

Dette udvidet resumé er udgivet i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

<https://journals.aau.dk/index.php/td>

En cykelefterspørgselsanalyse med heterogene vejrpræferencer

Mads Paulsen, madsp@dtu.dk

Stefan Eriksen Mabit, smab@dtu.dk

Transportdivisionen, DTU Management, Danmarks Tekniske Universitet

Abstrakt

I dette studie undersøger vi hvordan forskellige vejrforhold påvirker transportmiddelvalget mellem cyklen og andre køretøjer. Analysen baseres på data fra DMI og Transportvaneundersøgelsen og estimeres med en Mixed Logit-model. Resultaterne påviser flere interessante vejreflekter, herunder relevante interaktioner med sociodemografiske såvel som turspecifikke faktorer. Bl.a. viser analysen at vindstødsstyrke har en stor effekt, mens effekten af nedbør kun kan påvises ved relativt lave temperaturer.

Introduktion

Bæredygtig transport er blevet et verdensomspændende fokusområde, og mange beslutningstagere er interesserede i hvordan man kan få flere til at cykle. Udover at cyklen ikke forurener, så forbedrer den også cyklisteres helbred ([1]) og gavner bymiljøer. En tilbagevendende bekymring er dog det stigende antallet cykelulykker ([2], [3]).

En bedre forståelse af hvordan forskellige faktorer spiller ind på cykelulykker, kan være med til at guide fremtidige indsatsen samt promovere cykling og cykelforskning. Dog, som påpeget af [4] og [5], tager mange studier ikke højde for eller benytter stærkt aggregeret eksponering (exposure). Det skyldes primært mangel på god data, da cykeltællinger oftest kun finder sted på få steder og få gange om året.

Vejret har vist at have en betydende rolle for cykelefterspørgslen, se fx. [6]. Studier er imidlertid kommer til mange forskellige konklusioner fra ingen effekt ([7]) til tvetydige effekter ([8], [9]) og negative effekter for både nedbør og temperature ([10], [11]). Studier baseret på spørgeskemaer synes at påvise en mere konsistent effekt af vejr, med regn og ekstreme temperaturer som negative fænomener effekter, se fx [12]–[14]. Dog har alle disse studier set på de overordnede effekter, og ikke taget heterogenitet i betragtning.

For at opnå mere informerede ulykkesanalyser, er det således brug for bedre estimater af cykeltrafik, der tager højde for vejret. Det gør vi i dette studie ved at analysere vejrets indvirkning på cykelefterspørgsel under hensynstagen til heterogene præferencer på tværs af socioøkonomiske grupper og turspecifikke variable.

Data

For vejrdata benytter vi os af frit tilgængeligt data fra DMI ([15]). Det består af målinger fra vejrstationer på tværs af landet, hvor vi benytter os af fire stationer placeret i Storkøbenhavn. Vi benytter os af middeltemperatur og –vindstyrke, styrken af vindstød samt nedbør for hver time i perioden 2012 til 2019.

Vi baserer vores studie på data fra Transportvaneundersøgelsen ([16]) i samme periode, og skærer bevidst før data påvirkes af COVID-19. I dette studie ser vi kun på ture, der starter i Storkøbenhavn. Data blev kædet sammen ved at identificere den nærmeste relevante vejrstation fra begyndelsespunktet for hver tur, og vælge den relevante time baseret på afgangstidspunkt. Nedbør var kun tilgængeligt for én af stationerne. De resulterende nettodataset bestod af 73,142 ture fra 23,088 personer.

I dette studie er vi interesseret i at modellere transportmiddelvalg, hvortil det vides at turdistance spiller en afgørende rolle. For korte ture er gang dog typisk at foretrække. For at opnå en monoton trend i vores distanceparametre ser vi derfor bort fra gangture. Da cykelture over 30km er sjældne, ser vi også bort fra disse. Endeligt inkluderer vi kun individer, der havde en cykel til rådighed. Det reducerede dataset består af 43.456 ture fra 14.987 individer.

Metode

Da TU-dataet består af mere end én tur for hver respondent, estimerer vi transportmiddelvalget som en mixed logit-model ([17]) med paneleffekter ([18]). I modsætningen til den traditionelle logit-model ([19]), hvor koefficienterne antages ens på tværs af populationen, varierer koefficienterne for en eller flere attributter tilfældigt på tværs af populationen i en mixed logit-model. Mixed logit-modellen med paneleffekter udvider dette ved at koefficienten er ens på tværs af observationer for samme individ.

Mixed logit-modellen med paneleffekter er mere kompliceret at estimere, da den beregner sandsynligheden for hver person som et produkt over alle valg for denne person, og hvert af disse valg indeholder én eller flere stokastiske variable. I vores studie antager vi heterogenitet i præferencen for at cykle, idet vi lader den alternativspecifikke konstant for cykler variere på tværs af individer.

Af beregningsmæssige årsager brugte vi en almindelig logit til at specificere vores nyttefunktion, herunder også relevante interaktioner med vejr. Den endelige mixed logit med paneleffekter blev estimeret i PandasBiogeme ([20]) med 500 pseudo-tilfældige træk for at approksimere integralet.

Resultater

Vores estimerede modelparametre kan ses i Tabel 1 på næste side. Vi estimerer distance stykvist lineært og ser en dalende marginal effekt af afstand når ture overstiger 1km, og igen når de overstiger 15km. Dog er sidstnævnte kun signifikant på et 10%-signifikansniveau. Vi finder at pendlerture (referencekategorien) tiltrækker cykelture mest, efterfulgt af ture fra/til uddannelse. Ærinder har en stærk negativ effekt på cykelsandsynligheden.

For ture med temperaturer under 20°C (89.6% af turene), er der intet der tyder på forskelle på tværs af køn ($t = -0.3$). Børn mellem 6-15 og ældre over 80 cykler begge mindre end voksne i aldersgruppen 35-69, alt andet lige. Yngre voksne i alderen 16-34 har størst tilbøjelighed til at cykle, uanset vejr.

Der ses en stor negativ effekt på tilbøjeligheden til at cykle, hvis der er en bil i husstanden. Samme effekt, men i mindre grad for folk med kørekort og indehavere af månedskort til kollektiv transport.

For den indledende logit-model havde temperature under 16°C en negative effekt sammenlignet med 16-26°C. Imidlertid er det kun interval 20-26°C, der har en signifikant effekt. Overraskende nok var vi ikke i stand til at finde signifikante effekter af underinddelinger af intervallet under 20°C. Muligvis fordi vi korrigerer for sæson. Vi finder at temperaturer over 26°C generelt ikke er signifikant forskellige fra dem under 20°C.

Tabel 1 – Tabel over estimerede parametre

Variabel	Enhed	Koef.	Std.-fejll	t	p-værdi
Konstant	[1]	11.047	1.940	5.695	< 0.001
Standardafvigelsen af konstant	[1]	7.222	0.230	30.426	< 0.001
<i>Turspecifikke effekter</i>					
Distance under 1km	[km]	-3.919	0.369	-10.622	< 0.001
Distance 1-15km	[km]	-0.758	0.141	-5.368	< 0.001
Distance over 15km	[km]	-0.203	0.123	-1.695	0.090
Turformål: Arbejde	-	-	-	-	-
Turformål: Uddannelse	[1]	-0.700	0.293	-2.391	0.017
Turformål: Ærinder	[1]	-4.928	0.250	-19.741	< 0.001
Turformål: Fritid	[1]	-3.906	0.234	-13.217	< 0.001
Turformål: Erhverv	[1]	-3.138	0.477	-6.585	< 0.001
<i>Sociodemografiske effekter</i>					
Køn: Mand	-	-	-	-	-
Køn: Kvinde	[1]	-0.055	0.165	-0.331	0.741
Alder: 6-15	[1]	-1.036	0.348	-2.977	0.003
Alder: 16-34	[1]	0.757	0.203	3.734	< 0.001
Alder: 35-69	-	-	-	-	-
Alder: 70+	[1]	-0.987	0.366	-2.694	0.007
Har bil i husstanden	[1]	-5.936	0.258	-22.997	< 0.001
Har kørekort	[1]	-2.421	0.259	-9.312	< 0.001
Har månedskort til kollektiv transport	[1]	-2.655	0.219	-12.109	< 0.001
<i>Vejr-effekter</i>					
Temperatur: Under 16 °C	-	-	-	-	-
Temperatur: 16-20 °C	[1]	0.115	0.150	0.769	0.442
Temperatur: 20-26°C	[1]	0.944	0.241	3.926	< 0.001
Temperatur: Over 26°C	[1]	0.150	0.533	0.283	0.778
Nedbør v. temperatur under 9°C	[mm]	-0.656	0.297	-2.211	0.027
Nedbør v. temperatur under 1°C	[mm]	-1.335	1.059	-1.261	0.207
Middelvindhastighed	[m/s]	0.039	0.028	1.377	0.169
Max vindstød – middelvind	[m/s]	-0.143	0.036	-4.016	< 0.001
<i>Turspecifikke vejr-interaktioner</i>					
Turformål: Erhverv v. temp. over 16°C	[1]	-1.918	0.811	-2.365	0.018
Turformål: Fritid v. temp. over 26°C	[1]	1.208	1.020	1.185	0.236
<i>Sociodemografiske vejr-interaktioner</i>					
Køn: Kvinde v. temp. over 20°C	[1]	-1.918	0.294	-2.174	0.030
Alder: 6-15 v. temp. over 20°C	[1]	1.208	0.246	-1.954	0.051
<i>Sæsoneffekter</i>					
Januar	[1]	-2.236	0.421	-5.314	< 0.001
Februar	[1]	-1.426	0.422	-3.377	0.001
Marts	[1]	-1.137	0.400	-2.840	0.005
April	[1]	-0.475	0.399	-1.192	0.233
Maj	-	-	-	-	-
Juni	[1]	0.947	0.384	2.464	0.013
Juli	[1]	-0.249	0.436	-0.570	0.569
August	[1]	0.051	0.394	0.129	0.898
September	[1]	0.318	0.387	0.822	0.411
Oktober	[1]	0.224	0.396	0.565	0.572
November	[1]	-0.831	0.386	-2.153	0.031
December	[1]	-1.627	0.407	-3.997	< 0.001

Temperaturer mellem 20-26°C øger cykelefterspørgslen generelt, men effekten varierer på tværs af typer af folk og ture. For det første, sammenlignet med mænd, ser vi en akkurat signifikant negativ effekt for temperaturer over 20°C (p -værdi på 0.03). En lignende effekt ses for børn mellem 6-15 år (p -værdi på 0.05). I den indledende logit-model fandt vi en signifikant positiv effekt på fritidsture, når temperature overstiger 26°C. Denne effekt er ikke signifikant i den endelige model (p -værdi på 0.236). Til gengæld finder vi en betydelig og signifikant negativ effekt for erhvervsture når temperaturer overstiger 16°C.

For temperaturer over 9°C finder vi ingen statistisk evidens for at nedbør påvirker cykelefterspørgslen. Dog er der en negativ effekt af nedbør når temperaturer er under 9°C. Selvom vi så indikationer af en yderligere effekt ved temperaturer under 1°C i den indledende logit-model, er denne ikke signifikant i den endelige model (p -værdi på 0.207).

Angående vind, viste det sig gunstigt at inkludere forskellen mellem den maksimale vindstødshastighed og middelvindstyrken sammen med middelvindstyrken. Dette gøres da den maksimale vindstødshastighed er naturligt afgrænset nedfra af middelvindstyrken. Vi får således to effekter: Én relateret til middelvindstyrken, og én relateret til hvor meget den maksimale vindstødshastighed overstiger middelvindstyrken. Sidstnævnte har en stærk signifikant negativ indflydelse på at cykle ($t = -4.02$). Effekten for middelvindstyrke var signifikant i den indledende logit-model, men har kun en p -værdi på 0.169 i den endelige model. Den estimerede koefficient er cirka fire gange mindre end den relateret til den maksimale vindstødshastighed. Cyklister påvirkes således mere af styrken af vindstød end middelvindstyrken.

Endelig inkluderer vi også en variabel for hver måned for at tage højde for sæsonvariationer. Mønstrene er intuitive med positive effekter, når vi bevæger os fra januar til juni, og negative fra september til januar. Eneste bemærkelsesværdige er de moderat lave koefficienter for sommerferiemånederne juli og august

Diskussion og videre arbejde

De estimerede interaktioner med vejr og hhv. turspecifikke og sociodemografiske variabler virker intuitive. Når man cykler i varme temperaturer sveder man mere, og litteraturen har tidligere påpeget at sved har en negativ effekt på at cykle ([21], [22]). Det giver intuitivt mening at denne effekt er større (ved temperaturer over 16°C) for erhvervsture, hvor fremtoning er vigtig, og hvor der ikke nødvendigvis er faciliteter til at skifte tøj eller tage et bad på destinationen.

Den eneste fundne forskel på baggrund af køn er for temperaturer over 20°C. Det er tidligere påvist at mænd er mere tilbøjelige til at benytte sig af dedikeret cykeltøj ([23]), hvorfor det ikke er overraskende at kvindelige rejsende gennemsnitligt er mere påvirkede af de negative konsekvenser af varmt vejr. Ligeså viser [23] også at mænd oftere end kvinder benytter racercykler, som nogle mennesker kun benytter under gode vejrforhold. Det kan forklare hvorfor godt vejr har større effekt på mænd end på kvinder.

Børn virker ikke til at være påvirkede af vejret i samme omfang som andre aldersgrupper. Det kunne indikere at børn generelt ikke er særligt påvirkede af temperaturer, en tese der understøttes af [24], der ikke kunne påvise en signifikant effekt af vejr blandt hollandske 6-11-årige. Hvorfor dette er tilfældet er et åbent spørgsmål, men påpeger endnu engang at der er brug for mere forskning om børns cykelvaner ([25]).

Litteraturen er ikke entydig hvad angår regn. Studier går fra en signifikant negativ effekt ([10], [11], [14]) til ingen eller tvetydige effekter ([7]–[9]). Det forklarer muligvis hvorfor vi kun kan påvise en effekt under 9°C.

Dette studie er igangværende arbejde, og så således også mulighed for grave dybere på visse områder. Det kunne bl.a. være at undersøge potentielle temporale ændringer i vejrets indflydelse på cykelefterspørgslen over datasættets syv år. Derudover kunne det give mening at udbrede undersøgelsen til at dække et større område end Storkøbenhavn.

Referencer

- [1] N. Mueller *et al.*, "Health impact assessment of active transportation: A systematic review," *Prev. Med. (Baltim).*, vol. 76, pp. 103–114, Jul. 2015.
- [2] D. Horton, "Fear of Cycling," in *Cycling and Society*, Routledge, 2016, pp. 149–168.
- [3] Transport for London, "Attitudes towards cycling Annual report 2014 TfL," 2014.
- [4] M. Dozza, "Crash risk: How cycling flow can help explain crash data," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 105, pp. 21–29, 2017.
- [5] M. S. Myhrmann and S. E. Mabit, "Assessing bicycle crash risks controlling for detailed exposure: A Copenhagen case study," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 192, p. 107226, 2023.
- [6] L. Böcker, M. Dijst, and J. Prillwitz, "Impact of Everyday Weather on Individual Daily Travel Behaviours in Perspective: A Literature Review," *Transp. Rev.*, vol. 33, no. 1, pp. 71–91, Jan. 2013.
- [7] J. Tyndall, "Cycling mode choice amongst US commuters: The role of climate and topography," *Urban Stud.*, vol. 59, no. 1, pp. 97–119, Jan. 2022.
- [8] C. Brandenburg, A. Matzarakis, and A. Arnberger, "Weather and cycling—a first approach to the effects of weather conditions on cycling," *Meteorol. Appl.*, vol. 14, no. 1, pp. 61–67, Mar. 2007.
- [9] A. Hudde, "It's the mobility culture, stupid! Winter conditions strongly reduce bicycle usage in German cities, but not in Dutch ones," *J. Transp. Geogr.*, vol. 106, p. 103503, Jan. 2023.
- [10] M. Winters, M. C. Friesen, M. Koehoorn, and K. Teschke, "Utilitarian Bicycling: A Multilevel Analysis of Climate and Personal Influences," *Am. J. Prev. Med.*, vol. 32, no. 1, pp. 52–58, Jan. 2007.
- [11] L. F. Miranda-Moreno and T. Nosal, "Weather or Not to Cycle," *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 2247, no. 1, pp. 42–52, Jan. 2011.
- [12] M. Nankervis, "The effect of weather and climate on bicycle commuting," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 33, no. 6, pp. 417–431, Aug. 1999.
- [13] M. Meng, J. Zhang, Y. D. Wong, and P. H. Au, "Effect of weather conditions and weather forecast on cycling travel behavior in Singapore," *Int. J. Sustain. Transp.*, vol. 10, no. 9, pp. 773–780, Oct. 2016.
- [14] A. Papu Carrone, V. M. Hoening, A. F. Jensen, S. E. Mabit, and J. Rich, "Understanding car sharing preferences and mode substitution patterns: A stated preference experiment," *Transp. Policy*, vol. 98, pp. 139–147, Nov. 2020.
- [15] Danish Meteorological Institute, "DMI Open Data -- Meteorological Observation Data." 2023.
- [16] Technical University of Denmark, "Danish National Travel Survey 2006-2022." 2023.
- [17] D. McFadden and K. Train, "Mixed MNL models for discrete response," *J. Appl. Econom.*, vol. 15, no. 5, pp. 447–470, 2000.
- [18] D. Revelt and K. Train, "Mixed logit with repeated choices: households' choices of appliance efficiency level," *Rev. Econ. Stat.*, vol. 80, no. 4, pp. 647–657, 1998.
- [19] D. McFadden, "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour," in *Frontiers in Econometrics*, P. Zarembka, Ed. New York, NY, USA: Academic Press New York, 1973, pp. 105–142.
- [20] M. Bierlaire, "A short introduction to PandasBiogeme. Technical report TRANSP-OR 200605. Transport and Mobility Laboratory, ENAC, EPFL." 2024.
- [21] J. Larsen, "Commuting, exercise and sport: an ethnography of long-distance bike commuting," *Soc. Cult. Geogr.*, vol. 19, no. 1, pp. 39–58, Jan. 2018.
- [22] S. Flügel, K. Veisten, H. B. Sundfjør, G. N. Jordbakke, N. Hulleberg, and A. H. Halse, "The effect of health benefits on the value of travel time savings in active transport," *J. Transp. Heal.*, vol. 21, p. 101074, Jun. 2021.
- [23] K. B. Hansen and T. A. S. Nielsen, "Exploring characteristics and motives of long distance commuter cyclists," *Transp. Policy*, vol. 35, pp. 57–63, Sep. 2014.
- [24] M. Helbich, M. J. Z. van Emmichoven, M. J. Dijst, M.-P. Kwan, F. H. Pierik, and S. I. de Vries, "Natural and built environmental exposures on children's active school travel: A Dutch global positioning system-based cross-sectional study," *Health Place*, vol. 39, pp. 101–109, May 2016.
- [25] E. Villa-González, Y. Barranco-Ruiz, K. R. Evenson, and P. Chillón, "Systematic review of interventions for promoting active school transport," *Prev. Med. (Baltim).*, vol. 111, pp. 115–134, Jun. 2018.