

Hefbomen voor een beleid gericht op duurzame ontwikkeling

**INTEGRATIE VAN VERKEERS- EN ECONOMISCHE
MODELLEN**

Voor Evaluatie van Stedelijk Transportbeleid

ITEM

MD/01/026

Prof. STEF PROOST, KURT VAN DENDER

Centrum voor Economische Studiën

KULeuven

Naamsestraat 69

B-3000 Leuven

Prof. PHILIPPE TOINT, ERIC CORNELIS

Groupe de Recherches sur les Transports

FUNDP

Rempart de la Vierge 8

B-5000 Namur

Inhoud

Overzicht		1
1.	Inleiding	1
2.	Samenvatting van de methodologie en de resultaten	2
2.1	Situering	2
2.2	Resultaten van de basis-analyse	3
2.3	Partiële netwerk-heffingen	4
2.4	Schaalvoordelen in publiek transport	7
2.5	Interacties tussen congestieheffingen en belastingen op arbeid	8
3.	Besluit	8
Bijlagen		10
Bijlage 1	Pricing transport networks with fixed residential location	
Bijlage 2	Construction of a simulation model for Namur	
Bijlage 3	An experimental case study for Namur	
Bijlage 4	Economies of density and optimal transport pricing	
Bijlage 5	Congestion pricing with multiple trip purposes	

1. Inleiding

De doelstelling van het ITEM consortium is om economische prijszettingsmodellen en verkeersmodellen (netwerkmodellen) te verenigen, om zodoende de evaluatie te verbeteren van stedelijk transport- en milieubeleid.

Economische modellen van stedelijk transport benadrukken de totale transportvraag per transportmodus, en evalueren beleidsmaatregelen in termen van welvaart (inclusief de kosten van congestie, milieuvervuiling, ongevallen en lawaai). Verkeersmodellen leggen de nadruk op de invloed van kenmerken van het wegennetwerk op verkeersstromen. De combinatie van economische modellen en verkeersmodellen in één methodologie, maakt gedetailleerde analyse mogelijk van een breed spectrum van nieuwe beleidsmaatregelen voor stedelijk transport.

De constructie van het ITEM model vertrekt van twee bestaande modellen : TRENEN II URBAN (CES), een economisch prijszettingsmodel, en ATES (GRT), een typisch verkeersmodel. Beide modellen worden samengevoegd door de netwerkstructuur van ATES te vereenvoudigen, en door de definities van evenwicht en van kosten congruent te maken. De samenvoeging vindt plaats door een geautomatiseerde interactie van de modellen.

Het nieuwe model wordt gebruikt om de introductie van nieuwe vormen van stedelijk transportbeleid (rekeningrijden) te testen, in een experimentele gevalstudie voor Namen.

Het voorgestelde onderzoek valt volledig samen met de vereisten onder hoofding 3 “Responses” van het onderzoeksprogramma inzake duurzame ontwikkeling, en meer specifiek duurzame mobiliteit. Het behandelt de optimalisering van vooral prijszetting, voor de sturing van modale keuze en van de totale mobiliteit. De doelstelling bij de evaluatie van transportbeleid is de sociale welvaart, omvattende :

- waardering van het milieu via de monetaire waarde van externe kosten zoals lawaai, luchtverontreiniging (ozon, kleine deeltjes, broeikasgassen,...);
- aspecten van verkeersveiligheid via de externe ongevalskosten van de verschillende modi;

- private kosten (tijd, resource kosten, transactiekosten);
- resource kosten van publiek transport en problemen i.v.m. overheidsuitgaven (via de marginale kost van overheidsinkomsten).

Dit is een systematische en allesomvattende manier om duurzame mobiliteit in zijn multidimensionele aspecten te bepalen.

Het hier voorgestelde onderzoek is een voortzetting van onderzoek dat werd geïnitieerd door het Programma Transport en Mobiliteit van de DWTC en door het European Communities Transport Research Programme. Bovendien is interactie voorzien met complementair onderzoekswerk, dat reeds werd gestart in de eerste fase van het Programma Duurzame Mobiliteit (consortium “Externe kosten van transport”).

De economische analyse van prijszetting in transportnetwerken krijgt recent meer aandacht in de economische literatuur. Het onderzoek binnen het ITEM-project heeft dan ook toegelaten om bestaande contacten van het CES te verstevigen en uit te breiden. In het bijzonder werd, op informele wijze, samengewerkt met Dr Erik Verhoef (Vrije Universiteit Amsterdam) en Prof. Ken Small (University of California, Irvine). Delen van het onderzoek werden voorgesteld tijdens workshops aan de KULeuven, aan de University of Essex en aan de University of California, Irvine. Verder werden twee onderzoekspapers voortvloeiend uit het project aanvaard voor de World Conference on Transport Research (WCTR) in Seoul, Korea (juli 2001).

2. Samenvatting van de methodologie en de resultaten

2.1 Situering

Overdreven tijdverlies, een verminderde betrouwbaarheid van het transportsysteem, ongevallen, milieu-verontreiniging en gezondheidsschade worden beschouwd als belangrijke economische en sociale problemen die verbonden zijn met de transportsector. Deze problemen krijgen ook veel aandacht in de economische literatuur. Vaak wordt rekeningrijden aanbevolen als zijnde een noodzakelijk element in een beter, en duurzaam, transportbeleid. Hierbij passen twee opmerkingen. Ten

eerste wordt, in de economische analyse van rekeningrijden, vaak (impliciet) aangenomen dat een heffing kan worden ingevoerd op het volledige verkeersnetwerk, door middel van technologische oplossingen die zelf geen congestie veroorzaken. Ten tweede wordt congestie vaak op zich bestudeerd, zonder rekening te houden met andere specifieke kenmerken van de transportsector.

De twee genoemde bemerkingen geven aanleiding tot de onderzoeks-onderwerpen van het ITEM project. Er wordt nagegaan hoe een beleid van van rekeningrijden, dat een directe vertaling is van het principe van internalisering van externe kosten, wordt aangepast wanneer niet alle verbindingen in een verkeersnetwerk onderhevig zijn aan een heffing. Daarnaast wordt ook bekeken hoe het principe van rekeningrijden dient te worden aangepast wanneer er schaalvoordelen (van een specifiek type) aanwezig zijn in publiek transport, en wanneer een belangrijk aandeel van de verkeersstroom bestaat uit verplaatsingen van en naar het werk. Bij deze laatste interactie is het belangrijk om rekening te houden met het feit dat de huidige belastingen op arbeid hoog zijn.

De onderzoeksonderwerpen van het ITEM project kunnen worden beschouwd als uitbreidingen van de basis-analyse van de prijszetting in de transportsector. We beginnen in de volgende sectie met een samenvatting van de resultaten van de basisanalyse, voor een gevalstudie voor Brussel. Vervolgens worden, tegen deze achtergrond, de resultaten van het ITEM project samengevat. De bijlagen beschrijven het onderzoekswerk in detail.

2.2 Resultaten van de basis-analyse

De huidige transportprijzen weerspiegelen niet de volledige sociale kosten van transport. Ten eerste worden de transportbelastingen niet gebruikt om de externe kosten van congestie, luchtvervuiling, ongevallen en lawaaihinder te internaliseren. Ten tweede worden ook sommige directe resource-kosten niet aangerekend, bijvoorbeeld wanneer gratis parkeerplaatsen ter beschikking zijn. Een toepassing van het TRENEN model (zie Proost en Van Dender, 2001, voor toelichting bij de methodologie; zie Van Dender, 2001, voor een gedetailleerde beschrijving van de gevalstudie voor Brussel) voor Brussel in 2005 (onder de veronderstelling van ongewijzigd prijsbeleid ten opzichte van 1996), geeft de volgende grootte-orde voor de kloof tussen prijzen en sociale kosten:

- De resource-kost van parkeren (0.13 Euro/km) wordt niet aangerekend voor de meerderheid (70%) van de verplaatsingen. Deze kost staat voor ca 40% van de totale verplaatsingskost voor een gemiddelde verplaatsing.
- De externe kost van congestie bedraagt ca. 1.79 Euro/km tijdens de piekuren. Toevoeging van externe kosten van luchtvervuiling, ongevallen en lawaaihinder brengt de marginale externe kost per kilometer op 1.83 Euro.

De invoering van een optimaal prijsbeleid met betrekking tot parkeren en met betrekking tot externe kosten leidt tot een verhoging van de maatschappelijke welvaart met 1.3%. Het dagelijkse verkeersvolume neemt af met 9%. Tegelijk vindt een belangrijke modale verschuiving plaats van verplaatsingen met de wagen naar verplaatsingen met het openbaar vervoer, tijdens de piekuren. De optimale transportprijzen (inclusief tijdskosten!) tijdens de piekuren nemen met ca. 40% toe.

Zoals vermeld veronderstelt de gemaakte oefening dat de optimale heffingen worden ingevoerd op het volledige verkeersnetwerk, en wordt niet expliciet rekening gehouden met schaalvoordelen in publiek transport en met de interactie met de arbeidsmarkt. De volgende secties vatten de resultaten samen van het weglaten van deze vereenvoudigende veronderstellingen. De nadruk in deze samenvatting ligt op de inhoudelijke conclusies. Gedetailleerde besprekingen van resultaten, en beschouwingen van methodologische aard worden uitgewerkt in de bijlagen.

2.3 Partiële netwerk-heffingen (bijlagen 1, 2 en 3)

Theoretische analyse

Prijsinstrumenten voor de internalisering van marginale externe congestiekosten zijn niet perfect wanneer de heffingen niet volledig gedifferentieerd kunnen worden over tijd en ruimte. Differentiëring van heffingen is duur, en volledige differentiëring wellicht onmogelijk. Bijgevolg zijn imperfecte heffingen de regel, en niet de uitzondering. Een analyse van het probleem van beperkte ruimtelijke differentiëring van congestieheffingen moet gebeuren binnen een ruimtelijk model van prijszetting. De basis-benadering is om een statisch verkeers-netwerkmodel te combineren met een economisch model van optimale belastingen.

In een statisch netwerkmodel gedragen de gebruikers van het netwerk zich volgens de Wardropiaanse principes. Dit wil zeggen dat de gebruikers hun private kosten zo laag mogelijk maken, zonder te coördineren met andere gebruikers, en onder de veronderstelling van perfecte informatie. Het gevolg is dat de gemiddelde reistijden minimaal worden, en dat de reistijden op alle werkelijk gebruikte routes tussen een oorsprong en een bestemming gelijk zijn. Omwille van de congestie-externaliteit is het Wardropiaanse netwerk-evenwicht niet efficiënt vanuit het maatschappelijk standpunt. In de maatschappelijk optimale oplossing worden de marginale reistijden –in plaats van de gemiddelde- gelijk op alle gebruikte paden. De maatschappelijk optimale oplossing kan enkel worden bereikt door perfecte heffingen (gelijk aan de marginale externe congestiekost) op alle netwerkverbindingen. Het ITEM-project gaat na wat de optimale prijsregels zijn wanneer niet alle verbindingen in het netwerk perfect belast kunnen worden (partiële netwerk-heffingen).

De optimale partiële netwerk-prijszettingsregel bepaalt dat de belasting op elke belastbare verbinding afhangt van de marginale externe congestiekost op de verbinding, en van netwerk-interacties. Inzake netwerk-interacties kunnen drie belangrijke effecten worden onderscheiden. Ten eerste, als de belastbare verbinding deel uitmaakt van een route waarvoor niet-belaste alternatieven beschikbaar zijn, zakt de optimale heffing onder de marginale externe congestiekosten op de verbinding. Deze lagere belasting vermijdt overmatige heroriëntering van verkeersstromen naar de niet-belaste routes. Ten tweede, het belasten van een verbinding die deel uitmaakt van een langere route, leidt tot een opwaartse druk op de optimale heffing. De reden is dat de heffing op de verbinding wordt gebruikt om de marginale externe congestiekosten op de volledige route te internaliseren. De eerste twee effecten hebben betrekking op de efficiëntie van het gebruik van het netwerk voor een gegeven vraag naar verplaatsingen. Het eerste effect is gewoonlijk groter dan het tweede, zodat de optimale belasting onder de externe kosten op de verbinding ligt. Ten derde, echter, kan de optimale belasting op een verbinding boven de marginale externe congestiekost stijgen, omwille van het globale vraagreducerend effect van de belasting. De niet-geïnternaliseerde congestie-externaliteit leidt namelijk niet enkel tot inefficiënt netwerkgebruik, maar ook tot een excessieve vraag naar verplaatsingen. Wanneer een belasting op een verbinding in eerste instantie gebruikt wordt om de globale transport vraag te verlagen, is het optimale niveau vaak hoger dan de

marginale externe congestiekost op de link. Welk van de drie effecten domineert, is een empirische vraag (zie verder).

De bepaling van optimale netwerkprijzen dient rekening te houden met het feit dat het netwerk gebruikt wordt door huishoudens met verschillende locaties. De verschillende locaties impliceren direct dat de transportkosten voor identieke bestemmingen verschillend zijn voor verschillende huishoudens. Deze verschillen worden weerspiegeld in de optimale prijsregels. Het theoretische belang hiervan is dat de optimale heffingen verschillend zijn van de marginale externe congestiekosten, zelfs als alle verbindingen in het netwerk belast kunnen worden. Dit impliceert dat de verdelingseffecten van netwerkheffingen dienen geëxpliciteerd te worden in het nagestreefde welvaartsobjectief.

Gebruik makend van een illustratief model, wordt aangetoond dat partiële netwerkheffingen goede resultaten kunnen opleveren, op voorwaarde dat de juiste verbindingen belast worden op een manier die de netwerk-interacties weerspiegelt. Verder wordt gesuggereerd dat alternatieve beleidsinstrumenten, zoals bijvoorbeeld parkeerheffingen, ook goed presteren, wanneer de initiële verdeling van verkeersstromen over het netwerk niet te inefficiënt is. De reden hiervoor is dat deze instrumenten geschikt zijn om de beoogde vraagverminderingen te bewerkstelligen.

Toegepaste analyse

Binnen het ITEM project werd een simulatiemodel ontwikkeld voor de evaluatie van partiële netwerkheffingen in algemene statische netwerkmodellen. Het simulatiemodel bestaat uit een vraagmodule, waarin het consumentenevenwicht wordt berekend, en uit een netwerkmodule, waarin het netwerkevenwicht wordt bepaald. Het simulatiemodel itereert tussen beide modules tot een simultaan evenwicht in beide modules bereikt wordt.

De reden om te kiezen voor een simulatiemodel, in plaats van een optimaliseringsmodel, is dat een optimaliseringsmodel geconfronteerd wordt met een niet-continue objectieffunctie. Deze discontinuïteit vindt haar oorsprong in de complementariteitsvoorwaarde, die het netwerkevenwicht kenmerkt. Intuïtief is het probleem dat verschillende prijzen kunnen leiden tot het gebruik van verschillende routes voor eenzelfde oorsprong en bestemming. De verzameling van gebruikte

routes is bijgevolg endogeen. Dit is een discreet aspect, in een overigens continu optimaliseringsprobleem. Gebruiksklare algoritmes voor dit soort problemen zijn (nog) niet voorhanden.

Het simulatiemodel wordt toegepast op een gestileerd, maar niet triviaal netwerkmodel voor Namen. Het model wordt gecalibreerd op een dataset met vraaggegevens voor de ochtendpiek tijdens een gemiddelde werkdag. Door middel van een 'grid search' techniek (d.w.z. berekening van alle relevante oplossingen van het model), wordt vastgesteld dat optimale belastingen op een beperkt aantal netwerkverbindingen zeer effectief zijn in termen van sociale welvaart. Een systeem van optimale belastingen op vier (van een totaal van dertig) netwerk-verbindingen levert driekwart van de welvaartswinst van een systeem met optimale belastingen op alle (dertig) netwerk-verbindingen. Het optimale systeem van vier netwerkverbindingen illustreert dat de netwerkkinteracties die in de theoretische analyse geïdentificeerd worden, van belang zijn. Twee van de vier verbindingen is vooral interessant vanwege de vraagreducerende functie. De andere twee hebben hoofdzakelijk betrekking op het efficiëntere gebruik van het netwerk. Verder wordt ook geïllustreerd dat de verzameling van gebruikte paden inderdaad varieert naargelang het systeem van heffingen. De discontinuïteit van het welvaartsobjectief in een optimaliseringsmodel is dus niet enkel een theoretisch curiosum.

De belangrijke beleidsconclusie van de analyse is dat beperkte systemen van congestie-heffingen zeer effectief kunnen zijn, mits ze zorgvuldig ontworpen worden.

Toepassingen van de simulatie-techniek op grotere netwerken zijn op dit moment nog in ontwikkeling. Hiervoor werd een efficiënte software ontworpen en getest.

2.4 Schaalvoordelen in publiek transport (bijlage 4)

Analyses van congestieheffingen zijn vaak beperkt tot prive-voertuigen. Uitbreidingen naar publiek transport houden in de regel geen rekening met schaalvoordelen in publiek transport. Een specifiek type van schaalvoordelen betreft de voordelen van dichtheid van de vraag. Wanneer de vraag voor een gegeven regio toeneemt, kan de publiek transport operator reageren door de frequentie van de dienstverlening te verhogen. Hierdoor verlaagt de gemiddelde wachttijd voor elke gebruiker van publiek transport.

Wanneer in de analyse van optimale prijszetting van stedelijk transport met de voordelen van vraagdichtheid rekening gehouden wordt, is het belangrijkste effect dat de optimale prijzen van publiek transport neerwaarts herzien worden. Het effect op de optimale prijzen van privé voertuigen is klein. Als enkel de prijzen van publiek transport geoptimaliseerd worden, terwijl de prijzen van privé voertuigen op het huidige niveau blijven, is het mogelijk dat de optimale prijs voor publiek transport tijdens de spitsuren gelijk is aan nul. Tijdens de daluren hebben nultarieven echter een negatief effect op de welvaart.

2.5 Interacties tussen congestieheffingen en belastingen op arbeid (bijlage 5)

Een belasting op verplaatsingen van en naar het werk is uiteindelijk een belasting op arbeid, onafhankelijk van de aanwezigheid van (congestie-)externaliteiten. In het geval dat alle woon-werk-verplaatsingen per auto gebeuren, en woon-werk-verplaatsingen het enige verplaatsingsmotief vormen, is het van geen belang of een belasting op arbeid of een belasting op de verplaatsing wordt gebruikt om belastinginkomsten te genereren (tenminste als de woon-werk-verplaatsing onvermijdelijk samenhangt met het arbeidsaanbod). Als er meerdere transportmodi beschikbaar zijn, zijn correcte relatieve prijzen nodig om de sociaal efficiënte modale distributie van woon-werk-verplaatsingen te bekomen. Bij aanwezigheid van meerdere verplaatsingsmotieven, is het wenselijk dat de heffingen verschillen tussen de motieven.

Door middel van een numeriek model wordt het belang van de vermelde interacties geanalyseerd. Differentiatie van congestie-heffingen tussen verplaatsingsmotieven is belangrijk in termen van sociale welvaart, zeker wanneer de belastingen op arbeid vastliggen. De beleidsconclusie is dat, wanneer rekeningrijden ingevoerd wordt, de heffingen aanleiding moeten geven tot een verlaging van de belastingen op arbeid (via een directe verlaging, of via fiscale aftrekbaarheid).

3. Besluit

De analyses binnen het ITEM project suggereren dat de conclusie van de basisanalyse overeind blijft: congestieheffingen zijn mogelijk en wenselijk. Congestieheffingen zijn wenselijk in de zin dat een differentiatie van de transportprijzen in overeenstemming met de marginale externe kosten, welvaartsverbeterend is. De welvaartsverbetering volgt uit de verhoogde efficiëntie van het stedelijke transportsysteem. De heffingen zijn mogelijk, ook wanneer rekening gehouden wordt met de beperking dat niet het volledige verkeersnetwerk aan heffingen onderhevig kan zijn. De analyses maken echter duidelijk dat het ontwerp van een beperkt systeem van congestieheffingen niet eenvoudig is, en dat eenvoudige regels (zoals het belasten van de drukste verbindingen) in een aantal gevallen contra-productief kunnen zijn. Er wordt verder ook aangetoond dat het belangrijk is om de heffingen voor woon-werk verplaatsingen verschillend te maken van heffingen voor verplaatsingen in verband met vrije-tijdsbesteding.

De prijszetting van publiek transport kan niet los gezien worden van de prijsstructuur van het private transport. Wanneer de prijzen van het private vervoer nauwer aansluiten bij de optimale prijzen, kunnen de prijzen voor het publiek vervoer overeenkomstig stijgen. Dit verbetert de financiële situatie van het publieke vervoer, en laat toe de kwaliteit van de dienstverlening te verbeteren.

Bijlagen

- Bijlage 1 Pricing transport networks with fixed residential location**
- Bijlage 2 Construction of a simulation model for Namur**
- Bijlage 3 An experimental case study for Namur**
- Bijlage 4 Economies of density and optimal transport pricing**
- Bijlage 5 Congestion pricing with multiple trip purposes**

Bijlage 1

Pricing transport networks with fixed residential location

Bijlage 2

Construction of a simulation model for Namur

Bijlage 3

An experimental case study for Namur

Bijlage 4

Economies of density and optimal transport pricing

Bijlage 5

Congestion pricing with multiple trip purposes