Istraživanje uticaja vremenskih uslova na nastajanje kretanja u gradovima Evrope

DRAGANA D. PETROVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

JADRANKA J. JOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

VLADIMIR D. ĐORIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Pregledni rad

UDC: 656.11:625.711.1(4)

502.17:656.11(4)

DOI: 10.5937/tehnika1702251P

Klimatske promene i promene vremenskih uslova imaju uticaj na celokupan transportni sistem. Promene vremenskih uslova dovode do promena kako u transportnoj ponudi, tako i u transportnoj potražnji. Prva istraživanja uticaja vremenskih uslova na transportne zahteve u gradovima sprovedena su krajem devedesetih godina prošlog veka, a intenzivirana su u poslednjih deset godina. Najveći broj istraživanja o uticaju vremenskih uslova na nastajanje kretanja sproveden je u zemljama Severne Evrope. Poslednjih godina istraživanja počinju da se sprovode i u evropskim zemljama koje su po klimatskim uslovima i navikama stanovništva značajno drugačije od severnoevropskih zemalja. U radu je prikazan pregled područja u kojima je istraživana uticaj vremenskih uslova na nastajanje kretanja. Predstavljeni su najvažniji zaključci sprovedenih istraživanja i ukazano je na komponente vremenskih uslova koje imaju najveći uticaj na nastajanje kretanja. Poznavanje uticaja vremenskih uslova na transportne zahteve neophodno je za sprovođenje procedura planiranja saobraćaja u uslovima najavljenih klimatskih promena.

Ključne reči: klimatske promene, vremenski uslovi, transportni zahtevi, nastajanje kretanja, planiranje saobraćaja

1. UVOD

Klimatske promene i nagle promene vremenskih uslova nisu briga budućih generacija. Klimatske promene su već nastupile, pri čemu je verovatno da će posledice klimatskih promena biti izraženije u godinama koje dolaze. U različitim područjima očekuje se drugačiji uticaj klimatskih promena [1].

Na teritoriji Evrope predviđa se neznatno veći porast prosečnih temperatura u odnosu na globalni prosek. Periodi sa snegom će se skratiti u svim delovima Evrope, tako da se očekuje opadanje visine snežnog pokrivača u većem delu Evrope [2].

Na severu Evrope očekuje se veće zagrevanje tokom zime, porast srednje vrednosti padavina i najvećih vrednosti dnevnih padavina, a vrlo je verovatno da će

se povećati i brzine vetra. U centralnoj Evropi očekuje se porast najviših letnjih temperatura, porast srednjih vrednosti padavina tokom zime, a opadanje tokom leta, kao i porast rizika od letnjih suša.

U južnoj Evropi očekuje se veće zagrevanje tokom leta, opadanje srednjih vrednosti padavina, smanjenje broja dana sa padavinama na godišnjem nivou i povećanje rizika od letnjih suša. Očekuje se opadanje prosečnog nivoa padavina u većem delu Sredozemlja, kao i veće zagrevanje tokom leta.

U južnoj i centralnoj Evropi prosečne i ekstremne brzine vetra verovatno će biti u porastu. Trajanje perioda sa snegom i količina snežnih padavina će vrlo verovatno opadati [2]. Na području jugoistočne Evrope očekuje se smanjenje prosečnih padavina, a porast prosečnih temperatura [1]. U zemljama razvijenog sveta postoji veliki društveni interes da se uticaj klimatskih promena ublaži. U okviru različitih naučnih disciplina povećava se broj istraživanja koja razmatraju uticaj klimatskih promena i uticaj vremenskih uslova, kao posledice klimatskih promena.

Adresa autora: Dragana Petrović, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, e-mail: dragana.petrovic@sf.bg.ac.rs

Rad primljen: 13.03.2017.

Rad prihvaćen: 16.03.2017.

Interesovanje za uticaj vremenskih uslova na transportne zahteve, odnosno konkretno na nastajanje kretanja, povećano je u poslednjoj deceniji. Porast interesovanja za uticaj vremenskih uslova na karakteristike transportnih zahteva potvrđuju brojni radovi objavljeni u prethodne dve godine [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Dosadašnja istraživanja pokazala su da vremenski uslovi utiču na nastajanje kretanja. Ipak, pokazano je da vremenski uslovi ne utiču isto na transportne zahteve u različitim klimatskim podnebljima. Razlike među rezultatima različitih studija mogu biti posledica područja na kom se vrše istraživanja, klime i navika stanovništva [11]. Upravo zato uticaj vremenskih uslova potrebno je istraživati na lokalnom nivou. Samo istraživanjima na lokalnom nivou mogu se predvideti karakteristike transportnih zahteva u zavisnosti od različitih vremenskih uslova. Da bi prognoze transportnih zahteva bile pouzdane moraju se bazirati na modeliranju transportnih zahteva po posebnim biheviorističkim procedurama [12, 13], koje u ovom slučaju podrazumevaju poznavanje ponašanja korisnika u različitim vremenskim uslovima.

2. PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Na vangradskoj mreži nepovoljni vremenski uslovi dovode do smanjenja protoka saobraćaja. Tokom kišovityh dana zabeleženi su protoci manji za 1,3% u poređenju sa danima bez padavina. Utvrđeno je da dnevni protok opada za 0,08% sa svakim milimetrom padavina. Uticaj kiše na redukciju protoka najveći je tokom dana vikenda i tokom praznika. Snežne padavine imaju daleko veći uticaj na smanjenje protoka na vangradskoj mreži, u nekim slučajevima i do 50% [14, 15, 16, 17].

Uticaj nepovoljnih vremenskih uslova na transportne zahteve je nešto dugačiji na gradskoj mreži, prvenstveno zato što su kretanja kraća i zato što se koriste različiti načini kretanja. Brojna istraživanja u gradovima pokazala su da nepovoljni vremenski uslovi utiču na nastajanje kretanja. Na području Švedske utvrđeno je da su ekstremno nepovoljni vremenski uslovi drugi razlog, posle bolesti, zbog kog se ne preduzima planirano kretanje [15]. Dani za koje je zabeležena najniža mobilnost u Švajcarskoj su nedelje tokom zime, jer tada više od četvrtine populacije provede ceo dan kod kuće, tj. ne napravi ni jedno kretanje [18].

Uticaj vremenskih uslova na ponašanje putnika i karakteristike transportnih zahteva u gradovima istraživani su u pojedinim regijama Amerike, Australije, Evrope i Azije. Najbrojnija su istraživanja u Evropi, tačnije u zemljama Severne Evrope. Na teritoriji zemalja Severne Evrope postoji kontinuitet u istraživanjima uticaja vremenskih uslova na karakteristike kretanja. Jedan od osnovnih razloga iz kog proizilazi potreba da

se uticaj vremenskih uslova detaljno istraži jeste veliki udeo nemotorizovanih kretanja, s obzirom da su korisnici nemotorizovanih načina najviše izloženi nepovoljnim vremenskim uslovima. Poslednjih godina istraživanja na ovu temu počinju da se sprovode i u evropskim zemljama koje su po klimatskim uslovima i navikama stanovništva značajno drugačije od zemalja Severne Evrope. Na području Evrope istraživanja uticaja vremenskih uslova na nastajanje kretanja sprovedena su na teritoriji Belgije, Holandije, Srbije, Škotske, Švajcarske i Švedske.

Prva istraživanja uticaja vremenskih uslova na nastajanje kretanja u gradovima sprovedena su krajem devedesetyh godina. Jedno od pionirskih istraživanja o uticaju vremenskih uslova na karakteristike kretanja izvršeno je na teritoriji Belgije. Khattak i De Palma (1997) sprovedli su istraživanja koja su imala su za cilj praćenje karakteristika kretanja kako u uobičajenim, tako i u nepovoljnim vremenskim uslovima. Veći deo uzorka činili su korisnici putničkog automobila. Za polovinu korisnika putničkog automobila utvrđeno je da menjanju obrasce svojih kretanja u nepovoljnim vremenskim uslovima, pri čemu nepovoljni vremenski uslovi najviše utiču na promenu vremena polaska [19]. De Palma i Rochat (1999) istraživali su uticaj uobičajenih i nepovoljnih vremenskih uslova na karakteristike kretanja u Švajcarskoj. Istraživanje je pokazalo da putnici najčešće menjaju vreme polaska kako bi izbegli zagušenja usled loših vremenskih uslova [20]. Hassan i Barker (1999) su izveli zaključak da na teritoriji Škotske postoji razlika u promenama obima saobraćaja u nepovoljnim vremenskim uslovima u zavisnosti od toga da li su dani vikenda ili radni dani. Uočeno je da je smanjenje obima saobraćaja u svim nepovoljnim vremenskim uslovima izraženije tokom dana vikenda [21].

Cools, Moons, Creemers i Wets (2010) istraživali su uticaj vremenskih uslova na transportne potrebe na teritoriji Belgije. Istraživanje je pokazalo da tip vremenskih uslova utiče na verovatnoću da dođe do promene u ponašanju putnika i da promene zavise od svrhe kretanja [22]. Autori Cools, Moons i Wets (2010) analizirali su uticaj vremenskih uslova na transportne zahteve na mreži saobraćajnica. Pokazano je da isti vremenski uslovi drugačije utiču na transportne zahteve na različitim lokacijama na mreži saobraćajnica. Zaključeno je da obim saobraćaja na saobraćajnicama ima efekat na intenzitet uticaja različitih vremenskih uslova [23]. Na području Belgije autori Cools i Creemers (2013) istraživali su i uticaj vremenske prognoze na ponašanje putnika. U obzir je uzeto više aspekata ponašanja putnika, svrha kretanja i tipova vremenskih uslova. Zaključci istraživanja su da putnici prilagođavaju svoje aktivnosti prognoziranim vremenskim uslovima, što je prvenstveno vezano za

svrhe putovanja kao što su kupovina, razonoda, rekreacija [24].

U Švedskoj su Bergström i Magnusson (2003) ispitivali stavove zaposlenih stanovnika o biciklističkim kretanjima tokom zime. Pokazano je da su temperatura, padavine i stanje kolovoza najvažniji faktori za one koji prave biciklistička kretanja sa svrhom posao tokom leta, ali ne tokom zime. Fizička aktivnost je najvažniji faktor za one koji preduzimaju biciklistička kretanja sa svrhom posao i tokom zime, dok je vreme putovanja najvažniji faktor za one koji nikada ne idu biciklom na posao [25]. Autori Liu, Susilo i Karlstrom (2014) sproveli su u Švedskoj istraživanje koje je imalo za cilj analizu uticaja promene vremenskih uslova na karakteristike kretanja onih pojedinca koji nemaju kretanja sa svrhom posao tokom dana. Autori su ovu grupu odabrali za istraživanje jer su karakteristike kretanja onih koji svakodnevno odlaze na posao manje prilagodljive promenama vremenskih uslova. Ovaj rad je posebno ukazao na činjenicu da promena vremenskih uslova može imati različit uticaj na karakteristike kretanja u različitim regionima [5].

Za područje Holandije autori Berkum, Weijermars i Hagens (2006) su predstavili uticaj vremenskih uslova, naročito kiše, na karakteristike transportnih zahteva u gradskoj sredini. Holandija je karakteristična po tome što je u vidovnoj raspodeli kretanja u gradovima, pored automobila i javnog prevoza, bicikl najzastupljeniji vid prevoza. Istraživanje je obezbedilo podatke o promenama u obimu kretanja i protoku saobraćaja usled kiše.

Zaključeno je da kiša ima veliki uticaj na nastajanje kretanja na relacijama kraćim od 7,5 km. Pokazano je da kiša uzrokuje otkazivanje i odlaganje putovanja [15]. Uticaj vremenskih uslova na transportne potrebe na području Holandije istraživali su i autori Sabir, Ommeren, Koetse i Rietveld (2010). Transportne potrebe izražene su ukupnim brojem kretanja tokom dana, kao i ukupnim rastojanjem pređenim u toku dana.

Zaključeno je da vremenski uslovi utiču na transportne potrebe, na šta naročito utiču visoke i niske temperature, sneg i intenzivne padavine. Pokazano je da na putovanja sa svrhom posao vremenski uslovi skoro da ne utiču [26]. Sabir (2011) je istraživanjima pokazao da vremenski uslovi manje utiču na obavezna putovanja, nego na putovanja sa ostalim svrhama [27].

Prva istraživanja o uticaju vremenskih uslova na odluke pojedinaca pre i za vreme kretanja na teritoriji Srbije, sproveo je Nikolić (2011). Istraživanje u Beogradu je imalo za cilj utvrđivanje uticaja vremenskih uslova na promenu putanje, vremena polaska i načina kretanja u slučaju obaveznih i neobaveznih kretanja.

Zaključeno je da putnici najčešće menjaju vreme polaska, dok najmanje menjaju svoju ustaljenu rutu kretanja. Ispitanici koji se informišu o vremenskim uslovima započinju svoja kretanja ranije u nepovoljnim vremenskim uslovima [28].

Tokom 2014. godine u Beogradu autori Petrović, Ivanović i Đorić (2015) započeli su opsežna istraživanja uticaja vremenskih uslova na transportne zahteve. Sprovedena su pilot istraživanja o saobraćajnim zahtevima tehnikom „izjavljenih prilagođavanja“ za različite scenarije vremenskih uslova. Ciljna populacija u anketi bili su zaposleni stanovnici Beograda, s obzirom da čine veliku većinu korisnika transportnog sistema. Istraživanje je pokazalo da nepovoljni vremenski uslovi utiču na otkazivanje neobaveznih kretanja (razonoda, rekreacija), dok ne utiču na otkazivanje obaveznih putovanja (odlazak na posao) [29]. Istraživanja uticaja vremenskih uslova na nastajanje kretanja nastavljena su u okviru doktorske disertacije autora Petrović (2017). Metodom „izjavljenih prilagođavanja“, kao i metodom „izraženih preferencija“ ustanovljeno je da različiti vremenski uslovi imaju drugačiji uticaj na nastajanje kretanja zaposlenih stanovnika na teritoriji Beograda. Utvrđeno je da zaposleni stanovnici najviše kretanja obave tokom toplih pretežno suvih dana, a najmanje tokom hladnih dana sa velikim padavinama. Mobilnost zaposlenih stanovnika Beograda tokom hladnih dana sa velikim padavinama je 15% manja u odnosu na mobilnost tokom toplih pretežno suvih dana [30].

3. UTICAJ KOMPONENTI VREMENSKIH USLOVA NA NASTAJANJE KRETANJA

Većina istraživanja ističe da su komponente vremenskih uslova koje imaju najveći uticaj na karakteristike kretanja padavine, temperatura i vetar. Najistraživaniji je upravo uticaj ove tri komponente vremenskih uslova na nastajanje kretanja. Istraživanja pokazuju da sneg, kiša i jak vetar utiču na smanjenje saobraćajnog protoka, dok ga na primer visoke temperature povećavaju [23]. Pored komponenti vremenskih uslova, godišnje doba i prisustvo određenih komponenti vremenskih uslova u danima pre istraživanja takođe mogu imati značajnu ulogu u objašnjenju promena do kojih dolazi u karakteristikama kretanja na dnevnom nivou [7, 24].

Padavine

Sprovedene studije pokazuju da se tokom dana sa nepovoljnim vremenskim uslovima, a posebno sa padavinama, neobavezna putovanja odlažu ili skraćuju. Istraživanja su pokazala da je broj kretanja manji tokom kišnih dana, naročito tokom dana vikenda, kada je osetljivost na padavine veća. Zabeležen je manji pad u broju putovanja radnim danima (u proseku 2,9%) u

odnosu na vikend (7,9 % za subotu, 5,2% za nedelju) [31]. Pokazano je da veličina uticaja u značajnoj meri zavisi od intenziteta kiše ili snežnih padavina [17, 21, 32]. Takođe, istraživanja su pokazala da sneg utiče na smanjenje broja kretanja pojedinca [26, 27]. Analizom lanaca kretanja ukazano je na porast verovatnoće povezanih kretanja u uslovima kišnih padavina za obavezne svrhe, dok je za neobavezne svrhe ukazano na manje planiranih aktivnosti tokom kišnih dana [8].

Jaka kiša i oluja imaju uticaj pre svega na vreme započinjanja putovanja, pošto oni koji su u mogućnosti odlažu putovanje do nastupanja povoljnijih vremenskih uslova [22]. Odlaganje kretanja sa kratkim rastojanjima je takođe jedna od reakcija ispitanika u cilju izbegavanja kiše pri kretanju peške ili biciklom [15]. U slučaju snega više od 50% ispitanika odloži putovanje. Sneg ima uticaj i na putovanja sa svrhom posao i na putovanja sa svrhom kupovina, pri čemu je najčešća reakcija odlaganje putovanja ili otkazivanje putovanja u slučaju neobaveznih svrha. U slučaju snega oko 70% ispitanika otkáže putovanje sa neobaveznim svrhama, a u slučaju kiše oko 50% ispitanika [22]. Padavine imaju veliki uticaj na broj pešačkih i biciklističkih kretanja [33]. Sa povećanjem padavina smanjuju se pređena rastojanja, što ne važi za putovanja sa svrhom odlaska na posao [34].

Kolovoz pokriven snegom je najuticajni faktor na broj kretanja u lancu [8]. Sneg ima najveći uticaj i na odabir vremena polaska. Istraživanje na teritoriji Beograda pokazalo je da u uslovima snežnih padavina opada korišćenje putničkog automobila [28]. Da je uticaj nepovoljnih vremenskih uslova veći tokom dana vikenda, potvrđuje smanjenje obima od 15% kada je sneg na kolovozu, dok je redukcija obima 10% tokom radnih dana u istim uslovima [21].

Pokazano je da prognoza vremena utiče na karakteristike kretanja [15], iako je efekat manji od uticaja aktuelnih vremenskih uslova. Najviše promena u kretanjima izaziva najava snežnih padavina. [24]

Temperatura

Temperatura se drugačije percipira u različitim regionima i u različitim godišnjim dobima, naročito kod nemotorizovanih načina kretanja, dok se kod motorizovanih načina percepcija u manjoj meri razlikuje [35]. Temperatura i godišnje doba imaju uticaj na sve karakteristike kretanja [15]. Sa porastom temperature dolazi do porasta ukupnog broja kretanja, kao i broja lanaca kretanja na nivou pojedinca, što naročito važi za one koji nemaju kretanje sa svrhom posao u toku dana [5]. U istraživanju [36] nije utvrđena značajna razlika u mobilnosti zaposlenih stanovnika za različite temperaturne uslove. Visoke temperature ne utiču na promenu vremena polaska, dok niske temperature imaju uticaj [28]. Ekstremno visoke i niske temperature

najmanje utiču na putovanja sa svrhom posao [22]. Uticaj prosečne temperature na ispitanike koji ne obavljaju kretanje sa svrhom odlaska na posao daleko je veći u odnosu na one koji svakodnevno putuju na posao [5].

Vetar

Istraživanja su pokazala da u uslovima jakog vetra 45% ispitanika otkáže putovanje. U uslovima oluje ispitanici koji su u mogućnosti odlažu putovanje do nastupanja povoljnijih vremenskih uslova [22]. U radovima u kojim je analiziran uticaj vetra, najčešće su analizirane promene u transportnim zahtevima pod uticajem vetra u kombinaciji sa padavinama ili niskom temperaturom.

4. ZAKLJUČAK

Uticaj klimatskih promena na saobraćajni sistem ne može se pouzdano proceniti ukoliko se ne procene reakcije korisnika transportnog sistema u različitim vremenskim uslovima. Prikazani pregled istraživanja ukazuje na činjenicu da vremenski uslovi imaju značajan uticaj na broj kretanja koji stanovnici ostvare tokom dana. Zaključci o nastajanju kretanja u različitim vremenskim uslovima naročito su važni za procedure planiranja saobraćaja i upravljanja transportnim zahtevima. Prikazani rezultati relevantnih istraživanja uticaja vremenskih uslova na nastajanje kretanja govore u prilog važnosti razvijanja mera adaptacije klimatskim promenama u oblasti saobraćaja.

Istraživanja sprovedena kako na teritoriji Beograda, tako i na teritoriji drugih evropskih gradova pokazala su da povoljni vremenski uslovi utiču na veću mobilnost stanovnika, što je važan zaključak s obzirom da se na teritoriji Evrope očekuje smanjenje prosečnih padavina i porast prosečnih temperatura. Zaključke predstavljenih istraživanja važno je uzeti u obzir u procesu modeliranja karakteristika transportnih zahteva, jer se pojedinci različito ponašaju pri realizaciji transportnih potreba u različitim vremenskim uslovima.

5. ZAHVALNICA

Rad predstavlja rezultat istraživanja u okviru projekta Ministarstva nauke, prosvete i tehnološkog razvoja Republike Srbije, evidencioni broj projekta TR36021.

LITERATURA

- [1] European Environment Agency, *Are we ready for climate change*, Copenhagen, Denmark, 2015.
- [2] IPCC, *Climate Change 2007, Mitigation of Climate Change*, Cambridge, United Kingdom, 2007.
- [3] Anta J, Pérez-López J, Martínez-Pardo A, Novales M, Orro A, Influence of the weather on mode choice

- in corridors with time-varying congestion: a mixed data study, *Transportation*, Vol. 43, No. 2, pp. 337–355, 2016.
- [4] Böcker L, Dijst M, Faber J, Helbich M, En-route weather and place valuations for different transport mode users, *Journal of Transport Geography*, Vol. 47, pp. 128–138, 2015.
- [5] Liu C, Susilo Y, Karlstrom A, Examining the impact of weather variability on non-commuters' daily activity-travel patterns in different regions of Sweden, *Journal of Transport Geography*, Vol. 39, pp. 36–48, 2014.
- [6] Liu C, Susilo Y, Karlstrom A, Investigating the impacts of weather variability on individual's daily activity-travel patterns: a comparison between commuters and non-commuters in Sweden, in Proc. *Transportation Research Board Annual Meeting 2014*, Washington DC, USA, pp. 1–25, 12-16 January, 2014.
- [7] Creemers L, Wets G, Cools M, Meteorological variation in daily travel behaviour: evidence from revealed preference data from the Netherlands, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 120, No. 1–2, pp. 183–194, 2015.
- [8] Liu C, Susilo Y, Karlström A, Measuring the impacts of weather variability on home-based trip chaining behaviour: a focus on spatial heterogeneity, *Transportation*, Vol. 43, No. 5, pp. 843–867, 2015.
- [9] Sakamoto J, Fujita M, Empirical Analysis on the Impact of Rain Intensity on Commuters' Departure Decision on Torrential Rain Day, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 11, pp. 311–325, 2015.
- [10] van Stralen W, Calvert S, Molin E, The influence of adverse weather conditions on the probability of congestion on Dutch motorways, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol. 15, No. 4, pp. 482–500, 2015.
- [11] Böcker L, Dijst M, Prillwitz J, Impact of Everyday Weather on Individual Daily Travel Behaviours in Perspective : A Literature Review, *Transport Reviews*, Vol. 33, No. 1, pp. 71–91, 2013.
- [12] Jović J, Uticaj vremenskih prilika na transportni sistem i mobilnost, *Međunarodno savetovanje TES 2012*, Subotica, Srbija, pp. 101–104, 17-18 maj, 2012.
- [13] Jović J, Depolo V, The role of trip generation models in sustainable transportation planning in South-East Europe, *Transport*, Vol. 26, No. 1, pp. 88–95, 2011.
- [14] Hogema JH, *Effects of rain on daily traffic volume and on driving behaviour*, TNO Human Factors Research Institute, Soesterberg, 1996.
- [15] Berkum E, van Weijermars W, Hagens A, The impact of weather on urban travel demand in the Netherlands, in Proc. *EWGT2006 International Joint Conferences 2006*, Bari, Italia, pp. 245–252, 27-29 September, 2006.
- [16] Knapp B, Smithson L, Khattak A, The Use of Multiple Data Sources to Evaluate the Volume and Safety Impacts of Winter Storm Events, in Proc. *ITE 2000 Annual Meeting and Exhibit*, Nashville, Tennessee, pp. 1–11, 6-9 August, 2000.
- [17] Keay K, Simmonds I, The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia, *Accident, analysis and prevention*, Vol. 37, No. 1, pp. 109–124, 2005.
- [18] Bundesamt für Statistik, *Mobilität in der Schweiz*, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010, 2012.
- [19] Khattak AJ, De Palma A, The impact of adverse weather conditions on the propensity to change travel decisions: A survey of Brussels commuters, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 31, No. 3, pp. 181–203, 1997.
- [20] De Palma A, Rochat D, Understanding individual travel decisions : results from a commuters survey in Geneva, *Transportation*, Vol. 26, No. 3, pp. 263–281, 1999.
- [21] Hassan A, Barker D, The impact of unseasonable or extreme weather on traffic activity within Lothian region, Scotland, *Journal of Transport Geography*, Vol. 7, No. 3, pp. 209–213, 1999.
- [22] Cools M, Moons E, Creemers L, Wets G, Changes in travel behavior in response to weather conditions: whether type of weather and trip purpose matter? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2157, pp. 1–15, 2010.
- [23] Cools M, Moons E, Wets G, Assessing the impact of weather on traffic intensity, *Weather, Climate, and Society*, Vol. 2, pp. 60–68, 2010.
- [24] Cools M, Creemers L, The dual role of weather forecasts on changes in activity-travel behavior, *Journal of Transport Geography*, Vol. 28, pp. 167–175, 2013.
- [25] Bergström A, Magnusson R, Potential of transferring car trips to bicycle during winter, *Transportation*

- Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 37, No. 8, pp. 649–666, 2003.
- [26]Sabir M, Ommeren J, Koetse M, Rietveld P, Impact of weather on daily travel demand, *Tinbergen Institute discussion paper*, pp. 1-25, 2010.
- [27]Sabir M, *Weather and Travel Behaviour (doctoral dissertation)*, Vrije Universiteit, Amsterdam, 2011.
- [28]Nikolić M, *Uticaj vremenskih prilika na karakteristike kretanja u Beogradu (master rad)*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2011.
- [29]Petrovic D, Ivanovic I, Djoric V, Does Weather Impact on Commuters' Travel Demand - Empirical Case Study of Belgrade, in *Proc. European Transport Conference (ETC)*, Frankfurt, Germany, pp. 1–11, 28-30 September 2015.
- [30]Petrović D, *Uticaj vremenskih uslova na nastajanje i vidovnu raspodelu putovanja (doktorska disertacija)*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2017.
- [31]Chung E, Ohtani O, Kuwahara M, Effect of rainfall on travel time and travel demand, in *Proc. 5th ITS European Congress 2005*, Hannover, Germany, pp. 1–8. 1-3 June 2005.
- [32]van Leeuwen E, Koetse M, Koomen E, Rietveld P, *Spatial economic research on climate change and adaptation*, VU University, Amsterdam, 2009.
- [33]Saneinejad S, *Modelling the Impact of Weather Conditions on Active Transportation Travel Behaviour (Master Thesis)*, University of Toronto, Toronto, 2010.
- [34]Aaheim HA, Hauge KE, *Impacts of climate change on travel habits*, Center for International Climate and Environmental Research, Blindern, Oslo, 2005.
- [35]Liu C, Susilo YO, Karlström A, The influence of weather characteristics variability on individual's travel mode choice in different seasons and regions in Sweden, *Transport Policy*, Vol. 41, pp. 147-158, 2015.
- [36]Saneinejad S, Roorda MJ, Kennedy C, Modelling the impact of weather conditions on active transportation travel behaviour, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 17, No. 2, pp. 129–137, 2012.

SUMMARY

RESEARCHING THE WEATHER IMPACT ON TRIP GENERATION IN EUROPEAN CITIES

Climate change and changes in weather conditions have the impact on the transport system. Changes in weather conditions cause changes in the transport supply, as well as in transport demand. The first researches about weather impact on transport demand in the cities were carried out at the end of the nineties and have been intensified in the last ten years. Most of the researches about weather impact on trip generation were carried out in the countries of Northern Europe. In recent years, researches are also conducted in European countries that have climate conditions and population habits significantly different from northern European countries. This paper presents an overview of the areas in which weather impact on the trip generation was investigated. The most important conclusions of the conducted research are presented and the weather components that have the greatest influence on the trip generation are indicated. Understanding the weather impact on the transport demand is necessary for the implementation of transportation planning procedures in the upcoming climate change conditions.

Key words: climate change, weather, transport demand, trip generation, transportation planning