkeerplaatsen te verminderen. Met gegevens over dergelijke maatregelen op stedelijk (gemeentelijk) niveau zouden de effecten van dit soort beleid in de praktijk beoordeeld kunnen worden, niet alleen in termen van het toegenomen gebruik van actieve vervoerswijzen, maar ook in termen van de winst in gezondheid. Naast beleid-gerelateerde factoren die van invloed zijn op autogebruik, zou het model verder verbeterd kunnen worden door opname van additionele controlevariabelen (bijv. percentage alleenstaanden) en/of additionele gezondheidseffecten (met gebruik van andere databases).

Een tweede limitatie betreft de veronderstelde richtingen van de causale relaties. In lijn met de gangbare opvatting gingen we ervan uit dat actief reizen (en de andere gedragsfactoren) de gezondheidseffecten beïnvloeden en niet omgekeerd. Recent onderzoek heeft echter aangetoond dat deze veronderstelling mogelijk niet houdbaar is en/of dat er bidirectionele relaties kunnen bestaan tussen actief reizen en gezondheid (Kroesen en De Vos, 2020). Het gevolg hiervan is dat de hier gepresenteerde cross-sectie relaties mogelijk overschat zijn en/of in de omgekeerde richting lopen. Om mogelijke wederkerige relaties goed te onderzoeken, moeten longitudinale data worden gebruikt in combinatie met geschikte statistische modellen (bijv. cross-lagged panel modellen). De auteurs beogen deze onderzoeksrichting (op gemeentelijk niveau) in de toekomst te verkennen.

Een laatste beperking is dat de hier gepresenteerde ecologische correlaties suggestief zijn voor

(causale) relaties op individueel niveau, maar daar geen direct bewijs van leveren. In feite kunnen de correlaties op de geaggregeerde analyse-eenheid (hier gemeenten) heel anders zijn dan die op individueel niveau (Robinson, 2009). Desalniettemin ontstaat de 'aggregatiebias' alleen wanneer aan bepaalde voorwaarden is voldaan (Hammond, 1973). In dit opzicht is het geruststellend om te zien dat de directe effecten van sportdeelname op de gezondheidseffecten, die goed worden ondersteund door bewijs uit gerandomiseerde experimentele onderzoeken (Lin et al., 2015), vergelijkbaar zijn in omvang als die van het gebruik van de fiets op de gezondheidseffecten. Daarnaast wordt in het gepresenteerde model geen rekening gehouden met mogelijk spillover effecten van de ene naar de andere regio. Om hiervoor te corrigeren zou er ruimtelijke regressiemodellen moeten worden geschat.

Tabel 2: Gestandaardiseerde directe effecten en correlaties tussen error termen van endogene variabelen

Exogene variabelen	Endogene variabelen														
	Modal split					Gedragsrisicofactoren			fysieke gezondheid					Mentale gezondheid	
	Fiets	Lopen	Auto	Trein	BTM	Sport	Roken	Bewegingsnorm	Overgewicht	COPD/Astma	Hartfalen	Diabetes	Kanker	Gebruik GGZ	Eenzaam
Leeftijd (jaren)	-0,374		0,353					0,229			0,318	0,509	0,295		0,260
Niet-westerse allochtone achtergrond (%)	-0,390	-0,195		0,476	0,718			-0,183		-0,319		-0,200		-0,263	0,321
Besteedbaar inkomen (Keuro)		-0,187			0,126	0,544	-0,352	0,194	-0,388	-0,299	-0,270	-0,273	-0,373	-0,157	-0,150
Werkloosheid (%)					0,115		0,376			0,154	0,328		0,238	0,465	0,137
Directheid van fietsroutes	0,078	-0,155													-0,115
Voorrang voor fietsers op rotondes											-0,084				
Aparte fietspaden langs 50 km/u wegen												-0,083		0,079	
Stedelijkheid						0,208				0,257				0,196	0,138
Funciemenging (ratio woon/werk) (%)	0,165	-0,175				0,157		0,247	-0,084						
Afstand tot basisschool (km)		-0,178	0,147					-0,110		-0,179					
Afstand tot de middelbare school (km)	-0,168		0,154												
Afstand tot supermarkt (km)		-0,144					-0,094								
Afstand tot treinstation (km)				-0,362	0,342										
<b>Endogene variabelen</b>															
Fiets (%)									-0,181			-0,247			-0,165
Lopen (%)	-0,111								-0,185		-0,137	-0,126	-0,123		0,109
Auto (%)	<b>-0,754</b>	<b>-0,375</b>										-0,216			
Trein (%)	<b>0,165</b>	0,043	<b>-0,293</b>						-0,303	0,107	-0,089			0,194	
Bus-, tram- of metro (BTM) (%)	<b>-0,200</b>	<b>0,162</b>	-0,100	-0,086							-0,109				
Sportdeelname (%)	<b>0,323</b>	0,048	<b>-0,242</b>	<b>0,164</b>	0,008				-0,291	-0,225	-0,135	-0,205			-0,231
Rokers (%)	-0,017	0,024	-0,055	-0,038	0,017	<b>-0,358</b>									
Voldoet aan bewegingsnorm (%)	<b>0,681</b>	-0,006	<b>-0,573</b>	<b>0,149</b>	-0,068	<b>0,527</b>	-0,063				-0,176	-0,160	-0,204		
Diagnose COPD of astma (%)									0,075						
Diagnose hartfalen (%)									<b>0,331</b>	<b>0,298</b>					
Diagnose diabetes (%)									0,089	0,072	<b>0,171</b>				
Diagnose kanker (%)									<b>0,377</b>	0,060	<b>0,481</b>	<b>0,371</b>			
Behandeld voor psychische problemen (%)									0,076	<b>0,570</b>	<b>0,299</b>	0,092	0,079		
Hoge score op eenzaamheidsschaal (%)									<b>-0,124</b>	<b>0,176</b>	0,031	0,024	-0,082	-0,019	
R-square	0,252	0,301	0,262	0,466	0,534	0,343	0,436	0,130	0,578	0,357	0,537	0,686	0,732	0,423	0,581

Noot: alle getoonde effecten en vetgedrukte correlaties zijn significant ( $p < 0,05$ )

Tabel 3: Gestandaardiseerde indirecte effecten tussen de exogene variabelen en de gezondheidsuitkomsten

	Fysieke gezondheid					Mentale gezondheid	
	Overgewicht	COPD/Astma	Hartfalen	Diabetes	Kanker	Gebruik GGZ	Eenzaam
Leeftijd (jaren)	0,068		-0,040	-0,021	-0,047		0,062
Niet-westerse allochtone achtergrond (%)	-0,111	0,051	-0,117	0,100	-0,021	0,092	0,087
Besteedbaar inkomen (Keuro)	-0,122	-0,122	-0,095	-0,118	-0,165		-0,147
Werkloosheid (%)			-0,013		0,050		
Directheid van fietsroutes	0,015		0,021		0,019		-0,030
Voorrang voor fietsers op rotondes							
Aparte fietspaden langs 50 km/u wegen							
Stedelijkheid	-0,061	-0,047	-0,028	-0,043	-0,039		-0,048
Functiemenging (ratio woon/werk) (%)	-0,043	-0,035	-0,041	-0,090	-0,058		-0,083
Afstand tot basisschool (km)	0,033		0,044	0,008	0,044		-0,019
Afstand tot de middelbare school (km)	0,031			0,008			0,028
Afstand tot supermarkt (km)	0,027		0,020	0,018	0,005		-0,016
Afstand tot treinstation (km)	0,110	-0,039	-0,005		0,025	-0,070	

Noot: de gepresenteerde indirecte effecten stellen de totale indirecte effecten voor. Dus in gevallen dat er meerdere indirecte paden zijn, zijn deze gesommeerd.

## Referenties

De Haas, M., Kroesen, M., Chorus, C., Hoogendoorn-Lanser, S., & Hoogendoorn, S. (2021). Causal relations between body-mass index, self-rated health and active travel: An empirical study based on longitudinal data. *Journal of Transport & Health*, 22, 101113.

Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The lancet*, 380(9838), 247-257.

Hammond, J. L. (1973). Two sources of error in ecological correlations. *American Sociological Review*, 764-777.

Heinen, E., Maat, K., & Van Wee, B. (2011). The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. *Transportation research part D: transport and environment*, 16(2), 102-109.

Kroesen, M., & De Vos, J. (2020). Does active travel make people healthier, or are healthy people more inclined to travel actively?. *Journal of Transport & Health*, 16, 100844.

Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., & Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The lancet*, 380(9838), 219-229.

Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., ... & Aryee, M. (2013). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The lancet*, 380(9859), 2224-2260.

Lin, X., Zhang, X., Guo, J., Roberts, C. K., McKenzie, S., Wu, W. C., ... & Song, Y. (2015). Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta - analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American heart association*, 4(7), e002014.

Methorst, R. (2005). *Rapportage Voetenwerk*. Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer.

Oja, P., Titze, S., Bauman, A., de Geus, B., Krenn, P., Reger-Nash, B., & Kohlberger, T. (2011). Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(4), 496-509.

Panter, J. R., & Jones, A. (2010). Attitudes and the environment as determinants of active travel in adults: what do and don't we know?. *Journal of Physical Activity and Health*, 7(4), 551-561.

Pérusse, L., Tremblay, A., Leblanc, C., & Bouchard, C. (1989). Genetic and environmental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *American journal of epidemiology*, 129(5), 1012-1022.

Rietveld, P., & Daniel, V. (2004). Determinants of bicycle use: do municipal policies matter?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(7), 531-550.

Robinson, W. S. (2009). Ecological correlations and the behavior of individuals. *International journal of epidemiology*, 38(2), 337-341.

Sallis, J. F., Frank, L. D., Saelens, B. E., & Kraft, M. K. (2004). Active transportation and physical activity: opportunities for collaboration on transportation and public health research. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(4), 249-268.

Saunders, L. E., Green, J. M., Petticrew, M. P., Steinbach, R., & Roberts, H. (2013). What are the health benefits of active travel? A systematic review of trials and cohort studies. *PLoS One*, 8(8), e69912.

Strak, M., Boogaard, H., Meliefste, K., Oldenwening, M., Zuurbier, M., Brunekreef, B., & Hoek, G. (2010). Respiratory health effects of ultrafine and fine particle exposure in cyclists. *Occupational and environmental medicine*, 67(2), 118-124.

Thomas, T., Geurs, K., Bijlsma, M. & Douhou, S. (2014) Hoe mobiel zijn we eigenlijk? Eerste inzichten uit het Mobiele Mobiliteitspanel, *Tijdschrift Vervoerswetenschap*, 50 (3), 138-154.

Van Wee, B. & D. Ettema (2016). Travel behaviour and health: A conceptual model and research agenda. *Journal of Transport and Health* 3(3), 240-248.

Ververs, R. & Ziegelaar, A. (2006). Verklaringsmodel voor fietsgebruik gemeenten. Een onderzoek in opdracht van Fietsberaad, Leiden.

Wanner, M., Götschi, T., Martin-Diener, E., Kahlmeier, S., & Martin, B. W. (2012). Active transport, physical activity, and body weight in adults: a systematic review. *American journal of preventive medicine*, 42(5), 493-502.

Warburton, D. E., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian medical association journal*, 174(6), 801-809.