

De invloed van stedelijkheid op de mobiliteit en de daarbij horende emissies


Erik Nuyts en Enid Zwerts

Onderzoeksceel Architectuur, mobiliteit en omgeving
Provinciale Hogeschool Limburg

**Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse
Milieumaatschappij, MIRA**

MIRA/2003/06

december 2003

p r o v i n c i e  Limburg


PROVINCIALE HOGESCHOOL LIMBURG
DEPARTEMENT ARCHITECTUUR

Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieu- en natuurrapport Vlaanderen.

Dit rapport is ook beschikbaar via www.milieurapport.be

Contactadres:

Vlaamse Milieumaatschappij – MIRA
Van Benedenlaan 34
2800 Mechelen
tel. 015/451 466
mira@vmm.be

Wijze van citeren:

Nuyts E. en Zwerts E. (2003), De invloed van stedelijkheid op de mobiliteit en de daarbij horende emissies, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2003/06, Provinciale Hogeschool Limburg.

WOORD VOORAF

Het lijkt vanzelfsprekend dat milieuvervuiling door vervoer is groter in steden dan op in een landelijke omgeving. Hoe meer mensen er zijn, hoe meer verplaatsingen, hoe meer vervuiling. Dit effect is echter waarschijnlijk niet lineair. Mensen in steden maken gemiddeld kortere verplaatsingen, en gebruiken vaker minder vervuilende vervoermiddelen, zoals fiets, te voet gaan, tram.

In dit rapport wordt nagegaan in hoeverre het stedelijke karakter van de woonplaats invloed heeft op het vervoermiddelengebruik en het aantal afgelegde kilometers.

Daarnaast wordt getracht een schatting te maken van de vervuiling veroorzaakt door de verplaatsingen.



PROVINCIALE HOGESCHOOL LIMBURG

DEPARTEMENT ARCHITECTUUR

O N D E R Z O E K S C E L

A r c h i t e c t u u r M o b i l i t e i t O m g e v i n g

De invloed van stedelijkheid op de mobiliteit en de daarbij horende emissies

1	Inleiding.....	6
2	Beperkingen van deze studie.....	8
3	Dataverzameling	9
3.1	Opsplitsing van de gebieden.....	9
3.2	Mobiliteitsgegevens	9
3.3	Voertuigkilometers en emissies	10
3.3.1 Vlaamse emissiecijfers	10
3.3.2 Nederlandse emissie cijfers	10
3.3.3 Correctie voor Vlaamse bezettingsgraad van voertuigen	11
4	Verbanden tussen de bevolkingsdichtheid en het aantal verplaatsingen en het aantal afgelegde kilometer	12
4.1	Bevolkingsdichtheid verklaart enkel trends, geen individuele verplaatsingen.....	12
4.2	Hoe groter de bevolkingsdichtheid, hoe meer verplaatsingen.....	14
4.3	Bevolkingsdichtheid heeft geen invloed op het aantal kilometer per dag	16
5	Koppeling emissies en verplaatsingskilometers	18
5.1	Berekening van de koppeling	18
5.2	Uitbreiding emissies naar het volledige gebied.....	20
6	Aanbevelingen voor verder onderzoek	21
7	Conclusies	22
8	Afkortingen	23
9	Bedanking.....	23
10	Bibliografie.....	23

1 Inleiding

In dit onderzoek willen we nagaan in hoeverre de stedelijkheid van de woonplaats invloed heeft op het vervoermiddelengebruik van de bewoner. Het gebruik van deze vervoermiddelen willen we vervolgens koppelen aan de milieuvervuiling die het gebruikte vervoermiddel veroorzaakt.

Stedelijkheid kan op een aantal verschillende manieren gemeten worden, o.a. als bevolkingsdichtheid (Bovy, 1999) en als dichtheid van jobs (Bovy, 1999). De morfologische verstedelijking kan ook bepaald worden op basis van de bevolkingsdichtheid en het aandeel oppervlakte dat bebouwd is, functionele verstedelijking kan bepaald worden via de handels-, onderwijs- en tewerkstellingsfunctie (Merenne et al. 1998). Om pragmatische redenen hebben we stedelijkheid in dit onderzoek gedefinieerd als *bevolkingsdichtheid*.

Er bestaat een theorie die zegt dat er meer verplaatsingen plaatsvinden in steden dan in landelijke gebieden. In Ile de France is het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag iets groter dan in Parijs, maar verder hetzelfde voor alle andere soorten gebieden: binnengebied van de voorstad, buitengebied van de voorstad, nieuw stad, net buiten de stad, op secundaire wegen, op geïsoleerd wegen, landelijk gebied (Bovy 1999). In Nederland is het aantal verplaatsingen van stedelingen groter dan dat van plattelanders (van Dam & van Bommel 1998). Voor België vindt Hubert (2003) geen verschil in het aantal verplaatsingen tussen platteland, de stedelijke rand en kernstad.

In steden met een grotere bevolkingsdichtheid is de pendeltijd groter (Gordon & Richardson 1989). Dit kan zijn omdat de congestie er groter is, maar ook omdat dichtbevolkte steden vaak groter zijn, en dus woon-werk afstanden ook groter kunnen zijn. Downs (1992) vond echter dat bij hele grote stijgingen van de bevolkingsdichtheid beperkte reductie van pendelafstanden tot gevolg heeft. Er is eveneens een beperkte maar significante daling van het aantal kilometers per dag met stijgende bevolkingsdichtheid (Schimek 1996). Hubert (2003) vindt dat er in België gemiddeld minder kilometers per dag worden afgelegd door inwoners van de stad.

Uit de literatuur volgen een aantal verwachtingen van het vervoermiddelengebruik.

Er zijn argumenten zowel voor een hoger als voor een lager *autogebruik* in meer stedelijke gebieden. Met gegarandeerde parking gaat 90%-99% met de wagen naar het werk, zonder gegarandeerde parking 10%-55% (CERTU et al. 1998). Als er in steden gebrek is aan parkeerplaatsen (Iris Consulting 1999), dan verwachten we dus minder autogebruik in de stedelijke gebieden. In praktijk is de invloed van het parkeergebrek in de stad op het autogebruik echter beperkt (PIARC 1990), wat suggereert dat er voldoende parkeerruimte is. Daarnaast worden ontspanningsactiviteiten in steden steeds meer gespecialiseerd in ruimte en tijd. Men gaat niet zomaar in de buurt ontspannen, maar men gaat naar bewust gekozen locaties, die niet noodzakelijk vlakbij moeten zijn (PIARC 1990, Bovy 1999). Dit genereert een grote noodzaak aan transport. Omdat openbaar vervoer niet alle locaties op elke uur met elkaar verbindt, verhogen deze ontspanningsactiviteiten het autobezit (PIARC 1990, Bovy 1999). Hubert (2003) vindt dat Belgen uit de kernstad minder de auto gebruiken.

Verdichting zoals in steden concentreert een groot aantal functies (Iris Consulting 1999), waardoor *afstanden korter* zouden moeten worden. Dit is zo in Ile de France (Bovy 1999). In de Vlaamse onderzoeken voor verplaatsingsgedrag vinden we dat hoe korter de afgelegde afstand is, hoe meer men te voet gaat (zeker tot 500m), hoe vaker men fietst (tot 3km) en hoe minder men de auto neemt (Zwerts & Nuyts 2002).

Het meer aantrekkelijk maken van *bus en tramlijnen* is een hoofdplicht voor het stedelijk verkeersbeleid (Iris Consulting 1999). De verkeersdruk in de stad vertraagt het openbaar vervoer, maar vertraagt het autoverkeer eveneens. Door het effect van vrije busbanen, of specifieke banen voor trams, heeft het autovervoer relatief meer last van deze congestie dan het openbaar vervoer. Bovendien nemen steden vaak beperkende maatregelen naar het autoverkeer (enkelrichting,

parkeerbeleid,...). Hierdoor zou de verplaatsingstijd van het openbaar vervoer binnen stedelijke gebieden meer vergelijkbaar moeten worden met die van de auto. Openbaar vervoer is inderdaad al sneller in een aantal steden (Wildervanck 1988). In andere steden is openbaar vervoer soms zo traag als stappen (PIARC 1990). Als algemene tendens vinden we dat openbaar vervoer meer gebruikt wordt in stedelijke gebieden (AWV 2000, Bovy 1999, Hubert 2003). In gebieden met een concentratie van werkgelegenheid en voorzieningen in Nederland wordt 18% van de verplaatsingen afgelegd met het openbaar vervoer, in andere gebieden is dat slechts 6% (Egeter et al. 1989). Anderzijds zouden Nederlandse plattelanders iets vaker gebruik maken van het openbaar vervoer dan stedelingen (van Dam & van Bommel 1998). Bij lage bevolkingsdichtheden wordt openbaar vervoer gebruikt in 5% tot 15% van de verplaatsingen, in steden met gemiddelde omvang 20%-40%, en 40%-70% in echte metropolen met goed ontwikkeld openbaar vervoer (o.a. eigen busbanen) (Bovy 1999). Het openbaar vervoergebruik in een aantal grote steden, als percentage van alle verplaatsingen: Besançon, Grenoble, Toulouse en Lausanne 25% (CERTU et al. 1998), Geneva 30% (CERTU et al. 1998), Hannover: 40% (PIARC 1990), Parijs: 60% à 65% (Bovy 1999), Bern 70% (CERTU et al. 1998) en tenslotte het binnenstedelijk verkeer van Zurich 78% (Iris Consulting 1999). Bemerkt dat dit het openbaar vervoer is dat intern in deze steden blijft. Er is dus geen verband tussen deze getallen, en bv. de files die 's morgens op de Ring rond Brussel staan. Want deze laatste zijn binnenkomend verkeer.

Het *fietsgebruik* kan zowel hoger als lager liggen in een stedelijke omgeving. In steden is er oververzadiging van het verkeer (Iris Consulting 1999), waardoor wandelen en fietsen relatief meer tijdswinst opleveren dan op het platteland. Men kan dus meer fietsen en wandelen verwachten voor fiets – en wandelbare afstanden. Anderzijds wordt fietsen in een stad vaak als levensgevaarlijk beschouwd (PIARC 1990, Iris Consulting 1999). Dus zouden er ook minder fietsers in de stad kunnen zijn. In Nederland vinden we de meeste fietsers in een weinig stedelijk gebied, en de minste in een zeer sterk stedelijk gebied. Niet stedelijk, matig stedelijk en zeer stedelijk liggen daar tussen in (AVV 2000). Er zijn aanwijzingen dat in België men het meeste de fiets neemt in de stedelijke rand (Hubert 2003).

Net zoals bij het fietsgebruik is de oververzadiging van het verkeer een reden om *te voet* te gaan (Iris Consulting 1999). Meer dan 50% van de stedelijke (buurt)verplaatsingen gebeurt te voet en bijna alle andere gebruiken ten dele deze vervoerswijze (van en naar de bushalte gaan, naar de parking gaan, ...) (Iris Consulting 1999). In België (Hubert 2003), Nederland (AVV 2000), Frankrijk (Bovy 1999) en USA (Giuliano 2003) vinden we hoe stedelijker, hoe groter het aandeel verplaatsingen te voet.

Deze verwachtingen worden terug afgezwakt door van Dam & van Bommel (1998) en Hubert (2003). Ze stellen dat de verschillen die gevonden worden al bij al klein zijn, vaak zelfs niet significant, en dat het verplaatsingspatroon tussen steden en platteland in zijn geheel verrassend gelijkopend is.

Stedelijk vervoer levert een belangrijke bijdrage aan de emissie van broeikasgassen en stofdeeltjes in onze atmosfeer (Iris Consulting 1999, Weyers, & de Wilde 2003). In dit onderzoek vragen we ons af, of dit enkel het gevolg is van het grote aantal personen in een stad, of dat de inwoners van de steden, door hun specifieke verplaatsingsgedrag, elk als persoon ook meer bijdragen aan de vervuiling dan inwoners van minder stedelijke gebieden. We gaan dus na of één inwoner van een stad gemiddeld meer vervuult dan één inwoner van buiten de stad.

2 Beperkingen van deze studie

Uit het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG) kunnen we opmaken of iemand een auto gebruikt heeft, maar niet meer dan dat. We hebben geen vaststaande feiten over het type wagen dat iemand gebruikt heeft voor een specifieke verplaatsing¹. Daarom worden alle auto's aan elkaar gelijk gesteld: we gebruiken voor alle auto's dan ook dezelfde emissiefactoren. Dit is een heel sterke vereenvoudiging, in werkelijkheid wordt de emissie van een auto bepaald door het type wagen, grootte van de motor, leeftijd van de wagen, bouwjaar, gewicht van de wagen, type brandstof, snelheid, rijgedrag (zie o.a. Gense 2000, Ntziachristos & Samaras, 2000). Dit probleem is grotendeels op te lossen door de emissiefactoren te bepalen op basis van de verhouding van het gebruikte wagenpark. Stel dat het bestaande wagenpark voor 60% uit benzinewagens bestaat, en voor 40% uit dieselwagens, dan stellen we dat de emissie van de gemiddelde wagen voor 60% bestaat uit die van een benzinewagen, en voor 40% uit die van een dieselwagen. Dit is een ruwe benadering, maar ze is reeds eerder gebruikt voor gelijkaardige problemen (Uitendaal & Franssen 2001).

Vervelender voor dit onderzoek is dat de emissies per voertuigkilometer ook bepaald worden door de omgeving van de weg (stad, landelijk, snelweg) en het type bebouwing (Ntziachristos & Samaras 2000, Uitendaal & Franssen 2001). Emissies per kilometer zijn soms lager, maar meestal hoger in de stad (Ntziachristos & Samaras 2000, Uitendaal & Franssen 2001). Dit wil zeggen dat we de emissies op basis van afgelegde kilometers nog zouden moeten corrigeren voor de plaats waar ze afgelegd zijn. Dit kan in beperkte mate op basis van de locatie van de woonplaats van de betrokken persoon. Personen in Vlaanderen maken 30%-70% van hun verplaatsingen in hun eigen gemeente (Nuyts & Zwerts 2001, Zwerts & Nuyts 2003). In kilometers is dit aantal echter veel kleiner. Dan ligt het tussen 7% en 40% (eigen berekeningen op OVG data).

Bij de verplaatsingen zijn alle afstanden toegekend aan het hoofdvervoermiddel. Dit wordt gedefinieerd als het vervoermiddel waarmee tijdens één verplaatsing de langste afstand is afgelegd. Vb: iemand verplaatst zich van huis naar zijn werk door eerst 3 km naar het station te fietsen, neemt dan de trein voor 24km, en legt daarna nog 1 km te voet af. Het hoofdvervoermiddel van deze verplaatsing is 'trein'. De totale afstand van deze verplaatsing is 28km. In de OVG's beschouwen we dit als een verplaatsing van 28km met als hoofdvervoermiddel de trein. Op deze wijze worden vnl. fiets, te voet en lokaal openbaar vervoer onderschat, en trein wordt overschat. Het werken met hoofdvervoermiddel is een klassieke procedure bij onderzoek verplaatsingsgedrag (o.a. Nederland, Vlaanderen, België, Frankrijk)

Door deze beide beperkingen zijn de uiteindelijke resultaten over de emissies dan ook eerder richtinggevend dan 'harde feiten'.

¹ We beschikken per huisgezin wel over een aantal kenmerken van de wagens van dat huishouden: het merk van de wagen, bouwjaar, cilinder inhoud, type brandstof, kilometerstand, persoon die beslist over het gebruik van de wagen. We weten echter nooit zeker of de persoon die beslist over het gebruik van de wagen, ook die wagen gebruikt heeft bij een autoverplaatsing. Evenmin weten we zeker wie de auto kan gebruiken, als degene die er over beslist op dat ogenblik de auto niet gebruikt. In principe is het mogelijk om daarover een aantal veronderstellingen te doen, en op deze manier te proberen de emissies van autogebruik nauwkeuriger vast te leggen.

3 Dataverzameling

3.1 Opsplitsing van de gebieden

De data van het Onderzoek VerplaatsingsGedrag (OVG) zijn beschikbaar op het niveau van postcodes. Dit komt grotendeels overeen met de Vlaamse deelgemeentes. Deze hebben we gelinkt aan de bevolkingsdichtheid van de betrokken deelgemeente. Bevolkingsaantal per NIS-sector is op aanvraag geleverd door het NIS. De cijfers van 2001 waren nog niet beschikbaar. Als benadering hebben we deze van 2000 genomen. We hebben zelf de link gelegd tussen NIS-sector en deelgemeente, en de oppervlakte van de deelgemeente. Bij het samenvoegen van NIS-sectoren tot deelgemeentes wordt af en toe een bepaalde locatie toegewezen aan een deelgemeente waar ze niet toe behoort. Het alternatief zou echter een grotere fout opgeleverd hebben. In dat geval zouden we gewerkt hebben op het niveau van gemeentes i.p.v. deelgemeentes. Voor alle inwoners van eenzelfde gemeente, bv. Antwerpen met zijn ± 450.000 personen, zouden we dan dezelfde bevolkingsdichtheid gebruiken. Het is echter duidelijk dat de dichtheid in een stad als Antwerpen aanzienlijk kan verschillen. Met de data die we voor dit rapport gebruikt hebben dat varieert dit voor Antwerpen van 348 inwoners/km² tot 11.853 inwoners/km².

3.2 Mobiliteitsgegevens

De verplaatsingsgegevens zijn bekomen uit de Onderzoeken Verplaatsingsgedrag van Vlaanderen 2000, Gent 2000, Leuven 2001, Mechelen 2001, Aalst 2001 en een ruime rand rond Brussel 2001. De methodologie voor de twee OVG's uit 2000 was identiek. De methodologie van de vier OVG's uit 2001 eveneens. De verschillen in methodiek tussen 2000 en 2001 zijn erg beperkt².

De steekproef is getrokken uit het Rijksregister. De analyses handelen dus enkel over Vlamingen. Bij de enquêtering is enkel het verplaatsingsgedrag gevraagd voor personen ouder dan 6 jaar.

Uiteindelijk beschikken we over de verplaatsingen van één dag van 40.213 personen, waarvan 21.903 (=54%) met bevolkingsdichtheid kleiner dan 600 inwoners/km² (= weinig stedelijk gebied), 13.657 (=34%) met bevolkingsdichtheid tussen 600 en 1600 inwoners/km² (= matig stedelijk gebied), 3.018 (=8%) uit een bevolkingsdichtheid tussen 1600 en 2250 inwoners/km² (=stedelijk gebied) en 1.635 (=4%) uit een bevolkingsdichtheid van meer dan 2250 inwoners/km² (= zeer stedelijk gebied).

De data onderscheiden volgende vervoermiddelen: te voet, fiets, lijnbus, tram, (pre)metro, trein en auto. Omdat mensen soms weinig verschil maken tussen het gebruik van de lijnbus, de tram of de (pre)metro, hebben we in een aantal analyses deze ook samengevoegd tot het gebruik van BTM (= Bus, Tram, Metro). In de OVG's zijn ook bromfiets, snorfiets en motor beschikbaar. Omdat daarover nauwelijks emissiegegevens te vinden zijn, hebben we die niet opgenomen in de analyses. In de OVG's Vlaams-Brabant worden 0.02 verplaatsingen per persoon per dag afgelegd met brom-en snorfietsen. Dit is 0.9% van alle verplaatsingen, en komt overeen met 0.02 km per persoon per dag. Voor motoren zijn dit 0.01 verplaatsingen per persoon per dag, 0.04% van alle verplaatsingen maar wel 0.05 kilometer. Verplaatsingen op de motor zijn gemiddeld dan ook langer dan verplaatsingen met de brom- of snorfiets.

2 Twee verschillen zouden een beperkt effect kunnen hebben. Aan huishoudens met een vast telefoontoestel zonder geheim nummer, die in principe bereikbaar zijn, maar in praktijk niet bereikt werden omdat niemand opnam, werd bij de vier OVG's van Vlaams-Brabant een postaal pakket opgestuurd. In de OVG's van Gent en Vlaanderen werden deze huishoudens opgegeven als onbereikbaar. Daarnaast werden er bij de OVG's Vlaams-Brabant minstens drie verschillende pogingen op drie verschillende dagen gedaan om een huishouden telefonisch te bereiken. In de OVG's van Gent en Vlaanderen was dat minstens drie pogingen op twee dagen. Het mogelijk effect van deze twee verschillen is dat personen die meer uithuizig zijn en zich dus misschien meer verplaatsen, beter bereikt werden bij de OVG's Vlaams-Brabant, waardoor het verplaatsingsniveau en de verplaatsingskilometers wat hoger zouden kunnen liggen.

Elk van de OVG's is zo representatief mogelijk voor het gebied waarover het handelt. Hiervoor is in eerste plaats een representatieve steekproef getrokken uit het rijksregister. Er is veel moeite gedaan om iedereen te bereiken die in de getrokken steekproeven zat. Ondanks deze moeite zijn er toch steeds respondenten die onbereikbaar zijn, of die weigeren om deel te nemen. Dit geeft een vertekening van de steekproef. Daarom is er aan elke persoon een gewicht toegekend, om de uiteindelijke resultaten opnieuw representatief te maken. Respondenten uit een groep die niet gemakkelijk antwoordt (bv. vrouwen ouder dan 75 jaar) hebben een gewicht gekregen groter dan 1, respondenten uit een groep die wel gemakkelijk antwoorden (bv. gehuwde mannen tussen 35 en 54 jaar) hebben een gewicht gekregen kleiner dan 1. Op deze manier worden de groepen van respondenten terug tot de verhouding gebracht die ze in de populatie ook hebben. Deze gewichten hebben we ook gebruikt bij de analyses van dit onderzoek.

3.3 Voertuigkilometers en emissies

3.3.1 Vlaamse emissiecijfers

Fietsen en te voet gaan worden geacht niet te vervuilen. We vinden ook geen referenties voor een mogelijke vervuiling.

Er bestaan Vlaamse cijfers over de emissiefactoren van uitlaat van fijn stof (PM) uitgedrukt in g/km voor auto, bus en trein (Schrooten & Van Rompaey 2002), en van niet-uitlaat van fijn stof (PM) voor personenverkeer, licht vrachtverkeer, tram- en treinverkeer (Schrooten & Van Rompaey 2002).

Voor een aantal vervoermiddelen bestaan er ook waarden voor de totale Vlaamse emissie van andere stoffen. Voor het wagenverkeer zijn de totale emissies bovendien opgesplitst naar de verschillende Europese maximale emissiefactoren (euro 0 – euro 4), en/of naar type brandstof en cilinderinhoud (VMM 2002). Om deze totaalcijfers om te zetten naar g/km hebben we de bijbehorende expositiewaarden nodig. Deze konden echter niet ter beschikking gesteld worden voor het einde van dit onderzoeksproject. Hierdoor hebben we niet met specifieke Vlaamse cijfers kunnen werken.

Een aantal cijfers voor bus en tram, en alle cijfers van metro zijn niet beschikbaar, noch in g/km, noch als totale waarde.

3.3.2 Nederlandse emissie cijfers

We hebben echter in een Nederlandse studie een aantal emissiefactoren gevonden

Uitendaal & Franssen (2001) analyseren 7 studies over de vervuiling van personenverkeer. Uit deze studies berekenen zij volgende emissiefactoren bij de standaardbezettingsgraad in Nederland.

*Tabel 1 Typerende waarden voor emissiefactoren bij standaardbezettingsgraad in gram per reizigerkilometer
Bron: Uitendaal & Franssen (2001), p. 106.*

	CO ₂ g/rkm	NO _x g/rkm	VOS g/rkm	PM ₁₀ g/rkm
Auto gemiddeld	105	0.63	0.42	0.0315
Bus OV	70	1.12	0.28	0.0980
Tram / metro	50	0.05	0.001	0.0001
Elektrische trein (gemiddelde van stoptrein en intercity)	55	0.055	0.0011	0.0001

Uitendaal & Fransen merken echter op dat er, per vervoermiddel, grote verschillen zijn tussen de gepubliceerde emissies, en dat de gevonden typerende waarden met de nodige onzekerheid omgeven zijn. Dit komt o.a. door verschil in ouderdom van de data, verschil in toepassing van determinanten zoals omrijfactor, bezettingsgraad en fysische constanten als soortelijk gewicht en verbrandingswaarden van brandstoffen. De onzekerheidsmarge van de uitstoot uit Tabel 1 van CO₂ wordt geschat op 10%-20%, van NO_x op 10%-30%, van VOS op 10%, en van PM₁₀ op 10% -100%. Een vergelijking van de emissies van de diverse vervoermiddelen op basis van de typerende waarden is daarom erg grof en onzeker (Uitendaal & Fransen 2001).

3.3.3 Correctie voor Vlaamse bezettingsgraad van voertuigen

Voor de toekenning van de emissie aan een bepaalde verplaatsing, wordt niet steeds de volledige emissie van dat voertuig genomen. We hebben er voor gekozen om de emissie van een verplaatsing met een voertuig toe te kennen omgekeerd evenredig met de gemiddelde bezettingsgraad van dat voertuig. Indien in een trein gemiddeld 100 passagiers zitten, wordt 1/100 van de emissies van een trein toegewezen aan één verplaatsing.

Tabel 2 Aantal personen per vervoersmiddel
Bron: Vlaanderen: De Vlieger et al. (2002); Nederland: Uitendaal & Fransen (2001).

Vervoermiddel	Aantal personen Vlaanderen	Aantal personen Nederland
Auto	1.39	2
Lijnbus	14	14.4 – 15.2
Tram	-	28
Metro	-	35
Trein	100	131

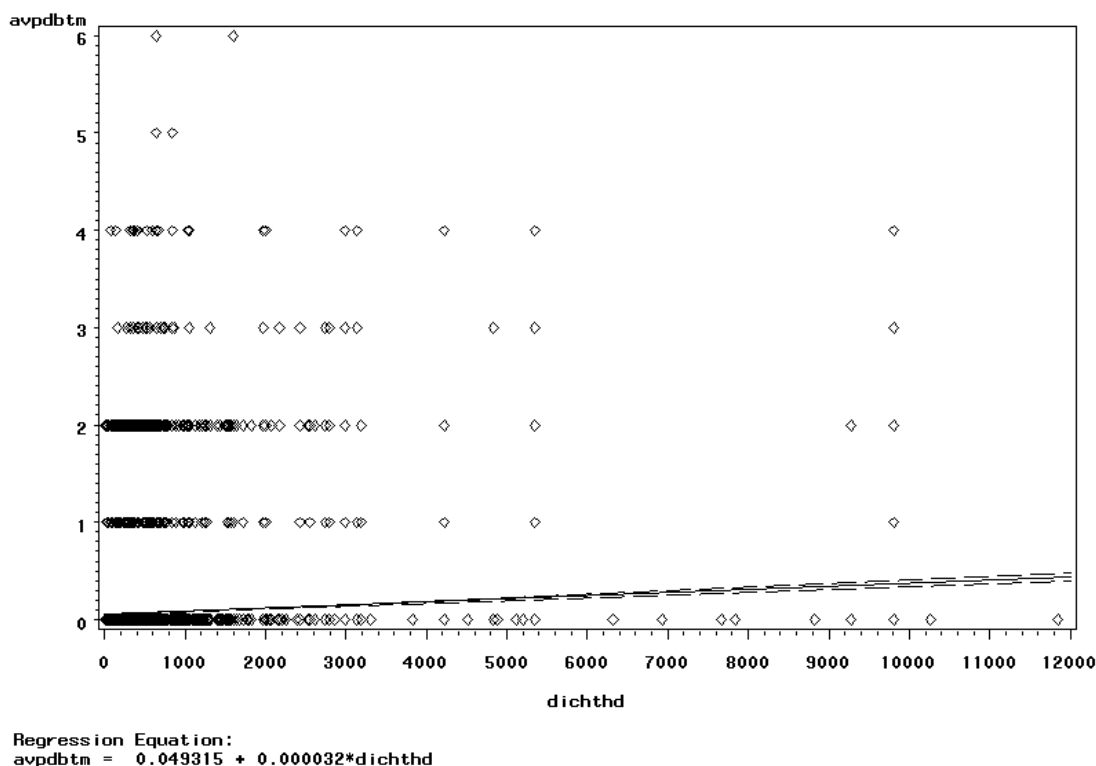
4 Verbanden tussen de bevolkingsdichtheid en het aantal verplaatsingen en het aantal afgelegde kilometer

4.1 Bevolkingsdichtheid verklaart enkel trends, geen individuele verplaatsingen

De resultaten van de analyse van het verplaatsingsgedrag als functie van de bevolkingsdichtheid laten twee, op het eerste zicht tegenstrijdige conclusies toe. Enerzijds is er voor haast elk vervoermiddel een trend te vinden die overeenkomt met de verwachtingen. Maar anderzijds verklaren deze trends nooit meer dan 1% van de variatie van het aantal verplaatsing of het aantal afgelegde kilometers per dag. Men kan zich afvragen of er dan nog conclusies uit de data te trekken zijn, of niet.

Het antwoord verklaren we best aan de hand met een voorbeeld.

Verplaatsingen per dichtheid



Figuur 1. Aantal verplaatsingen met Lijnbus, Tram of Metro per dag, als functie van de bevolkingsdichtheid van de woonplaats. Regressielijn: $P < 0.001$, $Adj. R^2 = 0.01$

De algemene trend wordt in Figuur 1 getoond via de regressielijn, met haar bijbehorende betrouwbaarheidsinterval. Uit de regressielijn zien we een duidelijk stijgend verband tussen de dichtheid en totaal aantal verplaatsingen per dag. We kunnen dus zeggen dat dichtheid, *gemiddeld gesproken en over alle individuele verschillen heen*, een effect heeft op het gebruik van BTM. Maar voor elke dichtheid is er een heel grote variatie in het aantal verplaatsingen per dag. Voor elke dichtheid varieert het aantal keer dat men de bus neemt tussen 0 en 4 keer per dag (soms zelfs 6 keer per dag). Dat wil zeggen dat dichtheid *nooit het individuele gebruik* van BTM kan voorspellen. Bovendien is de $R^2=0.01$, wat naar statistische normen erg klein is. Dit impliceert dat, als we het

individuele BTM gebruik willen voorspellen, dat we dan naar andere variabelen op zoek moeten gaan. En als we enkel goede variabelen gevonden hebben, dan zou het best kunnen zijn dat dichtheid nog weinig meerwaarde heeft. Dit laatste moet natuurlijk eerst onderzocht worden voor we daar zeker van kunnen zijn. Maar om te weten of een stad meer vervuult dan dorp gaan we bewust op zoek naar het overkoepelende resultaat. We willen niet weten hoeveel een bepaalde persoon vervuult, maar hoeveel de gemiddelde persoon vervuult. En daarvoor is het zinvol om naar de trend te kijken.

In bijlage hebben we dergelijke figuren ook toegevoegd voor het aantal verplaatsingen en het aantal afgelegde kilometer per dag, afhankelijk van het gebruikte vervoermiddel. In wezen zijn alle figuren vergelijkbaar met figuur 1.

Het verband tussen de bevolkingsdichtheid en het aantal verplaatsingen of het aantal afgelegde kilometer per dag is niet lineair. Daarom hebben we intervallen van de dichtheid gezocht waartussen verschillend gedrag het beste te voorschijn kwam. Als we dichtheid op deze wijze groeperen, komen trends beter tot uiting. Maar we verklaren we nog steeds nooit meer dan 1% van de individuele variatie.

We definiëren het volgende verband tussen stedelijkheid en bevolkingsdichtheid als:

Weinig stedelijk gebied:	0 – 600 inw./km ²
matig stedelijk gebied tot verstedelijkt gebied:	601 – 1600 inw./km ²
stedelijk gebied:	1601 – 2250 inw./km ²
zeer stedelijk gebied:	2251 en meer inw./km ²

Deze waarden zijn gekozen omdat de verschillen in verplaatsingsgedrag door deze keuze het beste te voorschijn komen. De benamingen weinig stedelijk, matig stedelijk, stedelijk en zeer stedelijk zijn toegevoegd omdat ze intuïtief beter verstaanbaar zijn dan uitdrukkingen als '601 –1600 inw./km²'.

4.2 Hoe groter de bevolkingsdichtheid, hoe meer verplaatsingen

In Tabel 3 geven we het gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag tegenover de bevolkingsdichtheid van de woonplaats.

Tabel 3 Gemiddeld aantal verplaatsingen per persoon per dag, afhankelijk van gebruikt vervoermiddel, en bevolkingsdichtheid van de woonplaats.

Bron: Eigen berekeningen

Per gebruikt vervoermiddel geeft de index eronder (a, b, c, of d) aan of waarden significant verschillen tussen de dichtheidsklassen.

Bv. bij auto verschilt de waarde 1.71 met index (a) significant van 1.55 met index (b).

De waarde 1.63 heeft twee indices: (a) en (b). 1.63 verschilt dus niet significant van 1.71, want beiden hebben index (a), maar verschilt ook niet significant van 1.55 want beide hebben index (b).

	Gemiddeld aantal Verplaatsingen per persoon per dag			
	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
Dichtheid →	0-600	601-1600	1601-2250	+2250
vervoermiddel ↓				
alle modi	2,67	2,73	2,87	2,91
	a	a	b	b
auto	1,71	1,63	1,62	1,55
	a	a b	a b	b
fiets	0,33	0,32	0,40	0,37
	a	a	b	ab
te voet	0,31	0,41	0,41	0,50
	a	b	b	c
BTM	0,05	0,09	0,13	0,19
	a	b	c	d
bus	0,05	0,07	0,11	0,12
	a	b	c	c
tram	0,01	0,01	0,01	0,07
	a	a b	b	c
metro	0,00	0,00	0,01	0,00
	a	a	b	a
trein	0,06	0,09	0,09	0,04
	a	b	b	c

Uit Tabel 3 blijkt dat het totaal aantal verplaatsingen stijgt met de dichtheid. Er is een duidelijke stijging voor een stedelijk gebied (bevolkingsdichtheid groter dan 1600 inwoners/km²). Dit kan verklaard worden doordat in een stedelijke omgeving vele functies dichterbij zijn, en dat men gemakkelijker nog ergens heen gaat om iets te halen, te kopen, te bespreken³.

Hoe stedelijker het gebied, hoe minder vaak de auto gebruikt wordt: Er is een duidelijk verschil tussen weinig stedelijk en zeer stedelijk gebied, en daartussen is er een overgangszone. Ook dit komt overeen met de verwachtingen. In de stad is het rijden moeilijker, parkeren kan een probleem zijn, de afstanden zijn korter en er zijn meer alternatieven.

³ We zouden kunnen veronderstellen dat, als de onderlinge afstanden groter zijn buiten een stedelijk gebied, de personen hun verplaatsingen beter plannen. Als dergelijke planning al bestaat, dan heeft die geen effect op de hierboven getoonde resultaten. In Tabel 3 tellen we alle verplaatsingen. Als iemand vier verplaatsingen samenvoegt, bv. door na het werk naar de bank te gaan, dan het kind te halen, nog even bij de winkel stopt, en tenslotte naar huis rijdt, dan blijven dit vier verplaatsingen in Tabel 3.

Met fietst het vaakst in een stedelijk gebied. Het zeer stedelijk gebied fungeert als overgangszone, en buiten het stedelijk gebied fietst men minder.

Vlamingen gaan *het minste te voet in het weinig stedelijk gebied, en het vaakste in zeer stedelijk gebied*. Dit is ongetwijfeld het gevolg van de afstanden van de verschillende functies.

Het meest uitgesproken verband krijgen we bij het gebruik van bus-tram-metro (BTM). *Hoe stedelijker, hoe vaker men met BTM rijdt*. Opgesplitst per type lokaal openbaar vervoer, zien we dat het busgebruik in stedelijk en zeer stedelijk gebied gelijk is, maar dat het tramgebruik veel hoger ligt in een zeer stedelijk gebied. Er is ook vaak een groter aanbod van trams in een zeer stedelijk gebied, in vergelijking met een stedelijk gebied. Bovendien is , daar waar en trams en bussen zijn, de frequentie van de trams vaak hoger. Interessant is ook dat de metro voornamelijk gebruikt wordt door inwoners van stedelijke gebieden⁴. Een eerste reden daarvoor is natuurlijk dat er erg weinig metro's zijn in Vlaanderen, enkel rond Brussel, en heel beperkt in Antwerpen. In weinig en matig stedelijke gebieden is er geen metro. Maar zelfs dan is het opvallend dat metro minder gebruikt wordt in de zeer stedelijke gebieden dan in stedelijke gebieden. Metro geeft een verbinding op middellange afstand tussen het centrum van Brussel en de deelgemeenten. Voor het gebruik in de echte binnenstad is het bereik van de metro iets te groot.

De trein tenslotte wordt het vaakste genomen door inwoners van matig stedelijke en stedelijke gebieden. Waarschijnlijk omdat er minder goede verbindingen zijn in weinig stedelijke gebieden. De mensen moeten toch al de auto nemen om naar het station te rijden. Dan is de kans groot dat men dan ook verder rijdt. Een treinstation haalt 50% van zijn potentieel op 5 km van het station. Voor de inwoners van zeer stedelijke gebieden is het misschien minder hard nodig om de trein te nemen. De trein is een vervoermiddel voor lange afstand. Inwoners van een zeer stedelijk gebied hoeven de trein niet te nemen naar de stad. Ze wonen er al. Anderzijds kan het zijn dat het sociale profiel in zeer stedelijke gebieden op die manier afwijkt, dat men minder behoefte heeft aan een trein.

Dat fiets en trein het vaakste genomen worden in het tussen'gebied, kan enigszins verbazen. Maar ook Hubert (2003) vindt bv. dat, fiets en trein als vervoermiddel voor naar het werk of naar school gaan het meeste gebruikt worden in de stedelijke rand.

⁴ We beschikken over 154 metroverplaatsingen, wat natuurlijk een beperkt aantal is. Anderzijds is het metrogebruik in stedelijke gebieden 4.5 keer zo groot dan in de andere gebieden. Dit verschil is statistisch significant, en een bespreking is dus zinvol.

4.3 Bevolkingsdichtheid heeft geen invloed op het aantal kilometer per dag

De verbanden uit de vorige sectie blijven helemaal niet behouden als we naar de afgelegde kilometers kijken. In Tabel 4 geven we het gemiddeld aantal kilometer per persoon per dag tegenover de bevolkingsdichtheid van de woonplaats.

*Tabel 4 Gemiddeld aantal kilometer per persoon per dag, afhankelijk van gebruikt vervoermiddel, en bevolkingsdichtheid van de woonplaats.
Bron: Eigen berekeningen*

Per gebruikt vervoermiddel geeft de index eronder (a, b, c, of d) aan of waarden significant verschillen tussen de dichtheidsklassen.

Bv. Bij fiets verschilt de waarde 1.25 met index (a) significant van 1.68 met index (c).

De waarde 1.61 heeft twee indices: (b) en (c). 1.61 verschilt dus niet significant van 1.3, want beiden hebben index (b), maar verschilt ook niet significant van 1.68 want beide hebben index (c).

	Gemiddeld aantal kilometer per persoon per dag			
	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
Dichtheid →	0-600	601-1600	1601-2250	+2250
vervoermiddel ↓				
alle modi	31,6	32	34,8	31,3
	a	a	a	a
auto	23,8	23,2	24,6	22,5
	a	a	a	a
fiets	1,3	1,25	1,68	1,61
	a b	a	c	b c
te voet	0,46	0,59	0,57	0,6
	a	b	b	b
BTM	0,64	0,68	1,02	1,16
	a	a	a b	b
bus	0,57	0,55	0,81	0,85
	a	a	a	a
tram	0,05	0,08	0,1	0,29
	a	a	a	b
metro	0,02	0,05	0,12	0,02
	a	a	b	a
trein	2,46	3,81	3,94	2,04
	a	b	b	a

Het totaal aantal kilometer per persoon per dag hangt niet af van de bevolkingsdichtheid van de woonplaats (Tabel 4). De verschillen in afgelegde kilometers die we vinden, zijn statistisch niet meer significant (alle gebieden behoren tot dezelfde statistische groep, aangeduid met 'a' in de rij onder de getalwaarden). De verschillen voor het aantal verplaatsingen waren wél significant, maar deze significantie is verdwenen bij de kilometers. Dit komt omdat er tussen verschillende personen relatief (=spreiding/gemiddelde waarde) meer variatie zit op het aantal kilometers dan op het aantal verplaatsingen. Hoe groter deze relatieve spreiding, hoe minder gemakkelijk verschillen significant zijn.

Ook het aantal autokilometers hangt niet af van de dichtheid. Dit is verrassender. Inwoners van zeer stedelijke gebieden gebruiken minder de auto, en in steden liggen de functies meestal dichter bij elkaar. Men zou dus verwachten dat het aantal autokilometers van een inwoner van een zeer stedelijk gebied kleiner is dan van iemand uit een weinig stedelijk gebied. Uit eerder onderzoek weten

we echter dat de auto het vervoermiddel is dat het minste gebonden is aan een bepaalde afstand (Nuyts & Zwerts 2001, Zwerts & Nuyts 2002, Zwerts & Nuyts 2003). Vlamingen rijden auto voor alle afstanden tussen 100 m en 800 km. Deze grote variatie in afstanden bij het autogebruik maakt opnieuw dat verschillen tussen gemiddelde aantallen kilometers iets meer aan toeval te wijten zijn, en dus minder snel statistisch significant.

Het gemiddeld aantal fietskilometers is niet rechtstreeks gecorreleerd met de bevolkingsdichtheid. Mensen fietsen het grootste aantal kilometer in stedelijke gebieden. Daarna in zeer stedelijke gebieden, daarna in weinig stedelijke gebieden en tenslotte in matig stedelijke gebieden.

Net zoals voor het totaal aantal kilometer per dag, zijn er twee effecten bij het gemiddeld aantal kilometer dat te voet wordt afgelegd op een dag. *Enkel personen uit een weinig stedelijk gebied stappen minder ver.* Daarna stijgt het aantal voetverplaatsingen nog wel, maar de afstand tussen de functies vermindert.

Waar het aantal BTM verplaatsingen rechtstreeks stijgt voor elke klasse van de bevolkingsdichtheid, is dit verband minder uitgesproken bij het aantal kilometers met BTM. Enkel in zeer stedelijk gebieden worden duidelijk meer BTM-kilometers afgelegd. Dat het verschil tussen de andere gebieden verdwenen is, is ongetwijfeld veroorzaakt doordat BTM- verplaatsingen langer worden naarmate de bevolkingsdichtheid daalt. En dat heeft dan weer te maken met grotere afstanden tussen de verschillende functies. Zoomen we dieper in op het specifieke gebruikte vervoersmiddel (bus of tram of metro), dan blijkt het verschil in aantal buskilometers helemaal verdwenen te zijn. Van weinig tot zeer stedelijk gebied is er geen statistisch significant verschil tussen de verschillende gebieden. Zeer stedelijke gebieden gebruiken wél voor meer kilometers de tram, en stedelijke gebieden gebruiken wel meer de metro.

Het verschil in treinkilometers lijkt erg op het verschil in treinverplaatsingen. Inwoners uit weinig en uit zeer stedelijke gebieden leggen minder treinkilometers af dan inwoners van matig stedelijke en stedelijke gebieden.

5 Koppeling emissies en verplaatsingskilometers

5.1 Berekening van de koppeling

Voor de berekening zijn de afgelegde kilometers gebruikt uit Tabel 4 de emissiefactoren uit Tabel 1 en de correctie voor verschillende bezetting uit Tabel 2.

*Tabel 5 Gemiddelde emissie per persoon per dag, uitgedrukt in gram, afhankelijk van gebruikt vervoermiddel, en bevolkingsdichtheid van de woonplaats.
Bron: Eigen berekeningen*

CO ₂				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	3595,7	3505,0	3716,5	3399,3
Bus OV	42,8	41,3	60,8	63,8
Tram	2,7	4,3	5,4	15,5
Metro	1,1	2,7	6,4	1,1
Trein	177,2	274,5	283,9	147,0
Totaal	3819	3828	4073	3627

NO _x				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	21,6	21,0	22,3	20,4
Bus OV	0,7	0,7	1,0	1,0
Tram	0,0	0,0	0,0	0,0
Metro	0,0	0,0	0,0	0,0
Trein	0,2	0,3	0,3	0,1
Totaal	22,4	22,0	23,6	21,6

VOS				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	14,4	14,0	14,9	13,6
Bus OV	0,2	0,2	0,2	0,3
Tram	0,0	0,0	0,0	0,0
Metro	0,0	0,0	0,0	0,0
Trein	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	14,6	14,2	15,1	13,9

PM ₁₀				
Stedelijkheid	Weinig stedelijk	Matig stedelijk	Stedelijk	Zeer stedelijk
	0- 600	601-1600	1601-2250	+2250
Auto	1,1	1,1	1,1	1,0
Bus OV	0,1	0,1	0,1	0,1
Tram	0,0	0,0	0,0	0,0
Metro	0,0	0,0	0,0	0,0
Trein	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	1,1	1,1	1,2	1,1

De onzekerheidsmarges van de emissies liggen meestal tussen 10%-20%, maar kunnen oplopen tot 100% (Uitendaal & Franssen 2001). Door deze onzekerheid kunnen we van verschillen die we zien, niet meer berekenen of deze significant zijn. We moeten de resultaten uit Tabel 5 dan ook voorzichtig interpreteren. Bovendien is het grootste verschil in gemiddeld aantal afgelegde kilometer per persoon per dag tussen de verschillende gebieden 15%. Het verschil dat we onderzoeken, is dus even groot als de onnauwkeurigheid van de data waaraan we ze willen koppelen.

Het eerste dat opvalt is dat een persoon uit een stedelijk gebied (1601-2250 inwoners/km²) voor elk van de vier emissies het meeste vervuult. Op het eerste zicht is dat misschien verrassend, maar als we naar de cijfers van Tabel 4 kijken is het logisch. Inwoners uit een stedelijk gebied leggen met elk mogelijk vervuilend vervoermiddel gemiddeld meer kilometers af, al dan niet significant meer. Met welke emissiefactoren we deze kilometers ook vermenigvuldigen, het resultaat zal zijn dat de inwoners uit stedelijke gebieden het meeste vervuilen. De onzekerheidsmarge van de emissiefactoren zal dit resultaat kwantitatief beïnvloeden, maar niet kwalitatief.

Het tweede resultaat is dat een persoon uit een zeer stedelijk gebied het minste vervuult. Aangezien deze niet systematisch élk vervoermiddel minder lang gebruikt, is het in principe mogelijk dat door een andere berekening van de emissiefactoren mensen uit zeer stedelijke gebieden meer vervuilen dan uit matig stedelijke gebieden. In deze paragraaf willen we nagaan onder welke veronderstellingen inwoners uit de zeer stedelijke gebieden toch niet de grootste vervuilers zijn. Inwoners uit zeer stedelijke gebieden leggen enkel met bus en tram meer kilometers af dan inwoners uit weinig en matig stedelijke gebieden (Tabel 4). Dus moeten we aannemen dat de emissie van bus en tram onderschat is, en van auto overschat. Een sensitiviteitsanalyse⁵ leert dat we voor NO_x moeten we aannemen dat de emissie door auto's 30% overschat is, en de emissie door de bus 40% onderschat. Dat is net niet meer binnen de onzekerheidsmarge gegeven in Uitendaal & Franssen (2001). Voor PM₁₀ volstaat het aan te nemen dat de emissie door auto's 20% overschat is, en de emissie door de bus 20% onderschat, wat ruim binnen de onzekerheidsmarge valt. Voor CO₂ en VOS moeten we aannemen dat de emissies van auto's met 70% overschat is en bovendien de emissies van bus met 70% onderschat. Twee veronderstellingen die ver buiten de onzekerheidsmarge vallen.

Rekening houdend met de onzekerheid van de emissiefactoren is de conclusie dat inwoners uit zeer stedelijke gebieden het minste vervuilen voor CO₂ en VOS robuust. Voor NO_x is deze nog redelijk robuust, maar voor PM₁₀ niet. Een andere schatting van de emissies van PM₁₀ leidt dan tot de conclusie dat inwoners uit zeer stedelijke gebieden evenveel vervuilen als inwoners uit weinig of matig stedelijke gebieden.

⁵ Bij een sensitiviteitsanalyse gaat men na in hoeverre resultaten afhangen van bepaalde veronderstellingen die eerder gemaakt zijn. In dit onderzoek namen we bv. aan dat de emissie van NO_x voor auto's gelijk was aan 0.63 g/rkm. Maar we weten ook dat de onzekerheidsmarge 10% - 30% is. We kunnen de waarde van NO_x dus laten variëren van 0.44 tot 0.82 g/rkm. Alle waarden daartussen kunnen we invullen in de berekeningen, en zien welke invloed dat heeft op het uiteindelijke resultaat. Tegelijkertijd kunnen we ook andere waarden wijzigen, binnen de grenzen van hun onzekerheidsmarge. Uiteindelijk geeft dit een idee wat de marges zijn van het resultaat van de berekening.

Daarnaast is er ook nog een correctie noodzakelijk voor het gebruik van een vervoermiddel binnen of buiten een stad. Hetzelfde vervoermiddel vervuult niet evenveel binnen een stad als buiten een stad. Globaal is de vervuiling binnen de stad groter (zie bv. Uitendaal & Fransen 2001). Een exacte berekening heeft weinig zin, aangezien we opnieuw een foutenmarge zullen introduceren. We weten niet waar de personen zich juist verplaatst hebben, dus kunnen we niet zeggen of hun kilometers afgelegd zijn in een stad of niet. We weten echter dat de mensen 30%-70% van hun verplaatsingen in hun eigen (deel)gemeente afleggen. Als we deze correctie ook zouden toevoegen, dan zal de vervuiling bij inwoners van stedelijke en zeer stedelijke gebieden meer stijgen dan bij weinig en matig stedelijke gebieden. Inwoners uit een stedelijk gebied vervuilen reeds het meeste. Na deze correctie vervuilen ze dan zeker het meeste. Voor inwoners uit een zeer stedelijke gebied is het onduidelijk. Zonder correctie voor rijden-in-de-stad vervuilen ze het minste. We weten niet of deze correctie hun vervuiling boven het niveau van weinig en matig stedelijke gebieden zou brengen.

5.2 Uitbreiding emissies naar het volledige gebied

Uit vorige sectie weten we dat het effect van de stedelijkheid van de woonplaats op het gemiddeld aantal kilometer per dag rond de 15% ligt. Maar het verschil in aantal inwoners tussen een stedelijk of niet stedelijk gebied is veel groter dan 15%. Dat steden veel meer vervuilen dan niet-steden, ligt dus voornamelijk aan het aantal inwoners, en niet aan het gedrag van de inwoners.

6 Aanbevelingen voor verder onderzoek

- In een vervolgonderzoek kan men proberen om de resultaten van dit onderzoek te verfijnen. De data van het onderzoek verplaatsingsgedrag, en de publiek beschikbare (Nederlandse) data over emissiefactoren passen niet mooi in elkaar. Daarom zijn er op bepaalde plaatsen gemiddeldes genomen. Om meer precisie te krijgen van de resultaten moeten we nagaan hoe verplaatsingsgegevens *van het OVG het beste kunnen passen bij Vlaamse data van emissiefactoren* per afgelegde kilometer.
- Een tweede verfijning kan er in bestaan om de *dichtheid* niet te bekijken per deelgemeente, maar op een *kleinere schaal*. Want in één deelgemeente bestaat vaak uit niet-homogene delen, zoals de kern van een gemeente en de ruimte daar rond. De meest voor de hand liggende is dan de NIS-sector. Deze schaal zou echter te klein kunnen zijn. Want in één kern van een stad/gemeente liggen meestal veel NIS-sectoren.
- Een *andere definitie van stedelijkheid* kan ook zijn impact hebben op de resultaten. In plaats van te kijken naar bevolkingsdichtheid, zou men kunnen kijken naar bebouwingsdichtheid, aantal adressen per ha, het aandeel oppervlakte dat bebouwd is, de graad van handels-, onderwijs- en tewerkstellingsfunctie. Door eenzelfde begrip op twee manieren te operationaliseren, en dan de resultaten te vergelijken, kan men beter zien welk effect het gevolg is van het begrip, en welk van de operationalisatie.
- Het beleid streeft naar een verdichting van de stedelijke omgeving (zie bv. Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen). Doelstellingen daartoe zijn o.a. het niet meer aantasten van de open ruimte, een daling van het autogebruik, duurzamer gebruik van voorzieningen zoals openbaar vervoer, elektriciteitsvoorzieningen, postbedeling, ... Om na te gaan in hoeverre verdichting van de stedelijke omgeving doordat bepaalde personen naar de stad zouden verhuizen, inderdaad impact heeft op het verplaatsingsgedrag, moeten we *dieper inzoomen op de socio-economische situatie* van mensen, hun woonplaats en hun verplaatsingsgedrag. Het zou kunnen dat de verbanden die we dan in dit onderzoek gevonden hebben, het gevolg zijn van een verschillende populatie in een stad, tegenover buiten een stad. Als verder onderzoek zou aantonen dat mensen met eenzelfde profiel (geslacht, leeftijd, gezinssituatie, beroep,..) vergelijkbaar verplaatsingsgedrag vertonen in of buiten de stad, dan heeft het weinig zin om in een stad wonen te promoten om het aantal verplaatsingskilometers en de bijbehorende milieudruk te beperken.

Conclusies

Stedelijkheid, gemeten als bevolkingsdichtheid, heeft een impact op het verplaatsingsgedrag van de inwoners van het gebied. We hebben de dichtheid opgesplitst in vier gebieden: weinig stedelijk, matig stedelijk, stedelijk en zeer stedelijk.

Het gemiddeld *aantal verplaatsingen* per dag stijgt met de dichtheid.

Hoe stedelijker het gebied, hoe vaker men te voet gaat, hoe vaker men fietst, en hoe minder vaak men met de auto rijdt.

De tram wordt duidelijk meer gebruikt in zeer stedelijke gebieden, metro in stedelijke gebieden. De trein tenslotte wordt het vaakste genomen door inwoners van matig stedelijke en stedelijke gebieden.

Het patroon verandert als we het *aantal kilometer per dag* analyseren.

Het totaal aantal kilometer per persoon per dag, noch het aantal autokilometers, noch het aantal buskilometers, hangt af van de bevolkingsdichtheid.

Enkel personen uit een weinig stedelijk gebied stappen minder ver.

Mensen fietsen het grootste aantal kilometer in stedelijke gebieden. Daarna in zeer stedelijke gebieden, daarna in weinig stedelijke gebieden en tenslotte in matig stedelijke gebieden.

Inwoners uit zeer stedelijke gebieden leggen meer kilometers af met de tram, en inwoners uit stedelijke gebieden meer met de metro.

Inwoners van weinig en van zeer stedelijke gebieden leggen minder treinkilometers af dan inwoners van matig stedelijke en stedelijke gebieden.

Deze resultaten zijn statistisch significante trends en zijn waardevol als we kijken naar gemiddeldes voor volledige gebieden. De variatie van het gedrag van de verschillende inwoners binnen één gebied is echter telkens zo groot, dat bevolkingsdichtheid geen goede voorspeller is voor individueel gedrag.

Koppelen we deze verplaatsingsgegevens aan emissies per afgelegde kilometer met een bepaald vervoermiddel, dan moeten we voorzichtig zijn met de interpretaties. Er is de onzekerheidsmarge van de emissies per kilometer per vervoermiddel, het probleem van verschillen in emissie van hetzelfde voertuig binnen en buiten de stad, en het feit dat we bij de verplaatsingen nooit zeker weten welke weg de inwoners genomen hebben.

Binnen deze beperkingen zijn er twee conclusies.

Alle resultaten wijzen er op dat inwoners uit een weinig stedelijk gebied en een matig stedelijk gebied evenveel vervuilen.

Als er een groep is die meer vervuult dan de andere, dan zijn dit de inwoners uit het stedelijk gebied. De kwantitatieve berekening geeft aan dat ze meer vervuilen, maar de gegevens laten op dat niveau van de berekening geen statistische testen meer toe.

Onduidelijker is de situatie van inwoners uit zeer stedelijk gebied. Een eerste berekening, enkel gebaseerd op gemiddeldes, suggereert dat ze het minste vervuilen. Maar een sensitiviteitsanalyse op basis van de onzekerheidsmarges van de emissiefactoren toont aan dat ze evenveel zouden kunnen vervuilen als personen uit een weinig of matig stedelijk gebied. Als we er dan ook nog rekening mee houden dat hetzelfde vervoermiddel in een stad meestal meer vervuult dan daarbuiten, dan is het helemaal niet meer zeker dat inwoners van zeer stedelijke gebieden het minste vervuilen.

Om na te gaan in hoeverre het beleid binnen of buiten de stad wonen moet promoten, volstaat de opzet van dit onderzoek niet. Dan moeten we ook de koppeling maken met de socio-economische situatie van de inwoners. Dan pas kunnen we zien of mensen met eenzelfde profiel (geslacht, leeftijd, gezinssituatie, beroep,..) ander verplaatsingsgedrag vertonen in of buiten de stad.

7 Afkortingen

BTM = gebruik van lijnBus, Tram of Metro

g/rkm = gram per reizigerkilometer

OVG = Onderzoek VerplaatsingsGedrag

PM₁₀ =Particulate Matter < 10 µm (= stofdeeltjes < 10µm)

TSP = Total Suspended Particles (= totaal stof)

VMM = Vlaamse Milieu maatschappij

8 Bedanking

De dataverzameling van het Onderzoek Verplaatsinggedrag, en een aantal van de programma's die voor dit onderzoek gebruikt zijn, zijn in eerder onderzoek gefinancierd door de Mobiliteitscel van het Vlaamse departement Leefmilieu en Infrastructuur.

9 Bibliografie

- AVV (2000). *Feiten over het fietsen in Nederland*. Grafia Print en Media, Pijnacker, Nederland.
- Bovy, P.H. (1999). *Urban structure and modal distribution. Global trends and their impact on Public Transport*. Public Transport International: 1 / 99, pg 8-15.
- CERTU, ADEME, UITP (1998). *Les citoyens face à l'automobilité*. Dossier CERTU n° 80, Lyon.
- CERTU (1998). *Comportement de déplacement en milieu urbain: les modèles de choix discrets. Vers une approche désagrégée et multimodale*. Dossier CERTU N° 81
- De Vlieger, I., Cornelis, E., De Geest C., van Walsum, E. (2002). *Milieu- en Natuurrapport Vlaanderen, MIRA Achtergronddocument 2002, 1.5 Verkeer en vervoer*. Vlaamse Milieumaatschappij, Erembodegem
- Downs, A. (1992). *Stuck in Traffic: Coping with peak hour congestion*. Brooking Institution, Washington DC
- Egeter, B, Onderwater, P.L.M. & Schoemaker T.J.H. (1989). *Stelselmatig beter. Structuurschets regionaal openbaar vervoer Zuid-Holland*. TU Delft, Delft. 103P.
- Gense, N.L.J. (2000). *Driving style, fuel consumption and tail pipe emissions*. TNO report 00.ORVM.021.1/NG, Delft
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Jun, M.-J. (1991). The commuting paradox: evidence from the top twenty. *Journal of the American Planning association* 57, 416-420

- Giuliano, G. (2003). Travel, location and race/ethnicity. *Transportation Research Part A* 37: 351-372
- Hubert, J.-P. (2003). *Mobilité des villes et mobilité des champs*. GRT-Info 2003: 14, p 1-3.
- Iris Consulting (1999). *Initiatieven op het vlak van duurzame mobiliteit in de grote Europese steden en de toepasbaarheid ervan in de Brusselse context*. Iris consulting, Brussel, België.
- Merenne, B., Van der Haegen, H. & Van Hecke, E. (1998). *België ruimtelijk doorgelicht. 1.5 verstedelijking*. http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/recens/nl013.pdf
- Ntziachristos, L. & Samaras, Z. (2000). *COPERT III. Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1)*. European Environment Agency, Technical report N° 49, Copenhagen
- Nuyts, E., & Zwerts, E. (2001) *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Stadsgewest Gent (januari 2000-januari 2001). Deel 3A: Analyse personenvragenlijst*. Provinciale Hogeschool Limburg, Diepenbeek
- PIARC (1990). *Reduction of car traffic in city centres*. Pre-congres report for congres in Marrakesh, Svenska Kommunförbundet, Sweden.
- Schrooten, L. & Van Rompaey, H. (2002). *Ontwikkeling van een methodologie voor een emissie-inventaris van PM₁₀ en PM_{2,5} en opstellen van een emissie-inventaris voor 1995 en 2000. Draft eindrapport (tweede versie)*. Vito, Rapport 2001/IMS/R, Mol
- Schimek, P. (1996). Household motor vehicle ownership and use: how much does residential density matter ? *Transportation Research Record* 1552, 120-125
- Uitendaal, I. & Fransen, J.T.I. (2001). *Personenverkeer en Milieu, een vergelijking van verschillende vervoersvormen wat betreft luchtvervuiling en energiegebruik per reizigerkilometer*. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.
- van Dam, F, & van Bommel, D. (1998). Op zoek naar onvervulde vervoerbehoefte op het Nederlandse platteland. *Verkeerskunde*, 1998: 3 pg 54- 57.
- Vlaamse Milieu Maatschappij (2002). *Lozingen in de lucht 1980 – 2001. Bijlagen. VMM-rapport D/2002/6871/025*, Erembodegem.
- Weyers, E. & de Wilde H. (2003). Donkere wolken boven de stad. *Verkeerskunde* 2003: 3, pg. 34-39.
- Wildervanck, C. (1988). *Inleiding in de sociale verkeerskunde*. Coutinko, Muidenberg.
- Zwerts, E. & Nuyts, E. (2002). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen (januari 2000-januari 2001). Deel 3A: Analyse personenvragenlijst*. Provinciale Hogeschool Limburg, Diepenbeek
- Zwerts, E. & Nuyts, E. (2003). *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaams-Brabant (december 2000-december 2001). Deel 4: Analyse deelgebieden*. Provinciale Hogeschool Limburg, Diepenbeek