

UNIVERZA V MARIBORU • FILOZOFSKA FAKULTETA



ODDELEK ZA GEOGRAFIJO

REVIJA ZA GEOGRAFIJO

JOURNAL FOR GEOGRAPHY

15 – 2 2020

MARIBOR
2020

REVIJA ZA GEOGRAFIJO JOURNAL FOR GEOGRAPHY

15-2, 2020

ISSN 1854-665X

UDK 91

Izdajatelj / Published by

Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Mariboru
Department of Geography, Faculty of Arts, University of Maribor

Mednarodni uredniški odbor / International Editorial Board

Ana Maria de Souza Mallo Bicalho (Brazil), Dragutin Feletar (Croatia), Lisa Harrington (USA), Uroš Horvat (Slovenia), Andjelija Ivkov Džigurski (Serbia), Roy Jones (Australia), Peter Jordan (Austria), Doo-Chul Kim (Japan), Marijan Klemenčič (Slovenia), Karmen Kolnik (Slovenia), Eva Konečnik Kotnik (Slovenia), Lučka Lorber (Slovenia), Jörg Maier (Germany), Pavel Ptaček (Czech Republic), Igor Žiberna (Slovenia)

Glavni in odgovorni urednik / Chief and Responsible Editor

Igor Žiberna

Oddelek za geografijo

Filozofska fakulteta

Univerza v Mariboru

Koroška cesta 160, SI – 2000 Maribor, Slovenija

e-pošta / e-mail: igor.ziberna@um.si

Tehnična urednika / Technical Editors

Igor Žiberna, Danijel Ivajnsič

Za vsebinsko in jezikovno podobo prispevkov so odgovorni avtorji. Ponatis člankov je mogoč samo z dovoljenjem uredništva in navedbo vira.

The authors are responsible for the content of their articles. No part of this publication may be reproduced without the publisher's prior consent and a full mention of the source.

<http://www.ff.um.si/>

Publikacija je indeksirana v naslednjih bibliografskih bazah / Indexed in:
CGP (Current Geographical Publications), EBSCOhost, IBSS (International Bibliography of the Social Sciences), Ulrich's, DOAJ.

Publikacija je izšla s finančno pomočjo Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Tisk / Printed by

CICERO Begunje d.o.o.

Naklada / Number of copies: 100

KAZALO - CONTENTS

VLADIMIR DROZG	
Prometnica kot morfološki element mesta	7
Summary	32
SABAHUDIN SMAJIĆ, ALMA KADUŠIĆ, ALMEDIN OMEROVIĆ, MERIMA KOVAČEVIĆ	
GIS analysis of landscape topography transformation of the open pit "Grivice" (Bosnia and Herzegovina)	33
Summary	49
SENADA NEZIROVIĆ	
Analysis of location factors important for development Spa tourism in Srebrenica	51
Summary	61
DUŠAN TOMAŽIČ, ALIJA SULJIĆ	
Slovinci v mestu Sarajevu od leta 1991 do leta 2013	63
Summary	78
RANKO MIRIĆ, BORIS AVDIĆ, AIDA BIDŽAN-GEKIĆ, HARIS GEKIĆ	
Positioning of regional geography in the modern system of geographical sciences	79
Summary	89
NATAŠA PIPENBAHER, DANIJEL IVAJNŠIČ, IGOR ŽIBERNA, DAŠA DONŠA, MITJA KALIGARIČ, SONJA ŠKORNIK, LUČKA KAJFEŽ BOGATAJ, ZALIKA ČREPINŠEK, VENO JAŠA GRUJIĆ	
Letna dinamika pojava mestnega toplotnega otoka v malem urbanem sistemu	91
Summary	104
ŠPELA ARZENŠEK, DANIJEL DAVIDOVIČ, DANIJEL IVAJNŠIČ	
Ocena solarnega potenciala občine Slovenska Bistrica	105
Summary	124
VENO JAŠA GRUJIĆ, MITJA KALIGARIČ, SONJA ŠKORNIK, NATAŠA PIPENBAHER, IGOR ŽIBERNA, LUČKA KAJFEŽ BOGATAJ, ZALIKA ČREPINŠEK, DAVID PINTARIČ, DANIJEL IVAJNŠIČ, DAŠA DONŠA	
Izboljševanje prostorske ločljivosti Landsat 8 termograma v luči mestnega toplotnega otoka	127
Summary	138
Navodila za pripravo člankov v Reviji za geografijo	139

PROMETNICA KOT MORFOLOŠKI ELEMENT MESTA

Vladimir Drozg

Dr., profesor geografije in zgodovine, izredni profesor

Oddelek za geografijo

Filozofska fakulteta

Univerza v Mariboru

Koroška cesta 160, SI – 2000 Maribor, Slovenija

e-mail: vlado.drozg@um.si

UDK: 911.37:711.553

COBISS: 1.01

Izvleček

Prometnica kot morfološki element mesta

V besedilu je prikazan eden od načinov spoznavanja prometnic. V izhodišču so funkcije prometnic – socialna, gospodarska, oblikovna in prometno tehnična, ter s tem povezane lastnosti, ki jih je mogoče analitično obdelati. Pristop je v nadaljevanju preverjen na primeru Ptujске ceste v Mariboru. Obdelana je na nivoju mesta, na nivoju ceste kot celote ter na nivoju izbranih elementov, ki prometnico tvorijo.

Ključne besede

urbana geografija, linearni prostor, prometnica, Ptujсka cesta, Tezno, Maribor

Abstract

Road as morphological element of the town

Road as morphological element of town structure have so far not often been the subject of research in urban geography. The paper brings an example of interpretation the road from morphological point of view. Roads are multi-functional objects; in addition to their technical role, they play an important social, economic and formative role. Ptujсka street in Maribor was a case study for this approach.

Key words

Urban geography, linear space, road, Ptujсka cesta, Tezno, Maribor

1. Uvod in namen besedila

Prometnice so sestavni del vsakega bivalnega okolja; pripisujemo jim vlogo konstitutivnega morfološkega elementa, kar pomeni, da so poleg objektov, trgov in delov naravnega okolja ključni sestavni del vsakega naselja. Njihov pomen je večplasten. Niso le del tehničnega sistema, niti običajen infrastrukturni objekt, temveč imajo pomembne družbene vloge – socialno, gospodarsko, estetsko, kulturno, ekološko. A kot morfološki element in kot element zgradbe mesta so prometnice slabo raziskane; v primerjavi s stanovanjskimi hišami je njih poznavanje veliko skromnejše. Že razmejitev prometnice naproti drugim morfološkim elementom ni povsem nedvoumna, prav tako ne obstaja analitični aparat, s katerim je mogoče prometnice (urbano) geografsko obravnavati. Delček te praznine skuša zapolniti pričujoče besedilo. Namen prispevka je pokazati vsebinske razsežnosti prometnic, pokazati njihove sestavne dele ter na konkretnem primeru pokazati, kako jih je mogoče obravnavati v sklopu urbane geografije in interpretirati njihove značilnosti.

2. Vsebinske razsežnosti prometnic

Za prometnice obstaja veliko leksemov, kar kaže na njihovo funkcijsko in oblikovno raznolikost ter na okoliščine njihovega nastanka: cesta - mestna, lokalna, primarna, dovozna, turistična, ulica – trgovska, poslovna, prehod, pot, gaz, steza, avenija, vpadnica, obvoznica, avtocesta, še več jih je. Vsaka od njih označuje neko posebnost, ki jo poseduje v primerjavi z drugimi. Mnogi leksemi imajo kulturno in socialno vsebino, ne le tehnično, kar nakazuje, da je socialna vsebina prometnic vsaj toliko pomembna kot tehnična. Na splošno prometnice določajo smer gibanja ljudi in dobrin, omogočajo priključek, navezavo v ta tok, ter dostop do vsakega objekta. Ustvarjajo omrežje, v katerem so vsi deli, vse prometnice med seboj povezane, zato je nastal še hierarhični sistem, v katerem se manj pomembne povezave priključujejo na pomembnejše. Kot piše Bill Hillier, je zgradba omrežja odločilnega pomena za vsakršno mobilnost, tudi za obliko prometnic ter posledice glede razmestitve dejavnosti, gostoto poselitve in prostorski razvoj naselja (Hillier 1996, 152). Prometnica lahko povezuje in razdvaja dele mesta, stanovanjske soseske, območja na levi in desni strani ulice. Ker pritegujejo množice ljudi, pritegujejo tudi raznovrstne oskrbne in storitvene dejavnosti. Ker se na prometnicah zadržuje veliko ljudi, so zapolnjene s simbolnimi elementi, ki ustvarjajo posebno podobo in identiteto ulice, pa tudi celotnega mesta. Njihova oblika je odraz trenutnih družbenih vrednot, estetskih meril in kulture v najširšem pomenu besede. Zato ne preseneča, da je s prometnicami povezanih veliko prispevkov; prometnica simbolizira napredek, razvoj in mobilnost, pa tudi nasilje in kriminal. Prometnice so sinonim za potrošništvo, hitrost, nemir, a tudi za brezdomstvo, živeti na ulici je vrednostna ocena za nekoga, ki je izgubil vse, še streho nad glavo. Prometnice so, za razliko od grajenih struktur ki dajejo zavetje, odprti prostori, dostopni vsakomur in zato brez zasebnosti, so anonimni. In ker so nastajale v različnih zgodovinskih obdobjih, so različno oblikovane. Če povzamem, prometno tehnična vloga prometnic je le ena poleg socialne, oblikovne, kulturne in gospodarske.

Ko govorimo o prometnicah ni povsem jasno, kaj imamo v mislih; samo cestišče ali tudi okolico, recimo objekte, ki jo omejujejo. Glede na njihovo socialno in gospodarsko dimenzijo, je vsekakor upravičeno upoštevati še okoliški prostor. Jane Jacobs piše, da je pločnik enako pomemben del prometnice, kakor cestišče samo (Jacobs 2009, 35). »Ulice in njihovi pločniki so najpomembnejši javni prostor mesta

in njegovi najvitalnejši organi.« (ibid). A pločnik brez objektov ki ga omejujejo, prav tako nima posebnega pomena. Šele objekti, predvsem pa dejavnosti v njih dajejo prometnici pravo vsebino. Robert Mantho označuje pritličja objektov, kjer so dejavnosti namenjene pešcem, kot »sobo prometnice« (Mantho 2015, 77). Kevin Lynch pripisuje prometnicam skupaj z objekti ob njih vlogo ustvarjalca podobe ulice in mesta, kar govori v prid temu, da je potrebno upoštevati obe entiteti (Lynch 1988, 47). Te oznake se sicer nanašajo na prometnice, kakršne so nastale v klasicističnem obdobju izgradnje mest in ob izhodiščih, ki so povsem drugačna od konceptov modernističnega mesta iz sredine prejšnjega stoletja, ko so bile prometnice predvsem del tehničnega sistema, namenjene prevozu ljudi in blaga. A takšno pojmovanje ni trajalo dolgo. Že v osemdesetih letih, v obdobju tako imenovanega novega urbanizma in trajnostnega načrtovanja mest se je obudil prvotni pomen prometnic, to je socialni, gospodarski in oblikovni. Morda so prometnice modernega mesta bolj raznolike kot drugačne, tako kot je bolj raznolika tudi struktura modernega mesta v primerjavi s tistim iz začetka prejšnjega stoletja.

Gerhard Curdes za prometnice in okoliška zemljišča, vključno z objekti, uporablja termin »linearni prostor« (Curdes 1993, 122), ki je krovni pojem za vse oblike prometnic, vključuje pa cestišče in površine ob njem. Linearni prostor nastaja z dodajanjem objektov ob prometnico, kar omogoča vključevanje ljudi v prometne tokove. Obsega tudi javne odprte površine ob prometnicah, ki rahljajo strnjeno pozidanost, ustvarjajo podobo ulice, mnogi med njimi ustvarjajo kraje posebnega pomena. Sicer je linearnim prostorom mogoče pripisati še druge lastnosti: samo skrajne reliefne oblike onemogočajo njihovo širjenje. Topografskim lastnostim terena se zlahka prilagaja v obliki ovinkov, predorov, nadvozov in drugih gradbeno tehničnih rešitev. Zgradba in oblika linearnih prostorov je tesno povezana z razvojno stopnjo tehnike, pa tudi s stopnjo gospodarske in družbene razvitosti. To je najbolj očitno, če primerjamo strukturo prometnic iz različnih obdobj človeške zgodovine. V srednjeveških mestih, ko je potekal promet s konji in vozovi, največ je bilo pa pešcev, si bile prometnice zelo drugačne od tistih, ki so prilagojene motornemu prometu. Oblika prometnice je tudi tesno povezana z njeno funkcijo; vpadnice, obvoznice so zasnovane drugače, kot trgovske ulice in sprehajalne poti.

3. Nekaj osnovnih lastnosti prometnic

»Kot lastnost objekta načeloma pojmujeemo tiste posebnosti, ki izražajo stalnost in nespremenljivost nasproti subjektu, ki imajo materialni značaj ali jih je mogoče materializirati ter tiste, ki trajno in vedno na isti način zaznamujejo dotični objekt«, piše Eva Reblin in dodaja še bolj razčlenjeno obliko te splošne definicije, po kateri je mogoče lastnosti objekta razdeliti na tiste, ki se nanašajo na videz in obliko objekta ter tiste, ki se nanašajo na vsebino, to je na pomen in funkcijo objekta (Reblin 2012, 187). Upošteva se takšno pojmovanje lastnosti, je mogoče za prometnice navesti naslednje:

Lastnosti, ki se nanašajo na videz in obliko:

- Obdanost v smislu obzidanosti: prometnica, mišljena je tista v naseljih, je objekt, ki ga obdajajo drugi objekti; prometnico v veliki meri določajo prav objekti, ki jo obdajajo. Samo cestišče ni edina lastnost prometnice, temveč je bistvenega pomena okoliška zazidanost. V tem smislu razlikujemo obzidane dele prometnice, delno obzidane in neobzidane dele prometnice. Relevantni so

še tip, oblika in starost objektov, pa tudi njihova umeščenost v prostor, to je oddaljenost od prometnice in položaj objekta ob prometnici.

- Stalnost v smislu nepremičnosti; ko je prometnica zgrajena, se njen potek le v redkih primerih spreminja, pogosteje se druge prostorske ureditve prometnici prilagajajo. Kazalnik, ki ponazarja to značilnost je leto izgradnje objektov ter nastanek prometnice in okoliškega prostora v preteklosti. V ta namen skušamo rekonstruirati gradbeni razvoj ob prometnici, pri čemer so zanesljiv vir stari kartografski prikazi ali mestni načrti, za natančnejši prikaz pa je potrebno poseči po gradbeni dokumentaciji za posamezen objekt.
- Trajnost v smislu nespremenljivosti; prometnice so razmeroma trajni objekti v prostoru. Seveda se prenavljajo, dograjujejo, prilagajajo razmeram časa, a v osnovnih potezah ostajajo takšne, kot so bile zasnovane ob nastanku. Zaradi trajnosti in nespremenljivosti pridobijo lastno identiteto, postanejo pričevalec razmer v preteklosti in hkrati pričevalec sprememb in razvoja urbanizma, arhitekture, tehnike gradnje; svojevrsten muzej na prostem. Gre za dialektično razmerje med trajnostjo (grajene strukture) in spremenljivostjo (prenova objektov, spreminjanje namembnosti objektov, urejanje prečnega profila in urbane opreme na vozišču).
- Enkratnost v smislu neponovljivosti; vsaka prometnica je unikat, ni mogoče izgraditi/urediti dveh enakih, tako kot je mogoče zgraditi dve enaki stanovanjski hiši. Zato ima vsaka prometnica lastno, neponovljivo identiteto in značaj (ki pa ju je mogoče razvijati in nadgrajevati).
- Večmodalnost (večobraznost) v smislu različnih vsebin; prometnica je večpomenski prostor. Omenili smo že, da je prometnica del tehničnega – infrastrukturnega sistema, katere namen je omogočiti dostopnost do vsakega objekta na območju ter čim večjo pretočnost tega sistema. Prometnice imajo estetsko dimenzijo, določajo podobo mesta in identiteto predela, ki ga prometnica prečka. Prometnice imajo pomembno socialno dimenzijo, so prvovrstni socialni prostori, dejavnik razlikovanja in povezovanja socialno različnih in podobnih ljudi. Prometnice so tudi gospodarski prostori – dejavnosti ob njih so temelj ekonomije mesta, število in vrsta gospodarskih dejavnosti ob posamezni prometnici določa njun značaj. Ne nazadnje, prometnice so poseben ekosistem, vir onesnaženja zraka, vir hrupa, segrevanja ozračja. Med elementi, ki kažejo večmodalnost prometnic izpostavljamo tako imenovano urbano opremo, to so objekti in naprave namenjene udeležencem v prometu – voznikom in pešcem. Sem sodijo informacijske table, prometa signalizacija, zelene površine, klopi za posedanje, ulične svetilke, koši za smeti, talne oznake za slabovidne, klančine za osebe, ki se težje gibljejo in podobno.
- Generativnost v smislu potenciala za nastanek novih socialnih in ekonomskih prostorov. Takšni kraji nastajajo ob dobro dostopnih točkah znotraj prometnega omrežja. Dostopnost pa je posledica konfiguracije omrežja in oblike prometnic. Konfiguracija omrežja tako določa dostopnost in posredno razmestitev dejavnosti ter javnih odprtih prostorov. »Mesta obstajajo, kraji pa nastajajo«, ta pojav označuje Dieter Frick (Frick 2006, 65).

Lastnosti, ki se nanašajo na pomen in funkcijo:

- Namembnost, prometnice predvsem pa okoliški objekti, posedujejo številne dejavnosti. Če je koncentracija dejavnosti velika, se to odraža tudi na tipu objektov in obliki prometnice. Struktura trgovske ulice se zato razlikuje od stanovanjske. Glede na prevladujočo dejavnost ob prometnici ločimo stanovanjske, trgovske, industrijske, upravne prometnice. Takšna klasifikacija

je primerna zgolj v velikih mestih, kjer dejavnost vpliva na tip okoliških objektov in obliko prometnice. V malih mestih so tako specializirane prometnice zelo redke.

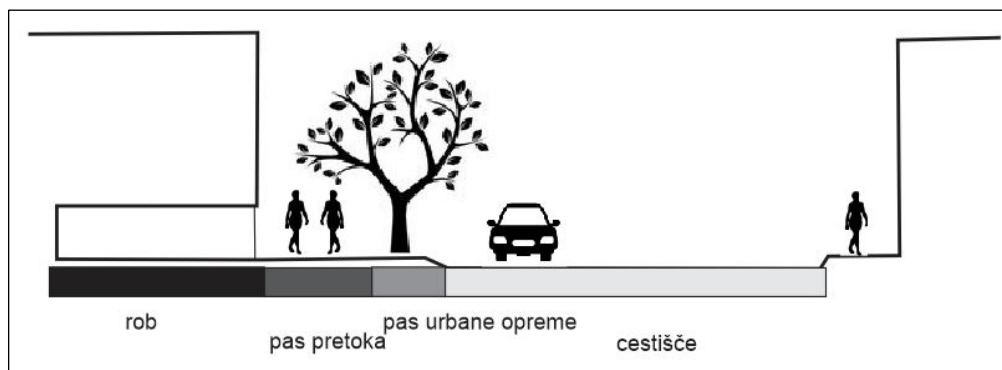
- Pretočnost, osnovni namen prometnic je omogočanje pretoka ljudi, blaga in vozil. Obseg prometa, izražamo ga s številom vozil v časovni enoti (običajno v enem dnevu ali v eni uri), je povezan s prečnim in vzdolžnim profilom prometnice, torej z obliko prometnice in položajem v omrežju. V tem smislu razlikujemo primarne, sekundarne in terciarne prometnice, oziroma vpadnice, tranzitne ceste, dovozne poti; tovrstnih klasifikacij je veliko. A v številnih delih lahko zasledimo, da je pretočnost oziroma gibanje pravzaprav oblika doživljanja naselja (Lynch 1980, Curdes 1993). Pri tem so udeleženi vsi, ki med vožnjo doživljajo prometnico in okolico, torej ne samo vozniki motornih vozil, tudi sopotniki v osebnih avtomobilih, motoristi, kolesarji, pešci, potniki v sredstvih javnega prometa.
- Socialna raznolikost, dejavnosti ob prometnici so lahko vzrok socialni diferenciaciji, ali z drugimi besedami, dejavnosti ob prometnici uporabljajo prebivalci določenih socialnih lastnosti. Te se lahko nanašajo na etnično pripadnost ali obdobje življenja (starost), najpogosteje pa na socialni položaj. Predvsem v velikih mestih so prometnice, bolj linearni prostori, socialno dokaj homogena območja. Kazalniki, ki jih najpogosteje uporabljamo za prikazovanje te lastnosti so: število in gostota prebivalcev, narodnostna in starostna sestava ter materialni položaj gospodinjstev ali socialna pripadnost. Seveda so relevantni tudi drugi kazalniki s socialno vsebino, pač odvisno od namena in konteksta prikaza.
- Odprtost, prometnice so javni odprti prostori, dostopni vsem ljudem. S tem so povezane javne dejavnosti, pretočnost in kraji posebnega pomena. Pri določenem tipu prometnic, na primer pri avtocestah, je odprtost omejena zgolj za določene vrste udeležencev v prometu. Pri prometnicah v mestu pa odprtost ustvarja višjo stopnjo urbanosti, saj omogoča intenzivnejše socialno delovanje ter oblikovanje atraktivnih ambientov. V modernih mestih se pojavljajo tudi zaprti predeli (zaprte stanovanjske soseske, angl. gated communities),

4. Sestavni deli linearnega prostora

Prometnica, bolj linearni prostor, ni enovit morfološki element. Sestavlja ga več delov, ki se med seboj razlikujejo po namembnost in oblikovnih posebnostih. V prečnem profilu lahko prepoznamo naslednje sestavne dele:

- Cestišče, vozni pas za motorna vozila (cestišče) ter vozni pas za kolesarje
- Pas urbane opreme, to je del ob vozišču, kjer se nahaja prometna signalizacija, informacijske table, ulične svetilke, zelenice, klopi za posedanje, koši za smeti in podobno.
- Pas pretoka ljudi ali pločnik, ta del prometnice se lahko deloma prekriva s pasom urbane opreme.
- Rob linearnega prostora, to je predel ob pločniku in je lahko grajen ali negrajen. Vsekakor gre za pas, ki pri grajenem robu vključuje tudi objekte, pri negrajenem pa del zemljišč, ki obdajajo prometnico in jih prekriva vegetacija, ali gre za kmetijska zemljišča ali nezazidana stavba zemljišča.

Seveda vse prometnice nimajo enakih sestavnih delov oziroma enakega prečnega profila, niti si posamezni pasovi ne sledijo v istem zaporedju.



Slika 1: Sestavni deli prometnice.

5. Vsebine spoznavanja linearnega prostora

Prometnice oziroma linearni prostori obsegajo, kot smo nakazali v začetku, več pomenov, zato jih je tudi spoznavati mogoče iz različnih zornih kotov, v vsakem je izpostavljena drugačna vsebina. Navajamo nekaj možnih: prometnice so člen v infrastrukturnem sistemu, del prometnega omrežja. Ta vidik vključuje predvsem tehnične lastnosti prometnice, povezane s pretočnostjo in frekvenco prometa, lastnosti prečnega in vzdolžnega profila. Naslednja vsebina prometnic je socialna; prometnice so socialni prostori, na katerih se zadržujejo različne socialne skupine. V tem sklopu je relevantna tudi časovna razporeditev ljudi, ki se na določeni prometnici zadržujejo. Naslednji vidik je ekonomski; struktura dejavnosti ob prometnicah je pokazatelj gospodarskega pomena prometnice v mestu, pa tudi o njeni identiteti. Morfološki vidik izpostavlja zgradbo in obliko prometnice oziroma linearnega prostora. Ta vidik vključuje predvsem oblike zazidanosti ter strukturne značilnosti prometnice, tudi njeno estetsko dimenzijo. Ne nazadnje, prometnica je svojevrsten ekotop, vir onesnaževanja ozračja zaradi izpušnih plinov, svetlobnega onesnaževanja, hrupa, slanih odcednih vod, ki se stekajo v podtalnico ob soljenju vozišča v zimskem času, spreminjanju flore in favne v njihovi bližini.

Prometnico je mogoče obravnavati tudi iz bolj prostorskega vidika, na kar navaja že sam naziv »linearni prostor«. V tem pogledu ločimo tri vidike:

- Prometnica kot element grajene strukture mesta ali dela mesta; pri tem gre za prikaz pomena prometnice v prostorskem razvoju mesta ali dela mesta ter njene vloge v prometnem omrežju mesta ali dela mesta. Težišče prikaza je na prostorskem razvoju mesta oziroma širše okolice prometnice ter na prikazu razvoja prometnega omrežja oziroma izgradnje prometnice. Kazalniki, ki jih pri tem upoštevamo so starost objektov, faze izgradnje prometnice ter njena vloga v prometnem omrežju mesta.
- Prometnica kot enota; pri tem upoštevamo prometnico kot enovit, nedeljen ali slabo strukturiran morfološki element. Na ta način prikazujemo prometnico kot element prometno tehničnega omrežja, pri čemer uporabljamo podatke o strukturi in frekvenci prometa, število vozil po časovnih enotah ter lastnosti prečnega in vzdolžnega profila. Prometnico kot enoto upoštevamo tudi, kadar obravnavamo njeno identiteto, medijsko podobo, demografske in ekonomske razmere (recimo gostoto prebivalcev in delovnih mest ob prometnici), kadar

uporabljamo tipološke oznake (vpadnica, nakupovalna cesta), vsakič, ko sporočila ni mogoče omejiti na določen del prometnice.

- Prometnica kot zbir objektov; pri tem pristopu gre za prikaz morfoloških lastnosti linearne prostora. Rezultat analitične obdelave posameznih delov linearne prostora vodi v opredeljevanje delov prometnice s podobnimi značilnostmi, vrednotenje morfoloških elementov, problematiziranje njihovih lastnosti ter strukturni prikaz območja. Kazalniki, ki jih pri tem upoštevamo se nanašajo na obzidanost prometnice, starost in tip objektov, dejavnosti, ki se v objektih nahajajo, nabor in lastnosti urbane opreme, vrsto in obliko zelenih površin, opredelitev javnih odprtih površin, trgov, križišč, predprostorov posameznih objektov, identitetne objekte in kraje posebnega pomena.

6. Metoda dela

Grajeno strukturo mesta običajno obravnavamo z morfološko analizo. Gre za metodo, ki sloni na treh izhodiščih: 1) obstaja celota, v kateri je mogoče prepoznati sestavne dele, v besedilu jih imenujemo elementi, 2) enaki sestavni deli iz različnih celot so med seboj podobni, ker imajo podobno funkcijo, 3) sestavne dele je, glede na njihovo obliko, zgradbo, pomen ali funkcijo, mogoče razvrstiti v skupine – tipe ali zaporedja. Domet morfološke analize je ugotoviti elemente, ki celoto sestavljajo in prikazati (opisati) njihove značilnosti. Značilnosti elementov določa kontekst interpretacije, ta pa je povezan z vsebino vede, znotraj katere so elementi in celota obravnavani. V (urbani) geografiji skušamo z opisom odgovoriti na vprašalnice, ki so sicer jedro geografske vede, to so: kaj (je v prostoru), kje, kolikšno, kakšno, kdaj in kdo. Pri iskanju odgovorov na ta vprašanja smo podatke pridobili z opazovanjem in kartiranjem objektov ob Ptujski cesti, kot osnovnima metodama. Lastnosti elementov v preteklosti ugotavljamo s tako imenovano retrogradno metodo, kjer iz različnega slikovnega in kartografskega gradiva poskušamo rekonstruirati razvoj obravnavane celote (prometnice v našem primeru) ali stanje v določenem preteklem obdobju. Uporabili smo stare kartografske prikaze, urbanistične dokumente ter fotografije, ki jih hrani Pokrajinski arhiv Maribor. Pri spoznavanju celote in posameznih elementov je potrebna še kompilacija gradiva, ki se kakorkoli nanaša na obravnavani pojav. O Ptujski cesti sicer ni veliko gradiva, zgodovinski vidik je še najbolj obdelan.

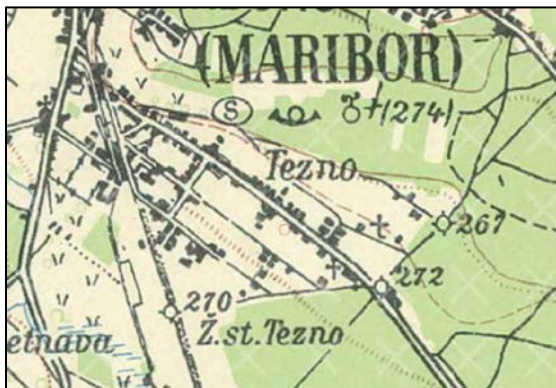
7. Pogled na Ptujsko cesto v Mariboru iz vidika urbane morfologije

Ptujska cesta je prometna pot, ki iz vzhodnega dela Dravskega polja dovaja promet proti središču Maribora. Je osnovna prometnica na Teznem, nanjo se navezujejo vse druge prometnice, ki so speljane po stanovanjskem in industrijskem predelu Tezna. Obravnavamo jo od križišča s Titovo cesto do križišča z Avtomobilsko in Panonsko ulico, to je v dolžini približno tri kilometre. Ptujška cesta je posebna v primerjavi z drugimi vpadnicami v mesto; iz nekdanje poljske poti je nastala primarna mestna vpadnica šele v drugi polovici prejšnjega stoletja. Tudi predel po katerem je speljana, je bil pozidan v istem obdobju in to po načelih, ki slonijo na funkcionalizmu, ideji avtomobilskega mesta in visoki stopnji motorizacije.

7.1 Značilnosti Ptujške ceste na nivoju mesta

Na vojaškem zemljevidu iz 18. stoletja (Rajšp, Kološa 2000), sta preko Tezna speljani dve prometnici proti Miklavžu. Ena poteka ob ježi terase nad Stražunskim gozdom, druga pa nekoliko zahodneje, približno po trasi današnje Ptujške ceste. Zahodna pot se nekoliko pred križiščem z današnjo Tržaško cesto priključi k

vzhodni poti, ta pa se na prometnico, ki iz Maribora vodi proti jugu, današnja Tržaško cesto priključi v križišču, ki je bilo v uporabi do leta 1980, ko je bila izgrajena hitra cesta skozi mesto. Iz karte je razvidno, da je Tezno v tistem času preraščal gozd, zahodni del so prekrivale gmajne in kmetijska zemljišča, območje pa ni bilo poseljeno. Do začetka 20. stoletja se razmere niso bistveno spremenile. Ob zgornjem delu zahodne prometnice je nastalo nekaj stanovanjskih hiš, nekaj še v bližini železniške proge in železniške postaje. A Tezno je takrat bilo zunaj upravne meje mesta, kjer so se naseljevali predvsem priseljenci iz podeželja, ki so v mestu našli zaposlitev. Kot piše Jože Curk, je bilo gradbeno nezanimivo (Curk 1991, 535), mesto se je širilo predvsem na levem bregu Drave, na desnem bregu pa na Taboru in Studencih, v manjši meri še na Pobrežju. V času med obema svetovnjima vojnama so se na Teznu pričele množiti stanovanjske hiše. Razvoj je bil povsem stihijski, iz tega obdobja ni znan noben regulacijski načrt, ki bi urejal stanovanjsko gradnjo. Hiše so nastajale ob glavni prometnici in ob uličicah, prvotnih poljskih poteh, ki so se odcepljale na obe strani od glavne ceste. Več hiš je bilo na zgornjem delu Ptujске ceste, z oddaljevanjem od mesta pa jih je bilo vse manj. Na topografski karti iz leta 1936 je mogoče razbrati skupino hiš ob zgornjem delu Ptujске ceste, v širši okolici (današnje) ceste Heroja Nandeta in v bližini nekdanje tovarne TAM. Ptujška cesta je bila v tistem času tlakovana tako kot ostale vpadnice. Cesta je bila še brez mestnega značaja, običajna podeželska cesta.



Slika 2 (levo): Tezno na vojaškem zemljevidu iz 18. stoletja.

Slika 3 (desno): Tezno na zemljevidu iz leta 1936.

Vir: Rajšp, Kološa, 2000; Medmrežje 1.

Razmere so se začele spreminjati po letu 1941, ko so Nemci na robu mesta, v gozdu med železnico in Ptujsko cesto zgradili tovarno delov za letala (Curk 1991, 555). V bližini so postavili še barake za zaposlene. Leta 1947 je bila sprejeta odločitev, da se tovarna ohrani in obnovi ter preusmeri v proizvodnjo tovornih vozil. Hkrati z dograditvijo proizvodnih objektov, je bila izgrajena še šola za delavce kovinske stroke (nekdanji IKŠ – industrijsko kovinarska šola), razvojni inštitut za razvoj motornih vozil ter rekreacijsko območje za gojence srednje šole. Ta odločitev je odločilno posegla v razvoj tega dela mesta. Leta 1947 je bil izdelan urbanistični načrt za predel Tezna, saj je bilo v skladu s takratno doktrino urejanja mest, v bližini proizvodnih obratov potrebno zgraditi še stanovanja za zaposlene. In ker je

bilo na Teznem več proizvodnih obratov, poleg TAMA še Metalna, je bilo potrebnih veliko stanovanj za zaposlene. Urbanistični načrt imenovan AVNA, katerega avtor je bil Ljubo Humek, je razvoj tega dela mesta zasnoval na podlagi Lubetkinovega koncepta trakastega mesta (Škratek 2020, 54). Ogrodje tega koncepta tvori prometnica, vzdolž katere so na obeh straneh razmeščene urbane dejavnosti – stanovanja, proizvodnja, centralne dejavnosti, zelene površine. Rezultat je pas – trak urbanih površin, za katerimi se širijo nepozidana zemljišča oziroma deli naravnega okolja. Takšen urbanistični koncept Tezna se je ohranil v vseh poznejših urbanističnih obdelavah mesta. Po tej zamisli so ob celotni potezi na vzhodni strani Ptujске ceste umeščene centralne dejavnosti, za njimi pa stanovanja, večinoma v obliki blokovnih stanovanjskih sosesk. V pasu med Ptujsko in Zagrebško cesto so prav teko po celotni dolžini, zemljišča namenjena centralnim dejavnostim, zahodno od Zagrebške ceste pa proizvodnim dejavnostim. Takšna zasnova je zelo »čista«, pregledna, povsem v skladu s funkcionalistično idejo urejanja mest, kakršna je prevladovala v Mariboru v drugi polovici prejšnjega stoletja. Ptujška cesta je postala ena od šestih vpadnic in osrednja prometnica v tem delu mesta. A tak koncept je prometnico spremenil v prostor, namenjen zgolj motornemu prometu; ob celotni trasi ni enotnega grajenega roba, niti morfološko prepoznanega javnega odprtega prostora, socialna in oblikovna vloga prometnice ni izpostavljena. Takšna prometnica ni več polifunkcionalni prostor, temveč prostor, namenjen pretoku ljudi in blaga. Vrvež pešcev in nemotoriziranih udeležencev prometa je umaknjen v stanovanjska območja in med industrijske obrate. Deloma je to posledica urbanističnega koncepta, po katerem bi naj bile stanovanjske soseske zaprte enote, orientirane navznoter, promet pa je preusmerjen na zmožljive prometne koridorje zunaj stanovanjskih območij. Dejansko poteka vzporedno s Ptujsko cesto več prometnic; Zagrebška cesta napaja industrijski predel in predel storitvenih dejavnosti, v stanovanjskem delu Tezna pa je lokalnih prometnic, nekdanjih poljskih poti, več (Prvomajska in Prekmurska ulica, Ulica heroja Nandeta).



Slika 4: Tezno leta 1967. Ob Ptujški cesti je bilo le nekaj hiš delavcev in obrtnikov.
Vir: Fotomozaik mesta Maribor, ZUM (hrani PAM)

V stanovanjskem delu Tezna so bile zgrajene velike blokovne stanovanjske soseske ter soseske enodružinskih stanovanjskih hiš, ob čemer se je število prebivalcev zelo povečalo. V industrijskem delu Tezna so do leta 1985 nastala številna nova podjetja, industrijska cona je bila do spremembe družbenega sistema, to je do 90-tih let, največji industrijski kompleks v mestu. Konec 80-tih let je bila zaradi povečane motorizacije in prometa izgrajena hitra cesta skozi Maribor, ob tem pa nov priključek na Ptujsko cesto. Ob tem je bilo na zgornjem delu Ptujске ceste izgrajeno veliko križišče in nov odsek ceste do navezave na Tržaško cesto (Slika 5). Ostanek prvotnega križišča in začetek prvotne Ptujске ceste je od takrat slepa ulica. Zaradi odmaknjenosti in slabše dostopnosti so nekdanje dejavnosti ugasnile, sem so se preselili ljudje iz spodnjega dela socialne lestvice in priseljenci iz drugih delov nekdanje Jugoslavije. S spremembo trase prometnice so se tako povsem spremenile še socialne in ekonomske razmere. V 90-tih letih je bila Ptujска cesta v celotni dolžini preurejena v štiripasovnico. Ob tem je bilo več priključkov lokalnih (dovoznih) cest ukinjenih, te so sedaj »slepe« ulice (Bolgarska, Ukrajinska, Murnova, Ratajčeva, Dobravska, Domnova ulica).

7.2 Ptujска cesta kot enota

V tem sklopu prikazujemo nekatere lastnosti Ptujске ceste, če jo opazujemo kot enovit morfološki element. Oznake, ki se nanašajo na celotno obravnavano traso lahko združimo v naslednje značilnosti:

Položaj v prometnem omrežju mesta

Ptujска cesta je primarna prometnica, ki skupaj s Cesto proletarskih brigad prečkata mesto v smeri vzhod – zahod. Navezuje se na obe glavni prometnici, ki potekata v smeri sever – jug. Dnevno jo prevozi več kot 20.000 motornih vozil (Medmrežje 3), kar povzroča veliko obremenitev s hrupom v neposredni okolici (Medmrežje 2) in vpliva na vrsto dejavnosti ob prometnici. Gostemu prometu primeren je prečni profil prometnice. Cesta je štiripasovna, z ločeno kolesarsko potjo in hodnikom za pešce, po sredini je urejen zeleni pas. Prevozna je za vse vrste vozil, vključno za vozila javnega potniškega prometa. Vsa križišča so semaforizirana, z ločenim pasom za zavijanje v levo urejena sta tudi dva podhoda za pešce. Tudi pas urbane opreme je na celotni trasi bogat. Vzдолžni profil prometnice je enostaven; cesta je ravna, le na sredini trase se rahlo ukrivi proti jugojugovzhodu. Zanimivo, da je ta sprememba smeri obstajala že v 18. stoletju, kot je razvidno na kartografskih upodobitvah tistega časa. Posledica križanja s hitro cesto je spremenjena trasa pred križiščem s Tržaško cesto ter trije vozni pasovi na obeh straneh ceste.

Je ena od najpomembnejših mestnih vpadnic. O tem govorijo številke o povprečnem letnem dnevnem prometu vozil, pa tudi dejavnosti ob prometnici. Pri tem močno izstopajo bencinski servisi, prodajalne z osebnimi vozili in hipermarketi, dejavnosti, ki so namenjene motoriziranim kupcem. Po drugi strani pa je ob prometnici zelo malo oskrbnih in storitvenih dejavnosti, ki so namenjene prebivalcem iz okoliških sosesk. Ptujска cesta je predvsem »monofunkcionalni prometni koridor«, kot to imenujeta Schmeidler in Kopáčík (Schmeidler in Kopáčík 2000, 79).

Identiteta

Prometnica brez identitete? Naziv je najbrž pretiran, a ob poizvedovanju med prebivalci Tezna o identiteti glavne prometnice, nismo dobili veliko enoznačnih odgovorov. Vsaka večja prometnica ima svojo identiteto, ki je posledica položaja, vloge v prometnem omrežju, dejavnosti ob prometnici, markantnih (identitetnih) objektov in dogodkov iz preteklosti. Vprašanja, kaj najbolj zaznamuje Ptujска cesto,

kakšno asociacijo sproža misel na to prometnico in kako bi bilo mogoče z eno besedo označiti Ptujsko cesto, smo zastavili 76 stanovalcem Tezna. Dobili smo le 39 odgovorov, kar lahko pomeni, da slabi polovici vprašanih Ptujška cesta ne vzbuja nobene asociacije, povezane z njihovim bivalnim okoljem. Med odgovori pa je bilo največ takšnih, ki Ptujško cesto povezujejo s položajem v prometnem omrežju mesta (velik promet – 21 odgovorov, glavna cesta – 17 odgovorov), s položajem v mestu (Tezno – 9 odgovorov, cesta k TAMu – 7 odgovorov), nekaj odgovorov pa se je nanašalo na lastnosti in dejavnosti ob prometnici (hrup in hitrost – 4 odgovori, trgovine z avtomobili – 3 odgovori, bencinske črpalke – 2 odgovora). Pomenljivo je, da med odgovori ni nobenega, ki bi izpostavljajal socialni in simbolni vidik prometnice. Večina vprašanih vidi in dojema Ptujško cesto kot prometni objekt.



Slika 5: Križišče Ptujške ceste s Tržaško leta 1980 in 2020.

Vir: Fototeka PAM – Ptujška cesta; avtor fotografije (desno): V. Drozg, oktober 2020

Nočna podoba linearnega prostora

Ob Ptujski cesti ni veliko objektov, ki bi delovali kot vizualni poudarki, ustvarjali veduto in posredno tudi identiteto ulice. Zato tudi nočna podoba ni prav slikovita. Poleg nevtralne osvetlitve, ki je namenjena motornemu prometu in drugim udeležencem, se pojavlja zgolj izstopajoča osvetlitev trgovskih, gostinskih in drugih poslovnih objektov. Okrasne in usmerjene osvetlitve na celotni trasi ni. A ker je svetlobnih teles veliko in so raznovrstnih oblik ter barv, prometnica deluje svetlo, pisano, oblikovano.



Slika 6 (levo): Ptujška cesta je osvetljena z nevtralno in izstopajočo osvetlitvijo.

Slika 7 (desno): Pročelje trgovskih objektov je usmerjeno stran od prometnice.

Avtor fotografij: V. Drozg, avgust 2020

Prebivalci in delovna mesta

Število prebivalcev in število delovnih mest sta relevantna kazalca pri spoznavanju prometnic predvsem iz socialnega in okoljskega vidika, a posredno tudi iz morfološkega. Razmerje med številom prebivalcev in številom delovnih mest kaže na gospodarski značaj prometnice. Če je prebivalcev več kot delovnih mest, govorimo o stanovanjski cesti, v nasprotnem primeru pa o nakupovalni, poslovni, industrijski. Težava pri tem so podatki, pa tudi način, kako jih prikazati; ali z absolutnimi vrednostmi ali kot gostoto, pri čemer je problematično še območje prikaza. Podatke za Ptujsko cesto smo zbrali deloma z vprašalnikom, nekatere smo preračunali iz urbanističnih normativov, nekatere pa ocenili. Ugotovili smo, da je ob Ptujski cesti število prebivalcev zelo malo, zato cesta tudi nima socialnega značaja. Tudi delovnih mest ni prav veliko, čeprav je gospodarskih dejavnosti veliko in zavzemajo več prostora. Številne med njimi zavzemajo velike površine, hipermarket s funkcionalnim zemljiščem zavzema približno 1 ha površine, podobno tudi trgovina z avtomobili, kar je tudi eden od razlogov, zakaj so te dejavnosti umeščene na rob oziroma v širše središče mesta. Glede na število prebivalcev, Ptujске ceste ni mogoče opredeliti kot stanovanjsko, temveč kot trgovsko prometnico. Kot bo pokazano v nadaljevanju, je veliko gospodarskih subjektov dejavnosti iz sektorja trgovine (Slika 20).

7.3 Ptujска cesta kot zbir objektov

Prometnico lahko pojmuјemo kot linearni prostor, ki poleg vozišča vključuje še okoliške objekte oziroma zemljišča in ga sestavlja več morfoloških elementov. V nadaljevanju prikazujemo tiste, ki določajo videz in strukturne značilnosti linearneга prostora Ptujске ceste.

Starost in tip objektov

Obliko prometnice določa okoliška zazidava, tudi dejavnosti in oblike prometa, piše Eva Reblin (Reblin 2012, 185). Najstarejši objekti ob Ptujski cesti so iz 19. stoletja, čeprav je bil že vsaj sto let prej obzidan del Ptujске ceste na območju, kjer se je cesta odcepila od današnje Tržaške. Od prvotnih objektov jih je ostalo le nekaj, ostali so bili odstranjeni med gradnjo križišča s hitro cesto. Nekaj najstarejših objektov se pojavlja še na levi strani prometnice (gledano proti vzhodu), skoraj po celi dolžini trase. Gre za tip modificirane kmečke hiše, katere posebnost je v stanovanje preurejeno podstrešje. Na ulični strani se zato nahaja frčada, na dvoriščni strani pa je pogosto prizidek z dodatnim bivalnim prostorom. Večina teh hiš je precej spremenjenih, zamenjana so okna, obnovljene fasade (ob čemer je bilo odstranjeno stavbno okrasje), tudi vhod je pogosto prestavljen na dvoriščno stran. Te hiše so gradili obrtniki ali zaposleni v mestu. Pritličje je bilo običajno namenjeno delavnici ali trgovini, v nadstropju pa so bili bivalni prostori. Pogosto so lastniki zgornje prostore oddajali v najem. Še sredi prejšnjega stoletja je bilo takšnih hiš veliko več, a so bile ob širitvi ceste tiste na zahodni strani porušene. Naslednji tip hiše je delavska hiša. Tudi ta ni prav pogost, pojavlja se le mestoma, kot posamezni objekt ali v malih skupinah po dva ali tri. Večje skupine teh objektov so v zaledju, na obeh straneh Ptujске ceste. To je majhna enodružinska hiša, pritlična, s strmo streho, brez oblikovnih presežkov, stavbnega okrasja je malo, po obliki spominjajo na kmečko hišo. Gradili so jih delavci, ki so bili zaposleni v mestu ali pri bližnjih obrtnikih. Nastale so v času med obema vojnoma, torej med leti 1920 in 1940. Danes so večinoma preurejene, tako da na prvotni tip spominjata le še tloris in strma dvokapna streha. Nekaj objektov sodi v tip mestne enostanovanjske hiše. Hiša je običajno enonadstropna, z dvo- ali štirikapno streho. Nekoliko spominja na vilo, vendar je brez stavbnega okrasja in brez lomljene strehe ter izzidkov, kar so

značilnosti vile. Tudi ta tip se pojavlja zgolj mestoma, ne v večjem številu ali na zaključenih območjih. Med enostanovanjskimi hišami se pojavlja še tip nove mestne hiše. To je enoetažna hiša, s položno streho, volumen je podoben kocki, značilen je balkon, vetrolov, malo stavbnega okrasja, pogosti so tudi prizidki. Te hiše so bile zgrajene v 70-tih letih in pozneje, v njih so pogosto storitvene dejavnosti. Najbolj razširjen tip objektov je paviljon. Gre za nestanovanjski objekt, v katerem so običajno trgovine, bencinski servisi ali poslovni prostori. Značilno so svetle, običajno steklene fasade, ki so hkrati izložbena okna, pritličje, ravna streha, na objektu je veliko stekla in kovine. Veliko paviljonov je tipskih objektov, ki so tudi prepoznavni znak nekaterih gospodarskih subjektov. Peter Wilson jih hudomušno imenuje »pločevinaste škatle« (Wilson 1995, 17). Ti objekti so nastali po letu 2000. Med večstanovanjskimi objekti je najbolj pogost blok. To je večnadstropni objekt, namenjen stanovanjem ali poslovnim dejavnostim. Večinoma je z ravno streho, čeprav so v obdobju postmoderne, to je med leti 1980 in 1995 nastajali tudi bloki z dvokapno streho. Značilen je velik volumen, beton, kovina in steklo, nesimetrično razporejene fasadne odprtine, bloku ni mogoče določiti sprednje in zadnje fasade, saj so vse praviloma enake ali zelo podobne. Blok kot (ne)stanovanjski objekt se je pojavil v drugi polovici prejšnjega stoletja in je še danes enako pogost tip objekta, kot je bil ob začetku. Z leti se je spreminjala zasnova, predvsem pa oblika bloka, a v osnovi se je ta tip objekta ohranil. Zato se ob Ptujski cesti, še več pa v neposredni bližini, pojavlja več različic bloka, ki izhajajo iz različnih obdobj izgradnje (dolgi, kratki zalomljen blok).



Slika 8 (levo): Modificirana kmečka hiša iz začetka 20. stoletja. Značilna je v stanovanje preurejena podstreha.

Slika 9 (desno): Mestna hiša iz 30-tih let prejšnjega stoletja. V pritličju je bila trgovina ali obrtniška delavnica.

Avtor fotografij: V. Drozg, september 2020



Slika 10 (levo): Paviljonski objekt ene od trgovskih verig, izgrajen po letu 2000.

Slika 11 (desno): Paviljonski objekt iz 80-tih let, v ozadju bloki iz soseske S-37.

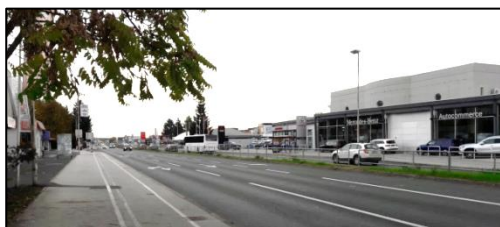
Avtor fotografij: V. Drozg, september 2020

Ugotovimo lahko, da so tipi objektov ob Ptujski cesti zelo pomešani, drug ob drugem si sledijo objekti iz različnih obdobj, morfološko enovitega dela linearne prostora pravzaprav ni. Še največje je sklenjeno območje paviljonskih objektov (!) iz obdobja izgradnje blokovnih stanovanjskih sosesk ter paviljonov - trgovskih objektov, ki so nastali po letu 2000. Podobno velja tudi za območja objektov po starosti, čeprav je, glede na to, da je večina stavb iz zadnje četrtine preteklega stoletja, linearni prostor bolj enovit (Slika 18).

Obzidanost prometnice

Pomembna lastnost linearne prostora je položaj objektov ob prometnici ali obzidanost oziroma rob linearne prostora. Že Kevin Lynch je rob videl kot ključni element oblike prometnice in mesta (Lynch 1988). Rob je lahko grajen, kar pomeni, da prometnico omejujejo grajene strukture, lahko je negrajen, takega tvorijo nezazidana zemljišča ali zelene površine, med eno in drugo obliko je delno grajeni rob. Grajeni rob je lahko sklenjen ali prekinjen; v tem primeru je med objekti nezazidano zemljišče. Pri negrajenem robu pa je potrebno ločiti urbano namembnost okoliških zemljišč, to so recimo parkovne površine in neurbano namembnost, kar predstavljajo kmetijska zemljišča ali opuščena nezazidana zemljišča. Pomemben element grajenega roba je višina objektov oziroma razmerje med višino objektov in širino prometnice (cestišča). Če so objekti višji od širine prometnice, govorimo o visoki, v nasprotnem primeru pa o nizki obzidanosti. Podoba ulice je v enem in drugem primeru zelo različna, kar je, kot navaja Lynch, eden od znakov mestnosti.

V večjem delu Ptujsko cesto obdaja grajeni rob, a ta ni strnjen, saj objekti ne stojijo eden zraven drugega, temveč jih ločujejo funkcionalne površine. Objekti tudi ne omejujejo prometnice, temveč so od nje odmaknjeni, vmes je širok pas urbane opreme in pretoka ljudi in, kar se pogosto pojavlja, parkirišča ob trgovinah. Prometnico omejujejo nizki objekti, le mestoma je grajeni rob nekoliko višji, a ker so objekti umaknjeni stran od cestnega telesa, je cestišče videti širše, kot je v resnici. Prekinjen grajeni rob in nizki objekti ustvarjajo vtis prostornosti in hkrati neizgrajenosti. Gradbeno kuliso Ptujске ceste ustvarjajo visoke grajene strukture v notranjosti, ob lokalnih prometnicah, ki potekajo vzporedno s Ptujsko cesto in napajajo blokovne stanovanjske soseske.



Slika 12 (levo): Grajeni rob Ptujске ceste tvorijo paviljonski objekti, ob katerih so parkirišča.

Slika 13 (desno): Križišče s Špelino ulico poudarja objekt s polkrožno zasnovanim steklenim vogalom.

Avtor fotografij: V. Drozg, september 2020

Daljši odseki negrajenega roba ceste so na desni strani (v smeri proti Ptuj), kjer je manj velikih stanovanjskih objektov, predvidene centralne dejavnosti pa še niso zapolnile vsega razpoložljivega prostora. Negrajeni rob tvorijo zelene površine brez urbane namembnosti. Večinoma gre za ohišnice stanovanjskih objektov, gozd, nekaj

je tudi travnatih zemljišč. Teh je več v pasu med Ptujsko in Zagrebško cesto, kjer bi naj bile locirane poslovne in servisne dejavnosti. (Slika 17)

Vizualni poudarki v linearnem prostoru

V vsakem linearnem prostoru je nekaj objektov, ki izstopajo v podobi prometnice, ustvarjajo točke orientacije, kraje posebnega pomena ter členijo prostor. katerim objektom lahko pripišemo tak pomen? Predvsem so to objekti, ki se po obliki – po volumnu, višini in materialu razlikujejo od drugih v soseščini ter izstopajo v podobi ulice in objekti, ki so povezani z zgodovinskimi ali kulturnimi dogodki iz preteklosti. Vizualni poudarki so lahko tudi križišča, v kolikor so prepoznavna zaradi okoliških objektov, dimenzij ali drugih morfoloških elementov, kot so reklamni panoji, svetila in svetlobni objekti. Ker Ptujška cesta nima dolge gradbene zgodovine, vizualne poudarke tvori predvsem oblika in položaj objektov (Slika 21). Tak je objekt Zavoda za okolje, ki je najvišji objekt ob Ptujski cesti, pred njim stoji še dodaten objekt simbolnega pomena, skulptura. Naslednji je trgovski center, ki je bil zgrajen kot oskrbno središče v tem delu Tezna in z volumnom ter atrijem ustvarja vozliščno točko. V skupino vizualnih poudarkov se uvršča še druga blagovnica, ki prav tako po volumnu izstopa od okoliških. Eden od izrazitih vizualnih poudarkov ob Ptujski cesti je sodoben objekt Integra, v katerem je bila prvotno trgovina z avtomobili (Slika 14). Objekt, zasnoval ga je arhitekt Nande Korpnik, je umeščen na mesto, kje se cesta rahlo zalomi, obcestna stranica objekta pa sledi tej spremembi smeri. Objekt je tako postavljen v vidno polje prometnice, da, ne glede na to iz katere smeri se mu približujemo, ga ni mogoče spregledati. Uspelo povzemanje lokalnih (topografskih) razmer dopolnjujeta še volumen in oblika objekta, zaradi katere ta izstopa v podobi prometnice. Podoben vizualni poudarek je tudi objekt v križišču s Špelino ulico; zunanja fasada je iz stekla, v kateri odsevajo okoliški objekti. Naslednji vizualni poudarek so paviljonski objekti, ki obdajajo križišče s Cesto k TAMu. Objekti so odmaknjeni od cestišča, kar ustvarja velik odprti prostor, ki zaradi odprtosti deluje kot akcent v prostoru. Sicer pa križišča v zgradbi in podobi linearnega prostora Ptujške ceste posebej ne izstopajo. Velja pa, da so markantni objekti postavljeni prav ob križišču, čeprav nobeno križišče ni na vseh štirih vogalih obzidano. Opaziti pa je mogoče, da so vogali objektov zasnovani na način, ki poudarja lego na križišču prometnih tokov. Ponekod je vogal objekta zakrivljen, ponekod poudarjen z vertikalno linijo. Izrazitih vizualnih poudarkov ob Ptujski cesti pa (zaenkrat) ni.

Omeniti je potrebno še vizualne poudarke, ki se nahajajo v soseščini, a segajo še v veduto ulice. Tak je položaj poslovne stavbe (visokega bloka) ob Beloruski ulici, saj v smeri proti zahodu seže v vidno polje Ptujške ceste. Podobno vlogo imata tudi stolpnici v soseski S-37, ki skupaj z blagovnico ustvarjata silhueto / grajeni rob linearnega prostora. Vizualni poudarek so tudi stolpiči v soseski ob Sarajevski ulici, pa bloki v soseski Tam ob Prvomajski ulici.

Poseben morfološki element obravnavane prometnice so reklamni panoji. Teh je zelo veliko vzdolž cele trase, tako da so del podobe prometnice. Postavljeni so na vizualno izpostavljenih mestih, kjer jih ni mogoče spregledati. Stojijo na negrajenem robu, na objektih, na ograjah in na posebnih stebrih. Glede na njihovo velikost je mogoče sklepati, da so reklamna sporočila namenjena v prvi vrsti voznikom, kar utrjuje spoznanje, da je Ptujška cesta predvsem prometni objekt, manj izpostavljena pa je socialna vloga.



Slika 14: Moderni objekt zaradi materiala in umestitve na kraj, kjer se prometnica nekoliko zalomi proti jugojugovzhodu deluje kot vizualni poudarek.

Avtor fotografije: V. Drozg, september 2020

Dejavnosti v linearnem prostoru

Ob primarnih prometnicah in mestnih vpadnicah so običajno locirane številne in zelo specifične dejavnosti. Struktura dejavnosti daje prometnicam značaj in obliko, kar velja tudi za Ptujsko cesto.

Ob Ptujski cesti smo evidentirali 41 objektov z javnimi dejavnostmi, od tega 4 bencinske servise, 7 hipermarketov, 12 trgovin z avtomobili in avtomobilskimi deli, 2 finančni ustanovi, 6 storitvenih dejavnosti materialnega značaja (tiskarna, steklarstvo, parketarstvo, avtoservis) ter 4 gostinske obrate. Ostale dejavnosti se pojavljajo zgolj v enem ali dveh primerih (policija, lekarna, športno društvo), v treh večjih objektih se trenutno ne izvaja nobena dejavnost. Številne dejavnosti niso namenjena lokalnemu prebivalstvu, temveč imajo (vse)mestni značaj. Namenjene so motoriziranim kupcem, saj so ob objektih velika parkirišča. Na koncu Ptujске ceste, gledano iz središča mesta, je trgovski kompleks, sestavljen iz treh hipermarketov in nekaj specializiranih trgovin.

Razmestitev dejavnosti ni enakomerna vzdolž celotne trase. Že struktura dejavnosti na levi in desni strani prometnice je različna, saj je na vzhodni strani prometnice več dejavnosti, ki so namenjene dnevni in kratkoročni oskrbi predvsem lokalnega prebivalstva, na zahodni pa je več takih, ki so namenjene dolgoročni oskrbi prebivalcem celega mesta. Obstajajo štiri lokalna središča, kjer je koncentracija dejavnosti večja. Nahajajo se ob križiščih in v bližini blokovnih stanovanjskih sosesk ter večjih območij enodružinskih hiš. Tudi struktura dejavnosti je tod nekoliko drugačna; več je trgovin in dejavnosti za prebivalce iz okolice. Zanimivo je, da vhodi oziroma pročelja samopostrežnih trgovin niso orientirani na prometnico, temveč na odprto površino ob strani, kjer je urejeno parkirišče. Tudi dostopni niso iz Ptujске ceste, temveč iz vzporednih prometnic. Na prometnico meji stranska fasada, kar načeloma pomeni oblikovno siromašenje grajenega roba ter zmanjševanje socialne vloge prometnice. A zaradi velikega prometnega toka je takšna umestitev bolj razumljiva. (Slike 7, 17 in 20) Glede na število in strukturo dejavnosti lahko Ptujsko cesto označimo kot trgovsko cesto, nikakor to ni stanovanjska prometnica.



Slika 15: Trgovski kompleks ob križišču Avtomobilske in Zolajeve ulice deluje kot vozlišče in orientacijska točka.

Avtor fotografije: V. Drozg, september 2020

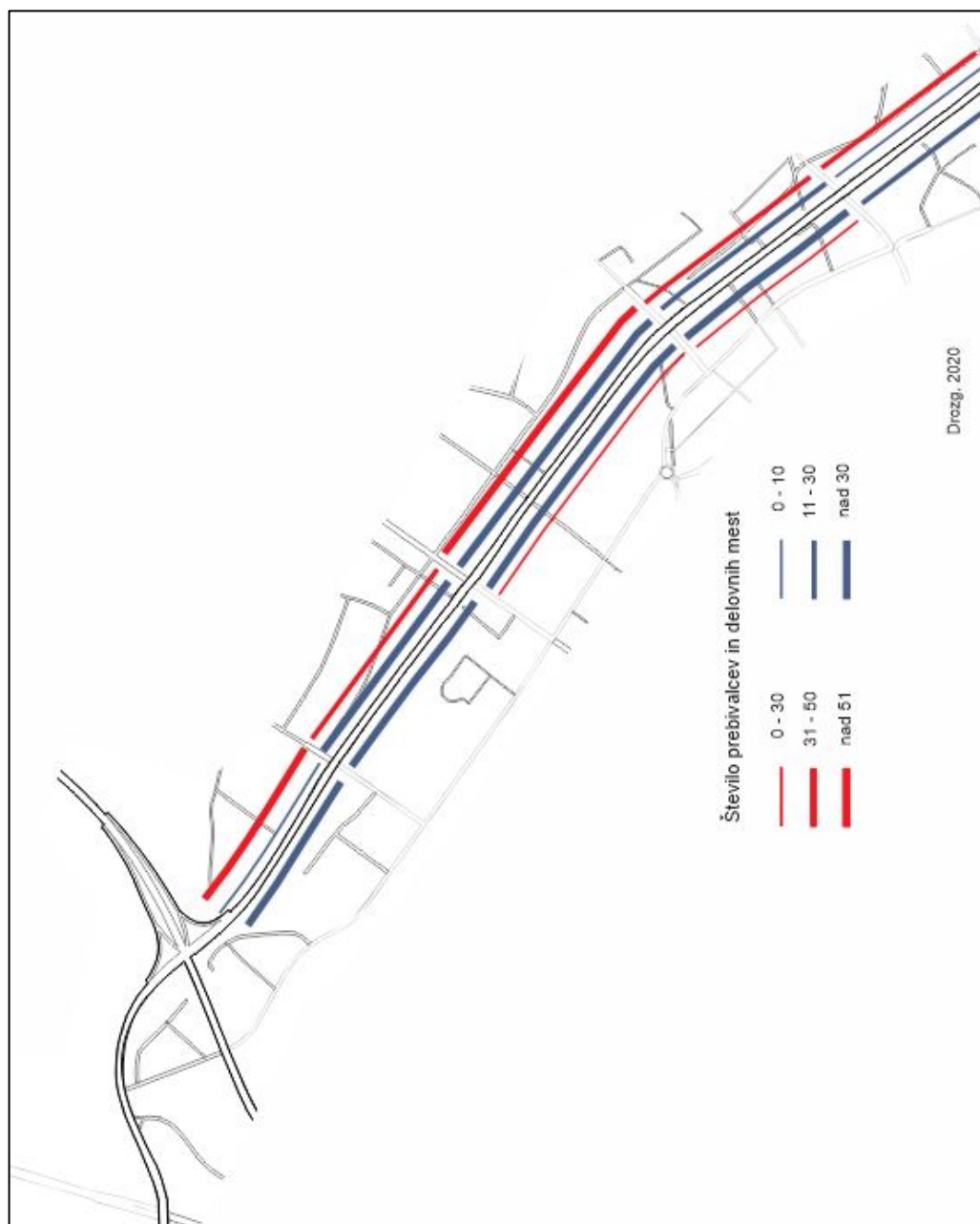
Javne odprte površine

Socialno vlogo prometnic pogosto poudarjajo še javne površine, odprti prostori, ki omogočajo zadrževanje ljudi. Temu so namenjeni trgi, večja preddverja pred objekti, parkovno urejene zelenice. Ob Ptujski cesti je tovrstnih površin zelo malo, socialna vsebina prometnice ni izražena. Hodniki za pešce, so skoraj prazni. Ljudje jih ne uporabljajo zaradi gostega prometa in zaradi manjka dejavnosti. Večje število pešcev je mogoče opaziti zgolj ob avtobusnih postajališčih ter v bližini lokalnih središč. Večjih javnih odprtih površin v linearnem prostoru Ptujске ceste ni. Obstajajo zametki le teh, na primer pred hipermarketom Spar in Mercator, ki sta zapolnjena s parkiranimi avtomobili, a bi lahko bila urejena kot socialni prostor. Tudi v tem segmentu se je pokazalo, da je Ptujска cesta predvsem mestna vpadnica, kjer so ostale funkcije drugotnega pomena.

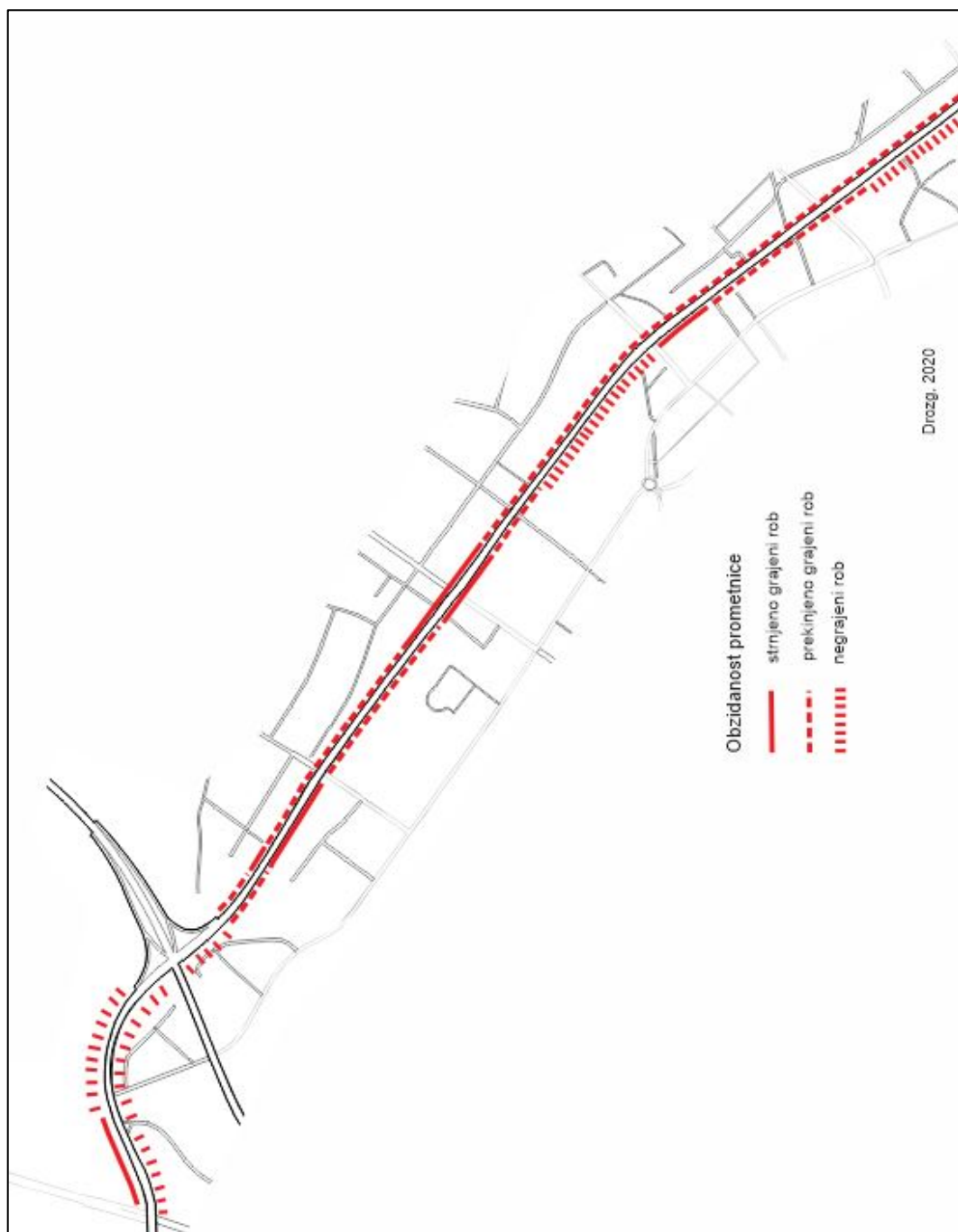
Skušali smo ugotoviti frekvenco nemotoriziranih udeležencev prometa na Ptujski cesti. V dva krat po 30 minutnem opazovanju 4. 9. dopoldan, smo v križišču z Ulico heroja Nandeta našeli 908 motornih vozil (v obe smeri), 21 pešcev (!) in 8 kolesarjev na obeh straneh ceste. 8.9. popoldan je bila slika podobna: 1121 vozil, 20 pešcev in 6 kolesarjev.

Urbana oprema prometnice

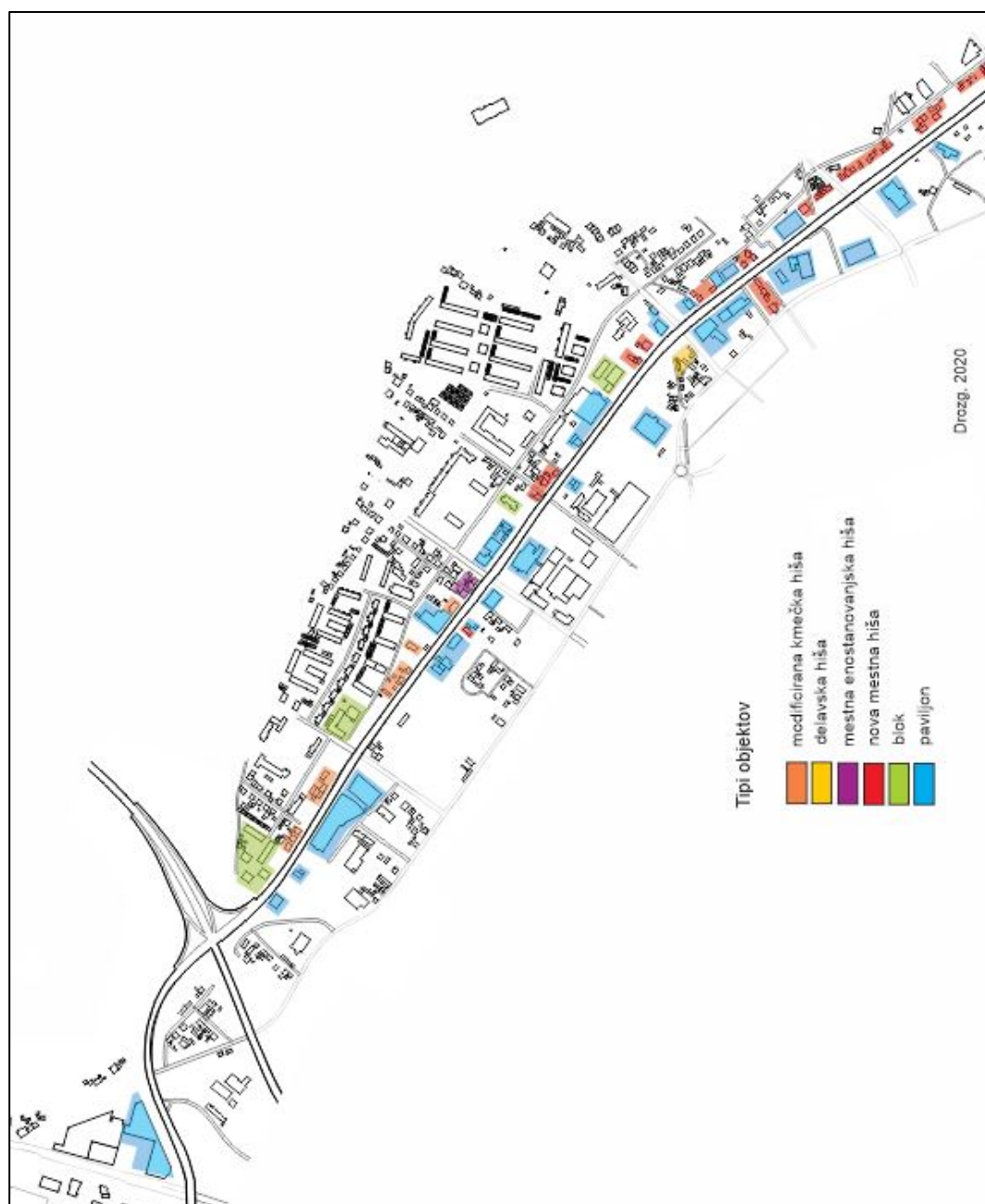
Urbana oprema prometnice vključuje objekte, ki so namenjeni lažjemu, varnejšemu in hitrejšemu pretoku vseh udeležencev v prometu. Sem sodijo hodniki za pešce, kolesarske poti, podhodi in nadhodi, zelene površine, prometna signalizacija, informacijske table, reklamni panoji, koši za smeti, klančine, prilagojene gibalno oviranim osebam in podobno. Ugotovimo lahko, da urbana oprema ob Ptujski cesti odgovarja statusu prometnice. Na celi trasi je na obeh straneh ceste pas pretoka enak – hodnik za pešce, kolesarska pot, zeleni rob, veliko je reklamnih panojev, svetila, avtobusna postajališča so pokrita. Urejena sta dva podhoda, ki vodita do lokalnih središč. Prehodi za pešce so semaforizirani in prilagojeni gibalno oviranim osebam. Hkrati opažamo da urbane opreme s socialno vsebino (klopi, informacijske in ne reklamne table) ni, pa tudi elementov, ki bi zmanjševali stopnjo onesnaženosti zraka in obremenjenost s hrupom, recimo v obliki visoke vegetacije, je na celotni trasi veliko premalo.



Slika 16: Število prebivalcev in delovnih mest ob Ptujski cesti.



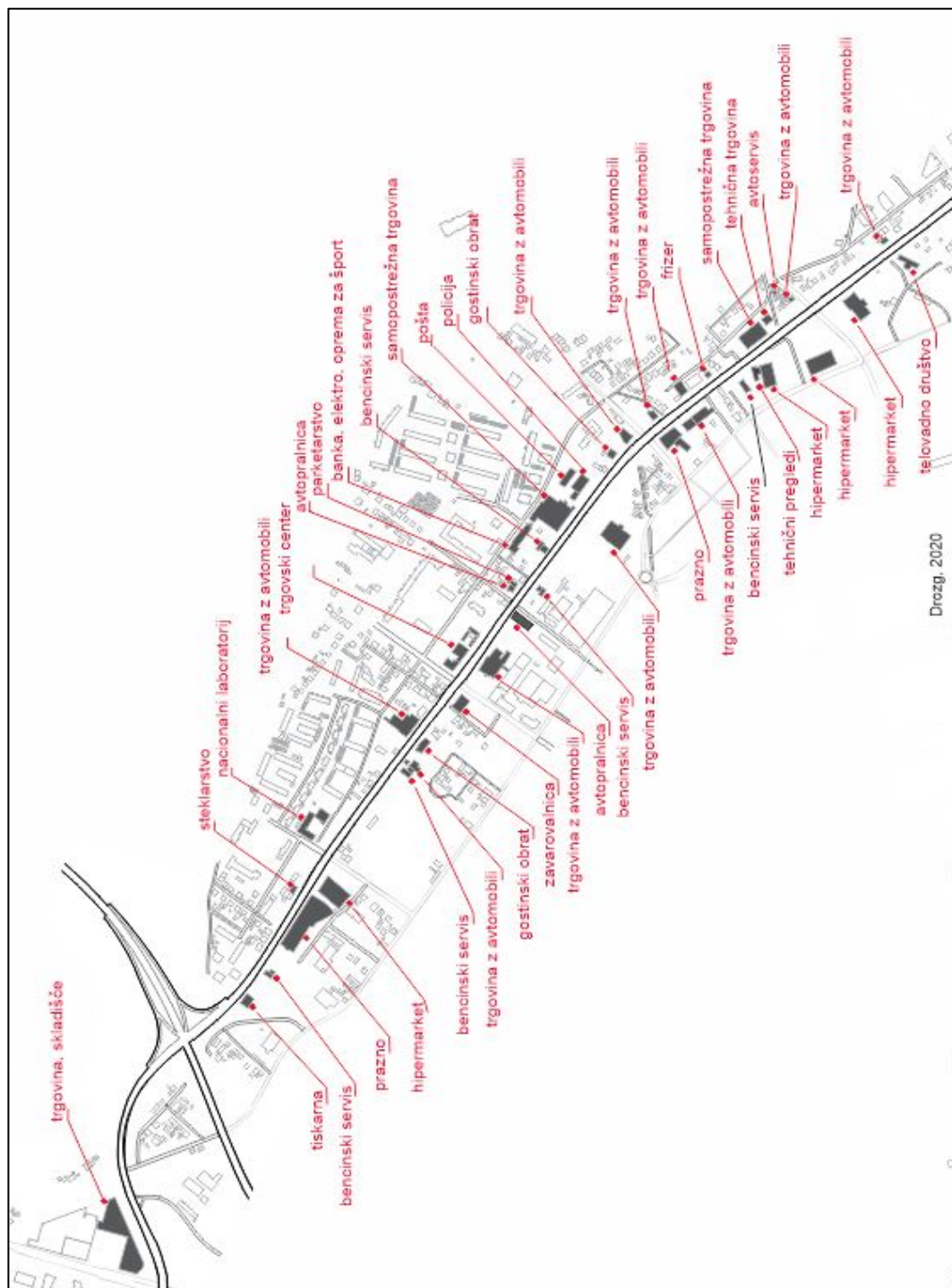
Slika 17: Obzidanost Ptujске ceste.



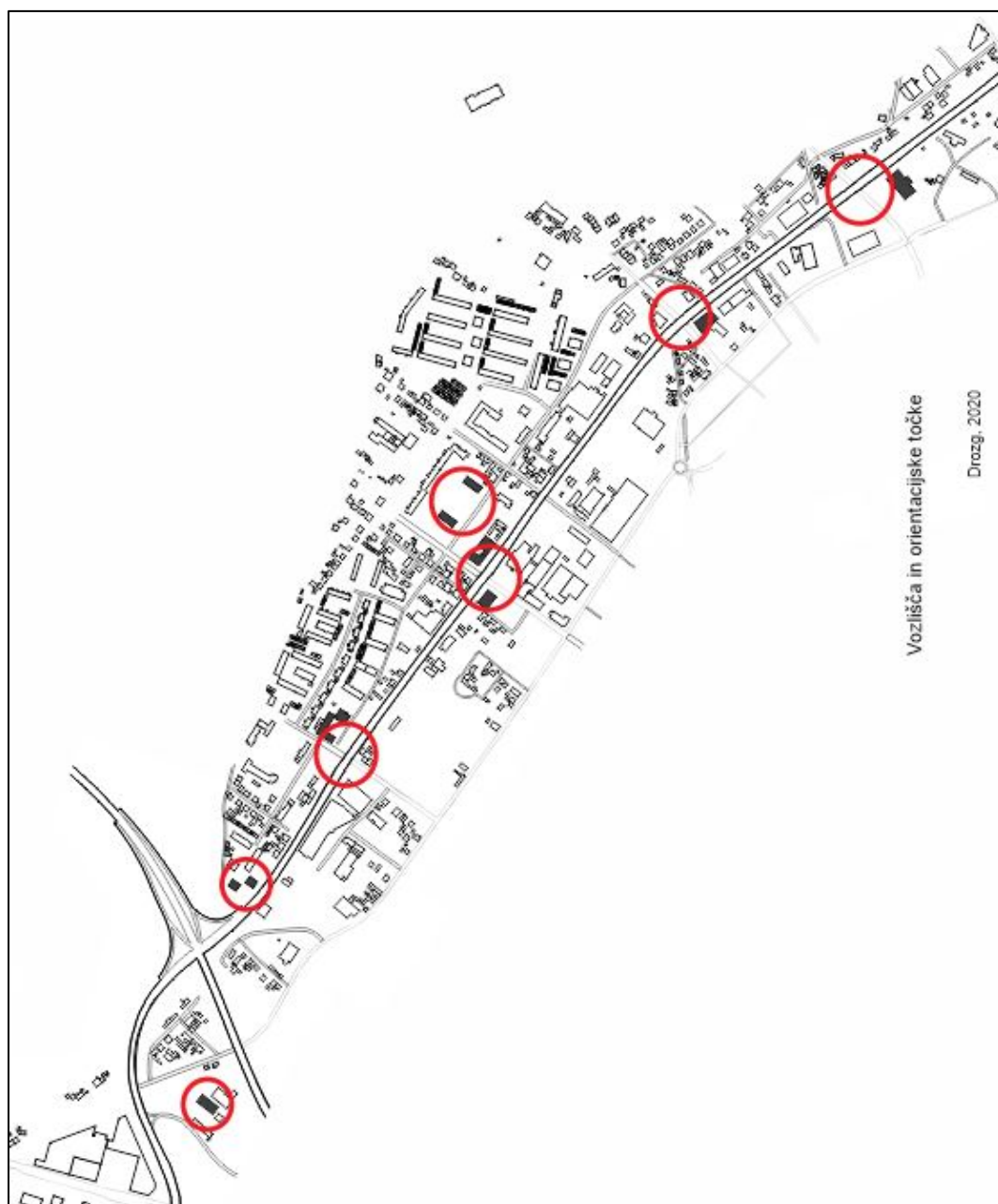
Slika 18: Tipi objektov ob Ptujski cesti.



Slika 19: Izbrane oblike rabe tal.



Slika 20: Dejavnosti ob Ptujski cesti; stanje septembra 2020.



Slika 21: Vozlišča in orientacijske točke ob Ptujski cesti.

8. Zaključek

Spoznavanje prometnic kot morfološkega elementa mesta je veliko manj dorečeno in preizkušeno, kot spoznavanje stanovanjskih objektov. V izbranem pristopu smo izhajali iz vsebine prometnic, pri čemer je relevantna njihova socialna, gospodarska, oblikovna in prometno tehnična funkcija. Vsakega od teh sklopov določajo drugi elementi, ki so hkrati predmet spoznavanja in jih je mogoče analitično obdelati. Poleg tega je mogoče prometnice spoznavati iz različnih ravni: na ravni mesta, na ravni prometnice kot celote in na ravni elementov, ki jo tvorijo. Prometnico smo obravnavali kot linearni prostor, poleg vozišča/cestišča še bližnjo okolico, vključno z grajenim in negrajenim robom. Opremljen pristop smo preverili na primeru Ptujске ceste v Mariboru. Pri tem se je izkazalo, da je mogoče izbrane lastnosti prometnic prepoznati tudi na Ptujski cesti. Potrdilo se je, da so prometnice zelo stalni element v prostoru. Ptujška cesta je bila v 18. stoletju poljska pot, vendar poteka danes po skoraj isti trasi, kot pred stoletji. Tudi obzidanost oziroma obdanost je lastnost, ki vpliva na videz prometnice in na njeno vlogo v prometnem omrežju mesta. Ptujška cesta je mestna vpadnica in primarna prometnica, ki je nastala v obdobju funkcionalističnih načel urejanja mesta. Zaradi velikega pretoka vozil in gradbenega razvoja v zaledju, ni strnjeno obzidana, temveč jo obdajajo nizki objekti, večinoma s centralnimi dejavnostmi; stanovanjskih objektov je zelo malo. Ker je nastala pred približno 50 leti, še ni povsem obzidana, nekaj je še nezazidanih zemljišč, pa tudi tipologija objektov kaže na še ne dokončan gradbeni razvoj. Tudi dejavnosti oblikujejo podobo prometnice. Ob Ptujski cesti je veliko trgovskih središč in prodajaln z avtomobili, oboji so večinoma v paviljonskih objektih. Ti so nizki, obdajajo jih veliki parkirni prostori, zaradi česar je grajeni rob ob Ptujski cesti večinoma prekinjen. A takšno je eno od sodobnih načel umeščanja objektov v prostor; solitarni objekti, postavljeni na sredo zemljišča in stran od prometnice. Pretočnost oziroma prečni profil Ptujске ceste nakazuje na kontinuiran prometni tok motornih vozil. Socialna funkcija je zaradi velike frekvence prometa in specifičnih dejavnosti manj izražena; Ptujška cesta je bolj trgovska kot stanovanjska cesta. Čeprav je pas pretoka širok, ga uporablja malo pešcev in kolesarjev. Tako kot vsi veliki objekti, ima tudi Ptujška cesta lastno identiteto; poleg vpadnice v mesto, jo določajo neprekinjen prometni tok, številni hipermarketi, prodajalne z avtomobili ter reklamni panoji.

Zasnova in podoba Ptujске ceste je rezultat modernističnih načel urejanja mesta, kar ustvarja drugačne prostore od tistih, ki so nastajali ob starejših paradigmah. Zato Ptujске ceste ni mogoče vrednotiti z merili, ki veljajo za prometnice iz klasicističnega obdobja. Ptujška cesta je moderna mesta vpadnica, ob kateri bo v prihodnosti zagotovo še nastal kak oblikovni presežek.

Morda bo prikazan pristop k obravnavi linearnega prostora uporaben pri interpretaciji še kakšne prometnice.

Literatura

- Curdes, G. 1993: Stadtstruktur und Stadtgestaltung. Kohlhammer Verlag, Stuttgart
- Curk, J. 1991: Urbana in gradbena zgodovina Maribora. V: Maribor skozi stoletja. Založba Obzorja, Maribor
- Frick, D. 2006: Theorie des Städtebaus. Ernst Wasmuth Verlag, Tübingen
- Hillier, B. 1996: Space is the machine. A configurational theory of architecture. Cambridge University Press, Cambridge
- Jacobs, J. 2009: Umiranje in življenje velikih ameriških mest. Studia Humanitatis, Ljubljana (1. izdaja 1961)
- Lynch, K. 1988: The image of the City. MIT Press, Cambridge (1. izdaja 1960)
- Mantho, R. 2015: The Urban Section. An Analytical Tool for Cities and Streets. Routledge, London
- Rajšp, V., Kološa, V. 2000: Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763-1787. 6. Zvezek, sekcija 165 in 166. ZRC SAZU in Arhiv Slovenije, Ljubljana
- Reblin, E. 2012: Die Straße, die Dinge und die Zeichen. Zur Semiotik des materiellen Stadtraums. Transcript Verlag, Bielefeld
- Schmeidler, K., Kopáčík, G. 2000: Ulica kot polifunkcionalni prostor – zahteve po polnovrednem okolju. V: Urbani Izziv, Let. 11, šte. 2, str. 78 – 82
- Wilson, P. 1995: Euro-Landschaft. V: Die verstädterte Landschaft. Aries, Münster
- Medmrežje 1: Maribor leta 1936
https://zgodovinanadlani.si/zemljevid/maribor-1936/?ref=map_location
- Medmrežje 2: Karta hrupa , str. 38
http://okolje.maribor.si/data/user_upload/okolje/hrup/Pr18_Strateska_Karta_Hrupa_MOM_2016_Porocilo_Final_za_MS.pdf
- Medmrežje 3: Prometne obremenitve 2018 <https://podatki.gov.si/dataset/86c39f5b-4a57-4976-a6ac-987df32c84b1/resource/5fef825a-8113-4c66-aba6-e0231a471291/download/pldp2018karta.pdf>

ROAD AS MORPHOLOGICAL ELEMENT OF THE TOWN

Summary

Although roads are an important morphological element of the city, they have so far not often been the subject of research in urban geography. Therefore, the methodological tools and relevant elements for familiarization are not defined. When dealing with roads, it is more appropriate to talk about linear space, because what surrounds the district road largely determines the road itself. The buildings alongside the road and the space between the roadway and the buildings give the district road an identity and image. The district road or linear space is not uniform, it can be divided into at least four parts: the roadway, the circulation zone, the amenities zone and the edge. Roads are multi-functional objects; in addition to their technical role, they play an important social, economic and formative role. They can be recognized at the level of the city, at the level of the road as a whole and at the level of the elements that make it up.

Ptujska cesta is the primary district road with a huge traffic flow of over 20,000 vehicles a day. The road was built in the second half of the last century, based on ideas of modernism and functionalism. It is designed as a carrier of traffic that supplies residential and industrial areas on both sides of the road. That it is primarily a technical traffic facility and not a social space of the surrounding residents is indicated by the transverse profile, which enables a rapid flow of motor vehicles. Therefore, the social content of the road is not particularly pronounced. There are no public open spaces; the frequency of pedestrians along the road is very low compared to motor vehicles. The activities along Ptujska cesta also indicate a town aspect, and not a local (suburban) one. Car dealerships and hypermarkets predominate; all of which are activities, aimed at motorized customers from all over the city and the south-eastern suburbs. Morphologically, the district road is not uniform, in linear space there are different types of buildings, mostly dating to the second half of the last century. Most of the road is surrounded by an interrupted built-up edge; there is still a lot of unbuilt and extensively used land. Even the nightly image of the road does not show a special added value in terms of design. Neutral lighting and outstanding lighting with commercial content do not create an attractive nightly image of the road.

GIS ANALYSIS OF LANDSCAPE TOPOGRAPHY TRANSFORMATION OF THE OPEN PIT "GRIVICE" (BOSNIA AND HERZEGOVINA)

Sabahudin Smajić

PhD, assistant professor

Department of Geography, Faculty of Natural Sciences and Mathematics

University of Tuzla, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina

e-mail: sabahudin.smajic@untz.ba

Alma Kadušić

PhD, associate professor

Department of Geography, Faculty of Natural Sciences and Mathematics

University of Tuzla, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina

e-mail: alma.kadusic@untz.ba

Almedin Omerović

Bachelor of geography

Husinskih rudara 92, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina

e-mail: almedin.untz@gmail.com

Merima Kovačević

MA, assistant

Department of Geography, Faculty of Natural Sciences and Mathematics

University of Tuzla, Univerzitetska 4, 75000 Tuzla, Bosnia and Herzegovina

e-mail: merima.kovacevic@untz.ba

UDK: 528.94:551.4

COBISS: 1.01

Abstract

GIS analysis of landscape topography transformation of the open pit "Grivice" (Bosnia and Herzegovina)

The authors analyze transformations of landscape topography of the open pit "Grivice" in Banovići basin (Northeastern Bosnia). This complex research is based on field screening and GIS analysis of Digital Elevation Models (DEMs) of researched terrain. Specifically, two DEMs of the Grivice area were prepared, a natural model based on a topographic map, scale 1:25000, issued in 1976 by the Military Geographical Institute (MGI) from Belgrade, while the Google satellite image from 2018 and the Digital Surface Model (DSM) were used for the anthropogenic model, issued in 2018 by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Using methods and algorithms integrated in QGIS, raster and vector values of treated transformation parameters (hypsometry, slope and aspect, hydrographic network, etc.) were obtained, and their analytical-synthetic interpretation and geovisualization were also performed. Finally, ten thematic maps, which illustrate the anthropogenic transformation of the landscape topography of the researched area, were created.

Key words

GIS analysis, landscape topography, transformation, DEM, geo-visualizations, open pit "Grivice", Bosnia and Herzegovina

Uredništvo je članek prejelo 22.12.2020

1. Introduction

The Banović basin has a long tradition of mining. Since 1946, surface mining of coal has been carried out here at several localities, which are now closed, while currently two surface localities are being exploited: "Turija" and "Grivice" (Smajić et. al. 2018, 40; Smajić, Hadžimustafić 2017, 556). The research covers the locality "Grivice", where 483.18 ha of the territory of the Banovići basin has been affected by surface coal exploitation in the past 36 years. Concave and convex anthropogenic relief forms were formed by exploitation, which resulted, above all, in a significant transformation of the landscape topography of the Grivice area (hypsoetry, slope and terrain aspect), disorganization of the surface hydrographic network, etc. In this regard, the characteristics of anthropogenic relief and development tendencies require a complex analysis of a set of issues relevant to this research, such as: classification and mapping of forms, quantitative forecast of transformations, definition of re-cultivation measures, etc. (Dinić 2007, 94; Smajić et al. 2018, 40).

Thematically similar, numerous studies around the world interpret the intense anthropogenic impact on the mining landscape, design themes, and comparative analysis of digital terrain models of mining areas, emphasizing the importance of 3D modeling and interactive visualization options (Jaskulski, Nowak 2019, 12; Wu et al. 2019, 18; Harnischmacher, Zepp 2014, 3; Harnischmacher 2007, 185; Dragičević et al. 2012, 3; Boengiu et al. 2016, 262; Pandey, Kumar 2014, 731; Brejcha et al. 2016, 151, etc.).

In general, the transformation of the landscape topography of the Grivica locality, at the temporal and spatial level, can be observed on the basis of a comparative GIS analysis of the pre-investment and recent relief. In order to achieve this, based on old topographic maps, a newer DSM and satellite image, and field observations, two DEMs of the Grivice area were prepared, whose interpretation and comparison provided data on the intensity and extent of transformation. Therefore, the research aims to identify and geovisualize the level of landscape topography transformation of the open pit "Grivice", using GIS, the method of comparison of terrain models and field work.

2. Materials and methods

The application of GIS in the analysis of recent transformations of landscape topography is a necessity, and digital projection models and satellite images have a special status. Their interpretation in combination with cartographic data provides the possibility of a complex GIS representation of the transformation of landscape topography of mining areas. In this regard, two DEMs of the Grivice area were prepared, pre-investment (natural) and recent (anthropogenic) (Fig. 2), whose with GIS comparison, along with field research, were identified, quantified and geovisualized transformations of the landscape topography of the treated locality. Two sheets of a topographic map with a scale of 1:25000, issued by the MGI from Belgrade in 1976, were used to prepare the natural DEM, while Google satellite imagery from 2018 and AW3D30 DSM were used for the anthropogenic DEM, issued in 2018 by the JAXA. These models of the Grivice terrain were compared using QGIS tools, while their interpretation is facilitated by a uniform pixel size (10 m).

In general, the research was realized in several stages: the cartographic basis was selected, the maps were scanned (in raster form with a resolution of 400 dpi), filtered,

the rasters was adjusted, and the maps were georeferenced into a coordinate system of appropriate projection. After georeferencing, using QGIS tools, the vectorization of thematic contents from the topographic map (isohypses, watercourses, soils and vegetation) was performed, while using the Google Earth Pro application, the boundary of the surface mine and its parts was vectorized, relocated watercourses, canals, etc. The vectorized elements were used in the analysis of average and absolute terrain heights, hypsometry, terrain slope and aspect, disorganization of the hydrographic network, soil devastation and vegetation in the area of exploitation.

Using methods and algorithms integrated in QGIS, raster and vector values of treated transformation parameters were obtained, and their analytical-synthetic interpretation and geo-visualization were also performed. Finally, ten thematic maps, which illustrate the anthropogenic transformation of the landscape topography of the researched area, were created. In order to implement research, software solutions were used: QGIS Desktop (2.18.2 and 3.8.0) with GRASS (7.0.5 and 7.6.1), MS Excel 2007 and Adobe Photoshop 10.

3. Research area

The researched area is located in the Spreča paleodepression within the Inner Dinarides of Northern Bosnia. More specifically, the area is located in the Banovići basin, between 44° 25' 13" and 44° 27' 06" N and 18° 28' 59" and 18° 31' 32" E. The basin is gradually expanding from west to east, while is morphologically divided into northern and southern parts. The northern part of the basin, 14.5 km long and 2.4 km wide on average, is divided by the watershed between Draganja and Turija into the western part ("Banovići Selo" basin) and the eastern part ("Grivice-Omazići" basin) (Smajić 2012, 253; Smajić, Hadžimustafić 2017, 558). Topographically, the surface mine "Grivice" is located in the eastern part of the northern basin, between the pit "Omazići" and the mine "Turija", at a distance of 3 km north of Banovići.

The geological area covers an area of about 6 km². The deposit has the shape of an irregular broken rectangle elongated in the direction west-east, i.e. northwest-southeast, where the maximum length reaches 5.2 km and the width 0.60-1.75 km. The exploitation reserves of this mining potential amount to 61.84 million tons of brown coal and 786.81 million m³ of overburden. The rural settlements of Grivice, Gaj, Mrdići, Gornji Bučik and others are located in the exploitation field and on the outskirts, whose several hamlets have disappeared due to the development of a surface mine (Smajić et al. 2009, 35).

In general, the exploitation of coal in the area of Grivice has formed positive and negative anthropogenic relief forms, which has resulted in significant landscape transformation of the area, especially emphasized in the transformation of hypsometric structure, slope and terrain aspect, surface hydrographic network, etc. By depositing the overburden in the landfills, the natural terrain was buried, and the formed flat surfaces were slightly technically and biologically recultivated. In general, the crater and surface mine deposits are still subject to spatial changes (Fig. 1 and 2).

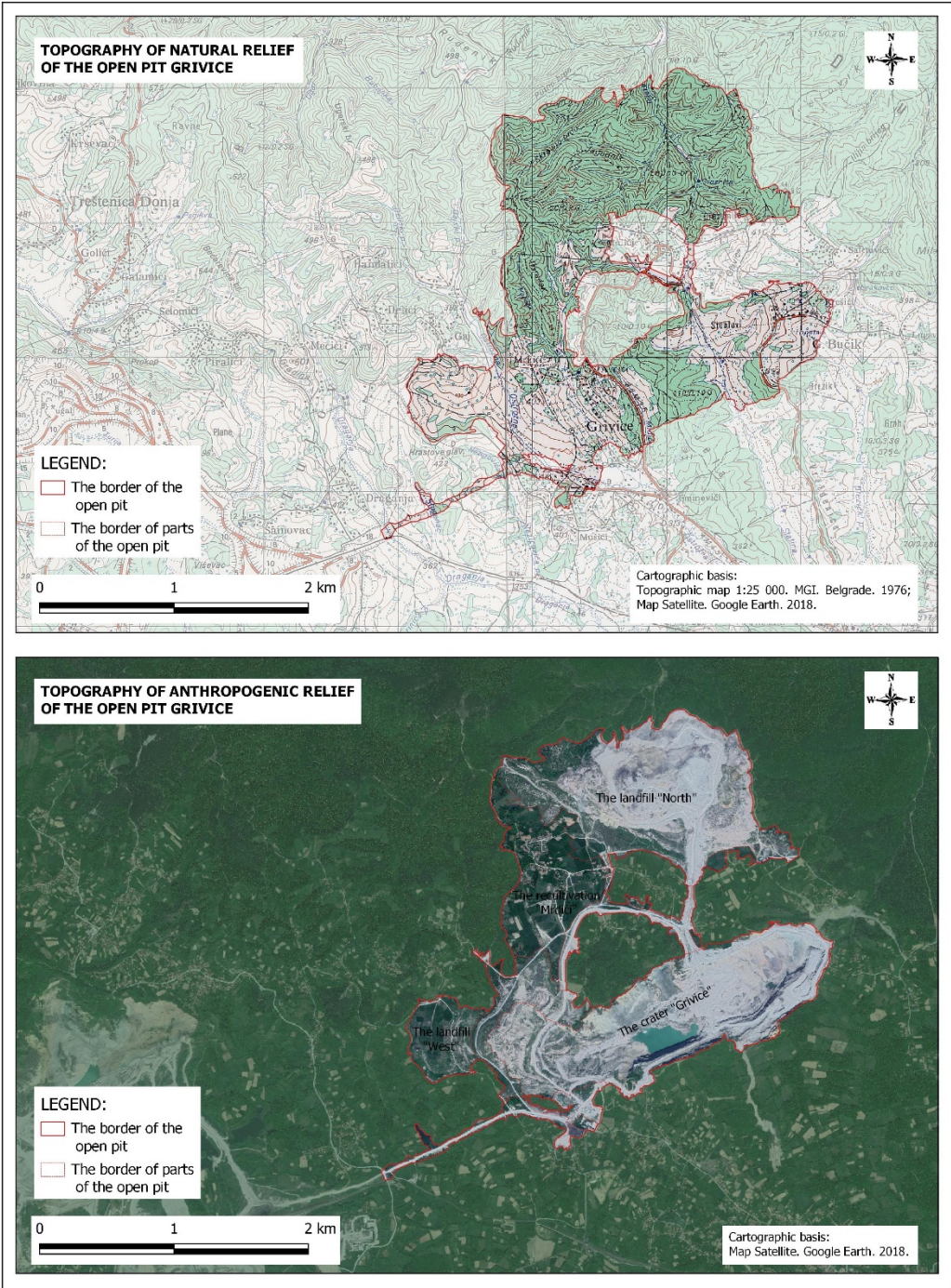


Fig. 1: Topography of natural (up) and anthropogenic (down) relief of the research area.

4. Results and discussion

The surface mine "Grivice" began its work on the overburden in 1984, and in 1985 the exploitation of coal began. In the past 36 years, 19.03 million tons of coal have been produced here, and 128.51 million m³ of overburden has been excavated and disposed of in landfills. In this way, in the Grivice area, in addition to excavations, three landfills ("North", "West" and "Inner") were formed, in the composition of which the sediments of the roof of the coal seam dominate, i.e. clay marls of Oligocene age (Smajić 2012, 251). The exploitation caused a significant transformation of the landscape topography of the Grivice area, but also of the hydrographic, pedological and vegetation structure. These transformations are especially reflected in the disturbance of the natural terrain balance and the modelling processes, the evident increase in energy and instability of anthropogenic relief, the disturbance in the superficial of the hydrographic network and flow regime, etc. For comparison, in the Shengli mining area (Inner Mongolia) there is a pronounced influence of coal exploitation on environment, especially on landscape topography, in the form of landscape fragmentation, complexity and irregularity of shape, gradual decline of landscape stability, etc. (Wu et al. 2019, 18). Also, similar processes of anthropogenic influence on the relief and the environment are documented in rumunian open pit Husnicioara (Boengiu et al. 2016, 262). Specifically, on "Grivice" locality, significant areas of natural soil (483.18 ha) were devastated by the formed concave and convex anthropogenic relief forms, dominantly brown shallow and medium deep soils on serpentines (64.65%), pelosols (30.02%), brown deep degraded soils on clays and loams (4.79%) and very poorly developed soils on serpentines (0.54%) (Pedological map 1972). Sessile and hornbeam forests are the most devastated among the other forest phytocenoses (74.62%), while agricultural areas, settlements, forest barren lands and others account for 25.38% (The map of vegetation 1980).

GIS analysis of the Grivice anthropogenic terrain showed that the surface mine crater covers 33.99%, landfills 44.61%, the reclaimed area "Mrdići" 12.88%, while other parts account for 8.52% of the territory. The crater of the open pit has the shape of an irregular ellipse whose longer axis extends approximately in the southwest-northeast direction. The maximum length of the crater reaches 3.37 km, while the width is variable (0.36-1.38 km) (Fig. 1). Disposal of overburden, from the western part of the surface mine, was previously carried out to the internal "Western" and external "Northern" landfill. The "Western" landfill is located on the south side of the Gaj settlement in the former "Grivice" crater (western part). The height of the landfill in the northwestern part is 450 m, in the southeastern part 380 m, while the fall of the landfill in the north-south direction is 2%. It is bordered on the west and south by road communication that connects the settlements of Grivice and Gaj, on the east by a local road that connects the settlements of Grivice and Mrdiće, while on the north side it leans on the northern end slope of the mine. Overburden from the upper floors of the surface mine (360-324 m) was deposited at this landfill, while material from the lower floors is currently disposed of at the external landfill "North". After the currently available disposal space in the western part of the "North" landfill is filled, the disposal of the overburden will be redirected in the eastern direction. Therefore, it is necessary to connect the newly formed landfill floors with a route, through the settlement of Bučik, with the working zones on the overburden in the crater, which requires additional expropriation of land (7.5 ha). The highest altitude of the landfill is in the northwestern and western part (440-450 m), it is slightly lower in the central, southern and eastern part (390-400 m), while it is the lowest in the northern part (310-320 m) (Fig. 2 and 3). Part of the landfill "West" was recultivated and formed

as agricultural land, while a part of the residential settlement Mrdići with the collective center of the same name was built on the recultivated area of the landfill "North". In the period until 2031, it is planned that the exploitation will cover a new 266 ha (Spatial Plan of the Municipality of Banovići 2017, 95), which would ultimately result in a significant increase in the devastated areas of Grivice locality.

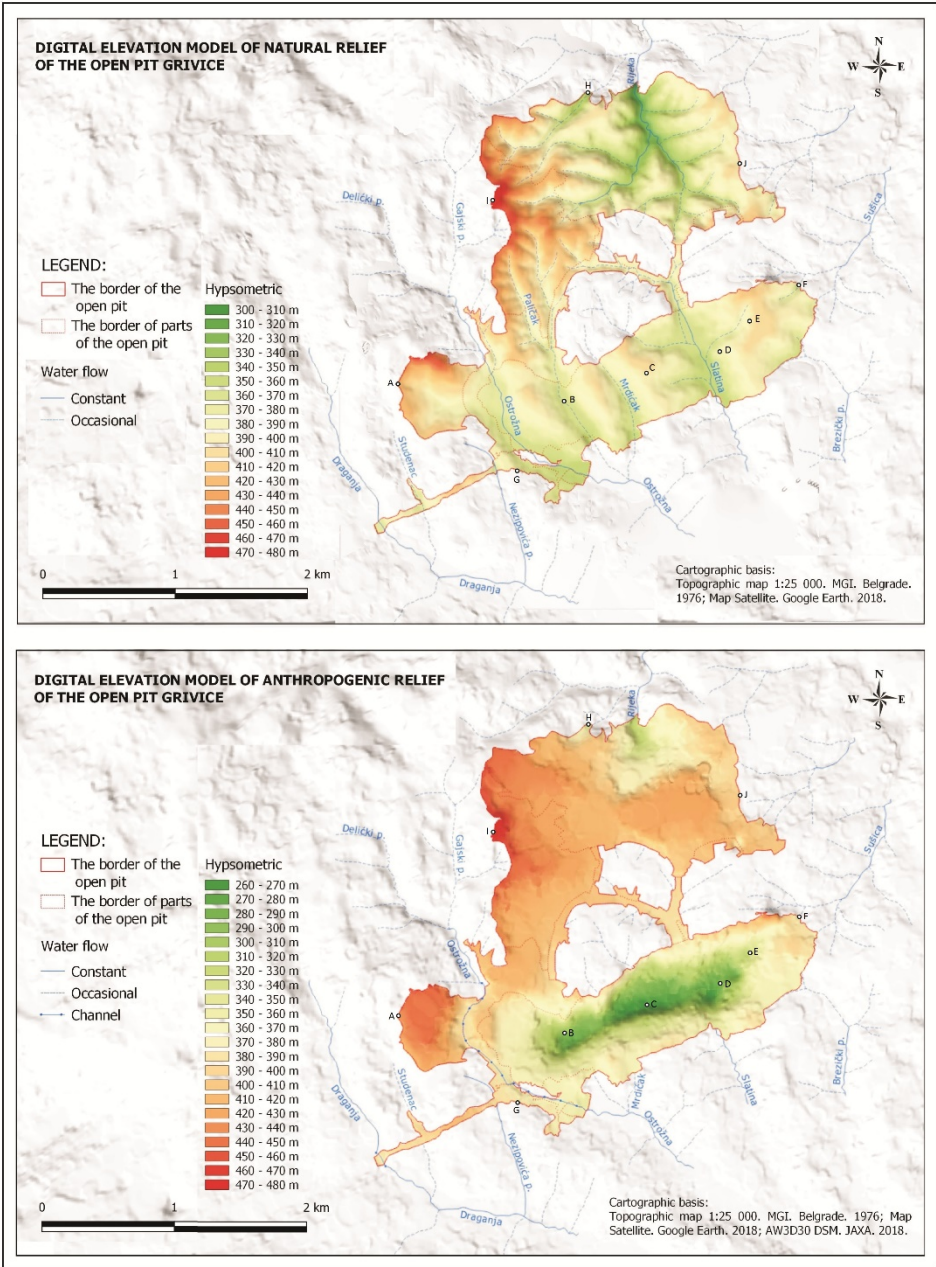


Fig. 2: Digital Elevation Model of natural (up) and anthropogenic (down) relief of the research area.

4.1. Transformation of landscape topography

The transformation analysis of the landscape topography of the Grivice area was carried out on the basis of the prepared 10-meter digital terrain models. The results of GIS analysis of DEM natural and anthropogenic terrain show that the Grivica locality is entirely located in the foothill hypsometric belt, and that the most significant transformations have affected areas of large topographic forms of the anthropogenic origin (Tab. 1; Fig. 2 and 3).

Tab. 1: Categories and spatial dimensions of elevation

Elevation (m)	Natural relief		Anthropogenic relief		Index A/N
	Area (ha)	Portion (%)	Area (ha)	Portion (%)	
250-260	-	-	1,51	0,31	-
260-270	-	-	4,44	0,92	-
270-280	-	-	8,16	1,69	-
280-290	-	-	8,97	1,86	-
290-300	0,02	0,00	7,35	1,52	35194,28
300-310	0,51	0,10	7,87	1,63	1555,88
310-320	2,24	0,46	9,52	1,97	424,91
320-330	4,71	0,98	10,47	2,17	222,13
330-340	8,04	1,66	13,08	2,71	162,66
340-350	18,04	3,73	18,23	3,77	101,06
350-360	45,01	9,32	35,09	7,26	77,96
360-370	66,67	13,80	41,06	8,50	61,58
370-380	81,46	16,86	43,37	8,98	53,24
380-390	86,20	17,84	41,66	8,62	48,34
390-400	69,64	14,41	40,62	8,41	58,33
400-410	41,83	8,66	57,25	11,85	136,85
410-420	23,39	4,84	54,32	11,24	232,18
420-430	14,82	3,07	38,89	8,05	262,38
430-440	10,18	2,11	25,38	5,25	249,22
440-450	5,95	1,23	12,90	2,67	216,91
450-460	3,26	0,67	1,95	0,40	59,66
460-470	0,70	0,14	0,81	0,17	115,75
470-480	0,50	0,10	0,27	0,06	54,68
Total	483,18	100,00	483,18	100,00	100,00

Source: Data obtained by GIS analysis. Cartographic basis: Topographic map 1:25000. MGI. Belgrade. 1976; Map Satellite. Google Earth. 2018; AW3D30 DSM. JAXA. 2018.

The natural morphological environment of the Grivica area was characterized by hilly relief (300-480 m). The northwestern, western and southwestern part of the area was characterized by the highest levels (440-480 m above sea level), while the lower and southern parts of the terrain were characterized by significantly lower levels, where the height rarely exceeded 400 m. Currently, the lowest hypsometric levels characterize the surface mining area.

With GIS analysis of DEM natural terrain, the average height of the area of 382.89 m was determined, while the absolute height difference was 170 m. The lowest belt (up to 300 m) covered a small area (0.004%), while the 300-400 m belt covered 79.17%, and the highest territory had a height of 370-400 m (62.03%). The hypsometric belt over 400 m covered 20.83% territory, while the most common levels were 400-430 m (79.54%) (Tab. 1). In the northwestern area, the morphological elevation Skravno hill (472 m) stood out, in the northern Jagodnik (400 m) and Lojino hill (390 m), in the western Osredak (440 m) and others (Fig. 1). The GIS analysis of DEM anthropogenic terrain showed its average height of 381.63 m, while the absolute height difference reaches 210 m. The lowest belt (up to 300 m above sea level) covers 6.30% of the territory, and the most common levels are 270-290 m (56.32%), while

the 300-400 m belt covers 54.01%, and the highest territory has a height of 360-400 m (63.88%). The hypsometric belt over 400 m covers 39.69% territory, and the most common levels are 400-430 m (78.46%) (Tab. 1).

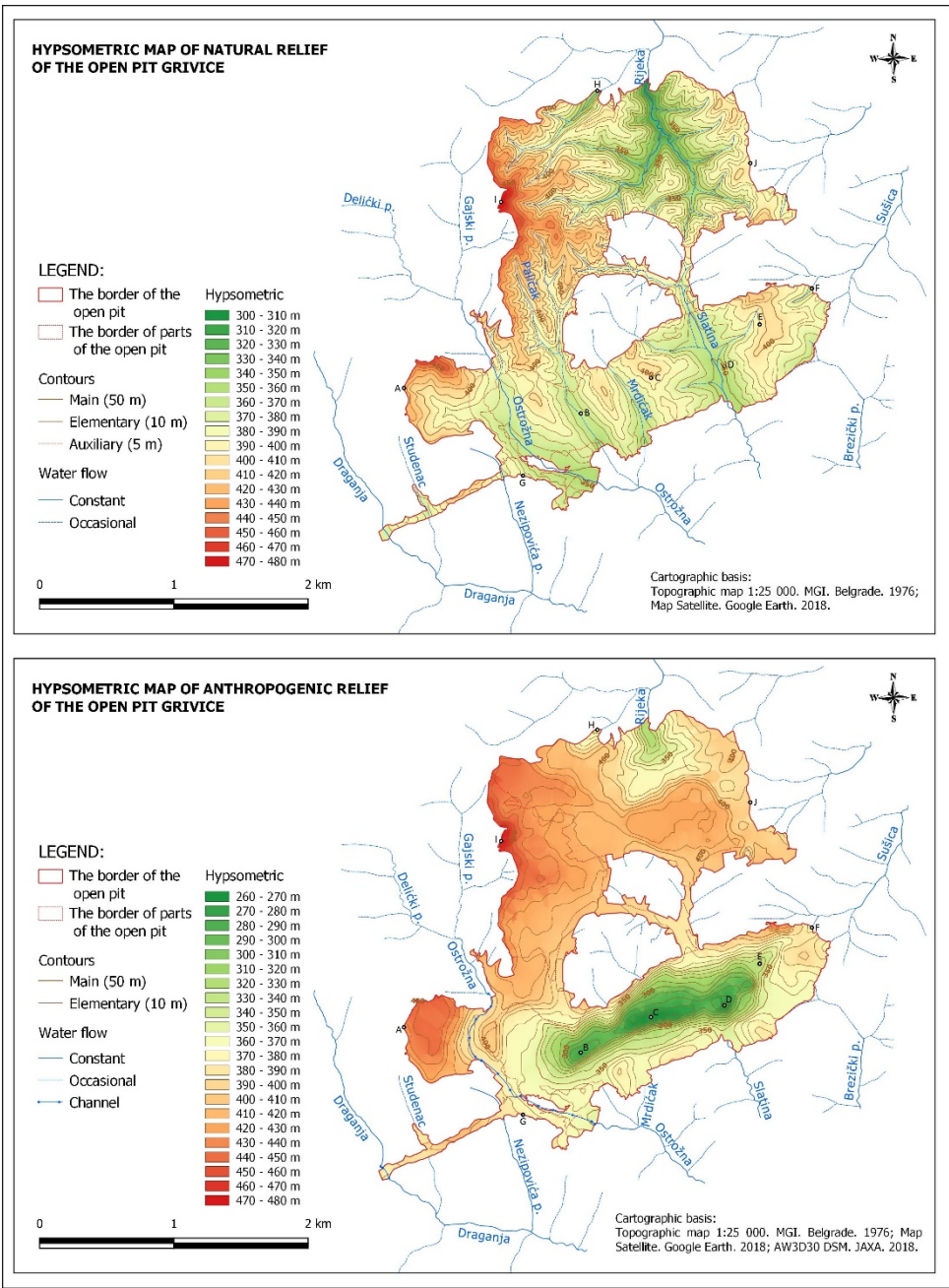


Fig. 3: Hypsometric map of natural (up) and anthropogenic (down) relief of the research area.

The results of the comparison of DEMs of the Grivice terrain show a slight decrease in the average height of the anthropogenic relief (by 1.26 m), with more pronounced increase in height difference (by 40 m), an increase in territory up to 300 m (by 6.29%) and over 400 m (by 18.86%), and a reduction of the territory of 300-400 m (by 25.15%). The identified hypsometry is a consequence of cutting and excavating the terrain in the excavation area, which reduced the relief, and depositing the overburden on the formed landfills, as a result of which the elevation of the terrain is emphasized. A similar process was recorded in the area of the neighboring mine "Turija" where the decrease in the average height is 20.17 ha, and the increase in the height difference is 25 m (Smajić et al. 2018, 47). For example, comparison of the DEMs also recorded the height difference of the natural (80 m) and anthropogenic terrain (482 m) of the "Bełchatów" coal open mine in central Poland (Jaskulski, Nowak 2019, 10). The average height of the excavation "Grivice", in the southern part, is 336.88 m, maximum 440 m, while the maximum depth reaches 260 m. The landfills, in the western and northern part, covered parts of the Ostrožna and Rijeka watercourses (spring catchment area), as a result of which flat areas were formed. The average height of the landfill "West" is 407.66 m, maximum 453.64 m and minimum 363.61 m, while the average height of the landfill "North" is 399.12 m, maximum 452.41 m and minimum 316.14 m (Fig. 3, 4, 5 and 6).

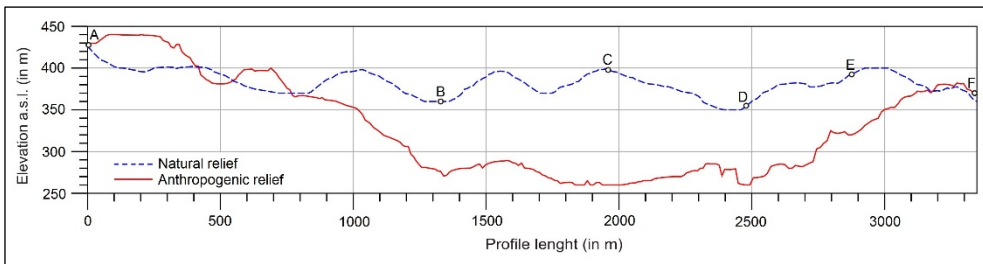


Fig. 4: Cross-profile (A-B-C-D-E-F) in a section of hypsometric map

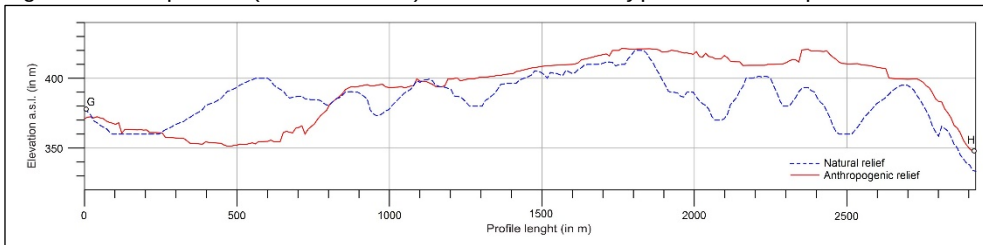


Fig. 5: Cross-profile (G-H) in a section of hypsometric map

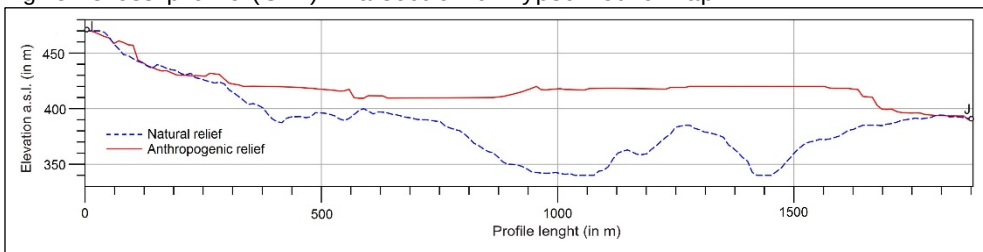


Fig. 6: Cross-profile (I-J) in a section of hypsometric map

Based on a 10-meter model of the area, models of slope and aspect of both areas of the surface mine were also prepared. Slope values were obtained using methods and algorithms integrated in QGIS, and ten slope classes were singled out (Tab. 2).

Tab. 2: Categories and spatial dimensions of slopes.

Inclination (°)	Natural relief		Anthropogenic relief		Index A/N
	Area (ha)	Portion (%)	Area (ha)	Portion (%)	
0-1°	41,47	8,58	47,04	9,74	113,43
1-3°	24,47	5,06	72,49	15,00	296,23
3-5°	28,95	5,99	65,24	13,50	225,40
5-8°	61,86	12,80	74,92	15,51	121,10
8-12°	102,79	21,27	66,69	13,80	64,88
12-16°	83,46	17,27	47,48	9,83	56,89
16-20°	59,49	12,31	31,11	6,44	52,30
20-30°	72,28	14,96	49,01	10,14	67,80
30-40°	8,40	1,74	22,15	4,58	263,76
> 40°	0,02	0,00	7,04	1,46	35221,34
Total	483,18	100,00	483,18	100,00	100,00

Source: Data obtained by GIS analysis. Cartographic basis: Topographic map 1:25000. MGI. Belgrade. 1976; Map Satellite. Google Earth. 2018; AW3D30 DSM. JAXA. 2018.

The analysis of the slope model of natural relief showed that slopes up to 1° were spread on 8.58% of the territory, 1-5° on 11.06%, 5-12° on 34.08%, and on slopes 12-20° on 29.58% of the territory. Morphologically, the area was dominated quite inclined, steep and very steep slope morphogenetically shaped by slope processes of flooding, dredging, crawling and sliding, and inclined plains. On a slope over 20°, 16.70% of the territory was affected by intensive slope processes and medium steep and steep slopes dominated mostly.

The analysis of the anthropogenic relief shows that the slopes up to 1° are spread on 9.74% of the territory, 1-5° on 28.51%, 5-12° on 29.31%, while the slopes of 12-20° are on 16, 27% of the territory. Morphologically, the area is dominated by the average, quite inclined and steep slope and steep plains. On a slope over 20°, there is 16.19% of the territory affected by intensive slope processes, with a significant share of moderately steep and very steep slopes (Tab. 2).

The results of the comparison of the slope model of the hilly area show a significant increase of the slope territory up to 8° (by 21.31%), especially in the category 1-3° (by 9.94%) and 3-5° (by 7.51%), and over 30° (by 4.30%), and the reduction of the slope territory by 8-30° (by 25.61%), especially in the category of 12-16° (by 7.45%) and 16-20° (by 5.87%). Thus, a slight trend of terrain leveling is emphasized at this locality (Fig. 7).

The research also includes the analysis of the spatial orientation of the slopes of the Grivice area. Aspect values, expressed in azimuths (0-360°), were also obtained using methods and algorithms integrated in QGIS, and eight aspect intervals were separated (Tab. 3).

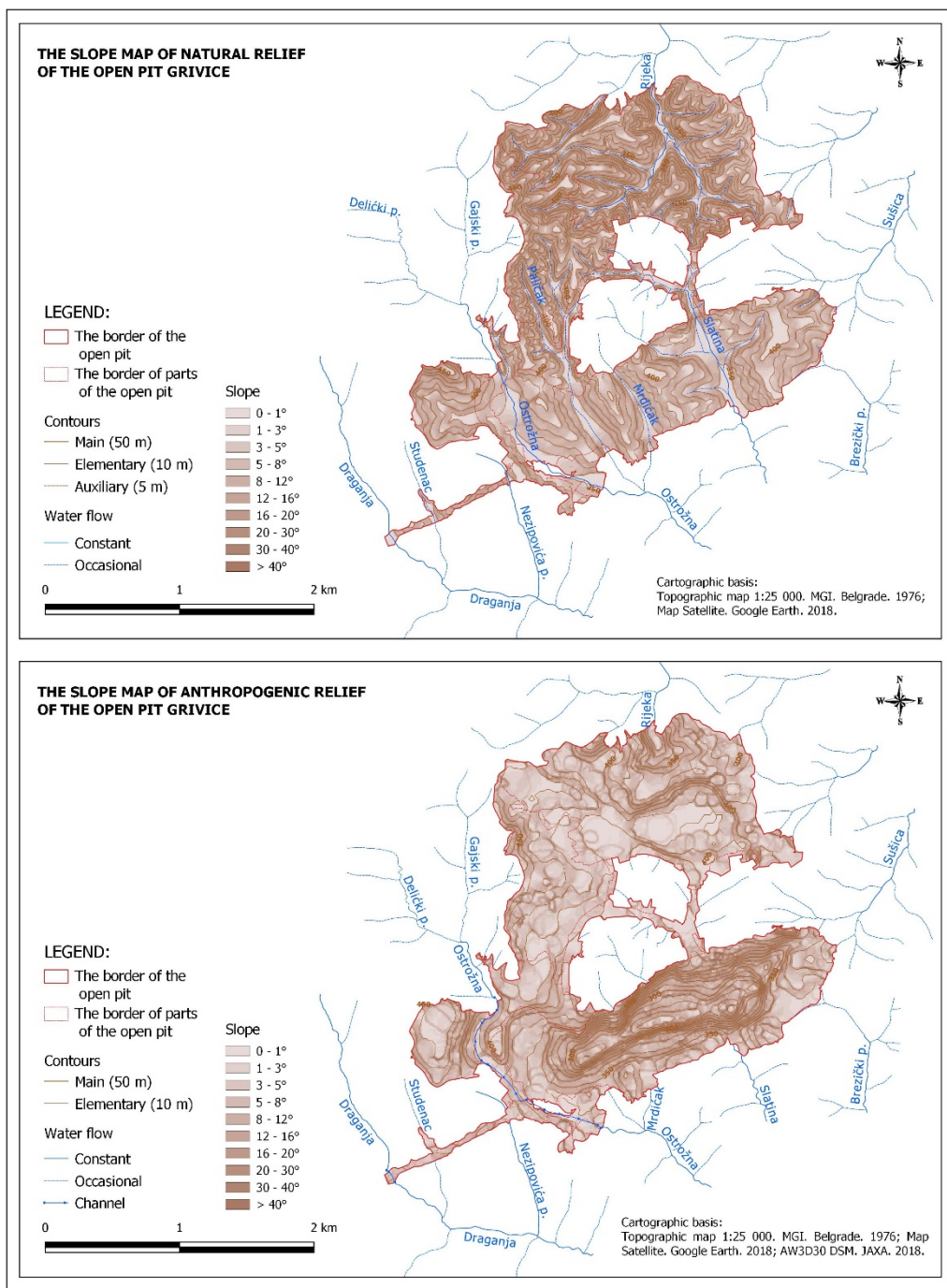


Fig. 7: The slope map of natural (up) and anthropogenic (down) relief of the research area.

Tab. 3: Aspect categories and their spatial coverage.

Aspect	Natural relief		Anthropogenic relief		Index A/N
	Area (ha)	Portion (%)	Area (ha)	Portion (%)	
N (337,5-22,5°)	66,37	13,74	66,78	13,82	100,62
NE (22,5-67,5°)	65,74	13,60	56,25	11,64	85,57
E (67,5-112,5°)	71,46	14,79	74,61	15,44	104,41
SE (112,5-157,5°)	69,14	14,31	87,76	18,16	126,92
S (157,5-202,5°)	65,94	13,65	76,12	15,75	115,43
SW (202,5-247,5°)	72,69	15,04	42,99	8,90	59,14
W (247,5-292,5°)	38,93	8,06	35,25	7,29	90,53
NW (292,5-337,5°)	32,91	6,81	43,44	8,99	131,97
Total	483,18	100,00	483,18	100,00	100,00

Source: Data obtained by GIS analysis. Cartographic basis: Topographic map 1:25000. MGI. Belgrade. 1976; Map Satellite. Google Earth. 2018; AW3D30 DSM. JAXA. 2018.

In general, the influence of area aspect on geomorphological processes is very significant because differently exposed slopes receive a different amount of short-wave radiation, which influences the characteristics of climatic elements as exogenous-geomorphologic agents (Radoš et al. 2012, 193). Specifically, analysis of the aspect model of natural relief shows that sunny aspects (southeast, south and southwest) characterized the highest areas of surface mining (43.00%), shady (northwest, north and northeast) 34.15% of the territory, while eastern aspects (14,79%) were more represented than western ones (8.06%). In the case of anthropogenic relief, sunny aspects characterize 42.81% of the territory, shady 34.45%, while eastern aspects (15.44%) which are significantly more represented than western ones (7.29%).

The results of the comparison of the aspect models of the Grivice area show that the territory with shady aspects increased by 0.30%, and with sunny aspects decreased by 0.19%. In general, the territory with the northwest, south-eastern and southern aspects increased the most, and decreased with the southwest and north-eastern aspects. Also, the territory with eastern aspect increased by 0.65%, while the territory with western aspect decreased by 0.76% (Tab. 3; Fig. 8).

The observed transformations were generated by anthropogenic activity that formed anthropogenic relief of significantly different slope aspect compared to the natural ones. Bearing in mind the success of biological reclamation on landfill slopes depends on their slope and aspect, the landfills should be designed with a larger number of final slopes with northern aspects, and less with southern. Also, the slopes should be provide with a smaller slope due to the reduction of the adverse consequences of insolation (Smajić et al. 2018, 52; Knežiček et al. 2006, 147).

4.2. Hydrographical transformation

The river network of the Grivice area consists of the Draganja watercourse with the tributaries Ostrožna and Slatina, the Rijeka watercourse which drains the northern area flowing into Modračko Lake, and four occasional watercourses of Sušica, the left tributary of the Spreča (Fig. 8). The total length of watercourses in the area of surface mining was 19.94 km, and the density of the river network was 4.13 km/km² (0.86 km/km² of permanent and 3.27 km/km² of occasional watercourses).

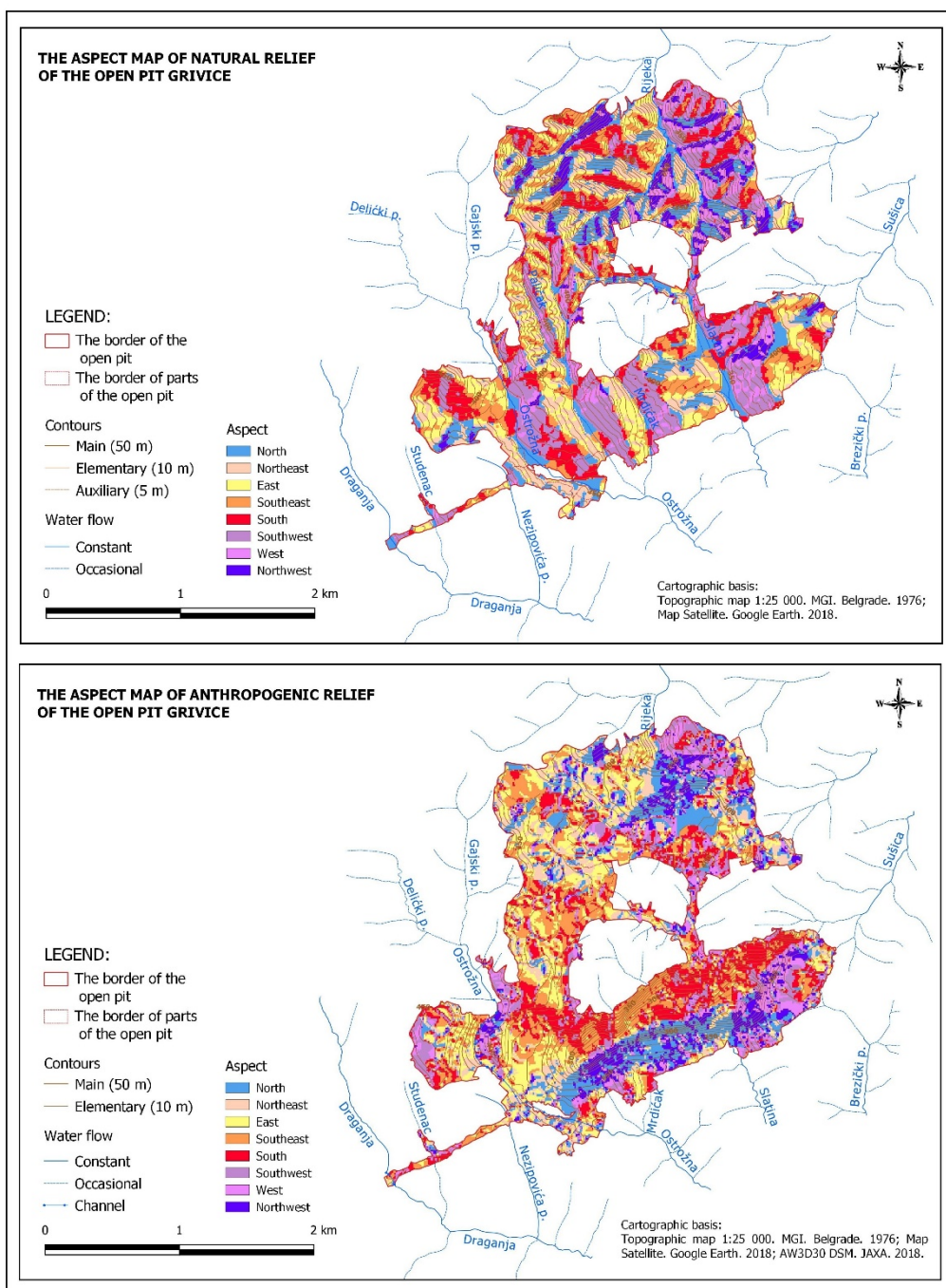


Fig. 8: The aspect map of natural (up) and anthropogenic (down) relief of the research area.

Draganja is a left tributary of Litva, flowing in a northwest-southeast direction. The surface of the Draganja river basin is 10.00 km², and the length of the stream is 7.50 km. This watercourse flows along the southwestern edge of the researched area in the length of 0.15 km. The confluence of the rivers Ostrožna (3.60 km²) and Slatina (2.30 km²) into the river Draganja is located in an urban area of Banovići, southeast of the surface mine.

The river Ostrožna was the longest permanent watercourse that flowed through the researched area in the length of 1.68 km. The tributaries of the Ostrožna in this area consisted of occasional watercourses in the length of 4.67 km, mainly from the left catchment area (Mrdićak, Palićak, etc.).

The Slatina watercourse drained the eastern and most of the central area in the length of 4.15 km. Due to surface exploitation, this watercourse was destroyed, and all occasional watercourses and springs in the length of 2.31 km, upstream from the excavation, were indirectly disorganized, because they remained without a natural sub-pathological function.

Waters from the northern part of the surface mine are drained by the Rijeka watercourse. The river was formed by several occasional watercourses and permanent springs, and the most abundant source was "Groznica" which was located east of Lojino hill at 340 m. The length of permanent watercourses was 1.45 km, while the length of occasional ones was significantly longer (5.75 km). The source of the river Rijeka is covered with material from the "North" landfill, which is a kind of hydro-ecological problem. In fact, it is an area from which drinking water is supplied to settlements located downstream in the Rijeka river basin. In the extreme northeastern area, there were four occasional watercourses of Sušica, whose length in the exploitation field was 0.40 km.

In general, surface exploitation at the Grivica site destroyed 19.94 km of watercourses, while 8.04 km were disorganized, next to the working area. Several artificial culverts and canals were formed, 1.44 km long, whose main function is to divert watercourses, accept and prevent the penetration of surface waters and atmospheric precipitation into the crater (Fig. 8). Therefore, the regulation of the Šehića spring watercourse was carried out and the northern peripheral canal was built. In this way, the natural potamological function of watercourses in the wider area of the surface mine is disturbed.

Two water reservoirs were formed in the crater of the mine, in the western and eastern districts. Drainage of water reservoirs is done by pumping into sedimentation basins outside the crater, from where the purified water is discharged into natural recipients, streams Slatina and Ostrožna, i.e. the river Litva (Fig. 1).

5. Conclusion

The application of GIS in the analysis of recent transformations of landscape topography is a necessity, and digital projection models and satellite images have a special status. By interpreting and comparing the terrain models and thematic maps prepared on this basis, data on the intensity and scope of transformation of landscape topography, hydrography, soil and vegetation of the Grivice area were obtained.

The results of GIS analysis of DEMs show that the most significant transformations affected areas of large topographic forms of anthropogenic origin. A slight trend of leveling of the Grivica terrain was determined, accompanied by a slight decrease in the average height of anthropogenic relief (by 1.26 m) and a more pronounced increase in altitude difference (by 40 m), increase in territory up to 300 m and over 400 m, and decrease in territory 300-400 m. The slope area was significantly increased to 8° and over 30°, and decreased by 8-30°. The territory with shady and eastern aspect was also increased, and decreased with sunny and western aspect. The territory with the NW, SE and S aspect increased the most, and decreased with the SW and NE aspect.

The river network, with a density of 4.13 km/km², is completely disorganized, and the natural potamological function of the Grivice area (19.94 km) is completely disrupted. Significant areas of natural soil and vegetation were also devastated (483.18 ha); predominantly brown shallow and medium-deep soils on serpentines (64.65%) and pelosols (30.02%), and of forest phytocenoses predominantly sessile and hornbeam forests (74.62%).

In the period until 2031, it is planned to expand the excavation field to the area of the settlements Gornji Bučik, Mrdići and Grivice, and landfills to the area of the hamlet Šehića potok and the eastern part of landfill "North", which will result in a significant increase in devastated areas and volume transformations of landscape topography and hydrography of Grivice locality. Bearing in mind that the interpretation of DEMs and satellite images in combination with cartographic data provides the possibility of establishing a complex GIS representation of landscape transformation of the Grivice area, especially topographic, the identified indicators have applicative significance in planning the revitalization of the post-exploitation landscape of the research area.

References

- Boengiu, S., Ionuș, O., & Marinescu, E. 2016: Man-made changes of the relief due to the mining activities within Husnicioara open pit (Mehedinți County, Romania). *Procedia Environmental Sciences*, 32, 256-263. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.030>
- Brejcha, M., Staňková, H., Černota, P. 2016: Landscape modelling of past, present and future state of areas affected by mining. *Perspectives in Science*, 7, 151-155. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2015.11.024>
- Dinić, J. 2007: Čovek i reljef. Srpsko geografsko društvo. Beograd. 98.
- Dragičević, S., Živković, N., Roksandić, M., Kostadinov, S., Novković, I., Tošić, R., Stepić, M., Dragičević, M., Blagojević, B. 2012: Land Use Changes and Environmental Problems Caused by Bank Erosion: A Case Study of the Kolubara River Basin in Serbia. *Environmental Land Use Planning*, Seth Appiah-Opoku (Ed.). InTech. 3-20. <https://dx.doi.org/10.5772/50580>
- Harnischmacher, S., Zepp, H. 2014: Mining and its impact on the earth surface in the Ruhr District (Germany). *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. 58(3), 3-22. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2013/S-00131>
- Harnischmacher, S. 2007: Anthropogenic impacts in the Ruhr District (Germany): A contribution to anthropogeomorphology in a former mining region. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 30(2), 185-192.
- Jaskulski, M., Nowak, T. 2019: Transformations of Landscape Topography of the Bełchatów Coal Mine (Central Poland) and the Surrounding Area Based on DEM

- Analysis. ISPRS Int. J. Geo-Information, 8(9), 403. 1-14. <https://doi.org/10.3390/ijgi8090403>
- Knežiček, Ž., Uljić, H., Husagić, R. 2006: Oblikovanje i prenamjena prostora površinskih kopova lignita. Rudarski institut Tuzla. Tuzla. 294.
- Pandey, A.C., Kumar, A. 2014: Analysing topographical changes in open cast coal-mining region of Patratu, Jharkhand using CARTOSAT-I Stereopair satellite images. Geocarto International, 29(7), 731-744. <https://doi.org/10.1080/10106049.2013.838309>
- Radoš, D., Lozić, S., Šiljeg, A. 2012: Morphometrical Characteristics of the Broader Area of Duvanjsko Polje, Bosnia and Hercegovina. Geoadria, 17(2). 177-207.
- Smajić, S., Kulenović, S., Pavić, D. 2009: Geographical Consequences of the Surface Exploitation of Coal on the Area of Tuzla Basin. Geographica Pannonica, 13(2), 32-40.
- Smajić, S., Hadžimustafić, E., Kadušić, A. 2018: Identification and geovisualization of morphological-hydrographic changes in the area of the open pit "Turija". Revija za geografiju, 13(2), 39-58.
- Smajić, S. 2012: Geografske promjene na prostoru Tuzlanskog bazena uzrokovane površinskom eksploatacijom uglja. Doktorska disertacija. Univerzitet u Tuzli, PMF. Tuzla. 386.
- Smajić, S., Hadžimustafić, E. 2017: Morfološko-hidrografske promjene u južnom dijelu banovičkog basena uzrokovane površinskom eksploatacijom uglja. Zbornik radova 4. Kongresa geografa Bosne i Hercegovine. Geografsko društvo u F BiH. Sarajevo. 554-567.
- Wu, Z., Lei, S., Lu, Q., Bian, Z. 2019: Impacts of Large-Scale Open-Pit Coal Base on the Landscape Ecological Health of Semi-Arid Grasslands. Remote Sensing, 11(15), 1820. 1-21. <https://doi.org/10.3390/rs11151820>
- AW3D30 DSM (2018): Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). Tokyo.
- Map Satellite (2018): Google Earth Proo.
- Pedological map (1972): Scale 1:50.000, Section Kladanj 1. Sarajevo: Department of Agropedology of the Institute for Agricultural Research.
- Spatial Plan of the Municipality of Banovići for the period 2015-2035 (2017): Draft. Sarajevo: IPSA Institute.
- The map of actual forest vegetation of Bosnia and Herzegovina (1980): Scale 1:500.000. Sarajevo: The Faculty of Forestry.
- Topographic map 1:25.000 (1976): Section Kladanj 1-1 (Banovići), Vareš 2-2 (Banovići Selo). Belgrade: Military Geographical Institute.

GIS ANALYSIS OF LANDSCAPE TOPOGRAPHY TRANSFORMATION OF THE OPEN PIT "GRIVICE" (BOSNIA AND HERZEGOVINA)

Summary

In this paper transformations of landscape topography of the surface mine "Grivice" in Banovići basin (Northeastern Bosnia) are researched. Interpretation of this transformations, at the temporal and spatial level, can be observed on the basis of a comparative GIS analysis of DEMs of the pre-investment and recent terrain. In order to achieve this, two DEMs of the Grivice area were prepared, pre-investment (natural) and recent (anthropogenic), with GIS comparison of these models, along with field research, transformations of the landscape topography of the researched locality were identified, quantified and geovisualized. Two sheets of a topographic map with a scale of 1:25000, issued by the MGI from Belgrade in 1976, were used to prepare the natural DEM, while the Google satellite image from 2018 and the AW3D30 DSM were used for the anthropogenic DEM, issued in 2018 by the JAXA. These models of the Grivice terrain were compared using QGIS tools, while their interpretation is facilitated by a uniform pixel size (10 m).

Using methods and algorithms integrated in QGIS, raster and vector values of treated transformation parameters (hypsoetry, slope and aspect, hydrographic network, etc.) were obtained, and their analytical-synthetic interpretation and geovisualization were also performed. Finally, ten thematic maps, which illustrate the anthropogenic transformation of the landscape topography of the researched area, were created.

Specifically, the results of GIS analysis of DEMs showed that the most significant transformations affected areas of large topographic forms of anthropogenic origin. A slight trend of leveling of the Grivica terrain was determined, accompanied by a slight decrease in the average height of anthropogenic relief (by 1.26 m) and a more pronounced increase in altitude difference (by 40 m), increase in territory up to 300 m (by 6.29%) and over 400 m (by 18,86%), and decrease in territory 300-400 m (by 25.15%).

The slope area was significantly increased to 8° (by 21.31%), especially in the category 1-3° (by 9.94%) and over 30° (by 7.51%), and decreased by 8-30° (by 25.61%), especially in the category 12-16° (by 7.45%) and 16-20° (by 5.87%). The territory with shady (by 0.30%) and eastern aspect (by 0.65%) also increased, and decreased with sunny (by 0.19%) and western aspect (by 0.76%). The territory with the NW, SE and S aspect increased the most, and decreased with the SW and NE aspect.

The river network, with a density of 4.13 km/km², is completely disorganized, and the natural potamological function of the Grivice area (19.94 km) is completely disrupted. Significant areas of natural soil and vegetation were also devastated (483.18 ha); predominantly brown shallow and medium-deep soils on serpentines (64.65%) and pelosols (30.02%), and of forest phytocenoses predominantly sessile and hornbeam forests (74.62%).

Since the interpretation of DEMs and satellite images in combination with cartographic data provides the possibility of establishing a complex GIS representation of landscape transformation of the Grivice area, especially topographic, the identified indicators have applicative significance in planning the revitalization of the post-exploitation landscape of the research area.

ANALYSIS OF LOCATION FACTORS IMPORTANT FOR DEVELOPMENT SPA TOURISM IN SREBRENICA

Senada Nezirović

PhD, Associate Professor
Department of Geography, Faculty of Science
University of Sarajevo
Zmaja od Bosne 33–35, Sarajevo
Bosnia and Herzegovina
e-mail: nezirovicsenada@yahoo.com

UDK: 911.3:379.83

COBISS: 1.01

Abstract

Analysis of location factors important for development Spa tourism in Srebrenica

In this paper, location factors important for the development of Spa tourism in Srebrenica was analyzed. Crni Guber Spa is located at 596 meters above sea level and is the highest spa and climatic place in northeastern Bosnia. Until the beginning of the war in 1992 in Bosnia and Herzegovina, the backbone of the economic development of the municipality of Srebrenica was the development of spa tourism. Spa Crni Guber in Srebrenica was a well-known health resort for anemic diseases. The accommodation capacities of this Spa complex were damaged by the war, so this health resort is currently in stagnation. We single out the time after 1995 as a special period, because there are no conditions for tourist movements towards the Crni Guber Spa in Srebrenica. Conducted research indicates that for the launch of the Crni Guber Spa and the adequate use of medicinal waters for medical purposes, it is necessary to resolve property and legal issues related to accommodation facilities and medical equipment of this Spa as well as the issue of concessions regarding the exploitation of medicinal water. Analyzing the importance of location factors and other factors important for the development of Spa tourism, in addition to local development policy in the municipality of Srebrenica, author believes that hydrographic and climatic resources, accommodation capacities and the touristic market are of special importance. The analysis of the spatial distribution of medicinal waters presents their economic value and proposes guidelines for further use and protection of these resources. For this type of tourist activity in Srebrenica, the tourist policy of local and state authorities is of great importance, as well as the connection between tourist organizations in order to attract visitors for treatment, recreation and rest. This paper presents a contribution to theoretical and practical research for the development of Spa tourism in the municipality of Srebrenica.

Key words

Healing waters of the Crni Guber Spa, planned management

1. Introduction

The municipality of Srebrenica is located in the northeastern part of Bosnia and Herzegovina. It stretches along the central part of the Drina River. It borders the municipality of Bratunac in the north and northeast, the municipality of Milići in the west and the municipalities of Rogatica and Višegrad in the southwest. The southern border of Srebrenica is part of the central course of the Drina River and it is also part of the state border between Bosnia and Herzegovina and the Republic of Serbia. It has an area of 526.83 km² with a population of 13,490 (2013 census). Srebrenica is connected with Zvornik, Bijeljina, Tuzla and Sarajevo, and across the bridge on the river Drina with the municipality of Bajina Bašta (Republic of Serbia).

The municipality has a favorable geographical position towards the larger city centers of Sarajevo and Belgrade, primarily due to the distance of up to 200 km. The movement of visitors from the area of Northern Bosnia towards Srebrenica is directed through the Tuzla valley, which is 92 km away. The connection of Srebrenica to Northern and Central Bosnia is expressed by the main roads M-4 Zvornik, Tuzla and M-19 Srebrenica, Vlasenica, Sarajevo. In the erosive extension of the river Križevica, at 370 meters above sea level, the city center of Srebrenica stretches in a south-north direction for 4 km.



Fig. 1: Summer climatic ambience of the spa resort Srebrenica.

Source: Tourist Organization, Srebrenica, 2020.

During the Roman rule, mining developed in this area. This is evidenced by numerous abandoned trenches and ditches up to 5 km long, 10 m high and 250 m wide. Springs that erupt to the surface have appeared in the places of mining excavations in dark clay shales. Examination of the therapeutic values of Crni Guber mineral springs confirmed their healing properties, after which a spa complex was built. Healing waters and pleasant climate enabled that the Spa Crni Guber become a famous tourist destination in the treatment of anemic diseases during the last century.

2. Research methodology

The research in this paper required an analysis of location factors that are important for the development of Spa tourism in Srebrenica. The aim of this analysis was to point out the factors that are important for the return to the function of the Spa Resorts in Srebrenica. The paper identifies the healing waters and climatic characteristics of the area, then analyzes the tourist infrastructure and market. In the final part of the paper, are given guidelines on how to return the Crni Guber Spa to the function of a health resort. Along with each of the factors discussed in this paper, cartographic thematic contributions are presented. The methodology of the paper required the application of a combined qualitative and quantitative comparative method and methods of analysis and synthesis. The complexity of the research required the use of data from various sources, in addition to professional literature, planning documents, maps, field sketches and statistical indicators were used. According to their structure, the collected working material and data were processed by modern geographical methods, including GIS technology for the presentation of the geographical reality of the area.

3. Results and discussions

3.1. Location factors important for the development of Spa tourism

Analyzing the importance of individual location factors and other broader factors for the development of spa tourism, in addition to local development policy in the municipality of Srebrenica, the author believes that water and climate resources, accommodation and market are of special importance.

3.1.1. Medicinal and mineral source

The water of Crni Guber binds its origin to the geological base and the minerals that are distributed in it, as well as the flowing waters that have dissolved it. Previous research has confirmed 48 mineral springs, of which Kožna voda, Mali Guber, Sinusna voda, Ljepotica, Crni Guber, Očna vodica, Mala and Velika Kiselica have been medically treated and registered as medicinal waters. The mineral springs are located one after the other next to the Crvena Rijeka, into which they flow with the highest altitude location of Očna vodica to the Kožna voda of the lowest location. The mineral springs of Crni Guber were of the greatest importance in the development of Spa tourism.

Mali Guber is 300 m away from the medical center "Argentarija", located right next to the promenade. According to the degree of minerality, it contains twice as much iron as Black Guber. The flow of the Mali Guber spring is 30 l / min. Veliki Guber is 1.300 m away from M.C.Argentarija, has a flow of 163.6 l / min, its located at 596 m above sea level, and its one of the most healing springs in the region of Northeast Bosnia. The water of the Veliki Guber spring was tested in a therapeutic sense, as fresh and at the spring, as canned-stabilized (bottled) at the institutes in: Vienna, Sarajevo, Zagreb and Belgrade.

The last research was conducted in 1980 and agrees with the physico-chemical analysis of S. Mihalić from 1976. Guber's springs are natural cold, arsenic-iron waters with a total mineralization of 772 mg / l and can be drunk in their natural state without dilution (Miholić 1955). Iron and arsenic give a basic feature to Guber 's water (Crni Guber Archive 1976).

Physical properties: Water temperature 12.4 ° C, specific gravity is 1.00116, at 0 ° C, it has a refreshing acidotropic taste, odorless, acid reaction (litmus, pH value 5). Color: due to the small proportion of suspended matter, Očna voda spring has a bluish greenish color, while other sources of Crni Guber are colorless.

Chemical properties: Among the cations, the dominant place is occupied by: iron (0.123 g/l), aluminum, calcium, sodium and magnesium. Of the anions, Guber's water is characterized by: sulfates, hydroarsenates and chlorine.

Of the trace elements there are: copper, manganese, zinc and cobalt. These elements are very important in the resorption of iron in the human body. Total radioactivity is 17.19 Mach units (Center for Physical Rehabilitation and Blood Diseases 1991).

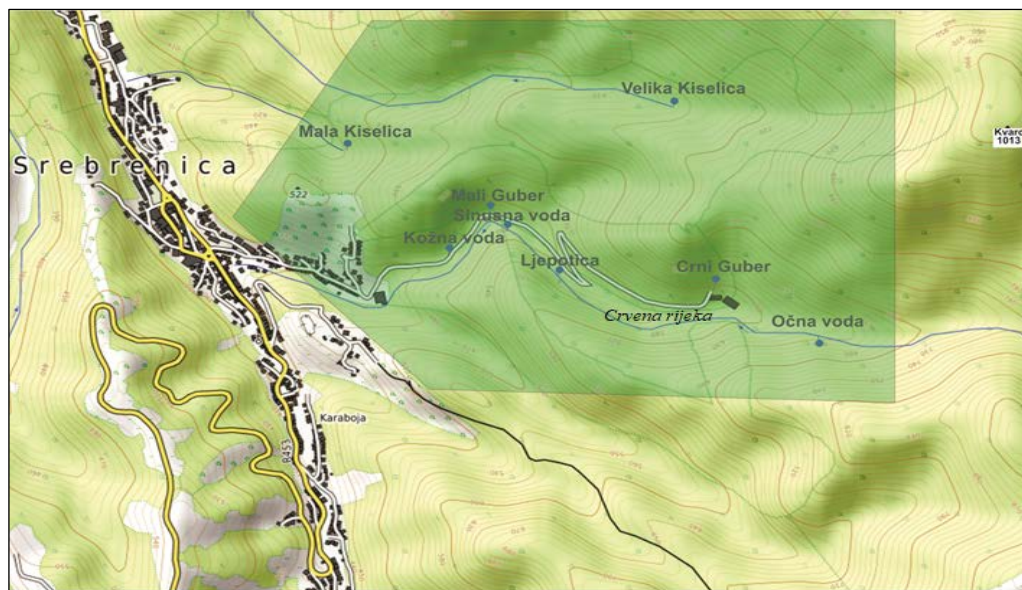


Fig. 2: Spatial distribution of healing waters in Srebrenica.

Source: Spatial distribution of the source Crni Guber was done by the author.

Medicinal properties: Examination of therapeutic values confirmed the medicinal properties of Crni Guber water that can be used as an adjunct in treatment: secondary hypochromic anemia (anemia due to large iron loss), acute and chronic bleeding, insufficient iron resorption, mucosal damage, headaches, endocrine disorders in women, weight loss, fatigue, tiredness and chronic skin diseases. Analyzes performed for many years in the Spa Guber and in internal clinics in Belgrade and Sarajevo, showed that the mineral water Crni Guber is one of the best drugs in the treatment of anemia and other diseases mentioned above (Proceedings of the company for tourism, recreation and treatment "Guber " 1976).

The healing water of Crni Guber enabled the development of health tourism, which was confirmed by the construction of a Spa complex. (Project for revitalization of the hotel at Vrelo Guber, Srebrenica, 2002). Spa Crni Guber in Srebrenica started operating in 1951, and bottling of medicinal water with the use of vitamin C in 1956.

Tab. 1: Physical and chemical properties of Crni Guber water.

Cations (+)	mg/l	Anions (-)	mg/l
H	0,01657	Cl	0,0153
Na	0,1969	SO ₄	5,324
K	0,1314	HAs	0,05752
Ca	0,2538	Sil.oks	0,9306
Mg	0,1599		
Sr	0,00003		
Ba	0,0018		
Al	1,552		
Fe	2,206		
Mn	0,01571		
Zn	0,1089		
Pb	0,00022		
Cu	0,00163		
Ni	0,00033	Total mineralization: 772mg/l	

Source: Archive of the Spa Crni Guber business company, 1991.

The beauty of Guber's springs is complemented by wooded surroundings. Coniferous forests with their recreational functions significantly affect visitors, especially in the summer months when high air temperatures cause lush vegetation, easier accessibility and weather suitable for tourist movements. The Kvarc mountain has an exceptional tourist value because it is rich in clean air and lush vegetation, and has the characteristics of a climatic air spa. The landscape of the Kvarc mountain stretches along a 1.300-meter-long promenade that leads to the Veliki Guber site. On the eastern slopes of the Kvarc mountain, the wooded surroundings of conifers create a beautiful natural environment. The locality is very attractive, this is especially true in autumn, when the natural harmony and harmony of colors do not leave indifferent visitors to this area, especially the elderly. (Nezirović 2018). The site is very attractive, which is confirmed by numerous visits by nature lovers, of which organized groups of tourists from Bosnia and Herzegovina and neighboring countries should be highlighted. It can be classified as a complementary tourist resource. For the complete valorization of this locality and the development of spa tourism, the tourist infrastructure is necessary, which primarily refers to the construction of the tourist capacities of Crni Guber.

3.1.2. Capacities of Crni Guber Spa

The Crni Guber Spa was located at the foot of the Kvarc Mountain, surrounded by a coniferous forest and had an attractive ambience. It was about 1 km away from the city center of Srebrenica. The Spa consisted of: the Argentaria Center for Physical Medicine, the Domavija Hotel and the Vrelo Motel next to the Veliki Guber spring. (Project for revitalization of the motel at Vrelo Guber, 2002). In terms of accommodation capacity, the Spa had 135 rooms, with 304 beds and 680 seats. The provision of better spa services began in 1967, when the Domavija "B" category hotel was built and the motel at Vrelo Guber was renovated. The Argentaria Center for Physical Medicine, Rehabilitation and Spa Treatment was built in 1982. Hotel Domavija, located in Crni Guber Street, directly in the city center of Srebrenica, enabled the reception of a larger number of visitors, both for spa treatment and multi-day stay of sports teams for preparation and training, as well as for skiing and other winter sports. (Crni Guber Spa Archive in 1991).



Fig. 3: Landscape area on the slopes of the mountain Kvarc towards the source Veliki Guber

Tab. 2: Structure of accommodation capacities of Banja Crni Guber Spa in 1991.

Capacities	Number of rooms	%	Beds	%	Seats	%
Hotel Domavia	113	82,4	244	80,2	530	77,9
Stationary Argentarija	14	10,2	40	13,2	-	-
Motel Vrelo	10	7,4	20	6,6	150	22,1
Total Crni Guber	137	100	304	100	680	100

Source: Crni Guber Spa Archive in 1991.

The average capacity utilization of the Spa during 1991 was 48%. Accommodation capacities had the maximum utilization during the summer season from June to September. Autumns in Srebrenica are warmer than springs, so capacity utilization in September was 74%. Due to the lack of hotel capacity, patients were forced to use private accommodation in private houses and apartments. (Project for revitalization of the hotel at Vrelo Guber Srebrenica 2002) (Fig. 4).

During the last war, the accommodation facilities of this Spa complex were damaged, so that this health resort is in stagnation. We single out the time after 1995 as a special period, because there are no conditions for tourist movements towards the Crni Guber Spa in Srebrenica. The unfavorable standard of the population, the consequences of the devastation of accommodation capacities, the war-conditioned migration of the population and the lack of funds, significantly influenced the stagnation of spa tourism in Srebrenica. The basis of spa tourism in Srebrenica is the construction of new facilities at nearby mineral springs, with equipped physiotherapy and medical treatment and packaging of mineral water (as medicine) for the market.

In recent years, on the site of the former spa complex "Argentarija" as well as on the plateau of Guber, work has begun on the construction of a spa complex and spa center. Due to unresolved property and legal relations and privatization, the construction of these capacities was stopped.

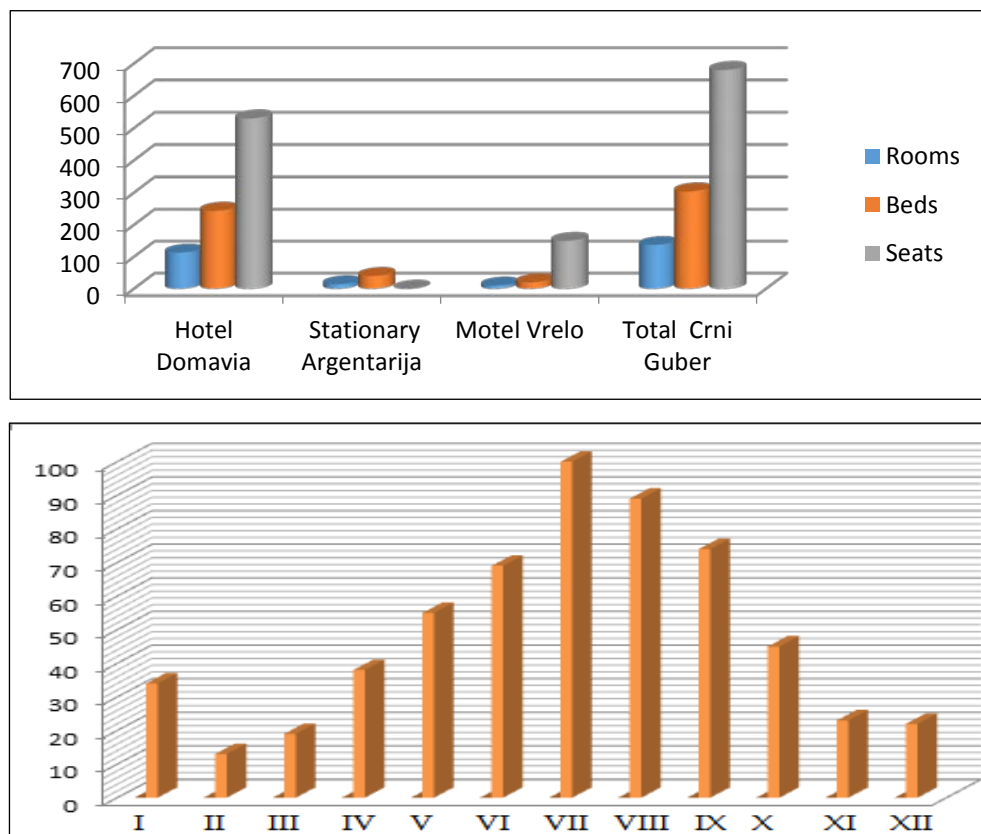


Fig. 4: Structure and utilization of accommodation capacities in Srebrenica until 1991.
Source: own calculations.

3.2.3. Market

The spa based its activity on the exploitation of Crni Guber water, which created conditions for the development of spas for people suffering from anemia, as well as other diseases. Treatment with mineral water was performed: by drinking, medical treatment with inhalers and through baths. Water drinking therapy was performed for: anemia, fatigue and headache. Interest in the use of the Spa was great, most visitors for treatment came from Posavina. If we analyze the stay of visitors from the second half of the twentieth century when Spa tourism recorded a rise in development, we see that the number of visitors and overnight stays was constantly increasing, which was mostly influenced by health motives, coming to treatment, recovery and rehabilitation.

Since 1975, the number of patients and overnight stays has been constantly increasing, always exceeding 5.000 (Statistical Yearbooks of Bosnia and Herzegovina Statistical Office of the Republic of Sarajevo, 1991). The average length of stay of

patients in 1991 was 6.2 days for domestic and 10.1 days for foreign visitors. Domestic visitors dominated the total tourist traffic with 98.1%, foreign with 1.90%.



Fig. 5. Banja Guber, in the construction of a model of tourist facilities.

Source: Archives of the Municipality of Srebrenica, 2019.

Due to the demand for medical services, 64.686 overnight stays were realized in tourist traffic in 1985, while in 1991 the number of visitors increased to 10.898 who realized 68.660 overnight stays. (Archive of Enterprises of the Municipality of Srebrenica, 1981-1991). It should be noted that this area was visited by 15 organized groups of visitors from Bosnia and Herzegovina, Serbia and Croatia in 1991. This is the most intensive time of spa tourism development in Srebrenica. The provision of quality physical therapy services has enabled Crni Guber to become the most famous health resort in Northeast Bosnia (Nežirović 2008). Everyone who came to Banja once returned again the following year, because they felt an improvement in their health. (Nežirović 2012).

Tab. 3: Tourist traffic in Srebrenica, in the period 1975 - 1991- 2015.

Year	1975	1980	1985	1991	2011	2012	2013	2014	2015
Total visitors	5.637	6.768	7.844	10.898	896	757	830	946	1.245
Domestic	5.602	6.709	7.779	10.700	277	302	313	383	422
Foreign	35	59	65	198	619	455	517	563	823
Total nights	34.133	26.372	64.686	68.660	1.496	1.308	1.513	1.579	2.145
Domestic	34.097	26.040	63.874	66.667	387	503	739	634	606
Foreign	216	332	812	1.993	1.109	805	774	945	1.539

Source: Tabular presentation made by the author according to the sources.



Fig. 6: Providing services in CFM Argentina until 1992.

The information available to the Tourist Organization of Srebrenica is the sum of all announced one-day individual and group visits to the city of Srebrenica, in a tour of the cultural motives of this area. Also, many visitors come unannounced, so the actual number of visits is even higher. According to the data obtained by the author from the Tourist Organization, in 2016, about 30.000 visitors visited Srebrenica, but it is impossible to determine the exact number, since the official statistics register only visitors who spent the night.

By returning the Spa to function, the tourist offer could include other tourist facilities in the municipality, which provide numerous meadows with fragrant plants and forest complexes at the foot of Sušica, the Perućac reservoir and the Drina canyon. Therefore, what is provided by Spa Crni Guber and other valuable ambiances of Javor and Osat in natural contents, is no less valuable than what is provided by the most representative localities, Zlatibor and Divčibare, in the neighboring Republic of Serbia.

4. Conclusion

Analyzing all the above factors that are important for the development of the Spa Crni Guber in Srebrenica, the author came to the following results. According to the altitude of 596m, as the highest health resort in Northeast Bosnia, it has a large amount of clean air and is a climatic health resort. The climate is suitable for recreation, because the treatment is based on the remediation of anemic diseases. Srebrenica's forest ecosystems provide immeasurable contact with nature, revitalizing fatigue and establishing working capacity for future activities. Although it has a good natural-geographical position and a wonderful environment for rest and relaxation,

for the complete valorization of Spa Crni Guber, tourist infrastructure is necessary, which primarily refers to the construction of tourist capacities of the Spa and other accompanying facilities for health tourism development.

Spa Crni Guber with equipped infrastructure has great tourist opportunities. This is especially true of the specifics and rarity of mineral water, which is a balneological attraction. It is the only one in Europe registered as a medicine for anemic diseases. Given that it is unique in its mineral composition, it is clear what role it can play in the development of Spa tourism in Srebrenica. The waters of Crni Guber were declared medicinal in 1956, although they have a natural decline and are suitable for exploitation, they are now not used. By capturing the source, their therapeutic values would be significantly expanded. In addition to spa treatment, water can also be bottled and marketed as a medicine. The representatives of the authorities of the municipality of Srebrenica emphasize that the waters of Crni Guber are the economic potential of the municipality, but certain obstacles have arisen that need to be solved, such as the issue of the concession related to the exploitation of medicinal water. That agreement has not yet been reached.

Today, the spa is in stagnation, apart from the fact that the construction of accommodation capacities and a medical center has been stopped, a political problem has arisen due to unresolved property and legal relations, so that more than two decades of millions of liters of medicinal water flow into Crvena Rijeka.

References

- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, 2014: Rezultati popisa stanovništva, domaćinstava i stanova u Bosni i Hercegovini 2013. godine.
- Arhiva Banje Crni Guber 1991.Srebrenica.
- Arhiva anketiranih privrednih preduzeća opštine Srebrenica, 2020.
- Arhiva privrednih preduzeća opštine Srebrenica, 1981-1991.
- Centar za fizikalnu rehabilitaciju i bolesti krvi, 1991, Srebrenica.
- Crni Guber arhiva 1976, Srebrenica.
- Miholić, S.,1955., Kemijska analiza mineralnog vrela Veliki (Crni) Guber Srebrenica, Veselin Masleša, Sarajevo.
- Nezirović S, 2008: Turistički potencijali Srebrenica, naučna monografija.
- Nezirović S, 2018: Turistički resursi regije Sjeveroistočna Bosna, univerzitetska naučna monografija, PMF, Univerzitet u Sarajevu, PMF, Sarajevo
- Nezirović, S. (2012): Prirodno-geografske i društveno-geografske determinante turističko- geografskog razvoja regije Sjeveroistočne Bosne, doktorska disertacija odbranjena 27.11.2012 na PMF Univerziteta u Sarajevu.
- Opština Srebrenica, 2020: Služba za informisanje, kabinet načelnika, Srebrenica.
- Opština Srebrenica, 2017: Strategija razvoja opštine Srebrenica 2018-2022.Srebrenica.
- Projekat za revitalizaciju motela na Vrelu Guber, 2002., AD Guber, str.1. - 13. Srebrenica.
- Statistički godišnjaci,1991.Bosne i Hercegovine, zavod za statistiku Republike,Sarajevo.
- Turistička organizacija, Srebrenica, 2020.
- Zavod za statistiku, entitet Republika Srpska 2017., Banja Luka.
- Zbornik radova preduzeća za turizam, rekreaciju i liječenje" Guber" 1976., str.1.- 31.
- <https://www.srebrenica.ba/index.php/turizam>

ANALYSIS OF LOCATION FACTORS IMPORTANT FOR DEVELOPMENT SPA TOURISM IN SREBRENICA

Summary

The research in this paper required an analysis of location factors that are important for the development of Spa tourism in Srebrenica. The municipality of Srebrenica is located in the extreme northeastern part of Bosnia and Herzegovina. It stretches along the central part of the Drina River. Until the beginning of the war in 1992 in Bosnia and Herzegovina, the backbone of the economic development of the municipality of Srebrenica was the development of spa tourism. The Crni Guber Spa in Srebrenica was a well-known health resort for anemic diseases.

Due to the demand for medical services, 64.686 overnight stays were realized in tourist traffic in 1985, while in 1991 the number of visitors increased to 10.898, who realized 68.660 overnight stays. It should be noted that this area was visited by 15 organized groups of visitors from Bosnia and Herzegovina, Serbia and Croatia in 1991. This is the most intense time for the development of Spa tourism in Srebrenica. Providing quality physical therapy services has enabled Crni Guber to become the most famous health resort in Northeast Bosnia. Everyone who came to Banja once returned again the following year, because they felt an improvement in their health. During the war, the accommodation capacities of the spa complex were damaged, so that the health resort is in stagnation. We single out the time after 1995 as a special period, because there are no conditions for tourist movements towards the Crni Guber Spa in Srebrenica.

The basis of spa tourism in Srebrenica is the construction of new facilities at nearby mineral springs, with equipped physiotherapy and medical treatment and packaging of mineral water (as a medicine) for the market. In recent years, works on the construction of a spa complex and spa center have begun on the site of the former spa complex "Argentarija" as well as in the area of Veliki Guber. Due to unresolved property and legal relations and privatization, the construction of the mentioned capacities was stopped. Today, the spa is in stagnation, apart from the fact that the construction of accommodation capacities and a medical center has been stopped, a political problem has arisen due to unresolved property and legal relations, so that more than two decades of millions of liters of medicinal water flow into Crvena Rijeka. By returning the Spa to function, the tourist offer could include other tourist facilities in the municipality, which provide numerous meadows with fragrant plants and forest complexes at the foot of Sušica, the Perućac reservoir and the Drina canyon. Therefore, what is provided by Spa Crni Guber and other valuable ambiances of Javor and Osat in natural contents, is no less valuable than what is provided by the most representative localities, Zlatibor and Divčibare, in the neighboring Republic of Serbia.

SLOVENCİ V MESTU SARAJEVU OD LETA 1991 DO LETA 2013

Dušan Tomažič

magister geografije in profesor zgodovine
Rtv Slovenija, RC Maribor,
Ilichova 33
e-mail: dusan.tomazic@rtvslo.si

Alija Suljić

Dr. geografije, izr. prof.
Prirodno-matematički fakultet
Univerzitet u Tuzli
Univerzitetska 4, Bosna in Hercegovina
e-mail: alija.suljic@untz.ba

UDK: 911.3:312

COBISS: 1.01

Povzetek

Slovenci v mestu Sarajevu od leta 1991 do leta 2013

V prispevku so prikazane osnovne demografske karakteristike Slovencev v Sarajevu (BiH). Narejena je primerjava popisov iz leta 1991 in 2013. Analizirana je dinamika števila, teritorialna razpršenost, spolna, starostna in verska struktura Slovencev v obdobju pred vojno v Bosni in Hercegovini in po njej. Evakuacija 348 Slovencev iz Sarajeva novembra 1992. leta je zelo vplivala na število, strukturo in teritorialno distribucijo slovenskega prebivalstva v glavnem mestu BiH. Zaradi objektivnejše slike Slovencev glede njihove etnične pripadnosti so vključeni tudi nekateri drugi podatki.

Ključne besede

Slovenci, veroizpoved, materni jezik, spol, starost, Sarajevo, Bosna in Hercegovina

Abstract

Slovenes in Sarajevo between 1991 and 2013

The article presents the basic demographic characteristics of Slovenes in Sarajevo (Bosnia and Herzegovina - BiH). A comparison of the 1991 and 2013 censuses is made. The dynamics of the number, territorial dispersion, gender, age and religious structure of Slovenes in the period before and after the war in Bosnia and Herzegovina are analyzed. The evacuation of 348 Slovenes from Sarajevo in November 1992 had a profound effect on the number, structure and territorial distribution of the Slovene population in the capital of BiH. Due to a more objective picture of Slovenes regarding their ethnicity, some other data is also included.

Key words

Slovenes, religion, mother tongue, gender, age, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

1. Uvodno razmišljanje in metodologija dela

Raziskovanje antropogeografskega razvoja slovenske populacije v glavnem mestu Bosne in Hercegovine se je začelo z avtorjevim proučevanjem slovenske diaspore v tej državi leta 2016. V času takratnega raziskovanja končni rezultati popisa prebivalstva za leto 2013 niso bili v celoti na voljo, zato so bila nekatera poglavja v delu „Slovenska etnična manjšina v Bosni in Hercegovini“ le delno raziskana. Zahvaljujoč se Federalnemu zavodu za statistiko in Agenciji za statistiko Bosne in Hercegovine so bili pridobljeni dodatni, novi podatki. Z analizo le-teh smo pridobili dodatne informacije, zdaj fokusirane na glavno mesto Bosne in Hercegovine, Sarajevo. V delu so zbrani in analizirani podatki o dinamiki razvoja in poselitve Slovencev po občinah Sarajeva, starostno-spolni strukturi, maternem jeziku Slovencev in njihovi verski opredelitvi. V delu so prav tako uporabljeni podatki popisov prebivalstva od leta 1910 do 2013, s posebnim poudarkom na zadnjem popisu prebivalstva v tej državi. Tako kot v Sloveniji je tudi v Bosni in Hercegovini več znanstvenih in strokovnih del z različnih raziskovalnih področij na temo Slovenci v BiH in Sarajevu.¹

2. Gibanje števila Slovencev v Sarajevu po popisih prebivalstva od leta 1910 do 2013

V časovnem obdobju 103 let, od prvega pojavljanja Slovencev v popisih prebivalstva na območju Sarajeva, se je njihovo število zmanjšalo za več kot sedemkrat oziroma s 1.047 na vsega 149 oseb. Delež Slovencev v skupnem številu prebivalcev Sarajeva se je z 2,02 % (1931. leta) zmanjšal na vsega 0,03 % (2013. leta). Hkrati podatki kažejo, da se je slovenska populacija v Sarajevu, z izjemo leta 1948, povečevala vse do leta 1953, ko je v tem mestu živelo največ, in sicer 1.595 Slovencev. Od takrat pa vse do danes se je njihovo število nenehno krčilo.

Preglednica 1: Število, indeks spremembe števila in relativni del Slovencev v številu prebivalstva Sarajeva po popisih prebivalstva 1910–2013.

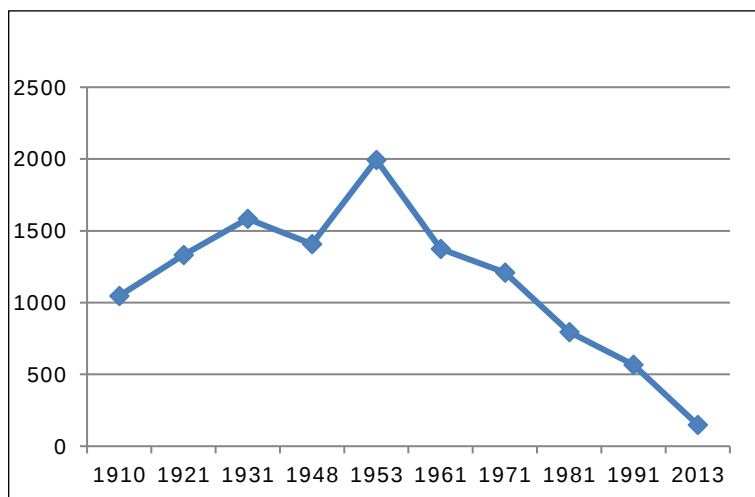
Popis	1910	1921	1931	1948	1953	1961	1971	1981	1991	2013
Št. Slovencev	1.047	1.333	1.584	1.408	1.595	1.375	1.210	794	573	149
% v skupnem št. prebivalcev Sarajeva	2,01	2,01	2,02	0,79	0,76	0,49	0,33	0,17	0,1	0,03
Indeks	'21/10	'21/31	'31/48	'48/53	'53/61	'61/71	'71/81	'81/91	'91/13	'10/13
	127	119	89	113	86	88	88	66	72	26

Vir: Popisi prebivalstva BiH 1910, 1921, 1931, 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2013.

Številnost določene populacije se kaže v odnosu naravnega in selitvenega gibanja. Ko govorimo o etničnih manjšinah, je zelo pomembno tudi etnično izrekanje potomcev iz mešanih zakonov, še toliko bolj, ko govorimo o Slovencih v Sarajevu, kjer je prisoten trend tako imenovane kroatizacije.² Ob navedenem je na zmanjšanje števila Slovencev v Sarajevu imela velik vpliv tudi evakuacija 348 oseb med vojno leta 1992 v Bosni in Hercegovini.

¹ Med številnimi avtorji so se s to temo ukvarjali še: Martin Grum, dr. Irena (Rošer) Marković, Vera Adamič Papež, dr. Ilijas Hadžibegović, dr. Vera Kržišnik Bukić, Stanislav Koblar, dr. Damir Josipović, dr. Marko Klavora idr.

² Kroatizacija – mnogi Slovenci so se zaradi enostavnejšega postopka odločili za hrvaško državljanstvo in mnogi so se po narodnostni pripadnosti izrekli za Hrvate.



Slika 1: Gibanje števila Slovencev v Sarajevu 1910–2013.

Vir: Popisi prebivalstva BiH, 1910., 1921., 1931., 1948., 1963., 1961., 1971., 1981., 1991., 2013. leta.

3. Teritorialna porazdelitev in prisotnost Slovencev na območju mesta Sarajeva v popisih 1991. in 2013. leta³

Obstaja več faktorjev, ki vplivajo na prostorsko distribucijo prebivalstva, najpomembnejši so: geografski položaj, relief, klima, hidrografija, tla, rastlinski in živalski svet, ekonomska razvitost območja, družbeno-zgodovinski tokovi in drugo. Fizičnogeografski faktorji lahko zelo vplivajo na poseljenost prostora, bodisi pozitivno, družbeno-ekonomski faktorji pa lahko bogatijo ali slabijo naravne življenjske razmere ljudi (Suljić 2011). Pred vojno in po njej so bili Slovenci v Sarajevu prisotni na območjih občin: Stari Grad, Center, Novi Grad, Novo Sarajevo, Ilidža, Pale, Vogošća, Hadžići in Ilijaš. Le na območju občine Trnovo tam po popisih prebivalstva niso nikoli živeli.

Dosedanji popisi prebivalstva v Bosni in Hercegovini od leta 1910 do 1991 kažejo, da je največ Slovencev živel v Sarajevu (1910: 1.047, 1921: 1.333, 1931: 1.584, 1948: 1.408, 1953: 1.595, 1961: 1.375, 1971: 1.210, 1981: 784, 1991: 573⁴), a po zadnjem popisu leta 2013 jih je bilo največ v Banjaluki, in sicer 230 oseb, medtem ko jih je v glavnem mestu živel le 149.

Največja koncentracija Slovencev v Sarajevu v obeh popisih prebivalstva Bosne in Hercegovine je bila v: Novem Sarajevu (1991: 207, 2013: 47) in občini Center Sarajevo (1991: 155, 2013: 43). Tretja občina je bila leta 1991 Novi Grad, ko jih je tam živel 116, a leta 2013 je bilo le še 7 Slovencev. Več kot po popisu iz leta 1991 jih je bilo Starem Gradu (1991: 22, 2013: 32). V Ilidži pa jih je živel manj kot leta 1991 (1991: 45, 2013: 12), število Slovencev se je zmanjšalo tudi v Vogošći (1991: 10, 2013: 5), Ilijašu (1991: 9, 2013: 1) in v Hadžićih (1991: 6, 2013: 2), medtem ko so leta 1991 na Palah živeli 3 Slovenci, jih danes tam ni več (Preglednica 2).

³ Zaradi primerljivosti so podatki prirejeni na teritorialno organizacijo iz leta 1991.

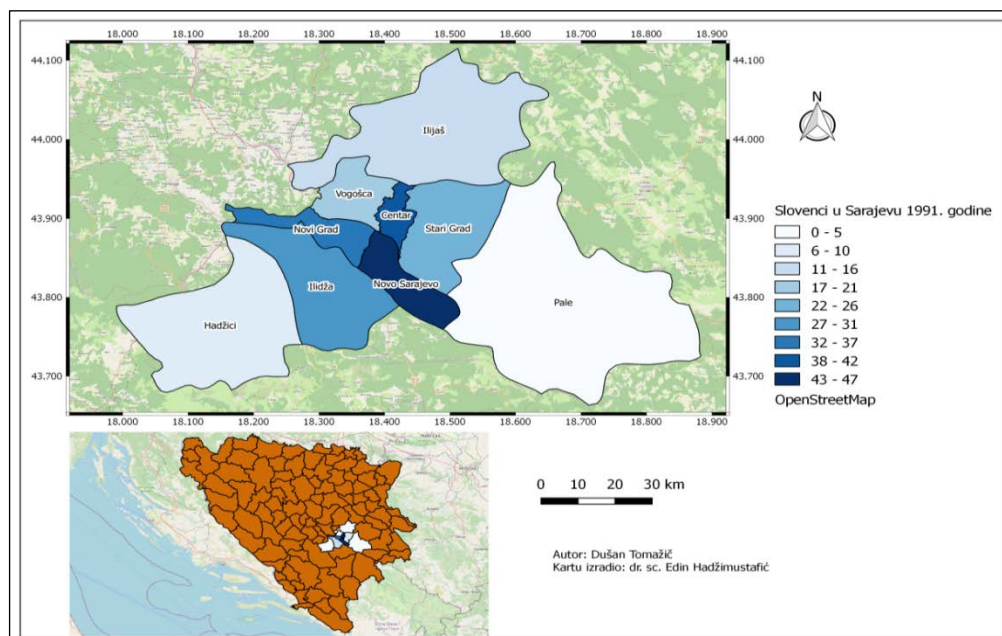
⁴ Nekateri viri govorijo, da jih je bilo tega leta 567.

⁵ Popisi prebivalstva BiH 1910., 1921., 1931., 1948., 1953., 1961., 1971., 1981., 1991., 2013. leta.

Preglednica 2: Gibanje št. Slovencev po popisih 1991. in 2013. v Sarajevu.

	Število Slovencev	% v skupnem številu Slovencev	Število Slovencev	% v skupnem številu Slovencev
BiH	2.190	100	937	100
Sarajevo ⁶	573	26,1	149	15,9
Center Sarajevo	155	7,1	43	4,6
Sarajevo-Hadžići	6	0,3	2	0,2
Sarajevo- Ilidža	45	2,1	12	1,3
Sarajevo- Ilijaš	9	0,4	1	0,1
Sarajevo – Novi Grad	116	5,2	32	3,4
Sarajevo- Novo Sarajevo	207	9,5	47	5,1
Sarajevo-Pale	3	0,1	/	/
Sarajevo- Stari Grad	22	1	7	0,7
Sarajevo-Vogošća	10	0,4	5	0,5

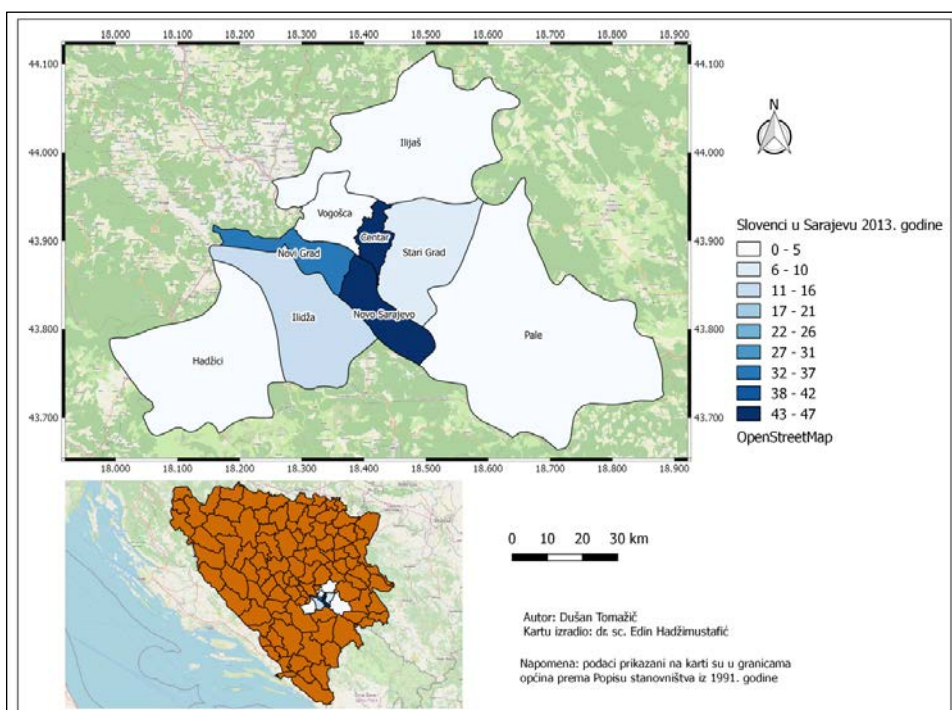
Vir: Popisa prebivalstva BiH 1991. in 2013.



Slika 2: Slovenci v Sarajevu 1991. leta.

Vir: avtorja Dušan Tomažič in dr. Edin Hadžimustafić.

⁶ V analizo so vključene občine današnjega sarajevskega kantona.



Slika 3: Slovenci v Sarajevu 2013. leta.
Vir: avtorja Dušan Tomažič in dr. Edin Hadžimustafić.

4. Spolna in starostna struktura slovenskega prebivalstva v Sarajevu

Spolno-starostna struktura prebivalstva kot tudi rasa⁷ je v bistvu biološka struktura. Je kvantitativni pokazatelj odnosa moškega in ženskega prebivalstva na eni strani ter starostne strukture tega istega prebivalstva na drugi strani (Suljić 2011, 43).

Odnos med spoloma v Bosni in Hercegovini je bil 1991. leta v korist ženske populacije. Moške populacije je bilo 2,183.795 ali 49,89 %, ženske populacije pa 2,193.238 ali 50,11 %. Podoben odnos je tudi v popisu 2013. leta: 49,1 % ali 1,732.270 moške populacije in 50,5 % ali 1,798.889 ženske populacije. Odnos med spoloma v slovenski populaciji je bil v obeh popisih drugačen. Leta 1991 je bilo moških 39,7 % ali 870 oseb, ženske populacije je bilo 1.320 ali 60,3 % na območju Bosne in Hercegovine, a ta odnos se ni bistveno spremenil v naslednjem popisu prebivalstva (2013 – 39,1 % ali 366 moških, 60,9 % ali 571 žensk) (Preglednica 3).

V glavnem mestu Sarajevu je odnos med spoloma podoben kot na nacionalnem nivoju med slovensko populacijo (1991 – 38 % ali 218 moških, 62 % ali 355 žensk). Dvanajst let pozneje se razmerje skoraj ni spremenilo (2013 – 38,3 % ali 57 moških, 61,7 % ali 92 žensk) (Preglednica 3).

⁷ Rasno strukturo prebivalstva, čeprav je v osnovi biološka, uvrščamo v kulturno-antropološke strukture.

Preglednica 3: Odnos moške in ženske populacije Slovencev v Sarajevu.

BiH	1991	%	2013	%
Skupaj	2.190	100	937	100
M	870	39,7	366	39,1
Ž	1.320	60,3	571	60,9
Sarajevo				
Skupaj	573	100	149	100
M	218	38	57	38,3
Ž	355	62	92	61,7

Vir: Popisi prebivalstva BiH 1991 in 2013.

Spolno sestavo populacije lahko prikažemo na več načinov: s številom moških in žensk, deležem moške in ženske populacije v skupnem številu ali pa z različnimi koeficienti. Koeficient maskulinitete kaže odnos števila moških na tisoč ali sto žensk. Pri Slovencih na nivoju Bosne in Hercegovine je bil koeficient maskulinitete v popisu leta 1991 659, v Sarajevu pa 614. V kasnejšem popisu, torej leta 2013, je bil koeficient maskulinitete 640 na nivoju BiH, v pa Sarajevu 619.

Največ slovenske ženske populacije v popisu iz leta 1991 je živel v občinah Novo Sarajevo in Center Sarajevo (101), prav tako je bilo največ moške populacije leta 1991 v Novem Sarajevu (92) in Center Sarajevu (54). V naslednjem popisu leta 2013 je največ žensk živel v Novem Sarajevu (29), Center Sarajevu (27) in Sarajevu-Novi Grad (24). Moške populacije pa je bilo največ v Novem Sarajevu (18) in Center Sarajevu (16). V drugih delih glavnega mesta BiH število slovenske moške populacije ni preseglo 10 oseb (Preglednica 4).

Preglednica 4: Spolna sestava Slovencev v Sarajevu 1991 in 2013.

	Slo.	M	Ž	Slo.	M	Ž
BiH	2.190	870	1320	937	366	571
Sarajevo	573	218	355	149	57	92
Center Sarajevo	155	54	101	43	16	27
Sarajevo-Hadžići	6	2	4	2	2	/
Sarajevo- Ilidža	45	19	26	12	5	7
Sarajevo- Ilijaš	9	/	9	1	1	/
Sarajevo – Novi Grad	116	44	72	32	8	24
Sarajevo- Novo Sarajevo	207	92	115	47	18	29
Sarajevo-Pale	3	/	3	/	/	/
Sarajevo- Stari Grad	22	4	18	7	4	3
Sarajevo-Vogošća	10	3	7	5	3	2

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 1991 in 2013.

Starostna struktura prebivalstva kaže na potencialno vitalnost prebivalstva. Starostna struktura Slovencev v Sarajevu je zelo neugodna. Število starejših je bilo že v popisu leta 1991 visoko. V času takratnega popisa je bilo zrelega prebivalstva 72,8 %, in ta predstavlja okostje slovenske diaspore, hkrati pa je bilo število starejših od 65 let 22,7 %, delež mlade populacije pa izjemno skromen in je predstavljal vsega 4,5 % slovenske populacije (Preglednica 5).

Preglednica 5: Slovenci po starostnih skupinah v Sarajevu leta 1991.

Spol	Skupno	Starostne skupine						Indeks staranja 65+/(0-14)
		0-14		15-64		65+		
		Štev.	%	Štev.	%	Štev.	%	
Skupno	573	26	4,5	417	72,8	130	22,7	5
Moški	218	14	6,4	154	70,7	50	22,9	3,5
Ženske	355	12	3,3	263	74	80	22,5	6,6

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 1991.

Rezultati zadnjega popisa prebivalstva v Bosni in Hercegovini, s tem pa tudi slovenske populacije, govorijo, da je manjšina v veliki demografski depresiji. Število starejših oseb (65+) je bilo leta 2013 13,8-krat večje od števila mlajših oseb do 15 leta starosti. Slovenci zagotovo predstavljajo eno od demografsko najstarejših manjšin v Bosni in Hercegovini. Če ob tem upoštevamo še spol, je ta situacija pri ženski populaciji še manj ugodna. Število starejših žensk je kar 54-krat večje kot pri mladih do 15. leta starosti.

Preglednica 6: Slovenci po starostni skupinah v Sarajevu leta 2013.

Spol	Skupno	Starostne skupine						Indeks staranja 65+/(0-14)
		0 – 14		15 – 64		65+		
		Štev.	%	Štev.	%	Štev.	%	
Skupno	149	5	3,3	75	50,4	69	46,3	13,8
Moški	57	4	7,1	38	66,6	15	26,3	3,75
Ženske	92	1	1,1	37	40,2	54	58,7	54

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 2013.

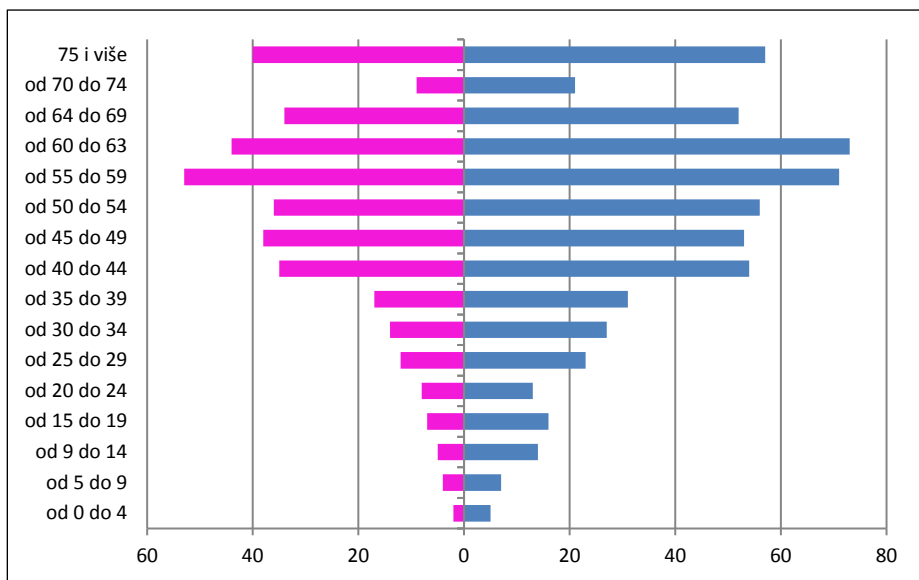
Iz Preglednice 6 lahko vidimo, da zrelo prebivalstvo slovenske populacije v Sarajevu leta 2013 predstavlja kar 50,4 % populacije, zelo pa se je povečal odstotek starejših (1991: 22,7 %), ki jih je bilo leta 2013 že 46,6 %. Skrb vzbuja, da je število mlade populacije izjemno nizko in predstavlja vsega 3,3 % vseh Slovencev, ki živijo v Sarajevu.

Preglednica 7: Slovenci po starostnih skupinah leta 1991.

Leto	1991		
	Vsi	Moški	Ženske
		Št.	Št.
0-4	5	3	2
5-9	7	3	4
10-14	14	9	5
15-19	16	9	7
20-24	13	5	8
25-29	23	11	12
30-34	27	13	14
35-39	31	14	17
40-44	54	19	35
45-49	53	15	38
50-54	56	20	36
55-59	71	18	53
60-64	73	29	44
64-69	52	21	31
70-74	21	12	9
75 in več	57	17	40
Neznano	...	...	...
SKUPAJ	573	218	355

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 1991.

Demografski trendi v razvitem (zahodnem) delu sveta izkazujejo vse večji delež starejšega prebivalstva, kar je posledica manjše natalitete in daljše življenjske dobe. Večji delež starejše populacije hkrati pomeni večji del neaktivnega prebivalstva. Starostna piramida Slovencev, živečih v Sarajevu, je že leta 1991 pokazala te negativne trende. Slovencev v starosti 0–14 let je vsega 26, nad 75 let pa celo 57 oseb.



Slika 4: Starostna piramida Slovencev v Sarajevu leta 1991 (ženske-levo, moški-desno).

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 1991.

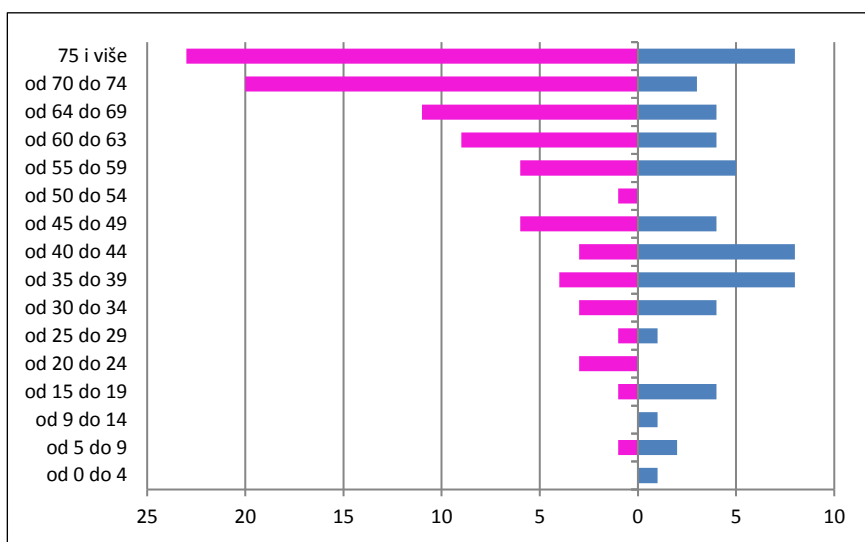
Demografska slika Slovencev v Sarajevu leta 2013 jasno kaže na manjše število pripadnikov slovenske diaspore, kar je nedvomno posledica vojne (1992–1995) in izselitve Slovencev v državo matico. Namreč novembra leta 1992 se je v Slovenijo izselilo kar 348 Sarajevčanov slovenskega porekla. V mestu so ostali v glavnem starejši. Reprodukcijska populacija je zelo majhna, kar še dodatno obremenjuje številnost Slovencev v tem mestu.

Spolno-starostna piramida (Slika 4) je zelo neobičajne oblike. Piramida nedvoumno kaže, kako se slovenska populacija, živeča v Sarajevu, stara, hkrati pa tudi odnos moške in ženske populacije. Ozka osnova piramide nakazuje, da mlade populacije, zlasti otroške (0–4 leta starosti), skoraj ni, kar je izjemno pomembno za reprodukcijo in prihodnji demografski razvoj. Slovenska diaspora ima zelo malo možnosti daljšega obstanka na tem prostoru prav zaradi negativnih demografskih trendov.

Preglednica 8: Slovenci po starostnih skupinah 2013.

Leto	2013		
Starost	Vsi	Moški	Ženske
		Št.	Št.
0–4	1	1	...
5–9	3	2	1
10–14	1	1	...
15–19	5	4	1
20–24	3	...	3
25–29	2	1	1
30–34	7	4	3
35–39	12	8	4
40–44	11	8	3
45–49	10	4	6
50–54	1	0	1
55–59	11	5	6
60–64	13	4	9
64–69	15	4	11
70–74	23	3	20
75 in več	31	8	23
SKUPAJ	149	57	92

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 2013.



Slika 5: Starostna piramida Slovencev v Sarajevu 2013 (ženske-levo, moški-desno).

Vir: Popis prebivalstva BiH leta 2013.

5. Veroizpoved Slovencev v Sarajevu 1991–2013

Najdaljšo tradicijo veroizpovedi v Sloveniji imata katoliška in protestantska vera, z doseljevanjem v Slovenijo pa postajata čedalje bolj aktualna tudi pravoslavna in muslimanska veroizpoved. V Sloveniji se veliko ljudi opredeljuje kot ateisti oziroma neverujoči. Iz zapisanega bi lahko sklepali, da se Slovenci na podoben način versko opredeljujejo tudi v drugih okoljih, kjer živijo, predvsem zavoljo tradicije.

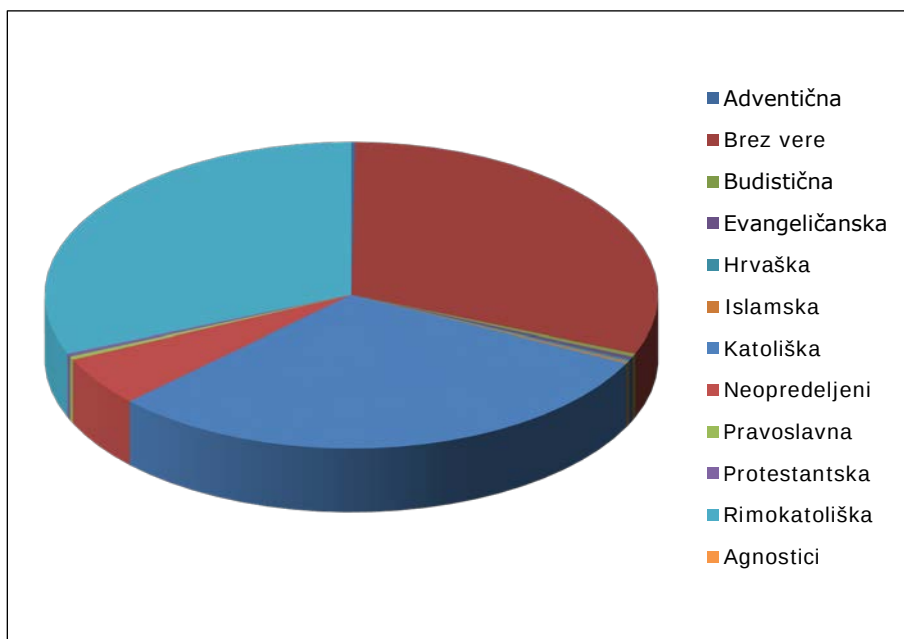
Preglednica 9: Veroizpoved Slovencev v Sarajevu 1991. in 2013.

Vera	1991	%	2013	%
Adventistična	1	0,2	...	...
Brez vere	176	30,7	41	27,5
Budistična	2	0,34	...	...
Evangeličanska	2	0,34	...	...
Hrvaška veroizpoved	1	0,2	...	...
Islamska	1	0,2	3	2
Islamsko-katoliška	...	...	...	...
Katoliška	173	30,2	71	47,6
Neopredeljeni	30	5,2	9	6,1
Neznano	6	1,05	...	...
Ostalo	...	...	4	2,7
Pravoslavna	2	0,34	3	2
Protestantska	2	0,34	...	...
Rimskokatoliška	177	30,89	5	3,4
Agnostična	...	...	13	8,7

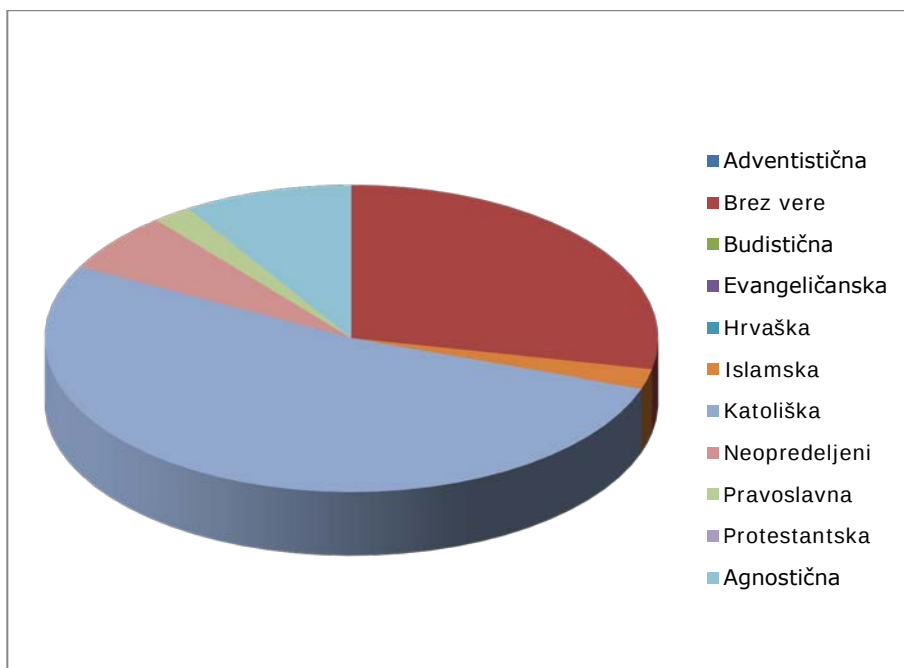
Vir: Popis prebivalstva BiH leta 1991 in 2013.

Glede na popise prebivalstva v Bosni in Hercegovini bi lahko rekli, da gre pri izrekanju o veroizpovedi v tej državi za podobno stanje. Za katolike (katoliška, rimskokatoliška, islamsko-katoliška veroizpoved, ki je hkrati tudi neke vrste unikum v opredeljevanju) se je skupaj izreklo 350 oseb ali 61,01 % v letu 1991, leta 2013 pa 76 oseb ali 50 %. Za protestantske veroizpovedi (protestantska, adventistična in evangeličanska) se je leta 1991 opredelilo 6 oseb ali 0,88 %. V popisu iz leta 2013 pa se nobena oseba ni opredelila za to veroizpoved. Za ateiste oziroma osebe brez vere, neopredeljene, neznane in ostalo se je leta 1991 izreklo 212 oseb ali 36,95 %. Leta 2013 je bilo takih 54 oseb ali 36,3 %. Kot budista sta se leta 1991 opredelili dve osebi ali 0,34 %, v zadnjem popisu take osebe ni bilo. Leta 1991 je ena oseba navedla hrvaško veroizpoved ali 0,2 %. Leta 1991 sta bili dve osebi pravoslavne veroizpovedi ali 0,34 %, leta 2013 pa 3 osebe ali 2,0 %. Povečalo se je število tistih, ki so se opredelili za islamsko veroizpoved (1991: 1 oseba ali 0,2 %, 2013: 3 osebe ali 2,0 %). V zadnjem popisu leta 2013 se je v Bosni in Hercegovini 13 oseb opredelilo kot agnostiki ali 8,7 % slovenske populacije v Sarajevu (Preglednica 9).

Zaradi lažje primerjave podatkov navajamo podatke o verskem opredeljevanju Slovencev. V Republiki Sloveniji se je leta 1991 za katolike izreklo 71,6 % populacije, kar je 10,0 % več kot leta 2002, ko se jih je za katolike izreklo 57,8%, pri slovenski manjšini v Bosni in Hercegovini pa 50 %, kar je 7,8 % manj kot v Republiki Sloveniji.



Slika 6: Veroizpoved Slovencev v Sarajevu leta 1991 v %.
Vir: Popis prebivalstva BiH leta 1991.



Slika 7: Veroizpoved Slovencev v Sarajevu leta 2013 v %.
Vir: Popis prebivalstva BiH leta 2013.

6. Materni jezik Slovencev v Sarajevu

Pomembna družbena in nacionalna identiteta vsakega naroda je tudi jezik, ki je pravzaprav ključ nacionalne identitete. Mešani zakoni so zagotovo pustili sled v negovanju slovenskega jezika. Generacije prvih priseljencev je lažje ohranjala svoj jezik. S porokami in novimi, že v Bosni in Hercegovini rojenimi generacijami ta vez s slovenskim jezikom ni več tako močna, zlasti ker je do razpada skupne države slovenski jezik tudi jezik enega od konstitutivnih narodov in ne manjšine. V popisu prebivalstva leta 1991 je 358 oseb navedlo slovenščino kot materni jezik, kar predstavlja 62,47 % vseh, pri 211 osebah ali 36,82 % je zapisana ena od uradnih variant bosanskega, hrvaškega ali srbskega jezika. Dve osebi sta kot materni jezik navedli nemščino, po ena oseba pa judovski oziroma madžarski jezik. (Pr. 10) Dve tretjini Slovencev je označilo slovenski jezik kot materni, čeprav to nujno ne pomeni, da ga dejansko tudi govorijo. Ena tretjina oseb pa, kot je že zapisano, je navedla eno od uradnih variant jezika v Bosni in Hercegovini, kar brez dvoma govori o asimilaciji in integraciji Slovencev v tem okolju. Opredeljevanje po maternem jeziku leta 2013 se razlikuje v tem, da jim v tem popisu ni bila ponujena varianta izbire slovenskega jezika in so se tako v absolutnem in relativnem številu največkrat opredelili kot ostali, in sicer 71 oseb oziroma 47,65 %, ena oseba je navedla, da ji je materni jezik neznan, kar pomeni 0,7 %. Druge možnosti so bile povezane z uradnimi jeziki na tem območju: bosanski 43 oseb ali 28,9 %, hrvaški 12 oseb ali 8,1 %, srbski 6 oseb ali 4 %, srbohrvaški 15 oseb ali 10 %, za varianto bosanski/hrvaški/srbski jezik se je opredelila ena oseba ali 0,7 %. Velik odstotek oseb, kot je že bilo rečeno, se je odločil izbrati varianto ostali, kar bi lahko pomenilo, da gre za slovenski jezik. Primerjava podatkov s predzadnjim popisom kaže, da se je odstotek tistih, ki jim je slovenščina materni jezik, zmanjšal za 14,82 % (Preglednica 10).

Preglednica 10: Materni jezik Slovencev v Sarajevu 1991. in 2013.

Jezik	1991	%	2013	%
Slovenski	358	62,47	...	...
Bosanski	21	3,66	43	28,9
Hrvaški	17	2,96	12	8,1
Hrvaško-srbski	14	2,40	...	...
Judovski	1	0,17	...	...
Jugoslovanski	2	0,34	...	...
Krajiški	...	...	...	...
Madžarski	1	0,17	...	...
Neznano	...	...	1	0,7
Nemški	2	0,34	...	...
Ostali	...	...	71	47,65
SH/HS	1	0,17	...	...
Slovensko-hrvaški	...	...	...	...
Srbski	2	0,34	6	4
Srbsko-hrvaški	154	27,39	15	10
Bosansko/hrvaški/srbski	...	...	1	0,7
Skupaj	573	100	149	100

Vir: Popisi prebivalstva BiH leta 1991 in 2013.

Iz Preglednice 11 vidimo, če imamo v mislih teritorialno distribucijo, da je največ tistih, ki so slovenščino navedli kot materni jezik, iz Novega Sarajeva – 128 oseb,

sledijo Center Sarajevo 90 oseb, v Novem Gradu je takih 70 oseb, na Ilidži 32 oseb, v Starem Gradu 17 oseb, v preostalih občinah pa število ne preseže 10 oseb. Število ljudi, ki govorijo slovenski jezik oziroma jim je ta tudi materni, je manjše od števila tistih, ki so se narodnostno opredelili za Slovence, kar dodatno namiguje na jezikovno integracijo in asimilacijo v Bosni in Hercegovini. Podatkov za leto 2013 za mesta in naselja v času pisanja članka ni bilo na voljo in zato primerjave po posameznih občinah ni bilo mogoče izvesti.

Preglednica 11: Materni jezik Slovencev v Sarajevu 1991.

Ponujeni jeziki ⁸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Center Sarajevo	3	6	2	1	1								90	1	51
Sarajevo-Hadžići	1												5		
Sarajevo- Ilidža	3	1											32		9
Sarajevo- Ilijaš	1		1										5		2
Sarajevo – Novi Grad	1	3	4				1						70		37
Sarajevo- Novo Sarajevo	11	6	7		1				1		1		128	1	51
Sarajevo-Pale													3		
Sarajevo- Stari Grad	1								1				17		3
Sarajevo-Vogošća		1											8		1
Skupno	21	17	14	1	2	...	1	...	2	...	1	...	358	2	154

Vir: Popis prebivalstva BiH, 1991.

7. Družbena organiziranost Slovencev v Sarajevu

Slovenci v Sarajevu so že ob koncu 19. stoletja začutili potrebo po društvenem povezovanju. Prvo tako društvo je bilo ustanovljeno leta 1897. Znano je bilo kot „Slovensko omizje“ in se je leta 1909 preoblikovalo v „Slovenski klub“ (Murko 1997). V tem času in nekaj let zatem so tudi v drugih mestih Bosne in Hercegovine ustanavljali slovenska društva (Zenica, 1918., Banjaluka, 1923., Slatina, 1927.) (Tomažič, 2018) V Sarajevu je bilo leta 1934 osnovano „Delavsko kulturno društvo Cankar“, ki je bilo ukinjeno leta 1951 kot tudi druga nacionalna društva. Društvo je izdajalo lasten časopis Naša misel, s podnaslovom List Delavskega kulturnega društva Cankar v Sarajevu, ki je izhajal od leta 1935, in ne Zora, kot je bilo velikokrat zapisano kot prvi list tega društva.⁹

Danes so Slovenci v Sarajevu organizirani v „Delavskem kulturnem društvu Cankar“, ki je bilo ponovno ustanovljeno leta 1993. Ob dopolnilnem pouku slovenskega jezika in kulture za otroke in odrasle imajo lastni dokumentacijski center, knjižnico in pevski zbor „Camerata Slovenica“ ter številne druge sekcije. (Tomažič 2018). Med vojno v BiH je bilo ustanovljeno tudi društvo „Slovenska skupnost Sarajevo“, ki je največ delovalo na humanitarnem, kulturnem in družbenem področju, danes pa na žalost ni več aktivno. Temu društvu se je leta 1999 priključilo „Slovensko društvo Visoko“ (Kobler 2008). Nekateri iz obeh pa danes delujejo v „Delavskem kulturnem društvu

⁸ Ponujeni jeziki: 1 bosanski, 2 hrvaški, 3 hrvaškosrbski, 4 judovski, 5 jugoslovanski, 6 krajiški, 7 madžarski, 8 neznano, 9 nemški, 10 ostali, 11, srb.-hrv.-hrv.-srb., 12 slovaški, 13 slovenski, 14 slo.-hrv., 15 srb.hrv.

⁹ Kostić, M., „Naša misel“, prve novine Delavskega kulturnega društva Cankar u Sarajevu, Bosniaca, Sarajevo.

Cankar". Za razvoj in nadaljnje delovanje Slovencev in drugih državljanov Bosne in Hercegovine je bil v Sarajevu najprej odprt slovenski lektorat na Sarajevski univerzi. Prvič je začel delo že leta 1954 in je deloval do leta 1962, ponovno so ga odprli leta 1974. V začetku vojne leta 1992 je spet prenehal delovati, njegovo delovanje so znova vzpostavili leta 2015 (Tomažič 2018). Lektorat za slovenski jezik pa od leta 2018 deluje tudi v Banjaluki. Veliko podporo Slovincem v Sarajevu, kot v vsej Bosni in Hercegovini, ponujata ambasada Republike Slovenije v Sarajevu in konzulat v Banjaluki, kot tudi številni gospodarski subjekti, ki delujejo v tej državi.

8. Zaključek

Slovenska diaspora je v prostoru Bosne in Hercegovine prisotna že od druge polovice 19. stoletja, zlasti po letu 1878, ko je Avstro-Ogrska dobila mednarodni mandat nad upravljanjem Bosne in Hercegovine. Ob aneksiji leta 1908 s strani avstro-ogrske monarhije pa do njenega razpada leta 1918, s formiranjem Kraljevine Srbov, Hrvatov in Slovencev oziroma Jugoslavije od leta 1918, ki je razpadla leta 1991, sta bili tako Slovenija kot Bosna in Hercegovina v sestavi navedenih držav.

Največje število Slovencev v Bosni in Hercegovini je bilo leta 1953, ko je bilo po popisu tam živčih 6.300 oseb in prav v tem letu je zabeleženo tudi njihovo največje število v Sarajevu, to je 1.595 oseb. Od leta 1953 do 2013 se je število stalno zmanjševalo in v zadnjem popisu jih je bilo v glavnem mestu vsega 149 oziroma 937 Slovencev v vsej državi.

Veliko je bilo dejavnikov, ki so vplivali na depopulacijo ob koncu 20. stoletja: vojna (1992–1995), uničena država in slab gospodarski položaj. Med vojno se je z dvema konvojema izselila več kot polovica slovenske populacije, celo 348 oseb. Današnja demografska slika je samo rezultat teh dogodkov.

Preostalih 149 oseb slovenske nacionalnosti se v mestu Sarajevu srečuje s procesom demografskega staranja, kar dodatno vpliva na njihovo manjše število. Kljub slabi demografski situaciji so se Slovenci tako v preteklosti kot tudi v sedanjosti v Sarajevu vedno dobro organizirali, da bi ohranili svojo kulturo, jezik in identiteto. Ob koncu 19. stoletja so ustanovili „Slovensko Omizje“ in „Slovenski klub“, leta 1934 so ustanovili DKD „Cankar“, ki je predhodnik današnjega „Cankarja“. Zaradi slabe demografske slike slovenske populacije sta prenehali delovati „Slovenska skupnost“ iz Sarajeva in „Slovenska skupnost“ Visoko, katerih člani so se v veliki večini priključili DKD „Cankar“.

Za lažje delovanje in obstanek ob Slovencih samih pomaga tako lokalna skupnost, sarajevski kanton, kakor tudi Urad za Slovence v zamejstvu in po svetu, Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije, ki podpira delovanje slovenskih lektoratov v Sarajevu in Banjaluki. Za uspešno delovanje slovenske manjšine v Bosni in Hercegovini pa sta v veliko pomoč konzularno-diplomatski predstavništvi v Sarajevu in Banjaluki. V samem mestu je tudi izjemno veliko slovenskih gospodarskih družb, ki po svojih močeh in interesu pomagajo Slovincem v Sarajevu v Bosni in Hercegovini.

Literatura

Definitivni rezultati popisa stanovništva od 31. marta 1931. Knj. I. Opšta državna statistika Kraljevine Jugoslavije, Beograd, 1937.

- Hadžibegović, I. 2007: Socijalna struktura Slovenaca u Bosni i Hercegovini od sredine XIX stoljeća do 1991. godine, Prilozi, 36, Sarajevo.
- Konačni rezultati popisa stanovništva od 15 marta 1948 godine. Stanovništvo po polu i domaćinstva. Knjiga I. Savezni zavod za statistiku i evidenciju, Beograd 1951.
- Konačni rezultati popisa stanovništva od 15. marta 1948, knjiga IX Stanovništvo po narodnosti, Beograd, 1954.
- Kostić, M. 2007: „Naša misel“, prve novine Delavskog kulturnega društva Cankar u Sarajevu, Bosniaca, Sarajevo.
- Mrdjen S. 2002: Narodnost u popisima. Promjena i nestalna kategorija, Stanovništvo, 40, 1-4; 77-103. Zadar.
- Murko, D. 1997: Ob stoletnici ustanovitve Slovenskega omizja, prvega društva sarajevskih Slovencev, Traditiones 26, Zbornik Inštituta za slovensko narodopisje, Ljubljana.
- Nacionalni sastav stanovništva – rezultati za Republiku po opštinama i naseljenim mjestima 1991.", Statistički bilten br. 234, Izdanje Državnog zavoda za statistiku Republike Bosne i Hercegovine, Sarajevo.
- Popis stanovništva 1953. godine. Osnovni podaci o stanovništvu - podaci za naselja prema upravnoj podjeli u 1953. godini. Knjiga XIV, SZS, Beograd, 1958.
- Popis stanovništva 1961. Vitalna, etnička i migraciona obeležja (rezultati za opštine). Knj. VI, SZS, Beograd, 1967.
- Popis stanovništva i stanova 1971. Stanovništvo (etnička, prosvetna i ekonomska obeležja stanovništva i domaćinstva prema broju članova). - Rezultati po opštinama, SZS, Beograd, 1974.
- Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 1981. Stanovništvo i domaćinstva. - Uporedni podaci za 1971. i 1981., (za opštine). Statistički bilten br. 86., RZS, Sarajevo, 1982.
- Popis stanovništva, domaćinstava i stanova u 1981. godini, Opštine u SFRJ, - osnovni podaci o stanovništvu, domaćinstvima i stanovima, SZS, Beograd, 1987.
- Popis stanovništva, domaćinstava i stanova u 1981. godini. Aktivno stanovništvo prema zanimanju, polu i narodnosti, za SFRJ, SR i SAP (Tabela 075), SZS, Beograd, 1984.
- Popis stanovništva, domaćinstava, stanova i poljoprivrednih gazdinstava 1991., Etnička obilježja stanovništva, Rezultati za Republiku i po opštinama. Statistički bilten br. 233., RZS, Sarajevo, 1993.
- Prethodni rezultati popisa stanovništva u Kraljevini Srba, Hrvata i Slovenaca 31. januara 1921. godine. Državna štamparija, Sarajevo, 1924.
- Rezultati popisa žiteljstva u Bosni i Hercegovini od 10. oktobra 1910., Sarajevo, 1912.;
- Stanovništvo Bosne i Hercegovine. Narodnosni sastav po naseljima, Državni zavod za statistiku RH, Zagreb, 1995.
- Stanovništvo po naseljenim mjestima, Statistički bilten br. 257., FZS, Sarajevo, 1998.
- Stanovništvo slovenske etničke pripadnosti prema starosti po petogodištima i spolu iz Popisa stanovništva, kućanstava i stanova u BiH 2013. godine, Sarajevo 2013.
- Statistika mjesta i žiteljstva Bosne i Hercegovine po popisu naroda 1. 05. 1885., Sarajevo 1886.
- Suljić, A. 2011: Stanovništvo i naselja općine Srebrenica, Geografsko društvo Tuzlanskog kantona, Tuzla.
- Tomažič, D. 2018: Slovenačka etnika manjina u BiH/Slovenska etnična manjšina v BiH, str. 77 – 91, Banja Luka.

SLOVENES IN SARAJEVO BETWEEN 1991 AND 2013

Summary

The Slovenian diaspora has been present in Bosnia and Herzegovina since the second half of the 19th century, especially after 1878, when the Austro-Hungarian monarchy was given an international mandate to govern Bosnia and Herzegovina. When annexed in 1908 by the Austro-Hungarian monarchy until its disintegration in 1918, with the formation of the Kingdom of Serbs, Croats and Slovenes or Yugoslavia in 1918, which disintegrated in 1991, both Slovenia and Bosnia and Herzegovina were part of these countries.

The largest number of Slovenes in Bosnia and Herzegovina was in 1953, when according to the census there were 6,300 people living there, and in that year their largest number in Sarajevo was recorded, ie 1,595 people. From 1953 to 2013, the number was constantly decreasing and in the last census only 149 of them lived in the capital, altogether 937 Slovenes in the entire country.

There were many factors that influenced depopulation at the end of the 20th century - the war (1992 -1995), the ruined state and the poor economic situation. During the war, more than half of the Slovenian population, as many as 348 people, emigrated with two convoys. Today's demographic picture is just the result of those events.

The remaining 149 persons of Slovenian nationality are facing the process of demographic aging in the City of Sarajevo, which additionally affects their smaller number. Despite the poor demographic situation, Slovenes have always been well organized in Sarajevo, both in the past and in the present, to preserve their culture, language and identity. At the end of the 19th century, the "Slovenian Table" and the "Slovenian Club" were founded, and in 1934 the DKD "Cankar" was founded, which is the predecessor of today's "Cankar". The poor demographic picture of the Slovene population led to the cessation of the activities of the "Slovenian Community" from Sarajevo and the "Slovenian Community" Visoko, whose members joined the DKD "Cankar".

The local community, the Sarajevo Canton, as well as the Office for Slovenes Abroad, the Ministry of Education and Sports of the Republic of Slovenia, which supports the activities of Slovene lectureships in Sarajevo and Banjaluka, help to facilitate and stay with Slovenes. The consular and diplomatic missions in Sarajevo and Banjaluka are of great help to the successful operation of the Slovene minority in Bosnia and Herzegovina. There is also an extremely large number of Slovene companies in the city itself, which help Slovenes in Sarajevo in Bosnia and Herzegovina to the best of their ability and interest.

POSITIONING OF REGIONAL GEOGRAPHY IN THE MODERN SYSTEM OF GEOGRAPHICAL SCIENCES

Ranko Mirić

PhD, associate professor

Department of Geography, Faculty of Science

Zmaja od Bosne 33-35, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

e-mail: rmiric@gmail.com

Boris Avdić

PhD, senior assistant

Department of Geography, Faculty of Science

Zmaja od Bosne 33-35, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

e-mail: borisavdicpmf@hotmail.com

Aida Bidžan-Gekić

PhD, assistant professor

Department of Geography, Faculty of Science

Zmaja od Bosne 33-35, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

e-mail: aidabidzan@gmail.com

Haris Gekić

PhD, assistant professor

Department of Geography, Faculty of Science

Zmaja od Bosne 33-35, 71 000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

e-mail: haris.gekic@gmail.com

UDK: 913:910.1

COBISS: 1.02

Abstract

Positioning of regional geography in the modern system of geographical sciences

The main objective of this study is to provide a critical insight into the position of regional geography in modern geosciences, i.e. to examine the epistemological, methodological, practical and educational function of this synthetically oriented geographical discipline on a theoretical level. For this purpose, we have reviewed a number of readings selected from various published scientific papers and textbooks, which provide some sort of review of the modern concept of regional geography and the notion of region. The 1980s can be taken as the initial period of revitalization and redefinition of regional geography, when in addition to the traditional approach based on chorology, there was also the so-called new regional geography. The dominant concepts found in both these schools were evaluated by using the method of dialectical analysis and synthesis, on the basis of which the guidelines were proposed for future positioning of the spatial determination of the region within the geographical sciences. The general conclusion is that regional geography should not be viewed exclusively through the prism of idiographic concept, but the necessity would also be to aspire to discover the general spatial correlation patterns and regularities through various regional studies.

Key words

Regional geography, region, modern geography, geographical education, geographical dichotomy.

Uredništvo je članek prejelo 9.12.2020

1. Introduction

With its synthetic character, regional geography was once thought to be the main cohesion factor or connective tissue in geography as a science or a system of sciences, as well as epistemological-methodological approach that prevents its disintegration into several independent disciplines. In the meantime, the role and importance of regional geography have been re-examined multidimensionally, which has caused the emergence of plurality of perceptions within regional geography itself, but also a certain degree of degradation, which varies in time and space. However, many geographers still give regional geography a central, or at least a role that is equal to the role of general or systemic geography in the modern development of spatial scientific thought. Along with its methods, regional geography has a very important function and task in the study of spatial reality in its integral and complex manifestation (Nurković Mirić 2005; Mirić et al. 2017). There are several definitions of regional geography, but most of them are inextricably bound with the concept of region. So, for example, the Oxford Dictionary of Geography defines it as a geographical study of regions and their features (Mayhew 2009).

Therefore, a precondition for an analysis of the terminological and conceptual definition of regional geography and its scientific scope is to define the term region as a mere spatial phenomenon. Etymologically, this term originates from the Latin word *regio* which means area, and in the Roman period it stood for an administrative territorial unit within the empire. Today, the term region most often refers to a unit-area of the Earth's surface that has natural or social characteristics that differentiate it from its surrounding areas (Mayhew 2009). However, in geography there is often a sharp confrontation between two opposing views of the region. According to the first view, the region is only a mental concept, i.e. construct or model that facilitates the understanding of geographical reality, while according to the second view it is an actual or existing spatial phenomenon that serves as a subject of study for regional geography (Nir, 1990). In some more practical terms, regions are usually classified into two groups: formal and functional. The former are based on homogeneity and the latter on connectivity. Regions can be distinguished on the basis of one or more geographical elements. Thus, some authors acknowledge: geomorphological, climatic, ecological, demographic, linguistic, mental, political, economic, resource, urban and other regions (Getis et al. 2000).

Seen from a non-geographical perspective, the region is first identified as a primarily geographical term, although the regions are dealt with in different ways by various experts from other fields. So, for example according to Sadiković (2014), an author in the field of political science, this term clearly means a certain geographical area or an area designated by common natural, historical, cultural and other characteristics. Therefore, if the region is recognized in wider scientific and public circles as a geographically defined phenomenon, there is no justifiable reason for geographers to renounce the regional approach to scientific knowledge, which was otherwise a dominant trend in the third quarter of the past century. Despite the attempts to express considerable criticism, both substantiated and unsubstantiated, regional geography has kept its great educational significance in most countries across the world, as its synthetic approach is indispensable in explaining spatial phenomena and processes on Earth.

One could claim that the dichotomies that exist within geography create numerous methodological problems for the modern development of this science as a whole, and

constantly call into question the place that regional geography occupies in the system of sciences. In addition to the often pronounced dichotomies between physical and human, but also between general and regional geography, there is also a cognitive dichotomy associated with induction and deduction, then a conceptual one which is reflected in the idiographic and nomothetic approach, a methodological one between quantitative and qualitative research, a subject-matter dichotomy between place and space, etc. Some of them, such as e.g. the mutual opposition of idiographic and nomothetic approach, have some particularly adverse effects on regional geography. However, as Nir (1990) points out, all these dichotomies are in fact quintessentially apparent, and there is no need for their rigid interpretation, but they should instead be understood only as different ends of the same system. The fact that geography can be studied from a general and regional aspect, i.e. that it is possible to focus on general laws and patterns, but also individual examples, does not necessarily mean that one approach rules out another. In fact, their complementarity is something that imposes itself as an effective systemic solution for studying numerous problems of our time. The same applies to the other types of mentioned dichotomies.

2. Regional geography at the end of the 20th century

After the marginalization of regional geography that took place during the outbreak of the quantitative revolution in geography in the middle of the past century, the interest in regional studies was renewed during the 1980s. This was an expected consequence of the fact that the quantitative approach could not provide answers to some very topical questions at the time, primarily of a political, economic and environmental nature. The paradox of great popularity of regional publications in the general public, despite the marginalization within academical circles, also contributed to the revitalization of this geographical approach. Revitalization of regional geography was not a uniform process, but it was approached from two different angles – traditional and new. According to Pudup (1988), the aspiration of traditional regional geography is to return this discipline to the basics, i.e. to a chorological description. By contrast, the newly reconstructed regional geography places regional research as avant-garde in terms of its contribution to the social sciences. In any case, it has become evident that regional geography has not disappeared in spite of some expectations and forecasts.

Yet another reason for re-actualizing the regional concept lies in the fact that many geographers were unable to fully accept the principles imposed by the quantitative revolution, since reality proved to be too complex to be brought under mere generic models. Geographers have thus rediscovered the 'study of the specific' (Gilbert 1988). Also, approaches that aspired to replace regional geography did not offer a new comprehensive paradigm. Re-emphasizing cause-and-effect relations within the structure of social sciences, and a more pronounced focus on social differences, are trends that were beneficial for regional geographers, but at the same time they also opened the way for pluralization within this discipline, as well as in geography in general. This means that the exclusivity maintained by traditional regional geography until the middle of the 20th century could not be achieved again. The attempts of some traditionalists who went in that direction were sharply criticized even among the regional geographers themselves, especially the main leaders and advocates of the school called 'new regional geography'.

According to the understanding of some modern regional geographers, the region has a primarily subjective character, and as such is suitable for individual and singular

approaches to its study. The standard definition of a region has become questionable, as have the universal principles for its recognition, delimitation, and description. Purposeful regional geography should be based on the dominant themes of each individual region. In such a loosely conceived concept of regional geography, only three items can be taken as common to all regional research: respect for the time dimension, the correlation between the degree of description and the regional level being researched, and the recognition of physical factors as an important element of geographical space (Hart 1982). However, this attitude implied that geography could not be viewed exclusively through the prism of science, which is why it encountered a number of counter-arguments from those who tried to place this discipline on a solid scientific foundation. Emphasis on the time dimension, i.e. regional changes that occur over time, particularly taking into account the genesis of the region, is a characteristic of many scientific studies that have dealt with the modern concept of regional geography.

Despite the revitalization of regional geography, problems of an epistemological nature within this discipline have not yet been fully solved. So, for example, the issue of the region as a subject of study is often problematized. One of the most popular dilemmas within modern regional geography arose from that question: Does the region objectively exist in reality or is it a mere mental construct, i.e. the fruit of the thinking process? Yet another problem encountered by modern regional geography is the question of connectivity and interrelationships between different geographical levels. The fact that contemporary geographical reality is often a result of global rather than local or regional processes is not adequately addressed within the traditional concept in regional geography. Therefore, modern regional geographers suggest that meaningful cause-and-effect regional studies need to determine how these global and national processes are reflected in the local level (Sayer 1989). The issue of descriptiveness has also remained one of the most important problems of this discipline, although the authors in the field of regional geography constantly emphasize that description is only the starting method, and that it is necessary to search for general patterns and laws applicable to the distribution of spatial phenomena, underlying the regional structure.

Revival and revisiting of some arguments by regional geography traditionalists has encouraged the return of chorology to geographical academic level. However, resistance to such an often static approach has remained quite strong, especially in the context of modern transformations in scientific research, where the boundaries between the study of space, time and society are becoming less and less constant. So, for example, Wishart (2004) compares a region (as an abstracted segment of space) with a period (as an abstracted segment of time). On the other hand, Passi (1991) suggests that the distinction between region and place, based on the principle of historicism and culture, which is both collective and individual, truly promotes an understanding of the historical evolution of regions and regional transformations, along with the role of human experience in that process. On this epistemological plain, the so-called new regional geography was created, which differs from the traditional regional concept primarily in its social orientation, but also in its attempt to rise to a higher level of scientific foundation.

The development of the new regional geography was strongly influenced by a number of factors, which can be divided into internal and external. Internal factors arise from geography as a science itself. Through the quantitative revolution geography became burdened with statistical analyses that often did not provide adequate explanations.

Critics of such an approach have pointed to a narrow field of interest, a neglect of the physical environment and a lack of synthetic analysis. It was the need for synthesis that proved to be the most important internal factor for the revived interest in regional geography. External factors have also had their stimulating effect. Some of the more important are the restructuring of capitalism as a system, economic development, the expansion of information systems and globalization in particular. Local, regional and national changes take place within these processes, which can have a political, cultural or economic character. In this context, there are two emerging mutually opposing interest groups – socio-economic and socio-cultural. The former diminish state sovereignty and identity, while the latter tend to strengthen them. This type of changes and processes is a real challenge for geographers, and it imposes regional research as an imperative. The impact of other sturdy fields and their theories should not be disregarded, which holds true for sociology in particular (Vresk 1997).

The new regional geography, therefore, focuses on social structures and processes, often neglecting the natural basis. This approach was adopted for several reasons, most notably because of the realization that human society is less and less dependent on the natural basis, i.e. that the advantages or disadvantages it provides can be countermanded through social circumstances. Also, the connection and interaction between individuals and groups are increasingly pronounced in the modern age, as a result of which this dynamic process has attracted more attention from followers of the new regional geography compared to much more static processes that exist within the natural environment. Development processes are increasingly homogenizing the landscape and socially differentiating the population. This trend has changed the basic paradigm of regional geography with a shift from the man-nature to man-society-space relationship. Instead of the previously dominant descriptive method, pluralism in the research approach came to the fore in the new regional geography, together with structuralism and humanism as the leading ideas (Vresk 1997). According to Wood (1999), the key features of the new approach to regional geography compared with the traditional school are associated with the theoretical dimension and can amount to three items: the explicit reference to theory, the reciprocal relationship between theory and empirical evidence and the resultant development of theory.

Vresk (1997) highlights three groups of new characteristic approaches to regionalization and regional geography. The first is the political-economic approach, within which the region is treated as a local response to global capitalist processes. It is understood as a space where social processes related to the economic structure are organized, i.e. with the methods and volumes of production. To that effect, many authors highlight the fundamental role of circulation of capital in regional differentiation. Within this concept, the regional centre-periphery model is often put to use, while neo-Marxist theories come to the fore in a large number of scientific studies. The second group presents a range of humanistic-phenomenological approaches. In this context, the region is seen as an identification focus, while culture is given a central importance in regional differentiation. These approaches arise from humanistic geography, and appear mostly as a counterbalance to positivism. They are based on hermeneutic epistemology, on the basis of which numerous regional studies have been made. The third group includes structuralist-theoretical approaches, which conceive the region as a medium for social interactions, assuming that it has a fundamental role in their encouragement. Several theoretical works have been written in this field by authors such as Giddens (1984), Gilbert (1988) or Passi (1986; 1991), who have had a considerable impact in much wider scientific realm than the one of (regional) geography.

Further development of the new regional geography has led to the emergence of some completely new trends. Wood (1999) defines five of these trends, which he argues provide a solid foundation for future scientific research in this area. The first trend has a political-economic basis, and refers to the study of the process of spatial restructuring, i.e. regionalization processes. This, *inter alia*, implies the erosion of significance of the national geographical level, with the strengthening of the supranational and regional. The second trend treats regionalization as a 'way of living', since more and more individuals and groups have organized their lives on the regional level, as a result of increased mobility. For the socio-cultural aspect as one of the dominant trends in the new regional geography, it has already been pointed out that it has a fundamental importance in the modern understanding of the region and the development of regional geography. The following factors are closely associated with this trend - the production and reproduction of regional identities. However, it is of vital importance for this systematization to include also the fifth trend, which is associated with environmental debates, which are of growing importance on the regional level, particularly in terms of exploitation and circulation of economic resources. In this way, it was pointed out that the new regional geography cannot and must not completely push the natural environment out of its epistemology.

In the meantime, there has been even greater pluralization in regional geography. Among other things, many authors saw a number of shortcomings in the neglect of the natural basis, so some of them began to take a midway between traditional and new regional geography. In this context, Nir (1989) advocated the concept of the region as a holon. Holon is a term that originates from ancient Greek philosophy, and in the modern regional sense it represents the idea of a single whole in which each of its constituent parts has a clear place defined in line with its structure. Also, each of these parts can in a sense be considered a separate whole. Holon therefore has an introverted character, because it is considered a coherent and complete entirety, but also at the same time it has an extroverted character, since it is viewed as part of a larger entirety. In this way, it is possible to designate a region – as a finite entity, but at the same time as part of something bigger. The same author emphasizes that the region should be viewed as a system. This approach is an attempt to overcome a number of dichotomies that exist in geography, but also to challenge the claims about regional geography as an exclusive 'study of the specific'. Namely, the region understood as a holon and a system can find its place in the study of general spatial laws.

3. Regional geography in the 21st century

At the beginning of the 21st century, there was more talk in geographical circles about the absence of geographers from public debates on topical issues. This discussion was originally initiated in the United States, where a very low level of geographical literacy and knowledge of geographical facts was observed in the general public. There are many indications that regional geography has the greatest potential to reaffirm geographical views in the general public and contribute to a greater presence of geography in public space. Some authors claim that the revived interest in regional geography and the man-nature relationship can bear fruit, both in the academic and in the popular spheres. It has been observed that traditional regional geographers, although they have been burdened with a bad reputation since the time of the quantitative revolution, can very easily attract and arouse interest of a large number of college students. In addition, their work and knowledge are appreciated by a number of government agencies and private companies. Back in the 1980s, some

geographers warned that in the event that regional geography was not reinstated to its rightful place within the system of geographical studies, one crucial segment of geography could become lost irretrievably. This would create a vacuum, which would be exploited by other disciplines (Murphy et al. 2005).

In this light, it is worth noting that most people come into first contact with geography through regional content, through education or popular media. In this way, geography gains a large number of admirers; so, there have been growing differences over time in the understanding of this scientific discipline between professional geographers and laymen. The well-informed segment of the public still believes that geographers have a specific approach to the study of foreign and distant places, as well as of spatial relations on the national level, and that due to this comprehensive and complex view they are capable of explaining 'how the world work' (Murphy et al. 2005). The explanation for this phenomenon can be found in the establishment of regional geography as an important field of general education, which is widely recognized as such, although it is sometimes misperceived as a synonym for the overall geography. This claim is also supported by the fact that the publication of popular geographical studies, textbooks and atlases, which essentially have a regional character, has not experienced a declining trend. Some authors also attach importance to regional geography in terms of breaking the established Eurocentric view of the world (Mayhew 2009).

The future of regional geography is quite uncertain. New global processes open new horizons and directions in which this discipline can be further developed. Their impact is highly variable in different local or regional environments, and this fact can be understood as an opportunity for regional geography to confirm its scientific validity and competence. However, many contemporary regional geographers warn again that this discipline should by no means deal exclusively with description, but must at least include an explanation of regional phenomena as well (Murphy and O'Laughlin, 2009). The reality that also must be taken into account is that regions are in a constant process of transformation, and that they are not an isolated segment of geographical space, neither in the horizontal nor in the vertical understanding of spatial relations. In the study of globalization, a special place is dedicated to the relationship between global and local; hence the concept of glocalization. However, it is apparent that in this type of interaction between the macro and micro levels we can no longer ignore the link between them, which is nothing but a region itself.

Regional geography has therefore survived a wide range of trends that have taken turns over the past century. They influenced its transformation and pluralization, but they did not eliminate it from scientific and educational field. One can even say that the regional approach has never been so topical like over the first two decades of the 21st century, which have been marked by turbulent developments on all geographical levels – global, regional and local. Kaplan (2012) also writes about this phenomenon in his book 'The Revenge of Geography', which triggered a great deal of public attention (especially in the United States). Some criticism has been voiced at the expense of this work, so, for example, many geographers objected to Kaplan's revival of the deterministic view of geographical reality. It is precisely the transcendence of determinism that is one of the factors to be reckoned with when discussing the place of the study of environmental elements in contemporary regional geography. The balance between falling into the trap of determinism, on the one hand, and neglecting an extremely important segment of the region, such as the natural basis, on the other

hand, represents one of the major challenges of this geographical discipline in the future, with the already common problems of scientific methodology.

A new era in the development of regional geography was marked by the introduction of the Geographic Information System (GIS) into mass use around the world. The proliferation of GIS and other types of geoinformation technologies in the field of geographical education and scientific research has presented new challenges to regional geography, but equally some opportunities too. Svatonova and Mrazkova (2010) claim that the use of GIS in the educational process can realize its full potential only if students have at least a basic knowledge of regional geography. GIS enables much faster, easier and more effective research and study of global and regional correlation patterns. The widespread application of GIS technology has also confirmed the relevance and importance of regional research, thus definitively rejecting the anathema placed on regional geography as a 'study of the specific'. A number of studies have shown that GIS applications are more suitable for perceiving and solving problems in a clearly defined (spatial) context, than for elucidating general laws or theories. According to Biebrach (2007), this fact can be understood in a positive as well as a negative way. Methods by which generalization is performed on the basis of specific cases are quite questionable, but with the development of geoinformation models and the improvement of geographical skills, it is possible to achieve significant progress in this field as well.

Montello (2003) predicts further growth in the importance of the region as a concept with the development of digital geoinformation systems and science. The quantitative approach applied in this framework may modify the role of the region, but not lead to its conceptual removal. This claim is based not only on the fact that geodata processing and analytical methods have some basis in the principles of pre-digital regionalization, but also on the usability that regionalization methodology still has. The concept of regionalization is still quite effective and practical in the context of human cognition, even within the digital representation of geographical reality and computer-generated analyses. Thus for example studying the world geography in this way allows students to acquire knowledge about the special characteristics of places and regions in a geographical way. In this way, they can expand their understanding of the problems facing human communities on the local, regional and national levels. The main goal of the regional approach in geographical education has been and still is to get a holistic view of a constantly evolving world, by exploring the diversity and interconnectedness of geographical phenomena and processes. Learning the world regional geography can also contribute to a better understanding of the geographical aspects of cultural diversity, and shape attitudes towards other people and places on the planet Earth (Jo et al. 2016).

4. Conclusion

Despite the controversial trends present during the second half of the 20th century, it is clear that the development of modern geographical science, and consequently geographical education, cannot be adequately interpreted without properly positioning the regional studies within the same context. Removal of the regional concept from the essence of geographical ways of dealing with phenomena and processes in geospatial context brings the natural-social dichotomy to the fore, which can only result in the continuation of divergent processes within geography. Regional geography is of great importance, especially from the educational point of view, since it maintains a clear connection between physical and human elements on Earth, while

at the same time it stands out strikingly as the main method of how to get acquainted with the spatial characteristics of different parts of the Earth's surface, thus contributing most to the popularization of a wider geographical scientific field. Accordingly, the regional approach forms the basis of school geography in many countries around the world, including Bosnia and Herzegovina. However, regional geography should not be viewed exclusively through the prism of an idiographic concept, i.e. a study of specificity, which is often the case. Because of that, traditional approach to teaching usually does not lead to the development of higher cognitive abilities in students, such as acquisition of conceptual knowledge and procedural skills. Through the study of regional topics, one should always strive to figure out the general spatial correlation patterns and regularities, in which GIS technology can play a significant role, since its layered structure corresponds to the regional concept of the study of geographical space.

References

- Biebrach, T. 2007: What impact has GIS had on geographical education in secondary schools? Geographical Association UK.
www.geography.org.uk/projects
- Getis, D., Getis, J., Fellmann, J. 2000: Introduction to Geography – 7th Edition. McGraw Hill, Boston.
- Giddens, A. 1984: The Construction of Society – Outline of the Theory of Structuration. Polity Press, Cambridge.
- Gilbert, A. 1988: The new regional geography in English and French-speaking countries. Progress in Human Geography, Vol. 12 (2): 208-228.
- Hart, J. 1982: The Highest Form of the Geographer's Art. Annals of the Association of American Geographers, Vol. 72 (1): 1-29.
- Jo, I. J., Hong, J. E., Verma, K. 2016: Facilitating spatial thinking in world geography using Web-based GIS. Journal of Geography in Higher Education, Vol. 40 (3): 442-459.
- Kaplan, R. 2012: The Revenge of Geography. Random House, New York.
- Mayhew, S. 2009: Oxford Dictionary of Geography – 5th Edition. Oxford University Press, Oxford.
- Mirić, R., Drešković, N., Avdić, B., Efendić, A. 2017: Geografska regionalizacija Bosne i Hercegovine u kontekstu promjena u njenoj političko-teritorijalnoj strukturi. Zbornik radova Četvrtog kongresa geografa Bosne i Hercegovine.
- Montello, D. 2003: Regions in Geography – Process and Content. Foundation of Geographic Information Science: 173-190. Taylor and Francis, London.
- Murphy, A., de Blij, H., Turner, B., Gilmore, R., Gregory, D. 2005: The role of geography in public debate. Progress in Human Geography, Vol. 29 (2): 165-193.
- Murphy, A., O'Laughlin, J. 2009: New Horizons for Regional Geography. Eurasian Geography and Economics, Vol. 50 (3): 241-251.
- Nir, D. 1990: Region as a Socio-environmental System – An Introduction to a Systemic Regional Geography. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Nurković, S., Mirić, R. 2005: Osvrt na geografsku regionalizaciju Bosne i Hercegovine. Geografski radovi, Vol. 1.
- Passi, A. 1986: The institutionalization of region: A theoretical framework for understanding the emergence of region and the constitution of regional identity. Fennia, Vol. 164: 105-146.
- Passi, A. 1991: Deconstructing regions – Notes on the scales of spatial life. Environment and Planning A, Vol. 23: 239-256.

- Pudup, M. 1988: Arguments within regional geography. *Progress in Human Geography*, Vol. 12: 369-390.
- Sadiković, E. 2014: Evropa regija – Kohezijska politika Evropske unije i Zapadni Balkan. Šahinpašić, Sarajevo.
- Sayer, A. 1989: The 'new' regional geography and problems of narrative. *Environment and Planning D – Society and Space*, Vol. 7: 253-276.
- Svatoňová, H., Mrázková, K. 2010: Geoinformation Technologies: New Opportunities in Geography Education? Facilitating Effective Student Learning through Teacher Research And Innovation): 331-347. Faculty of Education, University of Ljubljana, Ljubljana.
- Vresk, M. (1997a): Regionalna geografija danas. *Acta Geographica Croatica*, Vol. 32: 69-82.
- Vresk, M. (1997b): Uvod u geografiju. Školska knjiga, Zagreb.
- Wishart, D. (2004): Preliminary Thoughts on Region and Period. Center for Great Plains Studies, Linc
- Wood, G. (1999): On the Future of Regional Geography. *Geographica Helvetica*, Vol. 54: 199-207.

POSITIONING OF REGIONAL GEOGRAPHY IN THE MODERN SYSTEM OF GEOGRAPHICAL SCIENCES

Summary

The quantitative revolution of the mid-20th century marked a period of decadence in regional geography, but during the 1980s there was a renewed interest in regional studies. One reason for re-actualizing the regional concept lies in the fact that many geographers could not fully accept the principles required by quantitative methodology, as spatial reality proved too complex to be subsumed under mere generic models. Re-emphasizing cause-and-effect relations within the structure of social sciences, changes in global circumstances, and more pronounced focus on diversity are trends that have affected regional geographers, but also paved the way for pluralization within this discipline, as well as geography in general. Emphasis on the time dimension, i.e. regional changes that occur over time, especially taking into account the genesis of the region, is a feature of many scientific papers that have dealt with the modern concept of regional geography. Despite the revitalization of regional geography, problems of an epistemological nature within this discipline have not been fully resolved. For example, the question of the region as a study object is often problematized. A popular dilemma arose from that question: does the region objectively exist in real space or is it a mental concept?

The issue of descriptive character also remained one of the most important problems of this discipline, although the authors in the field of regional geography constantly emphasize that description is only the starting method, and that it is necessary to search for general laws on the distribution of spatial phenomena. On the basis of this issue, a completely new direction in regional geography has emerged, which was additionally influenced by some external factors, such as the restructuring of socio-economic, cultural and political relations at the global level, with numerous changes of local, regional and national character, making regional research very relevant again. From this it is evident that the new regional geography, therefore, focuses on social structures and processes, often neglecting the natural basis. Other authors, however, saw a number of shortcomings in ignoring factor of nature, and began to look for a middle ground between traditional regional geography, with the region increasingly being studied as a system, which could overcome numerous dichotomies and methodological inconsistencies within geography.

There are many indications that regional geography has the greatest potential to affirm geographical views in the general public and contribute to a greater presence of geography in public space. It is almost paradoxical that regional geography has retained a much higher reputation in the public eyes in comparison with geographical academic circles. This claim is supported by the fact that the publication of popular geographical studies, books and atlases, which in their essence have a regional character, did not experience a declining trend even in the period of the quantitative revolution, and especially not in the time after it. Regional geography has therefore survived all the trends that have changed over the past century. They influenced its transformation and pluralization, but they did not eliminate it from scientific and educational realm. It can even be said that the regional approach has never been so up-to-date as in the first two decades of the 21st century, which were marked by turbulent events at all geographical levels – global, regional and local. The regionalization concept is still quite efficient and practical in the context of human cognition, which is why regional contents still have a very important place in geographical education.

LETNA DINAMIKA POJAVA MESTNEGA TOPLOTNEGA OTOKA V MALEM URBANEM SISTEMU

Nataša Pipenbaher

Dr., uni. dipl. inž. kmetijstva, doc.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: natasa.pipenbaher@um.si

Danijel Ivajnšič

Dr., prof. geografije in biologije, doc.
Oddelek za geografijo in Oddelek za biologijo
Filozofska fakulteta in Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: dani.ivajnsic@um.si

Igor Žiberna

Dr., prof. geografije in zgodovine, izr. prof.
Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: igor.ziberna@um.si

Daša Donša

Mag., biologije in ekologije z naravovarstvom, ast.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: dasa.donsa1@um.si

Mitja Kaligarič

Dr., uni. dipl. biolog, red. prof.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: mitja.kaligarič@um.si

Sonja Škornik

Dr., prof. biologije in kemije, izr. prof.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: sonja.skornik@um.si

Lučka Kajfež Bogataj

Dr., uni. dipl. inž. meteorologije, red. prof.
Oddelek za agronomijo
Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva 101, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

Zalika Črepinšek

Dr., uni. dipl. inž. kmetijstva, asistent
Oddelek za agronomijo
Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva 101, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

Veno Jaša Grujić

Mag., biologije in ekologije z naravovarstvom, ast.
Oddelek za razredni pouk in Oddelek za biologijo
Pedagoška fakulteta in Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor
e-mail: veno.grujic@um.si

UDK: 551.584

COBBIS: 1.01

Izvleček

Letna dinamika pojava mestnega toplotnega otoka v malem urbanem sistemu

Pojav mestnega toplotnega otoka (MTO) je posledica antropogenega spreminjanja prostora ter lokalnih podnebnih razmer. Večina študij o MTO obravnava velika metropolitanska območja. Podatki kažejo da je jakost pojava MTO lahko velika tudi v malih urbanih sistemih. V študiji smo se osredotočili na jakost pojava MTO v luči povprečnih, maksimalnih in minimalnih dnevnih temperatur zraka v različnih vremenskih tipih po sezonah v mestu Ljutomer. Ob anticiklonalni ali advektivni zračni cirkulaciji, predvsem v poletnih mesecih, je jakost MTO v Ljutomeru primerljiva srednjim in velikim urbanim sistemom (tudi do 8°C). Rezultati študije so še posebej zaskrbljujoči z vidika vse pogostejših vročinskih valov kot posledice podnebnih sprememb, ki še dodatno povečujejo, že tako prisotni, toplotni stres v mestih.

Ključne besede

Ljutomer, mestni toplotni otoki (MTO), podnebne spremembe, vremenski tipi, vročinski valovi

Abstract

Annual dynamics of the UHI phenomenon in a small urban system

The urban heat island phenomenon (UHI) is a consequence of anthropogenic activity and local climatic conditions. Most UHI studies address large metropolitan areas. However, the data show that UHI magnitude can reach high values even in small urban systems. The study focused on the seasonal dynamics of the UHI magnitude variable (average, maximum and minimum temperature anomaly) in the town of Ljutomer by considering different weather types. Under anticyclonic or advective air circulation pattern, predominantly in summer, UHI magnitude in Ljutomer can reach values comparable to midsize or large urban systems (up to 8°C). The results of such studies are of particular concern in regard to increasing frequency of heat waves as a consequence of climate change, which further increases the already present heat stress in cities all over the Globe.

Key words

Climate change, Heat waves, Ljutomer, Urban heat islands (UHI), Weather types

1. Uvod

Število prebivalcev v globalnem merilu še vedno narašča, posledično pa se večajo tudi mesta. Po podatkih podatkovne baze The World Bank (Medmrežje 1) je leta 2016 v urbanih naseljih bivalo 54 % svetovnega prebivalstva (leta 1960 le 34 %). Ena izmed očitnejših posledic antropogenega delovanja, zlasti slabo načrtovane urbanizacije in negativnih vplivov industrializacije, je nastanek mestnih toplotnih otokov (MTO), katerih intenzivnost se zaradi vse pogostejših vročinskih valov kot posledice podnebnih sprememb še dodatno povečuje. Odstranjevanje vegetacijskega pokrova v mestih in njihova nadomestitev z umetnimi materiali (npr. beton, asfalt, kovine, itd.) vpliva na sevalne, termične in vlažnostne lastnosti, hkrati pa tudi na fiziognomijo površja (Li in sod. 2009). Rezultat tega je spremenjen energijski tok in povečano razmerja med gostoto turbulentnega toka zaznavne in latentne toplote (Bowenovo razmerje), kar se izkazuje v povečani temperaturi površja ali zraka v skoraj vsakem naselju, mestu ali aglomeraciji (Oke 1982; Stull 1988). Negativne učinke MTO še dodatno povečuje velika gostota prebivalstva v povezavi z neprimernim oblikovanem stavb, zlasti v gostih metropolitanskih območjih in srednje velikih mestih. Ker v urbanem okolju prebiva večina svetovnega prebivalstva, je ohranjanje kakovosti bivalnega okolja v njem velikega pomena. Medtem ko se večina študij MTO osredotoča na velika metropolitanska območja in srednje velika mesta (Rogan in sod. 2013; Zhang in sod. 2013; Al-Hatab in sod. 2017; Evola in sod. 2017), kar zahteva termične podatke daljinskega zaznavanja in stabilne meteorološke razmere za pripravo spremenljivke temperatura površja (LST), pa nasprotno zelo malo študij obravnava lastnosti in letno dinamiko MTO v majhnih mestih (Balazs in sod. 2009; Ivajnšič in sod. 2014), značilnih za Slovenijo. Ker je daljinsko zaznavanje temperature površin omejeno na optimalne vremenske razmere (brez oblakov), je v splošnem vpliv različnih vremenskih tipov na pojav MTO slabo raziskan. Različne meteorološke razmere vplivajo ne samo na jakost pojava MTO, temveč tudi na njegovo morfologijo in prostorski obseg (Johnson in sod. 1991; Moreno-Garcia 1994; Kidder in Essenwanger 1995; Figuerola in Mazzeo 1998; Montavez in sod. 2000; Morris in sod. 2001). Hitrost vetra in oblačnost sta najpomembnejša parametra, ki vplivata na razvoj in jakost MTO (Mihalakakou in sod. 2002; Kassomenos in Katsoulis 2006). Vreme v anticiklonskih pogojih (nebo brez oblakov, rahel veter) običajno okrepi pojav MTO (Mihalakakou in sod. 2002; Kassomenos in Katsoulis 2006). Nasprotno je pri ciklonski cirkulaciji, kjer je kontrast med mestno in podeželsko temperaturo manj očiten zaradi manjših razlik v energijski bilanci (Gedzelman in sod. 2003; Kassomenos in Katsoulis 2006). Dosedanje študije vpliva različnih vremenskih tipov na jakost in prostorski obseg pojava MTO, v zimskem obdobju, kažejo da je njegova največja jakost v anticiklonskih vremenskih razmerah (Ivajnsič in sod. 2014; Ivajnšič, Žiberna 2019).

V prispevku se tokrat osredotočamo na jakost pojava MTO v mestu Ljutomer v vseh letnih časih s posebnim poudarkom na vremenskih tipih. Ugotavljamo kakšna je njegova jakost ob nastopu minimalnih, povprečnih in maksimalnih dnevnih temperatur zraka. Hkrati upoštevamo naslednje faktorje: lokalna podnebna cona, sezona ter vremenski tip.

2. Metodologija

2.1 Raziskovalno območje

Mesto Ljutomer predstavlja dober poligon za proučevanje pojava MTO. Ostra meja med pozidanimi in ne-pozidanimi površinami, ki jo predstavlja železniška proga, ustvarja značilen kontrast v temperaturnem polju mesta (Slika 1A). Dodatni dejavniki, ki vplivajo na morfologijo pojava MTO v Ljutomeru so še: število in položaj zelenih površin, vodna telesa ter izoblikovanost površja. Dosedanje ugotovitve (Ivajnsič in sod. 2014, Ivajnsič, Žiberna 2019) kažejo na to, da ima Ljutomer neugodno število in razporeditev zelenih površin. Na pojav MTO pa, predvsem ob nastopu advektivnega vremenskega tipa, močno vpliva grič Kamenščak, ki deluje kot reliefna bariera pred pogostim JZ vetrom. Ker večina študij o pojavu MTO obravnavan predvsem večje urbane sisteme s pomočjo podatkov daljinskega zaznavanja (posledično le ob jasnem vremenu) (Rogan in sod. 2013; Zhang in sod. 2013; Al-Hatab in sod. 2017; Evola in sod. 2017), ki so običajno locirani v obsežnih ravninah (brez vpliva reliefa), je proučevanje manjših mest v bolj ali manj razgibanem terenu, kjer lahko uporabljamo tudi časovni niz in-situ meritev, toliko bolj celostno in uporabno.



Slika 1: Lokalizacije avtomatskih merilnikov temperature zraka v lokalnih podnebnih conah mesta Ljutomer.

Vir: kartografska podlaga Google satelit (pridobljeno s vtičnikom QuickMapServices QGIS), Map data ©2015 Google.

2.2 Stacionarne meritve

Za potrebe spremljanja časovnega niza jakosti MTO, smo v mestu Ljutomer locirali 4 stacionarne avtomatske merilnike temperature zraka in relativne zračne vlage (PROGRESPLUS H-GUMBEK 23 dataloggerje [točnost $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; ločljivost 0.1°C ; vlaga med 0 in 100 %]) v Davisovih pasivnih zaslonih (Slika 1B). Vse merilnike smo namestili 3 m visoko na azimut 180° po predhodnem testiranju razlik s standardno višino zajemanja meteoroloških kazalcev. Ključen razlog za izbor nestandardne višine stacionarnih meritev temperature zrake in relativne zračne vlage je zaščita pred vandalizmom. Upoštevali smo gradient pozidanosti, zelene površine in ruralno ozadje.

V praksi gre za lokalne podnebne cone mesta, ki jih je Oke definiral leta 1972 (Oke in Fluggle 1972). Merilniki so beležili temperaturo zraka in relativno zračno vlago v polurnem intervalu. Z meritvami smo pričeli 10.9.2019. V prispevku tako obravnavamo 344 merilnih dni oziroma vse štiri sezone (pomlad, poletje, jesen in zima).

2.3 Vremenski tipi

Značilnosti pojava MTO so močno odvisne od vremenskih tipov. Slednje smo določili s pomočjo prosto dostopnih podatkov avtomatske meteorološke postaje Rakičan, ki je v lasti Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) in je le 14 km oddaljena od raziskovanega območja. Pripravili smo podatkovno bazo izbranih meteoroloških kazalcev za obravnavanih 344 dni. Upoštevali smo: (1) povprečno temperaturo zraka na 2 m [v °C], (2) maksimalno temperaturo zraka na 2 m [v °C], (3) minimalno temperaturo zraka na 2 m [v °C], (4) povprečno hitrost vetra [v m/s], (5) povprečno oblačnost [pokritost neba v %], (6) povprečno relativno vlažnost [v %] in (7) povprečen zračni tak [v hPa]. V nadaljevanju smo v programskem okolju R (R Development Core Team 2020) vseh 7 spremenljivk Z-standardizirali s čimer smo zagotovili poenotenje merskih enot. Sledila je analiza glavnih komponent (ang. Principal Component Analysis), s katero smo: (1) odpravili koreliranost, (2) zmanjšali številčnost in (3) ohranili informacijsko moč vhodnih spremenljivk (prvi dve PCA komponenti pojasnujeta 72% variabilnosti vseh spremenljivk). Nadaljevali smo z metodo razvrščanja z voditelji (ang. KMeans clustering) pri čemer smo uporabili prostor 1. in 2. komponente analize PCA. Rezultat je razvrstitev merilnih dni v skupine z značilno podobnimi vrednostmi izbranih meteoroloških kazalcev. V našem primeru smo na ta način lahko ločili tri vremenske tipe, ki po lastnostih močno spominjajo na ciklonalni (ci), anticiklonalni (ac) in advektivni tip (ad) iz Čadeževe klasifikacije (Čadež 1949), ki je sicer temeljila na vizualnem opazovanju. Analizo razvrščanja z voditelji smo v praksi trikrat ponovili saj smo prvič upoštevali povprečno temperaturo zraka in ostale kazalce, drugič maksimalno temperaturo zraka in ostale kazalce in tretjič minimalno temperaturo zraka in ostale kazalce. Slednje smo potrebovali saj smo v nadaljevanju analize primerjali povprečno, maksimalno in minimalno jakost pojava MTO po različnih vremenskih tipih, mesecih in sezonah v mestu Ljutomer.

2.4 Jakost MTO

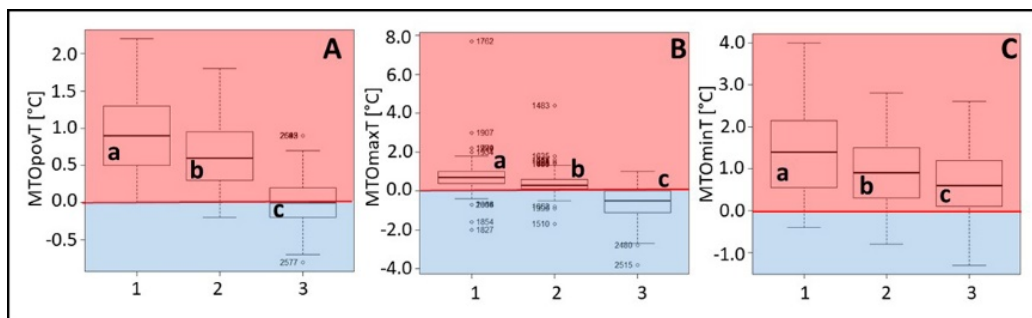
Jakost pojava MTO dobimo, če od meritev temperature zraka v urbani strukturi odštejemo meritve temperature zraka iz ozadja (nepozidana=ruralna okolica). Pravzaprav smo slednje storili za vsak obravnavani dan v analizi (N=344). K temu smo dodali še faktorje vremenski tip (ci, ac in ad), mesec in sezona. V nadaljevanju smo primerjali jakost MTO v treh lokalnih podnebnih conah po vremenskem tipu in sezoni. Uporabili smo enosmerno in večsmerno analizo variance (ang. ANOVA) in Tukey-ev preizkus primerjave parov v programskem okolju R (R Development Core Team 2020).

3. Rezultati in diskusija

3.1 Jakost MTO in lokalne podnebne cone mesta

Dosedanji rezultati študij MTO v mestu Ljutomer (Ivajnsič in sod. 2014; Ivajnsič in Žiberna 2019) so bili vezani na meritve v hladni polovici leta, saj je jakost tega atmosferskega pojava v zmernih klimatih takrat običajno največja. Tokrat obravnavamo celotno sezono in spremljamo dinamiko razvoja MTO bodisi v luči povprečnih, maksimalnih ali minimalnih dnevnih temperatur zraka. Rezultati kažejo, da je mestno jedro (1 – Glavni trg, območje največje gostote zazidave) z vidika povprečnih temperatur zraka tekom leta vedno toplejše od ruralne okolice (Slika 2A).

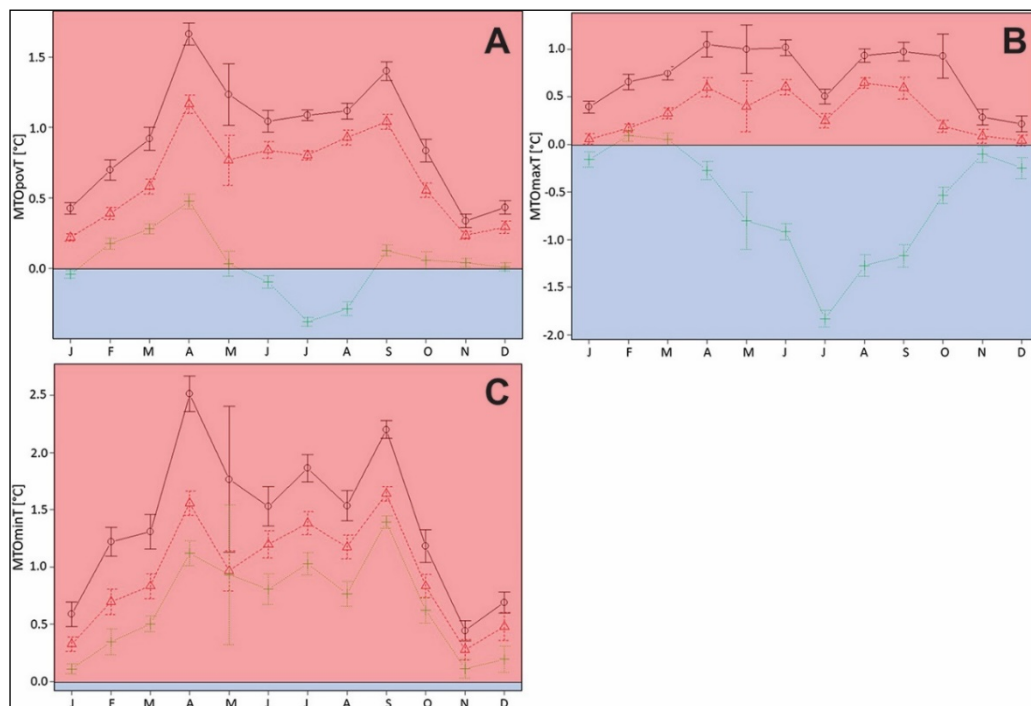
Podobno velja za industrijsko cono meta (2) z nekaj izjemami, ko je izmerjena povprečna dnevna temperatura zraka bila celo nekoliko nižja od nepozidane okolice. Pri zelenih površinah (3) ima polovica vzorčnih dni nižjo povprečno temperaturo zraka od ozadja. Predvsem gre za pozne pomladne, poletne in začetne jesenske mesece (Slika 3A). V splošnem pa se obravnavane podnebne cone (mestno jedro, industrijska cona in zelene površine) po povprečni jakosti MTO tekom celotne sezone značilno razlikujejo ($p < \alpha$, $\alpha = 0.05$). Kakorkoli, z vidika človekovega počutja so bolj pomembni temperaturni ekstremi. V Ljutomeru se lahko pojavijo vremenske situacije, ko je razlika v temperaturi zraka med mestom in okolico tudi 8, morda še več °C (Slika 2B). Običajno gre v teh primerih za anticiklonalne razmere v poletnih mesecih. Zelene površine so takrat lahko dober blažilec nastalega toplotnega stresa v Ljutomeru saj je njihova temperatura zraka lahko tudi do 4°C nižja od ruralnega ozadja. Razlika v maksimalni temperaturi zraka med zelenimi površinami in pozidanimi predeli mesta pa je lahko v teh situacijah še bistveno večja. Razlike med predli mesta, ob nastopu maksimalnih temperatur, so prav tako značilne ($p < \alpha$, $\alpha = 0.05$). Če obravnavamo minimalne dnevne temperature ugotovimo, da je ruralno ozadje po večini hladnejše od urbanega sistema (Slika 2C). Tukaj lahko pričakujemo razlike reda velikosti do 4°C.



Slika 2: Razlike v jakosti MTO v obravnavanih lokalnih podnebnih conah mesta Ljutomer glede na povprečno (A), maksimalno (B) in minimalno (C) jakost MTO. 1 = Glavni trg, 2 = industrijska cona, 3 = mestni park.

3.2 Letni režim toplotnega stresa

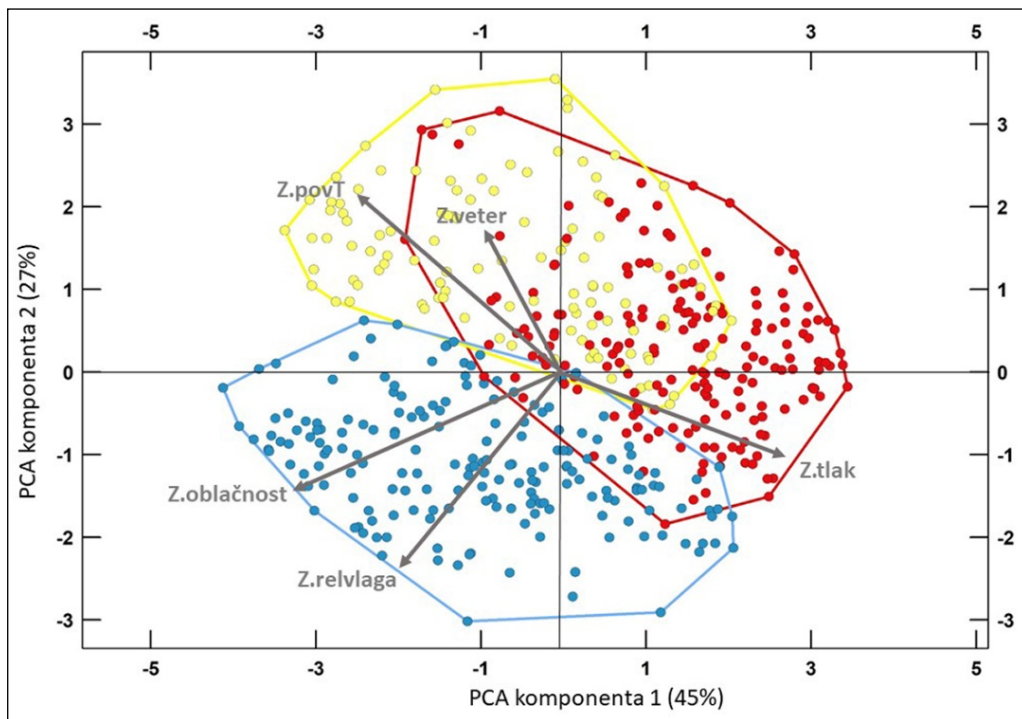
Pri mesečni analizi povprečne jakosti MTO rezultati kažejo na značilen letni režim z največjimi razlikami v oblikovanem temperaturnem polju mesta v poletnih mesecih (junij, julij in avgust) (Slika 3A). Takrat so povprečne temperature zraka zelenih površin mesta celo hladnejše od nepozidane (ruralne) okolice. Še bolj se njihov blažilen vpliv vidi ob nastopu maksimalnih dnevnih temperatur zraka (Slika 3B). Praktično so parkovne površine v Ljutomeru po zgornji kulminaciji Sonca tekom celotnega leta, z izjemo februarja in marca, hladnejše od ozadja. V mestnem parku lahko tako ob nastopu vročinskih valov pričakujemo tudi za 3°C hladnejše razmere. Nasprotno velja ob nastopu minimalnih temperatur, ki so v nepozidani okolici vedno nižje v primerjavi z obravnavanimi lokalnimi podnebnimi conami mesta Ljutomer (Slika 3C).



Slika 3: Mesečni režim jakosti MTO v obravnavanih lokalnih podnebnih conah mesta Ljutomer glede na povprečno (A), maksimalno (B) in minimalno (C) jakost MTO. Črna črta s točkami = Glavni trg, rdeča črta z trikotniki = industrijska cona, zelena črta s plusi = mestni park.

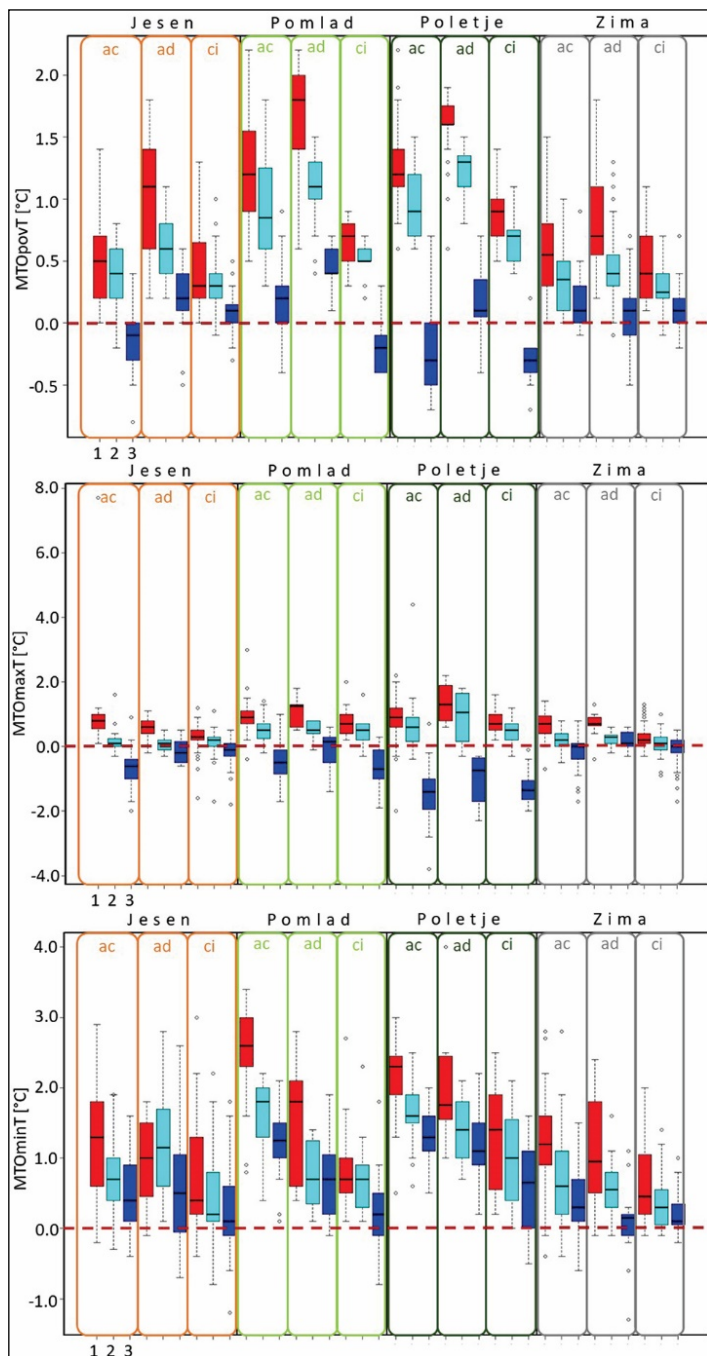
3.3 Vremenski tipi in sezonska dinamika jakosti MTO

Trenutne meteorološke razmere lahko hitro spremenijo ne samo jakost pojava MTO, temveč tudi njegovo morfologijo in prostorski obseg (Johnson in sod. 1991; Moreno-Garcia 1994; Kidder in Essenwanger 1995; Figuerola in Mazzeo 1998; Montavez in sod. 2000; Morris in sod. 2001). Študije so pokazale, da sta lahko hitrost vetra in oblačnost pomembna parametra, ki vplivata na razvoj in jakost MTO (Mihalakakou in sod. 2002; Kassomenos in Katsoulis 2006). Kakorkoli, v zmernih klimatih se običajno v anticiklonskem vremenskem tipu (jasno nebo, rahel veter) pojav MTO okrepi. Nasprotno velja ob nastopu ciklonske cirkulaciji, kjer je kontrast med mestno in podeželsko temperaturo zraka očitno zmanjšan (atmosfersko protisevanje) (Gedzelman in sod. 2003; Kassomenos in Katsoulis 2006). Na lokalnem nivoju lahko veljajo tudi drugačni vzorci jakosti MTO. Tako sta Morris in Simmonds (2000) dokazala, da je jakost pojava MTO v Melbournu (Avstralija) najnižja ob nastopu advektivnega vremenskega tipa (ob ojačenem severozahodniku). Rezultati naših meritev in klasifikacije le-teh na podlagi izbranih meteoroloških kazalcev v vremenske tipe (Slika 4) nakazujejo, da je v Ljutomeru jakost pojava MTO ob advekciji primerljiva z anticiklonskim vremenskim tipom, pomladi in v jeseni pa je lahko celo večja (Slika 5A). Predvsem je v takšnih razmerah toplejše mestno jedro, ki leži v zavetni legi, pred najpogostejšim JZ vetrom, na severni strani griča Kamenščak.



Slika 4: Bivariatni prikaz skupin (merilnih dni) glede na spremenljivke povprečna dnevna temperatura zraka, povprečna hitrost vetra, povprečna oblačnost, povprečna relativna vlaga ter povprečni zračni tlak. Rdeči poligon obkroža dneve z anticiklono zračno cirkulacijo, modri poligon obkroža dneve z vremenskimi lastnostmi podobnimi ciklonskemu tipu. Rumeni poligon obkroža dneve kjer je značilno prisotna advekcija.

Če podrobneje analiziramo jakost pojava MTO v luči povprečnih dnevni temperatur zraka ugotovimo, da so razlike med posameznimi predeli (lokalnim podnebnimi conami) mesta, ne glede na vremenski tip, največje poleti (Slika 5A). Sledijo pomlad, jesen ter zima. Mestni trg (1), območje z največjo gostoto zazidave, je toplotno najbolj obremenjeno, še zlasti ob anticiklonskih ali advektivnih vremenskih pogojih, v pomladanskih in poletnih mesecih. Industrijska cona (2), ki je locirana v severnem predelu mesta, je v primerjavi z centrom, v vsakem letnem času in obravnavanem vremenskem tipu, nekoliko hladnejša. Razlike med tema dvema lokacijama so največje prav v advektivnem vremenskem tipu. Zelene površine (3) imajo blažilno funkcijo predvsem poleti bodisi v anticiklonskih, ciklonskih in, nekoliko manj, v advektivnih vremenskih situacijah. Sicer blažilen vpliv zelenih površin na toplotni stres grajenega okolja lahko bolje ocenimo, če primerjamo razlike v temperaturnem polju ob nastopu dnevnih maksimalnih temperatur zraka (Slika 5B).



Slika 5: Razlike v jakosti MTO v luči povprečnih, maksimalnih in minimalnih temperatur traka glede na lokalno podnebno cono (1 = Glavni trg, 2 = industrijska cona, 3 = mestni park), vremenski tip (ac= anticiklonalni, ad= advektivni, ci= ciklonalni) in sezono.

Praktično so ob razširitvi anticiklonalne zračne cirkulacije zelene površine v Ljutomeru v vsakem letnem času ob nastopu temperaturnega maksimuma značilno hladnejše, ne samo od pozidane okolice pač pa tudi od ruralnega zaledja. Nasprotno velja za obe ostali pozidani lokalni podnebni coni mesta, kjer beležimo povišane temperature zraka v vseh sezonah in obravnavanih vremenskih tipih. Seveda ima povišana temperatura zraka v mestu v zimskem obdobju lahko tudi pozitiven učinek na ljudi (manj zmrzali na cestah in pločnikih, manj pozeb na urbani vegetaciji, manj intenzivno ogrevanje bivalnih okolij, itd.) (Ivajnsič in sod. 2014). Razlike v jakosti pojava MTO so bistveno manjše, a značilno različne glede na vremenski tip in sezono, če obravnavamo minimalne dnevne temperature zraka. Ob nastopu minimuma se nepozidano zaledje mesta venomer bolj ohladi kot pa urbana struktura Ljutomera.

Sliko 5 (A, B in C) dopolnjuje Preglednica 1, ki prikazuje povzetke večsmerne analize variance s katero smo testirali domnevo o vplivu faktorjev lokalna podnebna cona, vremenski tipi in sezona na jakost pojava MTO bodisi v luči v povprečnih, maksimalnih ali minimalnih dnevni temperatur zraka. Rezultati potrjujejo opisane ugotovitve saj imajo vsi faktorji, kot tudi nekatere njihove interakcije, statistično značilen vpliv ($p < \alpha$, $\alpha = 0.05$) na omenjene odvisne spremenljivke (jakost MTO_{pov} , MTO_{max} in MTO_{min}). Na ta način smo kvantitativno dokazali sezonsko variabilnost pojava MTO v odvisnosti od danih vremenskih pogojev značilnih za obravnavano sinoptično situacijo. Kljub temu, da mesto Ljutomer predstavlja majhen urbani sistem, se predvsem v poletju in v jeseni lahko pojavijo toplotne obremenitve (reda velikosti do $10^{\circ}C$), ki lahko škodujejo bolj ranljivi skupini prebivalcev mesta (starostniki, bolniki z respiratornimi težavami, invalidi, itd.). Ker so vročinski valovi v obdobju podnebne krize vse pogostejši (Frölicher in sod. 2018), tovrstne raziskave pridobivajo na pomenu. Urejanje prostora v urbanih sistemih, ne glede na velikost, bomo posledično v prihodnje morali bolj usmeriti v blaženje vse večjega toplotnega stresa, ki ga lahko pričakujemo v drugi polovici 21. stoletja.

Preglednica 1: Povzetek kazalcev večsmerne analize variance.

Parameter	Faktor	Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	F vrednost	P vrednost	
MTO _{pov} [°C]	Lokalna podnebna cona	141.8	2	804.3	<2.2E-16	***
	Vremenski tip	18.6	2	105.3	<2.2E-16	***
	Sezona	26.4	3	99.8	<2.2E-16	***
	Lokalna podnebna cona:Vremenski tip	3.9	4	11	1.05E-08	***
	Lokalna podnebna cona:Sezona	24.2	6	45.8	<2.2E-16	***
	Vremenski tip:Sezona	8	6	15.1	<2.2E-16	***
	Lokalna podnebna cona:Vremenski tip:Sezona	1.2	12	1.1	0.3466	
	Ostanki	87.8	996			

Oznaka značilnosti: 0 "****" 0.001 "***" 0.01 "**" 0.05 "*"

Se nadaljuje...

Preglednica 1 (nadaljevanje): Povzetek kazalcev večsmerne analize variance.

Parameter	Faktor	Vsota kvadratov	Stopinje prostosti	F vrednost	P vrednost	
MTO _{max} T[°C]	Lokalna podnebna cona	315.1	2	532.5	<2.2E-16	***
	Vremenski tip	5.1	2	8.7	0.0002	***
	Sezona	9.9	3	11.2	3.30E-07	***
	Glavni trg:Vremenski tip	9.3	4	7.9	3.01E-06	***
	Lokalna podnebna cona:Sezona	79.9	5	45	<2.2E-16	***
	Vremenski tip:Sezona	1.8	5	1	0.4028	
	Lokalna podnebna cona:Vremenski tip:Sezona	6.7	12	1.9	0.0327	*
	Ostanki	294.7	996			
MTO _{min} T[°C]	Lokalna podnebna cona	91.3	2	135.2	<2.2E-16	***
	Vremenski tip	84.7	2	125.6	<2.2E-16	***
	Sezona	116.2	3	114.8	<2.2E-16	***
	Lokalna podnebna cona:Vremenski tip	4.6	4	3.4	0.0087	**
	Lokalna podnebna cona:Sezona	3.7	5	1.8	0.0946	
	Vremenski tip:Sezona	24.7	6	12.2	2.92E-13	***
	Lokalna podnebna cona:Vremenski tip:Sezona	5.7	12	1.4	0.1616	
	Ostanki	336.1	996			

Oznaka značilnosti: 0 "****" 0.001 "***" 0.01 "**" 0.05 "*"

4. Zaključek

Letna oziroma sezonska dinamika pojava MTO v mestih je v splošnem dokaj slabo preučena. Rezultati te študije dokazujejo, da je lahko jakost pojava MTO tudi v malih urbanih sistemih, ob anticiklonalni ali advektivni zračni cirkulaciji v poletnih mesecih, zelo visoka (tudi 8, morda celo več °C). Podatki kažejo, da ima mesto Ljutomer najintenzivneje razvit MTO v poletnih mesecih kar je sicer značilnost naših submediteranskih mest. Še sploh je takšen rezultat zaskrbljujoč v luči vse pogostejših vročinskih valov kot posledice podnebnih sprememb. Kakorkoli, interakcija med pojavom MTO in podnebnimi spremembami je dvostranska. Prvič, globalno segrevanje povečuje že tako ali tako višje temperature v urbanem okolju kjer se pojavlja MTO. Drugič, omilitvene strategije za blaženje pojava MTO lahko pomagajo mestni skupnosti pri omejitvi vplivov podnebnih sprememb saj lahko hkrati zmanjšajo emisije toplogrednih plinov, ki povzročajo podnebne spremembe.

Večina prizadevanj za blaženje pojava MTO lahko prinaša številne prednosti, vključno z nižjimi temperaturami, manjšim povpraševanjem po električni energiji, manjšo onesnaženostjo zraka, manj emisij toplogrednih plinov in manj škodljivih vplivov na zdravje človeka. Hkrati ta prizadevanja pomagajo tudi pri reševanju podnebnih sprememb in izboljšanju kakovosti zraka v mestih. Poleg tega lahko ti isti ukrepi pomagajo prebivalcem mesta, da postanejo bolj odporni proti številnim negativnim

učinkom podnebnih sprememb. Tako na primer zasaditev dreves, ki dajejo senco ali namestitve zelenih oziroma tako imenovanih "hladnih" streh lahko zmanjša temperaturo površja in zraka, hkrati pa zmanjša količino energije, potrebne za hlajenje zgradb, kar vodi v izboljšano zanesljivost električnega sistema, še zlasti ob nastopu vse pogostejših vročinskih valov (Žiberna in Ivajnšič 2019). Zelene strehe in nekatere vrste "hladnih" pločnikov lahko zmanjšajo jakost MTO, hkrati pa zmanjšujejo odvod vode in omejujejo poplavne nevarnosti v primeru močnih neviht z dežjem. Povečanje drevesnih krošenj pa služi kot zaščita proti vetru, eroziji in meteornim vodam. Ustrezno locirane zelene in vodne površine lahko hladijo urbana območja. Na ta način pa se zmanjšuje potreba po prevozu s prevoznimi sredstvi na fosilna goriva do hladnejših predelov mesta.

Če želi človeštvo zmanjšati rekordne emisije CO₂ (420 ppm, 16.11.2020) in nekako ublažiti vpliv podnebnih spremembe, bo potrebno sprejeti številne večplastne omilitvene in prilagoditvene ukrepe. Začeti s strategijami blaženja pojava MTO v gosto naseljenih območjih je zagotovo "zadetek v polno", saj bodo na ta način protiukrepi izvedeni natanko pri izvoru emisij toplogrednih plinov.

Zahvala

Študijo je omogočila Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v sklopu projekta »Preprečevanje toplotnega stresa v urbanih sistemi v luči podnebnih sprememb« (J7-1822).

Literatura

- Al-Hatab, M., Samir, A. in Taha, L. 2017: Monitoring and assessment of urban heat islands over the southern region of Cairo Governorate, Egypt. EJRS.
- Balazs, B., Unger, J., Gal, T., Sümeghy, Z., Geiger, J. in Szegedi, S. 2009: Simulation of the mean urban heat island using 2D surface parameters: empirical modelling, verification and extension. Meteorological Applications 16, 275–287.
- Čadež, M. 1949: O pretvaranju energije u atmosferi: Sur la transformation de l'énergie dans l'atmosphère. Savezna uprava Hidrometeorološke službe pri Vladi FNRJ.
- Evola, G., Gagliano, A., Fichera, A., Marletta, L., Martinico, F., Nocera, F. in Pagano, A. 2017: UHI effects and strategies to improve outdoor thermal comfort in dense and old neighborhoods. Energy Procedia 134, 629–701.
- Figueroa, P.I. in Mazzeo, N.A. 1998: Urban–rural temperature differences in Buenos Aires. International Journal of Climatology 18, 1709–1723.
- Frölicher, T. L., Fischer, E. M. in Gruber, N. 2018: Marine heatwaves under global warming. Nature 560(7718), 360–364.
- Gedzelman, S.D., Austin, S., Cermak, R., Stefano, N., Partridge, S., Quesenberry, S. in Robinson, D.A. 2003: Mesoscale aspects of the urban heat island around New York City. Theoretical and Applied Climatology 75, 29–42.
- Ivajnsič, D., Kaligarić, M. in Žiberna, I. 2014: Geographically weighted regression of the urban heat island of a small city. Applied Geography 53, 341–353.
- Ivajnsič, D. in Žiberna, I. 2019: The effect of weather patterns on winter small city urban heat islands. Meteorological Applications 26(2), 195–203.
- Johnson, G.T., Oke, T.R., Lyons, T.J., Steyn, D., Watson, I.D. in Voogt, J.A. 1991: Simulation of surface urban heat islands under "ideal" conditions at night—part I: theory and tests against field data. Boundary-Layer Meteorology 56, 275–294.
- Kartografska podlaga Google satelit. Pridobljeno s vtičnikom QuickMapServices QGIS, Map data ©2015 Google.

- Kassomenos, P.A. in Katsoulis, B.D. 2006: Mesoscale and macroscale aspects of the morning urban heat island around Athens, Greece. *Meteorology and Atmospheric Physics* 94, 209–218.
- Kidder, S.Q. in Essenwanger, O.M. 1995: The effect of clouds and wind on the difference in nocturnal cooling rates between urban and rural areas. *Journal of Applied Meteorology* 34, 2440–2448.
- Lee, Y.Y., Din, M.F.M., Ponraj, M., Noor, Z.Z., Kenzo, I. and Chelliapan, S. 2017: Overview of urban heat island (UHI) phenomenon towards human thermal comfort. *Environmental Engineering in Management Journal* 16(9), 2097–2112.
- Li, J. J., Wang, X. R., Wang, X. J., Ma, W. C. in Zhang, H. 2009: Remote sensing evaluation of urban heat island and its spatial pattern of the Shanghai metropolitan area, China. *Ecological Complexity* 6(4), 413–420.
- Medrežje 1: <https://data.worldbank.org/>, povzeto 20.12.2020
- Mihalakakou, G., Flocas, H.A., Santamouris, M. in Helmis, C. 2002: Application of neural networks to the simulation of the heat island over Athens, Greece, using synoptic types as a predictor. *Journal of Applied Meteorology*, 41 519–527.
- Montavez, J.P., Rodriguez, A. in Jimenez, J.I. 2000: A study of the urban heat island of Granada. *International Journal of Climatology* 20, 899–911.
- Moreno-Garcia, M.C. 1994: Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology* 14, 705–710.
- Morris, C.J.G. in Simmonds, I. 2000: Associations between varying magnitudes of the urban heat island and the synoptic climatology in Melbourne, Australia. *International Journal of Climatology* 20, 1931–1954.
- Morris, C.J.G., Simmonds, I. in Plummer, N. 2001: Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city. *Journal of Applied Meteorology* 40, 169–182.
- Oke, T. R. 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108(455), 1–24.
- Oke, T.R. in Fuggle, R.F. 1972: Comparison of urban/rural counter and net radiation at night. *Boundary-Layer Meteorology* 2(3), 290–308.
- O'Malley, C., Piroozfar, P., Farr, E. R. in Pomponi, F. 2015: Urban Heat Island (UHI) mitigating strategies: A case-based comparative analysis. *Sustainable Cities and Society* 19, 222–235.
- R Development Core Team. 2008: R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, ISBN 3-900051-07-0. pridobljeno na: <http://www.Rproject.org> [Accessed 25th Januar 2021].
- Rogan, J., Ziemer, M., Martin, D., Ratick, S., Cuba, N. in DeLauer, V. 2013: The impact of tree cover loss on land surface temperature: a case study of Central Massachusetts using Landsat thematic mapper thermal data. *Applied Geography*, 45, 49–57.
- Stull, R. B., 1988: An introduction to boundary layer meteorology. Dordrecht. Kluwer.
- Zhang, H., Qi, Z.F., Ye, X.Y., Cai, Y.B., Ma, W.C. in Chen, M.N. 2013: Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. *Applied Geography*, 44, 121–133

ANNUAL DYNAMICS OF THE UHI PHENOMENON IN A SMALL URBAN SYSTEM

Summary

The annual or seasonal dynamics of the UHI phenomenon in small cities is in general poorly studied. The results of this study prove that UHI intensity in small urban systems, under anticyclonic or advective air circulation patterns in summer, can reach very high values (8, perhaps even more °C). However, such a result should rise citizens' attention considering the increasing frequency of heat waves as a result of climate change. Moreover, the interaction between the UHI phenomenon and climate change has two sides. First, global warming is already increasing average air temperatures thus affecting the urban-rural temperature anomaly. Second, adaption strategies to mitigate the UHI phenomenon can help urban communities limit the impacts of climate change by simultaneously reducing greenhouse gas emissions. Most efforts to mitigate UHIs can bring a number of benefits, including lower temperatures, lower electricity demand, less air pollution, less greenhouse gas emissions and fewer human health problems. At the same time, these efforts are also helping to tackle climate change and improve air quality in cities. In addition, these same measures can help citizens become more resilient to the many negative effects of climate change. For example, planting trees that provide shade or installing green or so-called "cold" roofs can reduce surface and air temperatures while reducing the amount of energy needed to cool buildings, leading to improved electrical system reliability, especially from the perspective of more frequent heat waves (Žiberna in Ivajnšič 2019). Green roofs and some types of "cold" sidewalks can reduce UHI magnitude and contribute to flood prevention under severe rainstorm events. Increasing tree canopies, however, serves as protection against wind, erosion and intense showers. Properly located green areas and water bodies' can cool urban areas. In this way, the need for fossil fuel transport to colder parts of the city is reduced. In order to reduce the record braking CO₂ emissions (420 ppm, 16.11.2020) and somehow mitigate the impact of climate change at the global level, several multifaceted mitigation and adaptation measures must be realized as soon as possible. Starting with UHI mitigation strategies in densely populated areas is certainly a "bull's eye", as in this way countermeasures will be implemented exactly at the source of the greenhouse gas emissions.

OCENA SOLARNEGA POTENCIALA OBČINE SLOVENSKA BISTRICA

Špela Arzenšek

Magistrica geografije in filozofije
Zgornje Selce 18, SI - 3232 Ponikva, Slovenija
e-mail: arzensekspela@gmail.com

Danijel Davidovič

Magister geografije in filozofije, ast.
Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, SI – 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: danijel.davidovic@um.si

Danijel Ivajnsič

Dr., prof. geografije in biologije, doc.
Oddelek za geografijo in Oddelek za biologijo
Filozofska fakulteta in Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: dani.ivajnsic@um.si

UDK: 620.92:728:911.2
COBISS: 1.01

Izvleček

Ocena solarnega potenciala občine Slovenska Bistrica

V prispevku obravnavamo metodo računanja solarnega potenciala za pridobivanje električne energije z lidar podatki na primeru občine Slovenska Bistrica. Sprava je izračunana količina in trajanje globalnega sončnega obsevanja z modeloma Uniform Sky in Standard Sky za potencialne površine na strehah zgradb, ki so identificirane z natančnim digitalnim modelom površja in katastrom stavb. Z digitalnim modelom površja so ugotovljene tudi značilnosti streh, ki vplivajo na izkoriščanje solarnega potenciala, kot so površine, nakloni in ekspozicije. Nato je ocenjen solarni potencial celotne občine na podlagi dejanskih podatkov treh izbranih solarnih elektrarn. Na koncu so z ANOVA preizkusom preverjene razlike med dejanskim in ocenjenim izkoristkom. Tovrstni pristop je uporaben za načrtovanje energetske samooskrbe posameznih gospodinjstev, lokalnih skupnosti, podjetij in občin, s čimer se lahko krepí energetska varnost in zmanjša vpliv podnebnih sprememb.

Ključne besede

Lidar, obnovljivi viri energije, solarne elektrarne, sončna energija

Abstract

Solar energy potential assessment in the Slovenska Bistrica municipality

The research demonstrates the methodological implementation of lidar data for assessment of solar energy potential for electricity generation in the case of municipality Slovenska Bistrica. First, Uniform Sky and Standard Sky models were used to calculate quantity and duration of global solar radiation on potential areas on building roofs, which were identified with an accurate digital surface model and building cadastre. The digital surface model was also used to determine the characteristics of roofs that influence the utilisation of solar potential, such as total available area, slope and aspect. Further, the solar potential of the entire municipality was estimated based on the actual data of three selected solar power plants. Finally, the ANOVA test was

performed to verify the differences between actual and calculated values. This approach is useful for planning the energy self-sufficiency of individual households, local communities, businesses and municipalities, which can strengthen energy security and thus reduce the impact of climate change.

Keywords

Lidar, renewable energy resources, solar energy, solar power plants

1. Uvod

Energija je ključna za proizvodnjo, transport, komunikacije in gospodinjstva, zato predstavlja enega najpomembnejših dejavnikov gospodarskega in družbenega razvoja. Energija se lahko pridobiva iz lokalnih obnovljivih virov, kot so Sonce, voda, veter in biomasa, vendar v globalnem merilu še vedno približno 84% energije pridobivamo iz fosilnih goriv, kot so nafta, premog in zemeljski plin (Ritchie 2020). Ker so viri fosilnih goriv skoncentrirani le v posameznih regijah sveta, predstavljajo večji uvozni strošek, hkrati njihova obsežna uporaba povzroča velike okoljske težave s segrevanjem ozračja, z onesnaževanjem zraka, vode in tal ter ogrožanjem živalskih in rastlinskih vrst.

V Sloveniji so največji porabniki energije promet (39%), industrija in gradbeništvo (29%) ter gospodinjstva (21%) (Medmrežje 20). Energetska mešanica (ang. energy mix) pomeni razmerje oziroma deleže posameznih primarnih virov energije, ki so uporabljeni za nadaljnjo pretvorbo in končno porabo. V Sloveniji je leta 2019 energetska mešanica sestavljena iz energije naftnih proizvodov (33%), nuklearne energije (22%), trdih goriv (16%), zemeljskega plina (11%), obnovljivih virov in odpadkov (11%), hidroenergije (6%) ter geotermalne in solarna energije (1%) (Medmrežje 20). Velik del porabljene energije je odvisne od uvoza (48,7%) (Medmrežje 21). Glede na domačo proizvodnjo je energetska mešanica sestavljena iz nuklearne energije (43%), trdih goriv (25%), obnovljivih virov in odpadkov (18%), hidroenergije (11%) ter geotermalne in solarne energije (3%) (Medmrežje 20). Pomembna oblika energije, ki je proizvedena iz primarnih virov, je električna energija. Električna mešanica (ang. electricity mix, power generation mix) pomeni razmerje oziroma deleže primarnih virov energije, ki so uporabljeni za proizvodnjo električne energije. V Sloveniji je leta 2019 električna mešanica sestavljena iz nuklearne energije (36%), energije termoelektrarn (33%), hidroenergije (29%) in solarne energije (2%) (Medmrežje 22).

Zaradi zagotavljanja večje energetske varnosti, neodvisnosti od uvoza in preprečevanja okoljskih težav, ki so posledica pretežne uporabe fosilnih goriv, se krepi pomen obnovljivih virov energije. V Energetskem zakonu so obnovljivi viri energije definirani kot "obnovljivi nefosilni viri energije (veter, sonce, aerotermalna, hidrotermalna in geotermalna energija, energija oceanov, vodna energija, biomasa, plin, pridobljen iz odpadkov, plin iz naprav za čiščenje odpadkov in bioplin)" (Medmrežje 8). Njihova prednost je trajnost oziroma neprestano obnavljanje in enakomerna prostorska distribucija oziroma dostopnost brez geopolitičnih ovir. Tako je za Slovenijo značilen majhen potencial za izkoriščanje vetra, vendar večji za izkoriščanje solarne, vodne in geotermalne energije ter energije biomase (Medved in Novak 2000, 34), ki je glede na omenjene statistične podatke v veliki meri še neizkoriščen. V Sloveniji je leta 2019 delež energije iz obnovljivih virov v bruto končni porabi energije znašal 21,15% (Medmrežje 21), kar vključuje les in drugo trdo biomaso (70%), biodizel (13%), geotermalno energijo in toploto iz okolice (7%), industrijske odpadke (7%), solarno termično energijo (1%), biobencin (1%) ter plin iz čistilnih naprav, deponijski plin in drugi bioplini (1%) (Medmrežje 23). Poleg energetske varnosti, neodvisnosti od uvoza in okoljske primernosti raba obnovljivih virov energije omogoča ustvarjanje novih delovnih mest ter prispeva h krepitvi enakomernega prostorskega razvoja (Kolednik 2009, 55).

Med različnimi oblikami obnovljivih virov energije se spodbuja predvsem solarna energija, ki nastaja pri procesu fuzije v Soncu in se prenaša do Zemlje v obliki

elektromagnetne radiacije. Tako Zemlja od Sonca prejme okoli 4×10^{24} J energije letno, kar je 7500-krat več energije, kot je porabljene v enem letu na globalni ravni (Papler 2012, 72). Poleg neposredne radiacije je pomembna tudi pretvorjena solarna energija v obliki termalne (toplota), kinetične (veter) in potencialne (topla voda) energije (Medved in Novak 2000, 31).

Poleg omenjenih naravni pretvorb se solarna energija lahko pretvarja v toploto, svetlobo, električno energijo in mehansko delo na pasiven način z uporabo različnih konstrukcij, kot so okna, sončne stene in rastlinjaki ali na aktiven način z uporabo naprav, kot so solarni kolektorji in solarne celice. Slednje se uporabljajo za pretvorbo elektromagnetne radiacije Sonca v električno energijo s polprevodniškimi napravami, pretežno izdelanimi iz silicija. Ko silicijevi atomi v solarnih celicah absorbirajo energijo Sonca, se sproži usmerjeno gibanje elektronov v obliki električnega toka (t. i. fotovoltaični efekt). Nato razsmernik pretvori DC (enosmerni električni tok, ang. direct current) v AC (izmenični električni tok, ang. alternating current) za nadaljnjo uporabo. Kljub nizkemu izkoristku oziroma slabi pretvorbi solarne energije v električno ($\approx 20\%$) so uporabne predvsem za oskrbo manjših naprav in objektov na neelektificiranih območjih. Z razvojem tehnologije se njihov izkoristek večja in cene nižajo, zato se večja uporaba tudi v proizvodnih obratih in naseljih, v katerih so za pridobivanje električne energije primerne predvsem strehe (Medved in Novak 2000, 32–33; Pristovnik in sod. 2012, 111).

Zaradi geografske širine, ki določa večji vpadni kot solarne radiacije in dolžino dneva, ter reliefa, ki obsega naklone in ekspozicije, je za Slovenijo značilen velik solarni potencial, s katerim se lahko zagotovi zadovoljevanje vseh potreb po energiji (Dolar 2016, 7, 48). Solarni potencial Slovenije znaša 1.242 kWh/m^2 . Poleg tega je enakomerno razporejen, saj je na letni ravni razlika med bolj in manj osončenimi pokrajinami samo 15% (Pristovnik in sod. 2012, 111), prav tako se povprečne vrednosti sončnega obsevanja v Sloveniji večajo (Medmrežje 17). Leta 2019 je solarni potencial v Sloveniji izkoriščalo 8.038 sončnih elektrarn (233% povečanje glede na leto 2018), ki so proizvedle 268 GWh električne energije (2,3% vse energije brez hrvaškega deleža električne energije iz NEK). Z izgradnjo solarni elektrarn se ukvarja med 10 in 20 podjetij, ki zaposlujejo med 200 in 300 delavcev. Največja instalirana moč sončnih elektrarn je v podravski in koroški (82,1 MW), najmanj pa v obalno-kraški (19 MW) statistični regiji (Medmrežje 17).

Pri identifikaciji lokacij in njihovega potenciala za izkoriščanje solarne energije, ki so v Sloveniji pretežno neizkoriščene, so še kako uporabne raziskave z geografskimi informacijskimi sistemi. Tako v prispevku ugotavljamo naslednje: (1) kje so locirane obstoječe solarne elektrarne in kje so potencialne površine za namestitev solarnih panelov, (2) kakšna je količina in trajanje globalnega sončnega obsevanja na potencialnih površinah, (3) kakšne so razlike med izračunanimi vrednostmi in dejanskimi vrednostmi treh obstoječih solarnih elektrarn ter (4) kakšen je skupni solarni potencial občine?

2. Območje raziskave

Občina Slovenska Bistrica se nahaja v severovzhodni Sloveniji v Podravski statistični regiji. S površino 260 km^2 spada med največje slovenske občine. Občina vključuje 79 naselij, v katerih v letu 2020 živi 25.890 prebivalcev (Medmrežje 24). Najpomembnejši dejavnik izkoriščanja solarne energije je količina sončne energije oziroma obsevanja. V občini Slovenska Bistrica povprečno letno obsevanje znaša

1.269 kWh/m², kar predstavlja potencial letne proizvodnje električne energije 444 kWh/m². Glede na celotno površino je teoretični potencial letne proizvodnje energije približno 115.440 GWh. Ob upoštevanju neprimernih površin je teoretični potencial občine manj kot 50 GWh, kar pomeni relativno ugoden izkoristek (Pristovnik in sod. 2012, 112–113). Na regionalni ravni je pomemben dejavnik relief z nakloni in ekspozicijami površja. Nadmorske višine znašajo med 240–1515 m (povprečno 608 m) in nakloni med 0–46° (povprečno 9°). Najobsežnejše kategorije ekspozicij v občini so JV (16,8%), J (15,3%), V (15%), SV (14%) in JZ (12,2%). Vpliv reliefa se lahko prilagodi z različnimi konstrukcijami, ki s primernim naklonom in ekspozicijo solarnih panelov lahko zagotovijo največji možni izkoristek.

Poleg reliefa je raba tal pomemben dejavnik izkoriščanja solarne energije, pri tem gozd, travniki, sadovnjaki, vinogradi in ostali trajni nasadi, zaraščene površine, njive in vrtovi ter vode in mokrotne površine predstavljajo neprimerna območja, med primernejšimi pa so pozidane površine. Tako neprimerna območja obsegajo 93,6% (244,2 km²), potencialno primerna pa 6,4% (16,7 km²) površin občine. Pozidane površine se nahajajo predvsem na ravnini ob avtocesti Ljubljana – Maribor. Poleg primerne naklona, ekspozicije in rabe tal, so pozidane površine primerne zaradi gostejše poselitve in koncentracije možnih uporabnikov, kot so gospodinjstva, predelovalna industrija in ponudniki storitev. Predvsem zgradbe večjih podjetij, za katere so navadno značilne večje površine streh, predstavljajo možnost za izkoristek solarnega potenciala. Solarni paneli na zgradbah podjetij lahko pomenijo tudi prednost za podjetja zaradi cenejše električne energije in zanesljive oskrbe z obnovljivo energijo. V občini je vzpostavljena obrtna cona, v prihodnje pa je predvidena njena širitev ob izvozu z avtoceste (Občina Slovenska Bistrica, b. d.), kar pomeni nove primerne površine za montažo solarnih panelov. Postavitev sončnih elektrarn je po oceni strokovnjakov enostavna, hitra in brez večjih posegov (Pristovnik in sod. 2012, 115).

3. Metodologija

3.1. Identifikacija obstoječih in potencialnih površin

Glavni namen raziskave je ocena solarnega potenciala občine Slovenska Bistrica. Sprva so s pomočjo aplikacije Google Earth identificirane obstoječe solarne elektrarne v občini. Nato je z lidar podatki izdelan natančen model površja z resolucijo 1 m², na podlagi katerega so identificirane potencialne površine za postavitve solarnih elektrarn ter izračunane njihove površine, nakloni in ekspozicije. Priporočljivo je, da ima streha vsaj med 30–35 m² uporabne površine z naklonom med 20–40° in usmeritvijo proti J, JV ali JZ (Jacobson in Jadhav 2018; Medmrežje 2). Lidar podatki so prosto dostopni na spletni strani Agencije RS za okolje (Medmrežje 1) po posameznih listih s površino 1 km² (skupno 260 listov) kot georeferencirani in klasificirani oblak točk (GKOT). Točke so klasificirane v kategorije tla, stavbe ter nizka, srednja in visoka vegetacija (Medmrežje 9). Podatki so shranjeni v stisnjeni obliki ZLAS. Z orodjem LAS Optimizer 1.2 (Medmrežje 12) smo jih razširili in nato v nadaljevanju obdelali s programsko opremo ESRI ArcGIS 10.6 (Medmrežje 3).

3.2. Globalno sončno obsevanje

S pomočjo izdelanega digitalnega modela površja, katastra stavb (Medmrežje 11) in orodij Solar Radiation v programskem okolju ArcGIS smo v nadaljevanju izračunali globalno sončno obsevanje na potencialnih površinah oziroma strehah obstoječih objektov po modelih za difuzno komponento sevanja Standard Sky in Uniform Sky. Pri Standard Sky modelu se difuzni pretok sevanja razlikuje glede na zenitni kot, kar

pomeni, da je jakost sevanja močnejša v zgornji kulminaciji kot v bližini obzorja, pri Uniform Sky modelu pa razlik glede na zenitni kot ni, saj model temelji na predpostavki, da je vpadno sevanje razpršeno iz vseh smeri neba enakomerno (Thompson, Donn in Osborne 2011, 1833). S t-preizkusom smo ugotavljali ali je modelna vrednost globalnega sončnega obsevanja ob upoštevanju bodisi Uniform ali Standard Sky difuzne komponente primerljiva.

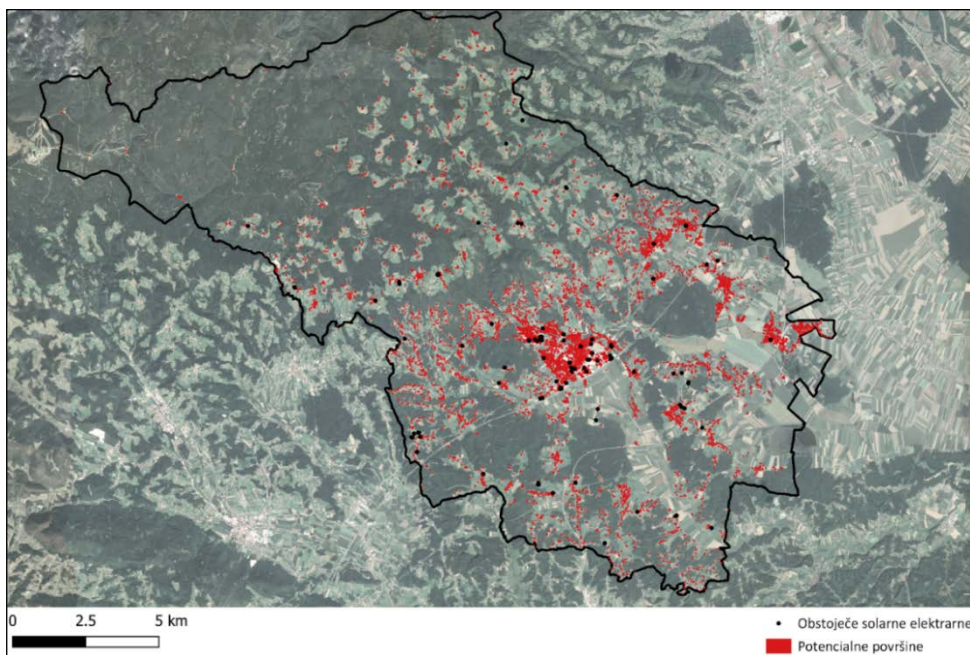
3.3. Primerjava modelnih napovedi in dejanskega izkoristka solarne energije

Na koncu je na podlagi podatkov dejanskega izkoristka solarne energije izbranih treh solarnih elektrarn v Slovenski Bistrici (MFE Sursum 1, MFE Sursum 4 in MFE Dušej) v letih 2017 in 2018 izračunan solarni potencial zgradb v celotni občini. Potencialne razlike med dejanskim in ocenjenim izkoristkom po modelih Standard Sky in Uniform Sky preverjamo z analizo variance (ANOVA) v okolju MS Excela (Medmrežje 13).

4. Rezultati

4.1. Identifikacija obstoječih in potencialnih površin

V občini Slovenska Bistrica smo v letu 2018 s pomočjo satelitskih podob v orodju Google Earth identificirali 111 solarnih elektrarn, ki so pretežno koncentrirane v naselju Slovenska Bistrica in nekaterih drugih naseljih. Večina solarnih elektrarn se nahaja na strehah stanovanjskih objektov, gospodarskih poslopij in večjih podjetij, nekatere pa so postavljene tudi na namensko izdelanih konstrukcijah, podobnim kozolcem ali nadstreškom. Poleg identificiranih so z lidar podatki ugotovljene tudi potencialne površine, ki so prostorsko neenakomerno porazdeljene. Njihova največja gostota je v naseljih Slovenska Bistrica, Zgornja Polskava in Pragersko (Slika 1).



Slika 1: Lokacije obstoječih solarnih elektrarn in potencialnih površin za postavitev novih v občini Slovenska Bistrica.

Vir podlage: Google Satellite 2016.

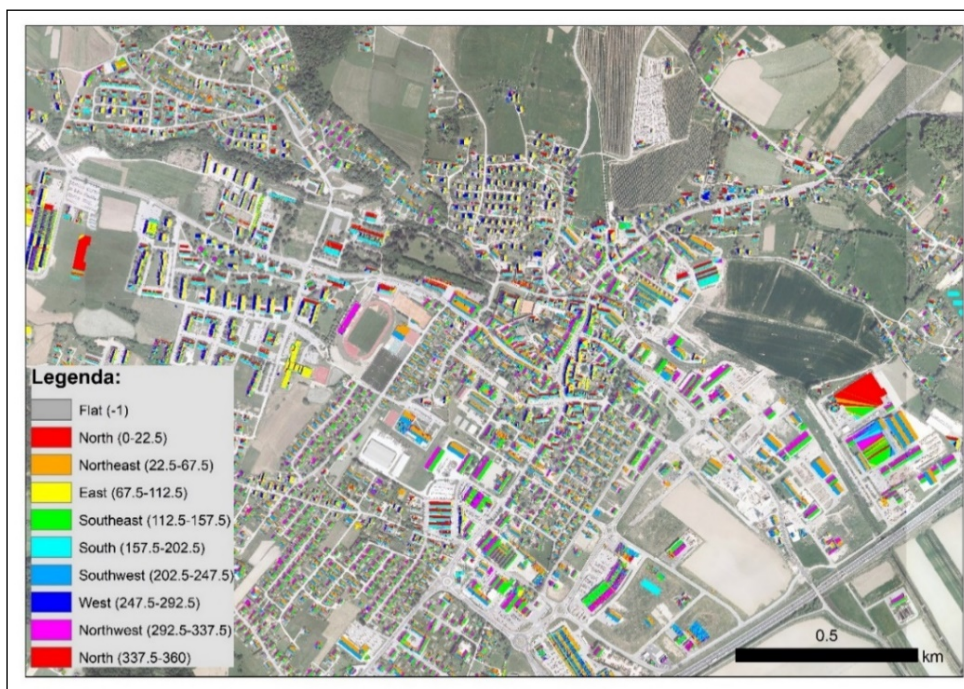
Naklon je eden izmed dejavnikov, ki pomembno vpliva na izkoriščanje potenciala sončne energije, pri tem je najprimernejši naklon strehe med 20–40°. V obravnavani občini je primeren naklon značilen za vse strehe stanovanjskih objektov zaradi splošnih gradbenih pravil (rdeča, rumena barva). Izjeme so pogosto večje stavbe, pri katerih je naklon streh manjši od 20° (zelena barva) (Slika 2).



Slika 2: Nakloni streh objektov v naselju Slovenska Bistrica.

Vir podlage: GURS 2019.

Poleg naklona streh je pomembna tudi njihova ekspozicija oziroma usmerjenost glede na smer neba, pri tem je najprimernejša usmeritev strehe proti J oziroma v smeri vzhod–zahod. V izbrani občini je najpogostejša usmeritev streh S in J (rdeča, turkizna barva), pogosto tudi V in Z (rumena, temno modra barva), SZ in JV (vijolična, zelena barva) ter SV in JZ (oranžna, modra barva) (Slika 3). Kljub manj primernim obstoječim značilnostim omenjenih streh so te lahko primerne za postavitve solarnih elektrarn, saj se nakloni in ekspozicije lahko prilagodijo z dodatnimi konstrukcijami, ki lahko zagotovijo primerne pogoje za proizvodnjo večje količine električne energije.



Slika 3: Ekspozicije streh objektov v naselju Slovenska Bistrica

Vir podlage: GURS 2019.

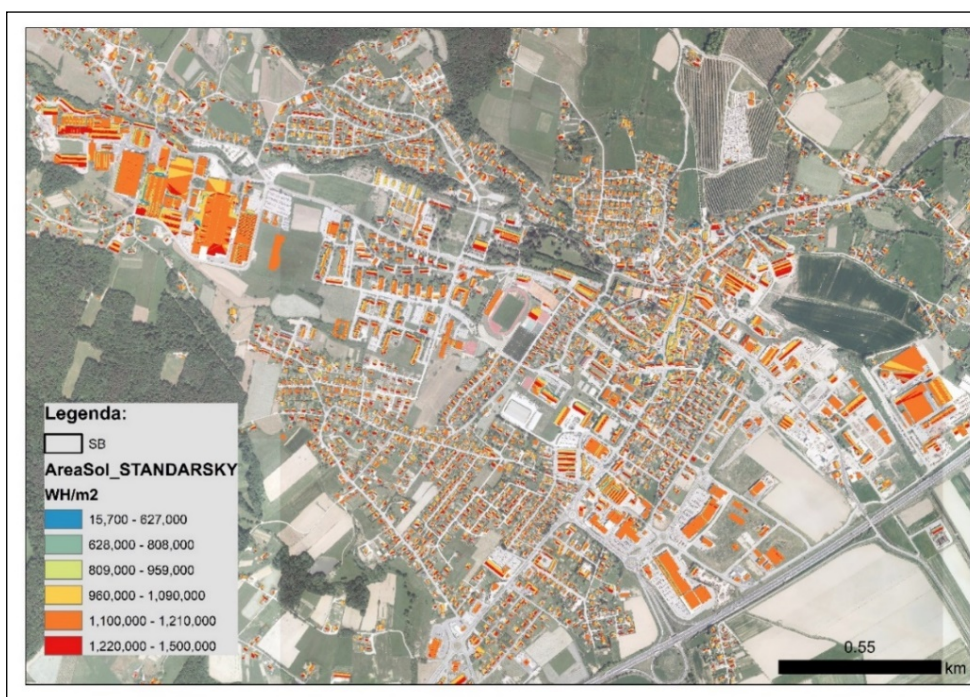
4.2. Globalno sončno obsevanje

Glede na globalno sončno obsevanje je za občino Slovenska Bistrica značilen dober potencial. Količina globalnega sončnega obsevanja po modelu Standard Sky znaša med 960.000–1.500.000 Wh/m² na leto. Najbolj zastopan razred je med 1.100.000–1.210.000 Wh/m² (oranžna barva). Razreda nižjih vrednosti med 15.700–627.000 Wh/m² (modra barva) in med 628.000–808.000 Wh/m² (zelena barva) sta manj zastopana (Slika 4). Količina globalnega sončnega obsevanja v občini Slovenska Bistrica po modelu Uniform Sky znaša med 898.222–1.426.612 Wh/m² na leto. Najbolj zastopan razred je med 1.020.586–1.131.826 Wh/m² (oranžna barva). Razreda nižjih vrednosti med 8.302–581.188 Wh/m² (modra barva) in med 581.188–753.610 Wh/m² (zelena barva) sta podobno manj zastopana (Slika 5).

S t-testom je ugotovljeno, da med Standard Sky in Uniform Sky modelom ni statistično signifikantnih razlik v globalnem sončnem obsevanju na potencialnih površinah v občini Slovenska Bistrica. Opažena razlika med vzorcema predvidene vrednosti po modelu Uniform Sky (5371,5 kWh) in predvidene vrednosti po modelu Standard Sky (5356,7 kWh) ne dokazuje razlik v napovedi obeh modelov oziroma modela omogočata primerljivo napoved izkoristka solarnega potenciala (Preglednica 1).

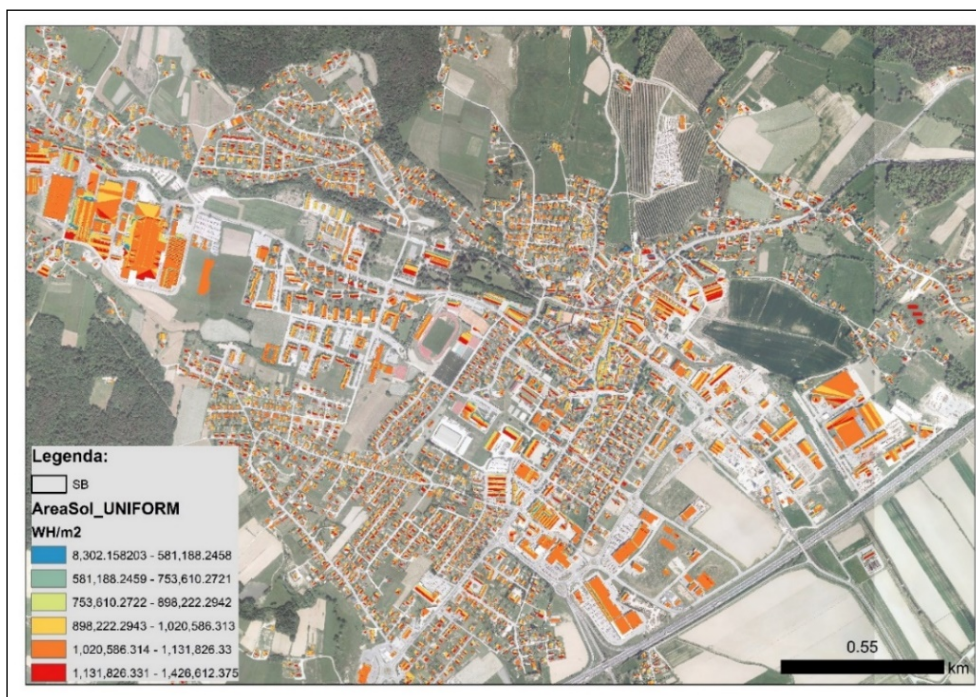
Preglednica 1: Povzetek t-testa med predvidenima vrednostima globalnega sončnega obsevanja po modelih Uniform Sky in Standard Sky.

Kazalci testne statistike	Uniform Sky model	Standard Sky model
povprečna vrednost	5371,50	5356,70
varianca	12666685,21	12485143,05
število razredov	36,00	36,00
združena varianca	12575914,13	
hipoteza (razlika povprečne vrednosti)	0,00	
df	70,00	
t	0,02	
P(T<=t) (en rep)	0,49	
t (en kritičen rep)	1,67	
P(T<=t) (dva repa)	0,99	
t (dva kritična repa)	1,99	



Slika 4: Globalno sončno obsevanje po modelu Standard Sky v naselju Slovenska Bistrica.

Vir podlage: GURS 2019.



Slika 5: Globalno sončno obsevanje po modelu Uniform Sky v naselju Slovenska Bistrica.

Vir podlage: GURS 2019.

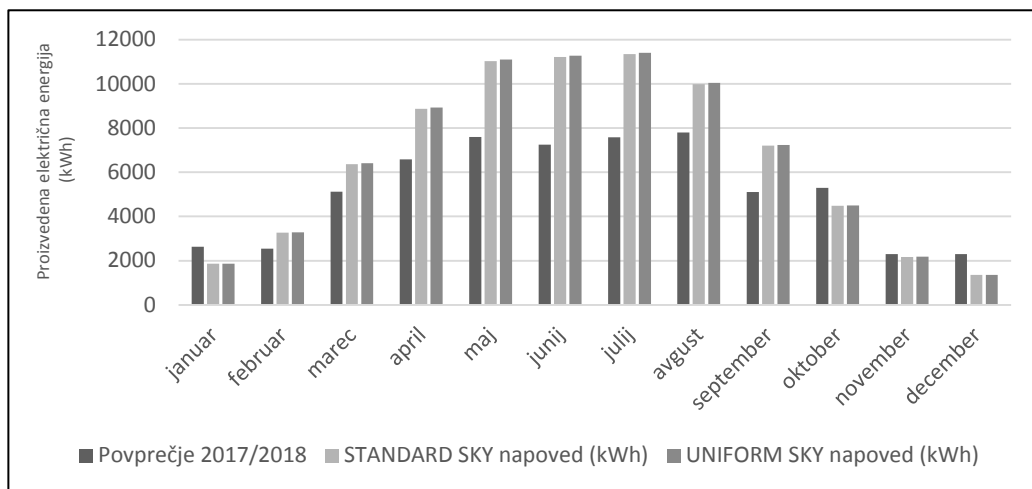
4.3. Primerjava modelnih napovedi in dejanskega izkoristka

Za računanje ocene solarnega potenciala so bile izbrane tri solarne elektrarne v občini Slovenska Bistrica. Dejanska proizvodnja vseh treh izbranih elektrarn je primerjana z modelnimi izračuni na mesečni ravni, tako da je opazna razlika med dejanskimi in teoretičnimi vrednostmi ter med manj in bolj osončenim delom leta. Manj intenzivna osončenost je značilna za obdobje med novembrom in februarjem, zato je tudi proizvodnja energije manjša. Nasprotno je v obdobju med marcem in oktobrom, ko je osončenost bolj intenzivna in proizvodnja energije večja.

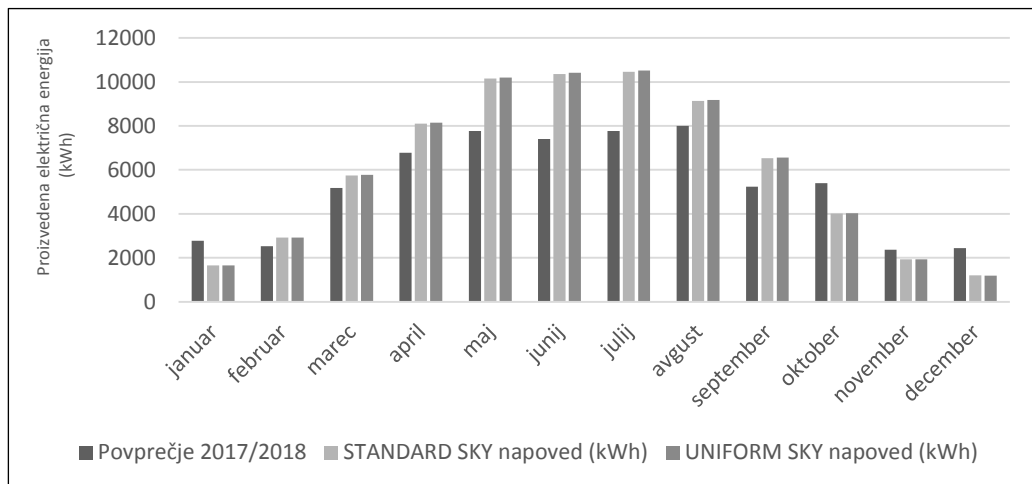
Solarna elektrarna MFE Sursum 1 se nahaja na kozolcu za podjetjem Hosekra. Streha je usmerjena proti J, zaradi česar je zagotovljen največji možni izkoristek. V letu 2017 je solarna elektrarna proizvedla 64.037 kWh, v letu 2018 pa 60.185 kWh (povprečno 62.111 kWh). Dejanska proizvodnja je večja od izračunanih vrednosti v januarju in decembru. Najboljše ujemanje dejanske in izračunanih vrednosti je značilno za november (Slika 6).

Solarna elektrarna MFE Sursum 4 se prav tako nahaja na kozolcu za podjetjem Hosekra in je usmerjena proti J. V letu 2017 je solarna elektrarna proizvedla 66.347 kWh, v letu 2018 pa 60.954 kWh (povprečno 63.651 kWh). Dejanska proizvodnja je večja od izračunanih vrednosti v januarju, oktobru, novembru in decembru. Odstopanja med dejansko vrednostjo in izračunanimi vrednostmi so najbolj izrazita v maju, juniju in juliju, najmanj pa v februarju, marcu in novembru. Najbližje ujemanje dejanske in izračunanih vrednosti je značilno za februar in november (Slika 7).

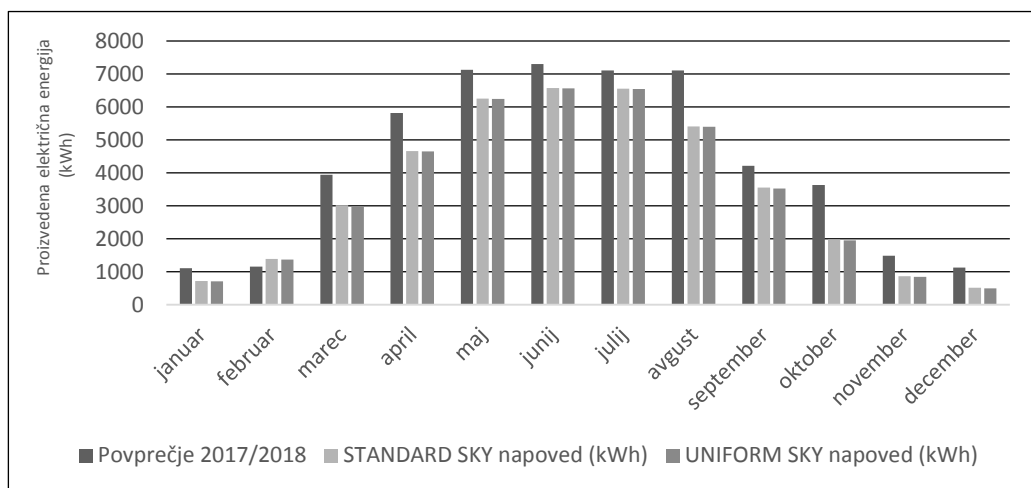
Solarna elektrarna MFE Dušej se nahaja na pomožnem objektu v Prelogah. Streha je usmerjena je proti J. V letu 2017 je solarna elektrarna proizvedla 52.569 kWh, v letu 2018 pa 49.644 kWh (povprečno 51.107 kWh). Odstopanja med dejansko vrednostjo in izračunanimi vrednostmi so najbolj izrazita v obdobju od marca do oktobra. Najbližje ujemanje dejanske in izračunanih vrednosti je značilno za obdobje od novembra do februarja. Za slednji mesec je značilno najbližje ujemanje vseh treh vrednosti, prav tako je februar edini mesec, ko modelski napovedi presegata dejansko povprečje (Slika 8).



Slika 6: Primerjava dejanske mesečne proizvodnje električne energije (kWh) ter napovedane po modelu Standard Sky in Uniform Sky za MFE Sursum 1.

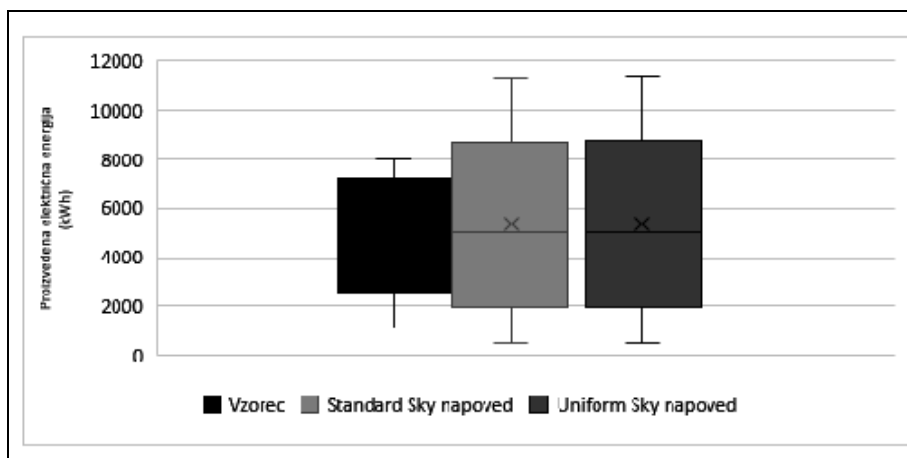


Slika 7: Primerjava dejanske mesečne proizvodnje električne energije (kWh) ter napovedane po modelu Standard Sky in Uniform Sky za MFE Sursum 4.



Slika 8: Primerjava dejanske mesečne proizvodnje električne energije (kWh) ter napovedane po modelu Standard Sky in Uniform Sky za MFE Dušej.

Med modelnima ocenama ni razlik v izkoristku solarne energije. Dejanske povprečne vrednosti proizvodnje energije so v primerjavi z izračunanimi manjše, saj izbrana modela pri izračunih ne vključujeta vpliv ovir, ki se pojavljajo v prostoru, kot so senčenje (drevesa, zgradbe) in vreme (oblačnost). Poleg ovir v prostoru na proizvodnjo vplivajo tudi možne tehnične napake, ki jih modelski izračuni ne upoštevajo (slika 9). Med srednjimi vrednostmi dejanskih in modelskih vrednosti ni statistično signifikantnih razlik (preglednice 2, 3 in 4). Tako izbrane solarne elektrarne skupaj povprečno letno proizvedejo 177.469 kWh, kar je zelo ugodno glede na povprečno letno porabo električne energije slovenskega gospodinjstva, ki znaša 4.146 kWh (Medmrežje 25).



Slika 9: Prikaz razlik izkoristka solarne energije med dejanskim vzorcem (MFE Sursum 1, MFE Sursum 4, MFE Dušej) in modelnima napovedima Standard Sky ter Uniform Sky.

Preglednica 2: Statistični preizkus t-test med predvideno vrednostjo sončnega obsevanja po modelu Standard Sky in dejanskim izkoristkom vzorca.

Kazalci testne statistike	Standard Sky model	Vzorec
povprečna vrednost	5356,70	4913,00
varianca	12485143,05	5516333,01
število razredov	36,00	36,00
hipoteza (razlika povprečne vrednosti)	0,00	
df	61,00	
t	0,63	
P(T<=t) (en rep)	0,27	
t (en kritičen rep)	1,67	
P(T<=t) (dva repa)	0,53	
t (dva kritična repa)	2,00	

Preglednica 3: Statistični preizkus t-test med predvideno vrednostjo sončnega obsevanja po modelu Uniform Sky in dejanskim izkoristkom vzorca.

Kazalci testne statistike	Uniform Sky model	Vzorec
povprečna vrednost	5371,50	4913,00
varianca	12666685,21	5516333,01
število razredov	36,00	36,00
hipoteza (razlika povprečne vrednosti)	0,00	
df	61,00	
t	0,65	
P(T<=t) (en rep)	0,26	
t (en kritičen rep)	1,67	
P(T<=t) (dva repa)	0,52	
t (dva kritična repa)	2,00	

Preglednica 4: Kazalci statističnega preizkusa ANOVA (primerjava razlik med obema modeloma in vzorcem).

Vir variacije	SS	df	MS	F	P	F (kritičen)
Med skupinami	4887751,3	2	2443875,6	0.24	0.79	3.08
Znotraj skupin	1073385644,4	105	10222720,4			
Skupaj	1078273395,7	107				

Na podlagi obeh modelov je izračunan solarni potencial občine (sliki 10 in 11). Izračuni kažejo, da ima občina dober solarni potencial. Večje vrednosti so izračunane po Uniform Sky modelu, vendar med modeloma ni statistično signifikantnih razlik.

Na podlagi kart naklonov in ekspozicij streh bi lahko občina z lastnimi viri, viri investitorjev ali spodbujanjem povezovanja ustanov in gospodinjstev v skupnosti OVE umestila solarne elektrarne na zgradbah, za katere so značilne večje površine streh, kot so Druga OŠ Slovenska Bistrica, Javni zavod za šport Slovenska Bistrica (Dvorana za zimski trening, Center borilnih športov in Teniš dvorana), OŠ Zgornja Polskava, OŠ Zgornja Ložnica, Športna dvorana Slovenska Bistrica, Srednja šola Slovenska Bistrica, Gasilski dom Slovenska Bistrica, Čistilna naprava Slovenska Bistrica, OŠ Črešnjevec – športna dvorana, OŠ Tinje – objekt knjižnica in KS Kebelj – večnamenski dom Kebelj

(Pristovnik in sod. 2012, 115–117). S pregledom satelitskih posnetkov in identifikacijo obstoječih solarnih elektrarn je ugotovljeno, da predlagane zgradbe na svojih površinah nimajo postavljenih sončnih elektrarn, zato te predstavljajo dobro priložnost za investitorje.



Slika 10: Solarni potencial (kWh) po Uniform Sky modelu v naselju Slovenska Bistrica.
Vir podlage: GURS 2019.



Slika 11: Solarni potencial (kWh) po Standard Sky modelu v naselju Slovenska Bistrica.
Vir podlage: GURS 2019.

5. Diskusija

Solarna energija kot eden izmed obnovljivih virov pridobiva na pomenu. Investicije v solarne elektrarne so se povečale za 700% v primerjavi z letom 2010 (Medmrežje 10). Predvsem Evropska unija je kot vodilna politična enota na področju obnovljive energije na globalni ravni sprejela enega najbolj ambicioznih načrtov za implementacijo obnovljivih virov energije, pri tem se spodbuja predvsem izkoriščanje solarnega in vetrnega potenciala. Opremljen je cilj najmanj 32% energije iz obnovljivih virov do leta 2030 (12% povečanje v primerjavi z letom 2019), s čimer se bo ustvarilo predvidoma 900.000 novih delovnih mest. Do leta 2050 naj bi se samo s solarnimi sistemi proizvedlo 60% električne energije (Medmrežje 19). Tako imajo obnovljivi viri energije oziroma elektrifikacija ekonomije pomembno vlogo pri dekarbonizaciji in doseganju klimatske nevtralnosti do leta 2050, ki je opredeljena v Evropskem zelenem dogovoru (Medmrežje 5). En od ukrepov je večje vključevanje gospodinjstev, ki se lahko povežejo v t. i. energetske skupnosti za lažje investicije in implementacije. Do leta 2030 bi lahko te skupnosti vzpostavile 21% solarnih elektrarn (Medmrežje 7). Za spodbujanje implementacije in ozaveščanja o solarni energiji je vzpostavljena ESTELA, Evropsko solarno termalno električno združenje, ki povezuje EU in države Bližnjega Vzhoda in Severne Afrike (Medmrežje 4). Prav tako je vzpostavljen Fotovoltaični geografski informacijski sistem (PVGIS), na katerem so dostopni podatki za 9 podnebnih spremenljivk, ki vplivajo na solarni izkoristek, podatki za količino solarne radiacije glede na uro, dan ali mesec ter podatki za predvideno učinkovitost solarnih panelov glede na različne solarne sisteme in konfiguracije (Medmrežje 16). Podatki so dostopni za celotno Evropo in Afriko, saj je slednja opredeljena kot partner pri izkoriščanju solarnega potenciala (Medmrežje 6). Podobno so na Slovenskem portalu za fotovoltaike, ki deluje v sklopu Laboratorija za fotovoltaike in optoelektroniko, med ostalim dostopni podatki o sončnem obsevanju, donosu in meteoroloških spremenljivkah po posameznih krajih ter opis postopka pridobivanja obvezne dokumentacije, izgradnje in priklopa lastne solarne elektrarne (Medmrežje 18).

Kljub temu da so solarne elektrarne razumljene kot okoljsko sprejemljiva rešitev oziroma ekološko-energetski ideal, so za njih značilni nekateri negativni vplivi, ki nastajajo pri proizvodnji in transportu ter pri njihovi uporabi in po njej. Prva težava nastaja pri pridobivanju surovin, saj je več kot 90% solarnih panelov izdelanih iz silicija, ki je predelan iz silicijevega oksida (kvarc), ki se pridobiva z rudarjenjem. Rudarjenje ima velik negativen vpliv na okolje, poleg tega negativno vpliva na zdravje rudarjev (pljučna bolezen silikoza). Naslednja težava nastaja pri nadaljnji proizvodnji, saj pri predelavi silicija v 1 t polisilicij nastane do 4 t strupene spojine silicijev tetraklorid (Mulvaney 2014). Slednja se lahko uporabi za nadaljnjo predelavo, vendar zaradi drage infrastrukture jo nekateri proizvajalci odvržejo v okolje. Spojina v stiku z vodo sprošča klorovodikovo kislino, ki poveča zakisanost tal, izpušča škodljive hlapce, ubija vodne in druge organizme ter draži oči in dihalo. Nadalje se iz polisilicija izdelajo kovinske palice in iz njih plošče, pri tem pa se uporabljajo nevarne spojine kot je fluorovodikova kislina, ki je nevarna za okolje, organizme in delavce. Poleg nevarnih spojin je pri proizvodnji okoljsko sporna velika količina energije, saj predelava silicija poteka pod visokimi temperaturami. Na Kitajskem, ki je globalno največja proizvajalka solarnih panelov, kjer se jih proizvede skoraj polovica, energetika temelji na premogu. Tako ima večina solarnih panelov velik ogljični odtis, saj je njihova proizvodnja odvisna od fosilnih goriv (Mulvaney 2014).

Z namenom zmanjševanja negativnega vpliva izdelave solarnih panelov na okolje in družbo raziskujejo nove spojine in načine proizvodnje. Tako nekateri v proizvodnjo uvajajo etanolom namesto klorovih spojin in natrijev hidroksid (lužni kamen) namesto fluorovodikove kisline. Prav tako se razvijajo t. i. tanki filmski solarni paneli, ki so enako učinkoviti kot silicijevi, a energetske in surovinsko manj zahtevni. Pri tovrstnih panelih je težavna uporaba kadmija (težka kovina), ki je kancerogen in povzroča mutacije. Ker tanki filmski paneli niso razširjeni, nimajo večjega vpliva, hkrati se raziskujejo možnosti za njihovo varnejšo izdelavo. Z nadaljnjim razvojem se bo zmanjšal tudi ogljični odtis, saj bodo visoke temperature zagotovljene z uporabo obnovljivih virov energije (Mulvaney 2014).

Nekatere težave nastajajo tudi pri nadaljnji uporabi solarnih panelov. Pri njihovi inštalaciji in občasnem čiščenju za zagotavljanje največjega možnega izkoristka, se porabi velika količina vode. Kljub temu je ta količina veliko manjša kot je količina vode, ki se porabi za hlajenje sistemov v termoelektrarnah. Prav tako uporabniki lahko negativno vplivajo na okolje z nepravilnim odlaganjem solarnih panelov po njihovi dokončni uporabi, vendar globalno se širijo mreže zbirnih centrov, ki omogočajo njihovo varno obravnavo (Mulvaney 2014). Nekatere druge težave so še omejen dostop do možnosti za postavitev solarnih elektrarn zaradi omejenih financ ali dostopnosti do tehnologij; odsotnost certifikata, na podlagi katerega bi uporabniki lažje izbrali okoljsko sprejemljivejšo različico pri nakupu solarnih panelov; senčenje solarnih elektrarn, ki lahko vpliva na ekosisteme v njihovem ozadju ter možna vizualna degradacija pokrajine. Kljub temu omenjene slabosti solarne energije niso razlog za neuporabo, temveč povod za natančen razmislek pri načrtovanju proizvodnje in postavljanju solarnih elektrarn ter nadaljnjem spodbujanju znanstvenih raziskav pri njihovem razvoju.

Nekatere slabosti solarne energije se pojavljajo tudi zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih lokacij. Slovenije ima ugodno geografsko lego, vendar je lahko težavna ekspozicija streh, ki so večinoma usmerjene proti vzhodu in zahodu, največji izkoristek pa se zagotovi z usmerjenostjo proti jugu. Če je največja poraba električne energije v zgodnjem dopoldanskem času, ko je Sonce na vzhodu, ali poznem popoldanskem času, ko je Sonce na zahodu, potem dodatni ukrepi niso potrebni. V nasprotnem se lahko solarni paneli za zagotavljanje največjega možnega izkoristka postavijo na namenske konstrukcije ali pa se vežejo na baterije, ki shranjujejo energijo, ki je proizvedena v času prekomerne proizvodnje.

Poleg neprimerne naklona in ekspozicij solarnih panelov je lahko omejujoča tudi razpoložljiva površina in okolica. Za solarno elektrarno s kapaciteto 50 MW je potrebnih približno 100 ha površine, medtem ko za postajo za pridobivanje naravna plina z enako kapaciteto samo 2 ha (Kumar Singh in sod. 2020). Prav tako je potrebno zagotoviti, da na teh površinah ni dreves, visokih zgradb ali drugih objektov, ki omejujejo potencial solarne elektrarne. Zaradi manjšega vpliva na okolje in lažjega zagotavljanja optimalnih pogojev so zato primernejše manjše elektrarne na posameznih domovih ali proizvodnih zgradbah.

Slabost solarnih elektrarn je tudi visoka začetna investicija, ki je lahko za posamezno gospodinjstvo omejitveni dejavnik pri odločanju za tovrstne sisteme, ki zagotavljajo individualno samooskrbo. Okvirna cena za štiričlansko gospodinjstvo je med 7.000 in 11.000 €, pri tem solarna elektrarna lahko deluje približno 30 let. Začetna investicija se lahko zmanjša z Eko skladom, ki omogoča subvencije in ugodne kredite, zaradi katerih se investicija lahko povrne v 10 letih. Dodatna finančna ugodnost je, da se

vrednost nepremičnine s solarno elektrarno poviša (Medmrežje 14). Investitorjem so na voljo tudi financiranja, ki jih pod različnimi pogoji ponujajo nekateri izmed izvajalcev. Zato je pred samo implementacijo potreben podroben pregled in primerjava konkurenčnih možnosti na trgu. Druga možnost za zmanjšanje investicij je povezovanje posameznih gospodinjstev in poslovnih subjektov v sklopu t. i. samooskrbe večstanovanjskih stavb ali t. i. skupnosti OVE. Slednje omogočajo, da odjemalci niso lastniki temveč najemniki solarnih elektrarn, ki so postavljene v bližini na stavbah kot so šole in gasilski domovi (Medmrežje 26; Medmrežje 15).

6. Zaključek

Solarne elektrarne predstavljajo enega najpomembnejših načinov zagotavljanja obnovljive energije, kar je opazno v ciljih strateških dokumentov in porastu investicij. Kljub temu da so se pojavljajo nekatere negativne posledice pri proizvodnji, transportu in uporabi solarni panelov, je z nadaljnjim razvojem materialov in proizvodnih postopkov lahko zagotovljena večja okoljska in družbena primernost. Pri tem je pomembna tudi natančna identifikacija potencialnih površin za postavitev solarnih elektrarn, saj se tako lahko zagotovi optimalen izkoristek ter s tem energetska varnost in manjši vplivi podnebnih sprememb.

V članku je z uporabo lidar podatkov in dejanskih vrednosti treh solarnih elektrarn ocenjen velik solarni potencial občine Slovenska Bistrica. Z identifikacijo obstoječih solarnih elektrarn in potencialnih lokacij je prepoznanih veliko neizkoriščenih površin, ki se nahajajo na večjih strehah stanovanjskih, javnih in gospodarskih objektov, predvsem v naseljih Slovenska Bistrica, Zgornja Polskava in Pragersko.

Ugotovitve so uporabne pri pripravi razvojnih načrtov občine, ki bi z lastnimi investicijami, zunanjimi investitorji ali s spodbujanjem povezovanja gospodinjstev ter poslovnih in javnih subjektov v skupnosti OVE lahko prispevala k varni oskrbi z obnovljivo energijo, ustvarjanju novih delovnih mest in trajnostnem regionalnem razvoju.

Literatura

- Dolar, G. 2016: Geografske zasnove rabe obnovljivih virov v Sloveniji do leta 2030. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo.
- Google Satellite 2016: NextGIS. <https://qms.nextgis.com/>, povzeto 15. 1. 2021
- GURS 2019: Zbirka podatkov daljinskega zaznavanja – Ortofoto. <https://egp.gu.gov.si/egp/>, povzeto 15.6.2019
- Jacobson, M. Z., Jadhav, V. 2018: World estimates of PV optimal tilt angles and ratios of sunlight incident upon tilted and tracked PV panels relative to horizontal panels. *Solar Energy*, 169, 55–66.
- Kolednik, G. 2009: Obnovljivi viri energije – smernice in trendi razvoja. Diplomsko delo. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za tehniko.
- Kumar Singh, S., Lohani, B., Arora, L., Choudhary, D., Nagarajan, B. 2020: A visual-inertial system to determine accurate solar insolation and optimal PV panel orientation at a point and over an area. *Renewable Energy*, 154, 223–238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148120303025>
- Medved, S. in Novak, P. 2000: Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.

- Mulvaney, D. 2014: Solar Energy Isn't Always as Green as You Think. Institute of Electrical and Electronics Engineers Spectrum. <https://spectrum.ieee.org/green-tech/solar/solar-energy-isnt-always-as-green-as-you-think>, povzeto 2.1.2021
- Papler, D. 2012: Osnove uporabe solarnih toplotnih in fotonapetostnih sistemov. Ljubljana: Energetika marketing.
- Pristovnik, T., Grobelnik, P., Boček, J. in Ferlin, D. 2012: Lokalni energetske koncept občine Slovenska Bistrica. <https://www.slovenskabistrica.si/objava/57008>, povzeto 23.5.2018
- Ritchie, H., 2020: Energy mix. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/energy-mix>, povzeto 12.12.2020
- Thompson, J., Donn, M. in Osborne, J. 2011: Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 14 – 16 November: Variation of green building ratings due to variances in sky definitions (1832 – 1839). Wellington: Victoria University of Wellington. https://www.researchgate.net/publication/267939784_Variation_of_green_building_ratings_due_to_variances_in_sky_definitions, povzeto 8.10.2019
- Medmrežje 1: http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso, povzeto 2.1.2021
- Medmrežje 2: <http://www.energijaplus.si/soncnaelektrarna/predstavitev/pogoji/>, povzeto 30.8.2019
- Medmrežje 3: <https://www.esri.com/en-us/home>, povzeto 8.10.2019
- Medmrežje 4: <https://www.estelasolar.org/about-us/>, povzeto 2.1.2021
- Medmrežje 5: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en, povzeto 2.1.2021
- Medmrežje 6: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2012_energy_roadmap_2050_en_0.pdf, povzeto 3.1.2021
- Medmrežje 7: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4e46873-7528-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=null&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search, povzeto 2.1.2021
- Medmrežje 8: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6665>, 2.1.2021
- Medmrežje 9: http://gis.arso.gov.si/related/lidar_porocila/b_22_izdelava_izdelkov.pdf, povzeto 5.9.2019
- Medmrežje 10: <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/142118/solar-generation-v-2008-solar-electricity-one-billion-people-two-million-jobs-2020.pdf>, povzeto 10.12.2020
- Medmrežje 11: <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/nepremicnine/kataster-stavb/#tab2-1009>, 8.10.2019
- Medmrežje 12: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=787794cdbc384261bc9bf99a860a374f>, povzeto 21.6.2020
- Medmrežje 13: <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/excel>, povzeto 23.5.2018
- Medmrežje 14: <https://www.mojprihranek.si/izpostavljeno/novice-partnerjev/soncna-elektrarna-za-samooskrbo-koliko-stane-in-ali-se-izplaca/?cn-reloaded=1>, povzeto 15.1.2021

- Medmrežje 15: <https://www.energetika-portal.si/nc/novica/n/izdana-prenovljena-uredba-o-samooskrbi-z-elektricno-energijo-iz-obnovljivih-virov-energije-4178/>, povzeto 15.1.2021
- Medmrežje 16: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>, povzeto 3.1.2021
- Medmrežje 17: <http://pv.fe.uni-lj.si/Dokumenti.aspx>, povzeto 15.1.2021
- Medmrežje 18: <http://pv.fe.uni-lj.si/Welcome.aspx>, povzeto 14.1.2021
- Medmrežje 19: <https://www.solarpowereurope.org/europe-can-achieve-climate-neutrality-before-2050-with-100-renewable-energy-system/>, 2.1.2021
- Medmrežje 20: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1817901S.px>, povzeto 12.12.2020
- Medmrežje 21: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1817902S.px>, povzeto 12.12.2020
- Medmrežje 22: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1817602S.px>, povzeto 12.12.2020
- Medmrežje 23: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1822303S.px>, povzeto 12.12.2020
- Medmrežje 24: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/05C4002S.px>, povzeto 12.12.2020
- Medmrežje 25: <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/5/88>, povzeto 15.1.2021
- Medmrežje 26: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7867>, povzeto 15.1.2021

SOLAR ENERGY POTENTIAL ASSESSMENT IN THE SLOVENSKA BISTRICA MUNICIPALITY

Summary

The research demonstrates the methodological implementation of lidar data for assessment of solar energy potential for electricity generation in the case of Slovenska Bistrica municipality. Fossil fuels are the predominant source of energy, but the importance of renewable energy is growing in order to ensure greater energy security, independence from imports and to prevent environmental problems resulting from their widespread use. Renewable energy share in final energy consumption in Slovenia in 2019 was 21.15% (Internet 21). Among the various forms of renewable energy, solar energy is particularly important, which can be converted to heat using various structures such as windows, solar walls and greenhouses or to electricity using devices such as solar cells.

Due to the latitude, which determines the greater solar incident angle and the duration of the day, but also due to the relief, which includes slopes and aspects, Slovenia is characterized by great solar potential, which can ensure that all energy needs are met (Dolar, 2016, 7, 48). Slovenia's solar potential is 1,242 kWh/m². In addition, it is evenly distributed, as at the annual level the difference between more and less sunny landscapes is only 15% (Pristovnik et al., 2012, 111). In addition, the average values of solar radiation in Slovenia are increasing (Internet 17). In 2019, the solar potential in Slovenia was utilized by 8,038 solar power plants (233% increase compared to 2018), which produced 268 GWh of electricity (2.3% of all energy excluding the Croatian share of electricity from the Krško NPP). The highest installed capacity of solar power plants is in the Podravska and Koroška (82.1 MW), and the lowest in the Obalno-kraška (19 MW) statistical region (Internet 17).

There is great potential for solar energy utilization in Slovenia, which is still not recognized. Research with geographic information systems is very useful in identifying locations and their potential for the use. Thus, the paper, considers the following for the municipality of Slovenska Bistrica: (1) where are the existing solar power plants located and where are the potential areas for the installation of solar panels, (2) what is the amount and duration of global solar radiation on potential areas, (3) what are the differences between calculated and actual values of three existing solar power plants and (4) what is the total solar potential of the municipality?

The municipality of Slovenska Bistrica is located in northeastern Slovenia in the Podravska statistical region. With an area of 260 km², it is one of the largest Slovenian municipalities. The municipality includes 79 settlements with a population of 25,890 in 2020 (Internet 24). The most important factor in solar energy utilization is the amount of energy or radiation. In Slovenska Bistrica, the average annual radiation is 1,269 kWh/m², which represents the potential of annual electricity production of 444 kWh/m². Regarding the total area, the theoretical potential of annual energy production is about 115,440 GWh. Considering unsuitable areas, the theoretical potential of the municipality is less than 50 GWh, which means a relatively favorable efficiency (Pristovnik et al., 2012, 112–113). At the regional level, relief with slopes and aspect is also an important factor. Altitudes in the municipality are between 240–1515 m (average 608 m) and slopes between 0–46° (average 9°). The most extensive aspect categories in the municipality are SE (16.8%), S (15.3%), E (15%), NE (14%) and SW (12.2%). The impact of the relief can be adjusted with different constructions, which can ensure the maximum possible efficiency.

In addition to relief, land use is an important factor in the use of solar energy, with forests, meadows, orchards, vineyards and other permanent plantations, overgrown areas, fields and gardens, water and wetlands being unsuitable areas, while built-up areas being more suitable. Such unsuitable areas cover 93.6% (244.2 km²) and potentially suitable areas 6.4% (16.7 km²) of the municipality's area. The built-up areas are located mainly on the plain along the Ljubljana - Maribor highway. In addition to the appropriate slope, aspect and land use, built-up areas are suitable because of denser settlements and concentration of potential users, such as households, manufacturing and service providers. In particular, the buildings of larger companies, which are usually characterized by larger roof areas, represent an opportunity to exploit the solar potential.

With the satellite images in the Google Earth application, we identified 111 solar power plants in Slovenska Bistrica municipality in 2018. They are mostly concentrated in the settlement of Slovenska Bistrica and some other surrounding villages. Most solar power plants are located on the roofs of residential buildings, outbuildings and larger companies, and some are also installed on purpose-built structures, similar to hayracks or canopies. In addition to the existing ones, we also identified potential areas using building cadastre and accurate digital surface model produced with lidar data. Potential areas are spatially unevenly distributed, their highest density is in the settlements of Slovenska Bistrica, Zgornja Polskava and Pragersko (Figure 1).

The digital surface model was also used to determine the characteristics of roofs that influence the utilization of solar potential, such as areas, slopes and aspects. Most suitable roof slopes are between 20-40°, which are typical for all residential building's roofs due to the general building code (red, yellow). Exceptions are often larger buildings, where the roof slope is less than 20° (green) (Figure 2). Most suitable aspects are towards the south. In the selected municipality, the most common roof aspect is toward the east and west (red, turquoise), which is appropriate for maximum electricity generation in the morning or evening (Figure 3).

Considering the global solar radiation, the municipality of Slovenska Bistrica has a good potential. The amount of global solar radiation according to the Standard Sky model is between 960,000–1,500,000 Wh/m² per year, and according to the Uniform Sky model between 898,222–1,426,612 Wh/m² per year. The t-test confirmed that there are no statistically significant differences in the global solar radiation on potential surfaces in the municipality of Slovenska Bistrica between the Standard Sky and the Uniform Sky model.

Three solar power plants in the municipality of Slovenska Bistrica were selected to calculate the solar potential. The actual production of all three selected power plants was compared with model calculations on a monthly basis, so that there is a noticeable difference between actual and theoretical values and between the less and more sunny part of the year. Less intense radiation is typical for the period between November and February, so energy production is also lower. In contrast, in the period between March and October, when radiation is more intense, energy production is higher. There are no differences in solar energy efficiency between model estimates. Actual average values of energy production are lower compared to the calculated ones, as the selected models do not include the influence of obstacles, such as shading (trees, buildings) and weather (cloudiness). In addition to obstacles in space, production is also affected by possible technical errors that are not considered by model calculations (Figure 9). There are no statistically significant differences between

the actual and model values (Tables 2, 3 and 4). The selected solar power plants together produce an average of 177,469 kWh per year, which is very favorable compared to the average annual electricity consumption of a Slovenian household, which amounts to 4,146 kWh (Internet 25). Based on both models, the solar potential of the municipality is calculated (Figures 10 and 11). Calculations show that the municipality has good solar potential.

Based on these findings, the municipality could invest or encourage citizens, companies and public sector to connect in so called energy communities, who share power plants installed on buildings with larger roof areas, such as schools, fire houses and sports halls. By reviewing satellite images and identifying existing solar power plants, it was found that the proposed buildings are not utilized in such way. Despite the fact that there are some negative consequences in the production, transport and use of solar panels, the further development of materials and production processes can ensure security of renewable energy supply, job creation and sustainable regional development.

IZBOLJŠEVANJE PROSTORSKE LOČLJIVOSTI LANDSAT 8 TERMOGRAMA V LUČI MESTNEGA TOPLOTNEGA OTOKA

Veno Jaša Grujić

Mag., biologije in ekologije z naravovarstvom, ast.
Oddelek za razredni pouk in Oddelek za biologijo
Pedagoška fakulteta in Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor
e-mail: veno.grujic@um.si

Mitja Kaligarič

Dr., uni. dipl. biolog, red. prof.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, SI-2000 Maribor, Slovenija
e-mail: mitja.kaligarič@um.si

Sonja Škornik

Dr., prof. biologije in kemije, izr. prof.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, SI-2000 Maribor, Slovenija
e-mail: sonja.skornik@um.si

Nataša Pipenbaher

Dr., uni. dipl. inž. kmetijstva, doc.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, SI-2000 Maribor, Slovenija
e-mail: natasa.pipenbaher@um.si

Igor Žiberna

Dr., prof. geografije in zgodovine, izr. prof.
Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: igor.ziberna@um.si

Lučka Kajfež-Bogataj

Dr., uni. dipl. inž. meteorologije, red. prof.
Oddelek za agronomijo
Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva ulica 101, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

Zalika Črepinšek

Dr., uni. dipl. inž. kmetijstva, asisten
Oddelek za agronomijo
Biotehniška fakulteta
Jamnikarjeva ulica 101, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

David Pintarič

Bratov Pihlar 9a
9240 Ljutomer, Slovenija
e-mail: david.pintaric@gmail.com

Danijel Ivajnsič

Dr., prof. geografije in biologije, doc.
Oddelek za geografijo in Oddelek za biologijo
Filozofska fakulteta in Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija
e-mail: dani.ivajnsic@um.si

Daša Donša

Mag., biologije in ekologije z naravovarstvom, ast.
Oddelek za biologijo
Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, SI-2000 Maribor, Slovenija
e-mail: dasa.donsa1@um.si

UDK: 551.584:528.88

COBISS: 1.01

Izvleček

Izboljševanje prostorske ločljivosti Landsat 8 termograma v luči mestnega toplotnega otoka

Dandanes več kot polovica ljudi živi v ubranih sistemih. Posledično se širijo pozidane površine, ki s svojimi lastnostmi ustvarjajo učinek mestnega toplotnega otoka, ki velja za enega izmed najbolj značilnih pojavov urbane gradnje in antropogenih aktivnosti. Pojav se zaradi globalnih podnebnih sprememb značilno krepi, kar dodatno vpliva na psihološko in fiziološko stanje ranljivih skupin ljudi. Njegovi vplivi segajo tudi na področje gospodarstva, še zlasti na porabo energije v mestih. Za uspešno načrtovanje omilitvenih in prilagoditvenih ukrepov, planiranje urbane zasnove ter trajnostni razvoj mest, so ključnega pomena analitične študije pojava mestnega toplotnega otoka, pri katerih se uporablja kombinacija podatkov *in-situ* meritev in podob daljinskega zaznavanja. Pri uporabi slednjih smo pogosto omejeni s prostorsko ločljivostjo termičnih kanalov.

Ključne besede

Daljinsko zaznavanje, mobilne meritve, NDVI, satelitske podobe, termični kanal

Abstract

Landsat 8-based land surface temperature downscaling: the urban heat island perspective

More than half of today's global human population lives in urban areas. As a result, built-up areas are expanding and thus creating the urban heat island (UHI) effect. This effect is known as one of the most widely recognized local meteoroidal phenomenon caused by anthropogenic activity. Owing to global climate change, the UHI phenomenon is intensifying, which poses even bigger threat to vulnerable social groups of citizens. It is also affecting the urban economy, especially energy consumption. For successful planning of mitigation and adaptation measures,

urban design and sustainable development, analytical studies of the UHI phenomenon, using a combination of in-situ measurement data and remote sensing data, are crucial. When using the latter, we are often limited by the spatial resolution of the corresponding thermal bands.

Keywords

Remote sensing, mobile measurements, NDVI, satellite imagery, thermal band

1. Uvod

Ob širjenju urbanih površin izgubljam naravno vegetacijo, le-to pa zamenjajo umetni materiali, kot sta cement in asfalt (Wang, Liu, Tang in Wang 2019). Urbana gradnja na ta način povzroči spremembo v površinskem albedu, emisivnosti in toplotni kapaciteti (Rizwan, Dennis in Liu 2008). Posledično zaznavamo značilno kopičenje toplote v urbanih predelih, ki se še dodatno jača ob antropogenih aktivnostih (Yang, Qian, Song in Zheng 2016) pri katerih se sprošča toplota (industrija, transport) (Tam, Gough in Mohsin 2015). Nastalo razliko v temperaturi zraka med urbano površino in njeno ruralno okolico imenujemo mestni toplotni otok (MTO) (ang. Urban Heat Island [UHI]) (Sobrino in Irakulis 2020). Pri tem je lahko temperatura v središču mesta do 10°C višja v primerjavi z nepozidano okolico. Intenzivnost pojava MTO je povezana z obsegom pozidanih površin, gostoto prebivalstva, človekovimi aktivnostmi, socio-ekonomskimi vplivi (Tam, Gough in Mohsin 2015), pokrovnostjo vegetacije ter vremenskimi razmerami (Chen, Zhao, Li in Yin 2006). MTO velja za eno izmed najbolj problematičnih posledic hitre urbanizacije (Sobrino in Irakulis 2020). Tako oblikovana posebna mestna klima ima lahko negativen vpliv na zdravje prebivalcev (Yang, Qian, Song in Zheng 2016), kar je še posebej izrazito med vse pogostejšimi vročinskimi valovi (Manoli in sod. 2019).

Pri pojavu MTO opazujemo temperaturno anomalijo ozračja, ki se običajno beleži z in-situ meritvami. Lahko pa taisti meteorološki fenomen opišemo tudi z anomalijo temperature površja (ang. Land Surface Temperature [LST]), pri čemer gre za tako imenovani površinski mestni toplotni otok (pMTO) (ang. Surface Urban Heat Island [SUHI]) (Miles in Esau 2020). Za raziskovanje slednjega se lahko naslonimo na podatke daljinskega zaznavanja (Sobrino in Irakulis 2020), ki so produkt različnih senzorjev nameščenih na satelitskih ali sorodnih platformah. Pogosto so za te namene v uporabi podobe satelita Landsat TIRS (ang. Thermal Infrared Sensor) (Kaplan, Avdan in Avdan 2018). Podatki daljinskega zaznavanja imajo kljub številnim prednostim, kot je na primer zajemanje podatkov večjega območja (regije), tudi slabosti (Zawadzka, Corstanje, Harris in Truckell 2019). Ena izmed največjih težav omenjenih podatkov je prostorska resolucija termičnih kanalov, ki je običajno nezadostna za izdelavo kvalitetnih ocen na lokalni ravni (Cho, Kim in Kim 2018). To omejitev lahko zaobidemo z uporabo statistične metode izboljševanja prostorske ločljivosti (ang. downscaling) (Zawadzka, Corstanje, Harris in Truckell 2019), pri kateri ustvarimo zvezo med spremenljivko LST in podatki boljše prostorske ločljivosti, kot so na primer vegetacijski indeksi (Kyalo 2017). Spremenljivka LST je običajno močno korelirana z rabo tal in abundanco vegetacije, ki jo lahko merimo z omenjenimi indeksi. Za namene študij MTO s podatki daljinskega zaznavanja, se za oceno vegetacijskega pokrova pogosto uporablja vegetacijski indeks NDVI (ang. The Normalized Difference Vegetation Index) (Kaplan, Avdan in Avdan 2018).

V prispevku se tako naslanjamo na omenjeno funkcijsko zvezo med spremenljivkama LST in NDVI s čimer skušamo: (1) izboljšati prostorsko ločljivost Landsat 8 termograma na območju dveh urbanih sistemov (Murska Sobota in Ljutomer), (2) v obeh analizirati oblikovani površinski MTO (pMTO) ter (3) primerjati razlike v temperaturnem polju pMTO in MTO na dan zajema satelitske podobe.

2. Metode

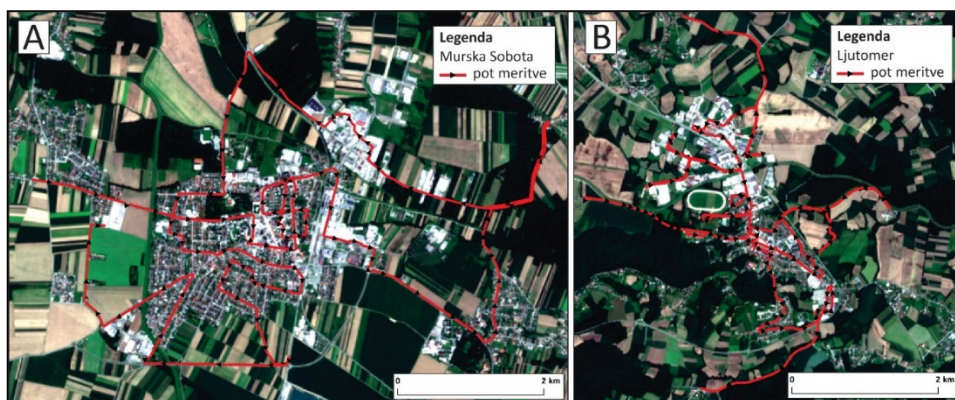
2.1. Raziskovalno območje

V študiji obravnavamo mesti Murska Sobota in Ljutomer, ki se razlikujeta v urbani strukturi in deležu pozidanih površin. Murska Sobota šteje nekaj čez 11000 prebivalcev, Ljutomer pa ima 3500 prebivalcev. Največji zeleni površini v Murski Soboti sta park v središču mesta (11 ha) in mestni gozd Fazanerija (30 ha), v Ljutomeru pa je to mestni park (10 ha).

Povezavo med velikostjo mesta v številu prebivalcev in intenziteto pojava MTO je Oke, na podlagi nočnih mobilnih meritev temperature zraka, opisal že leta 1973 (Oke 1973). Dodaten kriterij za izbor obeh mest je bila razpoložljivost tako daljinsko zaznanih kot terenskih podatkov, na podlagi katerih smo lahko poiskali odgovore na zadana raziskovalna vprašanja.

2.2. Baze podatkov

Naša študija je temeljila na satelitskih podobah satelitov Landsat 8 in Sentinel-2 ter podatkih terenskih mobilnih meritev temperature zraka. Iz prosto dostopne spletne baze USGS EarthExplorer (Medmrežje 1) smo pridobili brez-oblačno satelitsko podobo Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 na dan 8. 8. 2020. Iz prosto dostopne spletne baze Copernicus Open Access Hub (Medmrežje 2) smo v nadaljevanju prenesli Sentinel 2 MSI - Level 2A produkt za dan 8. 8. 2020. Pasovna širina obeh satelitskih podob je zaobjela obe raziskovani območji (Mursko Soboto in Ljutomer). V obeh mestih smo na dan 8. 8. 2020 izvedli tudi terenske mobilne meritve temperature zraka (Slika 1) s pomočjo GPS senzorja (točnost $\pm 2\text{m}$) in dataloggerja, ki je beležil temperaturo zraka v sekundnem intervalu (točnost $\pm 0.5^\circ\text{C}$; ločljivost 0.1°C). Zaradi strukture cestnega omrežja so se meritve temperature zraka na določenih cestnih odsekih ponovile. Z uporabo algoritmov upoštevanja medsebojne razdalje točk meritev in časa njihovega zajetja smo dobljeno podatkovno bazo filtrirali. Odstranili smo tudi morebitne napake v zapisu podatkov.



Slika 1: Pot terenske mobilne meritve v Murski Soboti (A) in Ljutomeru (B).

Vir podlage: RGB kompozitna podoba satelita Sentinel-2, ESA 2020.

2.3. Predobdelava podatkov

V inicialni fazi smo v programu TerrSet (Eastman 2016) za podobo satelita Landsat 8 izračunali atmosfersko korekcijo. Nato smo s pomočjo termičnih kanalov (10 in 11) izdelali termogram (LST) v $^\circ\text{C}$ (prostorske ločljivosti 30 m^2 [LST₃₀]). Iz rdečega (4.)

in bližje-infrardečega (5.) kanala smo izračunali vegetacijski indeks NDVI v prostorski ločljivosti 30 m² (NDVI₃₀). Z regresijsko analizo vseh slikovnih enot spremenljivk LST₃₀ (odvisna) in NDVI₃₀ (neodvisna) smo pridobili enačbo premice, ki je v nadaljevanju omogočila izboljševanje prostorske ločljivosti Landsat 8 termograma. Za ta namen smo potrebovali še kazalec NDVI v 10-metrski prostorski ločljivosti (NDVI₁₀), ki smo ga v programu ArcMap (ESRI 2020) izračunali s pomočjo 4. (rdeči) in 8. (bližje-infrardeči) kanala satelita Sentinel-2.

Ker nas je zanimala razlika v prostorskem temperaturnem režimu tal in zraka, v obeh obravnavanih urbanih sistemih, smo pripravili tudi interpolirano temperaturno polje mobilnih meritev za Mursko Soboto in Ljutomer. Uporabili smo okolje ArcMap (ESRI 2020) in interpolacijski algoritmom IDW (ang. Inverse Distance Weighting) ter 100-metrsko pufersko cono.

2.4. Izboljševanje prostorske ločljivosti termograma

Postopek izboljševanja prostorske ločljivosti Landsat 8 termograma smo izvedli v več korakih, povzetih po študijah Kustas, Norman, Anderson in French (2003) ter Kyalo (2017). V prvem koraku (Enačba 1) smo z regresijsko enačbo in kazalcem NDVI₃₀ izračunali pričakovano vrednost LST (LST(NDVI)₃₀), pri čemer je a smerni koeficient, b pa začetna vrednost oziroma konstanta regresijske premice.

$$LST(NDVI)_{30} = aNDVI_{30} + b \quad (\text{Enačba 1})$$

V naslednjem koraku (Enačba 2) smo izračunali razliko (ΔLST) med dejansko (LST₃₀) in napovedano (LST(NDVI)₃₀) vrednostjo LST v prostorski ločljivosti 30 m², kar predstavlja napako (ostanke) napovedi.

$$\Delta LST = LST_{30} - LST(NDVI)_{30} \quad (\text{Enačba 2})$$

V zadnjem koraku smo izračunali LST v prostorski ločljivosti 10 m² (LST₁₀) na podlagi Enačbe 3, v katero smo vstavili NDVI produkt satelita Sentinel 2 (NDVI₁₀).

$$LST_{10} = (aNDVI_{10} + b) + \Delta LST \quad (\text{Enačba 3})$$

Končni produkt je za faktor 3 izboljšana prostorska ločljivosti Landsat 8 termograma z velikostjo slikovne enote 10 m².

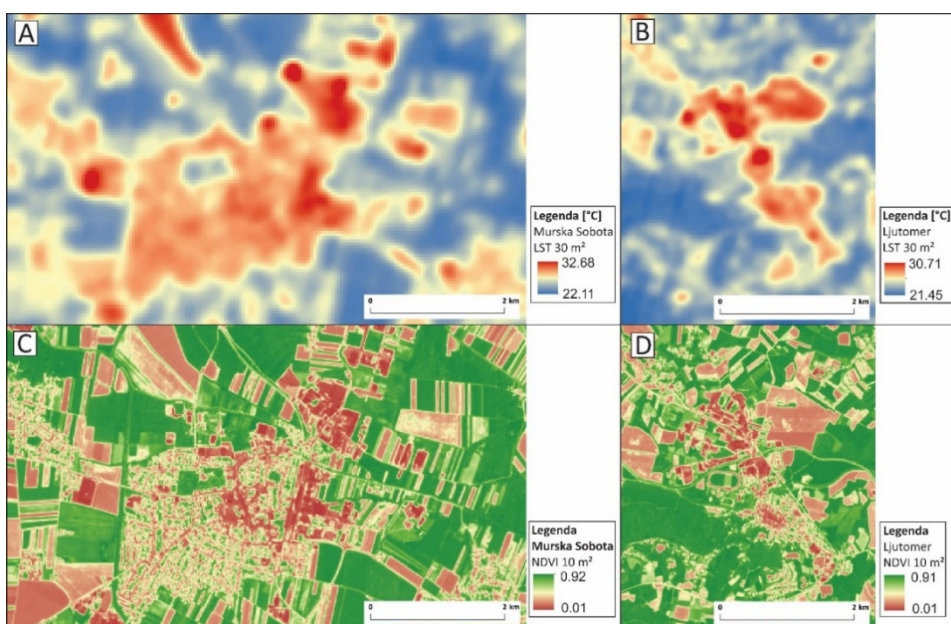
2.5. Povezava med temperaturo površja in temperaturo zraka

V končni fazi študije smo primerjali termogram izboljšane prostorske ločljivosti (LST₁₀) z interpoliranim temperaturnim poljem zraka mobilnih meritev (T_{IDW}). Generirali smo podobo razlik med spremenljivko LST₁₀ in spremenljivko T_{IDW} ob upoštevanju 100-metrške puferske cone s katero smo obdali lokalitete mobilnih meritev. Velja poudariti, da gre sicer za posredno primerjavo zaradi časovnega zamika podatkov. Satelitska podoba je nastala 8. 8. 2020 ob 9:45 po UTC, mobilne meritve pa ob 14:45-15:30. Ne glede na to, je primerjava obeh spremenljivk zanimiva predvsem z vidika razvoja pojava MTO v obeh urbanih sistemih. Anticiklonalni vremenski tip se v obravnavanem časovnem intervalu ni menjal. Prevladovalo je jasno vreme z šibkim JZ vetrom (1.8 m/s) (ARSO 2020).

3. Rezultati in diskusija

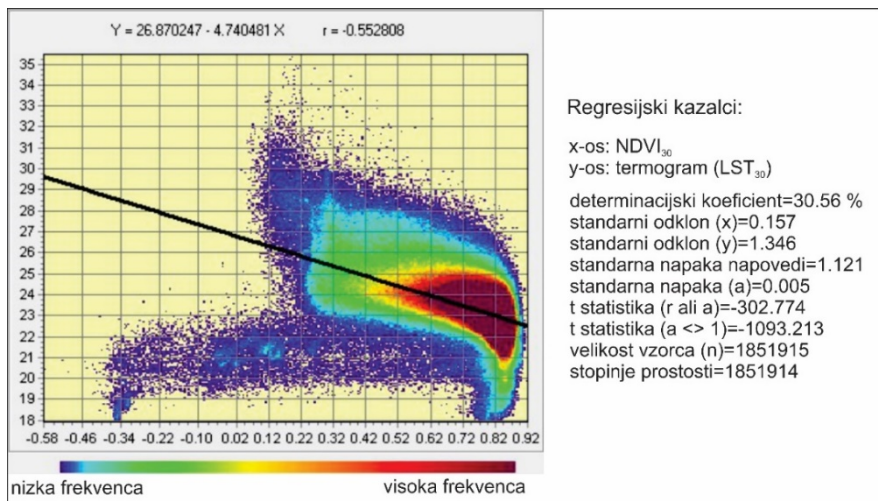
3.1. LST in NDVI

Temperatura površja (LST) se v urbanih sistemih zvišuje zaradi antropogenega sproščanja toplote, vnašanja umetnih materialov z visoko toplotno kapaciteto in konduktivnostjo, odstranjevanja vegetacijskega pokrova na račun širjenja infrastrukture, itd. Prav prisotnost vegetacije in vodnih teles temperaturo površja in zraka znižuje s procesoma evaporacije in evapotranspiracije (Sundara Kumar, Udaya Bhaskar in Padmakumari 2012). Ob primerjavi termograma satelitske podobe Landsat 8 (prostorska ločljivost 30 m²) in vegetacijskega indeksa NDVI, ki je produkt satelita Sentinel-2 (prostorska ločljivost 10 m²), za območji Murska Sobota in Ljutomer (Slika 2) lahko razberemo, da je na predelih z nižjim NDVI zaznavna višja temperatura površja. Največje vrednosti LST pripadajo pozidani mestni strukturi. V obeh primerih še posebej izstopata industrijska ter trgovinska cona.



Slika 2: Termogram Landsat 8 satelitske podobe za Mursko Soboto (A) in Ljutomer (B) ter vegetacijski indeks NDVI Sentinel 2 satelitske podobe za Mursko Soboto (C) in Ljutomer (D).

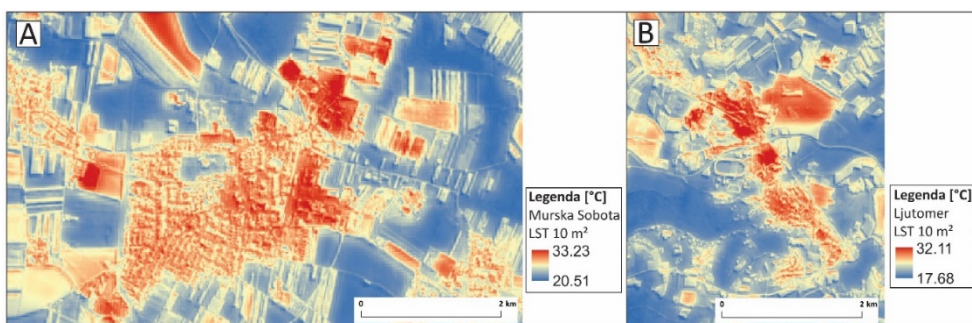
Nasprotno velja za ruralno okolico z izjemo preoranih njivskih površin (manjši albedo). Kazalca NDVI in LST sta namreč v obratnem sorazmerju (Yuan in Bauer 2006), posledično so nižje vrednosti LST na območjih, ki imajo visoko vrednost NDVI oziroma večjo nadzemno biomaso (Slika 3). Izboljševanje prostorske ločljivosti termograma po metodi Kustasa, Normana, Andersona in Frencha (2003) ter Kyaloa (2017) temelji na preprosti linearni regresiji, ki sicer poenostavi razumevanje vmesnih in končnega produkta, ne poda pa idelanih rezultatov pri vseh vrednostih neodvisne spremenljivke NDVI. Na tem mestu lahko izpostavimo tiste slikovne enote, ki predstavljajo vodne in sorodne površine z nizkimi ali celo negativnimi vrednostmi NDVI (Slika 3). Posledično je determinacijski koeficient regresijske analize na območju celotne satelitske podobe dokaj nizek (30.56 %).



Slika 3: Rezultat prostorske regresijske analize neodvisne spremenljivke NDVI in odvisne spremenljivke LST, kot produkta satelitske podobe Landsat 8, s pripadajočo enačbo premice in ostalimi regresijskimi kazalci.

3.2. Izboljšana prostorska ločljivost spremenljivke LST

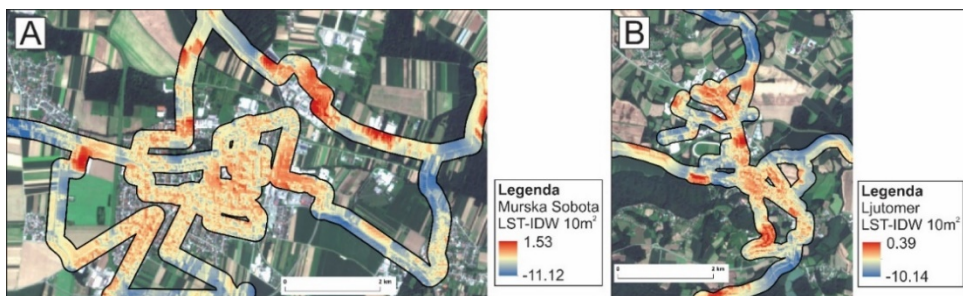
Če primerjamo Sliko 2 (A in B) ter Sliko 4 (A in B) lahko opazujemo napredek v prostorskem odtisu spremenljivke LST (iz 30- na 10-metrsko velikost slikovne enote). V obeh mestih je površinsko temperaturno polje bolj strukturirano. Zaznavne so večje razlike v temperaturi tal med posameznimi mestnimi predeli oziroma lokalnimi podnebnimi conami (Stewart in Oke 2012). Izrazitejši je kontrast med mestnimi zelenimi površinami in pozidano okolico. Prepoznavne so celo razlike v temperaturi tal znotraj pozidane strukture obeh mest. Lep primer je območje endružinskih hiš z vrtovi. Mozaik vrtov povzroči nekoliko počasnejšo segrevanje te lokalne podnebne cone tako v Murski Soboti kot v Ljutomeru.



Slika 4: Termogram prostorske ločljivosti 10 m² za Mursko Sobotico (A) in Ljutomer (B).

3.3. Razlike med temperaturo površja (LST) in temperaturo zraka (T_{IDW})

Na Sliki 5 so prikazane razlike med izboljšanim termogramom (LST_{10}) obeh mest in temperaturnim poljem zraka, ki je rezultat interpolacije terenski mobilnih meritev (T_{IDW}). Kljub temu, da je med obema spremenljivkama 5 ur razlike, lahko iz tovrstnih rezultatov vseeno razberemo dinamiko segrevanja antropogenih in drugih površin v poletnih mesecih z kratkimi nočmi. Majhna razlike v temperaturi so zaznavne predvsem pri pozidanih površinah, njivah brez vegetacijskega pokrova ter južnih legah v mestu Ljutomer (Slika 5B). Gre za lep dokaz večje toplotne kapacitete in konduktivnosti gradbenih materialov (počasnejše segrevanje in počasnejše ohlajanje), manjšega albeda (večje absorpcije kratkovalovnega sevanja) ali vpliva reliefne izoblikovanosti (večji vpadni kot sončnih žarkov) na oblikovanje temperaturnega polja v urbani strukturi. Po drugi strani je temperatura tal z vegetacijo pokritih površin v okolici obeh mest po lokalnem času 11:45 bistveno nižja (v Murski Soboti do 11°C , v Ljutomeru do 10°C) od izoblikovanega temperaturnega polja zraka ob 16:45. Vlaga v tleh in v vegetacijskem pokrovu ključno doprinese k nastalim razlikam pri tem pa na energijsko bilanco teh površin vplivata še evapotranspiracija in advekcija (bodisi zaradi intenzitete MTO ali kot posledica prevladujočega vremenskega tipa).



Slika 5: Primerjava termograma temperature površja in interpoliranega temperaturnega polja zraka, na prostorski ločljivosti 10 m^2 , za Mursko Soboto (A) in Ljutomer (B).

Vir podlage: RGB kompozitna podoba satelita Sentinel-2, ESA 2020.

4. Zaključek

Zagotavljanje kvalitete bivalnega okolja v urbanih sistemih postaja vse težje. V zadnji polovici stoletja se je delež urbane populacije v globalnem merilu zvišal iz 34 % na 54 %. Pričakuje se, da se bo le-ta do leta 2050 povzpela na 66 % (Xu in sod. 2017). K temu lahko dodamo še posledice podnebnih sprememb, ki se odražajo predvsem v dvigu povprečne temperature zraka, spremenjenem vzorcu padavin in v večji frekvenci ekstremnih vremenskih pojavov (Mirza 2003). Posledično se mesta širom sveta soočajo z vse večjim toplotnim stresom (večjo jakostjo pojava MTO), še zlasti ob nastopu vse pogostejših vročinskih valov. Zaradi negativnih učinkov omenjenega pojava na urbano življenje narašča število študij na to tematiko (Xu in sod. 2017). V ospredju tovrstnih raziskav je uporaba podatkov daljinskega zaznavanja in njihov derivat temperatura površja (LST). Kljub vse splošni uporabnosti satelitskih podob, pa smo nemalokrat omejeni z njihovo prostorsko ločljivostjo. Posledično se vzporedno razvijajo vse boljši metodološki pristopi za izboljšanje inicialne prostorske ločljivosti satelitskih podob, ki pa po večini temeljijo na posrednih ali tako imenovanih »proxy« kazalcih (Zawadzka, Corstanje, Harris in Truckell 2019). V prispevku se tako naslanjamo na zvezo LST-NDVI, ki po ugotovitvah Kustasa, Normana, Andersona in

French (2003) ter Kyalo (2017) omogoča izboljševanje bodisi MODIS ali Landsat termogramov. Rezultati kažejo podrobnejšo strukturo temperaturnih razmer tal v mestih Murska Sobota in Ljutomer. Zaznavni so večji temperaturni kontrasti med obstoječimi lokalnimi podnebnimi conami v obeh mestih. V luči eksternih vrednosti spremenljivke LST lahko po eni strani izpostavimo industrijski coni obeh mest, po drugi pa zelene površine znotraj urbane strukture. Primerjava temperature tal in zraka je nakazala pregretoost pozidanih površin ter vpliv vlage v vegetacijskem pokrovu ruralne okolice obeh mest. Tovrstne študije so uporabne predvsem za prostorske planerje, ki se bodo v bližnji prihodnosti morali soočiti z omilitvenimi in prilagoditvenimi ukrepi usmerjenimi v zmanjšanje toplotnega stresa v urbanih sistemih.

Zahvala

Študijo je omogočila Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v sklopu projekta »Preprečevanje toplotnega stresa v urbanih sistemi v luči podnebnih sprememb« (J7-1822).

Literatura

- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X., Yin, Z.-Y. 2006: Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 133-146.
- Cho, K., Kim, Y., Kim, Y. 2018: Disaggregation of Landsat-8 Thermal Data Using Guided SWIR Imagery on the Scene of a Wildfire. *Remote Sensing* 10(1), 105. <https://doi.org/10.3390/rs10010105>
- Eastman, J. 2016: TerrSet. Clark Labs-Clark University.
- ESA 2020: Copernicus Sentinel data.
- ESRI 2020: ArcGIS Desktop, verzija 10.8. Redlands, Kalifornija: Environmental Systems Research Institute.
- Gorgani, S. A., Panahi, M., Rezaie, F. 2013: The Relationship between NDVI and LST in the urban area of Mashhad, Iran. *International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development*, (str. 1-7). Tabriz, Iran.
- Kaplan, G., Avdan, U., Avdan, Z. Y. 2018: Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia. *Proceedings*, 1-5.
- Kustas, W. P., Norman, J. M., Anderson, M. C., French, A. N. 2003: Estimating subpixel surface temperatures and energy fluxes from the vegetation index–radiometric temperature relationship. *Remote Sensing of Environment*, 429-440.
- Kyalo, D. K. 2017: Sentinel-2 and MODIS land surface temperature based evapotranspiration for irrigation efficiency calculations. *Zaključno delo*. Enschede, Nizozemska: Fakulteta za geoinformatiko, znanost in opazovanje zemlje.
- Manoli, G., Fatichi, S., Schlöpfer, M., Kailiang, Y., Crowther, T. W., Meili, N., Bou-Zeid, E. 2019: Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature*, 55-62.
- Medmrežje 1. USGS. Pridobljeno iz EarthExplorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/>; (9. 12 2020).
- Medmrežje 2. ESA. Pridobljeno iz Copernicus Open Access Hub: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>; (9. 12 2020).
- Miles, V., Esau, I. 2020: Surface urban heat islands in 57 cities across different climate in northern Fennoscandia. *Urban Climate*, 1-11.
- Mirza, M. Q. 2003: Climate change and extreme weather events: can developing countries adapt? *Climate Policy*, 233–248.

- Oke, T. R. 1973: City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 769-779.
- Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., Liu, C. 2008: A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 120-128.
- Schwarz, N., Schlink, U., Franck, U., Großmann, K. 2012: Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators—An application for the city of Leipzig (Germany). *Ecological Indicators*, 693-704.
- Sobrino, J. A., Irakulis, I. 2020: A Methodology for Comparing the Surface Urban Heat Island in Selected Urban Agglomerations Around the World from Sentinel-3 SLSTR Data. *Remote Sensing*, 1-29.
- Stewart, I. D., Oke, T. R. 2012: Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1879-1900.
- Sundara Kumar, K., Udaya Bhaskar, P., Padmakumari, K. 2012: Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using Landsat ETM+ image. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 771-778.
- Tam, B. Y., Gough, W. A., Mohsin, T. 2015: The impact of urbanization and the urban heat island effect on day to day temperature variation. *Urban Climate*, 1-15.
- Wang, W., Liu, K., Tang, R., & Wang, S. 2019: Remote sensing image-based analysis of the urban heat island effect in Shenzhen, China. *Physics and Chemistry of the Earth*, 168-175.
- Xu, X., Cai, H., Qiao, Z., Wang, L., Jin, C., Ge, Y., Wu, F. 2017: Impacts of Park Landscape Structure on Thermal Environment Using QuickBird and Landsat Images. *Chinese Geographical Science*, 818-826.
- Yang, L., Qian, F., Song, D.-X., Zheng, K.-J. 2016: Research on Urban Heat-island Effect. *Procedia Engineering*, 11-18.
- Yuan, F., Bauer, M. E. 2006: Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 1-12.
- Zawadzka, J., Corstanje, R., Harris, J., Truckell, I. 2019: Downscaling Landsat-8 land surface temperature maps in diverse urban landscapes using multivariate adaptive regression splines and very high resolution auxiliary data. *International Journal of Digital Earth*, 1-16.
- Zhou, B., Rybski, D., Kropp, J. P. 2017: The role of city size and urban form in the surface urban heat island. *Scientific reports*, 1-9.

LANDSAT 8-BASED LAND SURFACE TEMPERATURE DOWNSCALING: THE URBAN HEAT ISLAND PERSPECTIVE

Summary

Ensuring the quality of the living environment in urban systems is becoming increasingly difficult. In the last half of the century, the share of urban population on a global scale has risen from 34% to 54%, and it is expected to rise to 66% by 2050 (Xu et al. 2017). In addition to that, we are facing the consequences of climate change, which are mainly manifested in higher mean air temperatures, changed precipitation patterns and a higher frequency of extreme weather events (Mirza 2003). Consequently, cities all over the globe are facing intensive heat stress (increased UHI intensity), especially during more frequent heat waves. Owing to the negative effects on urban life caused by the UHI phenomenon, the number of studies on this topic are increasing (Xu et al. 2017). At the forefront of such research are remote sensing data and their common derivative, the land surface temperature (LST). Despite the general usefulness of satellite imagery, one is often limited by their spatial resolution. As a result, better methodological approaches are being developed simultaneously to improve the initial spatial resolution of satellite images, which are mostly based on indirect or so-called "proxy" indicators (Zawadzka, Corstanje, Harris, & Truckell 2019). In this research, we rely on the LST-NDVI association, which, according to Kustas, Norman, Anderson, and French (2003) and Kyalo (2017), allows the improvement of either MODIS or Landsat thermograms. Our results show more detailed structure of surface temperature conditions in the settlements Murska Sobota and Ljutomer. In both towns, higher temperature contrasts in their local climate zones were detected. By considering the highest and lowest values of the LST variable, we can highlight the industrial zones of both towns, and on the other hand, the green areas within the urban structure. The comparison of surface and air temperature layers has shown the overheating of the built-up areas and the influence of humidity in the vegetation cover of the rural surroundings of both towns. Such studies are especially useful for spatial planners, who will have to deal in the near future with mitigation and adaptation measures orientated towards heat stress reduction in almost all urban systems.

NAVODILA ZA PRIPRAVO ČLANKOV V REVIJI ZA GEOGRAFIJO

1. Sestavine članka

Članki morajo imeti naslednje sestavine:

- glavni naslov članka,
- ime in priimek avtorja,
- avtorjeva izobrazba in naziv (na primer: dr., mag., profesor geografije in zgodovine, izredni profesor),
- avtorjev poštni naslov (na primer: Oddelek za geografijo Filozofska fakulteta Univerza v Mariboru, Koroška 160, SI – 2000 Maribor, Slovenija),
- avtorjev elektronski naslov,
- izvleček (skupaj s presledki do 800 znakov),
- ključne besede (do 8 besed),
- abstract (angleški prevod naslova članka in slovenskega izvlečka),
- keywords (angleški prevod ključnih besed),
- članek
- summary (angleški prevod povzetka članka, skupaj s presledki do 8000 znakov).

2. Citiranje v članku

Avtorji naj pri citiranju med besedilom navedejo priimek avtorja in letnico, več citatov ločijo s podpičjem in razvrstijo po letnicah, navedbo strani pa od priimka avtorja in letnice ločijo z vejico, na primer: (Drozg 1995, 33) ali (Belec in Kert 1973, 45; Bračič 1975, 15 in 16).

Enote v poglavju Viri in literatura naj bodo navedene po abecednem redu priimkov avtorjev, enote istega avtorja pa razvrščene po letnicah. Če je v seznamu več enot istega avtorja iz istega leta, se letnicam dodajo črke (na primer 1999a in 1999b). Vsaka enota je sestavljena iz treh stavkov. V prvem stavku sta pred dvopičjem navedena avtor in letnica izida (če je avtorjev več, so ločeni z vejico, z vejico sta ločena tudi priimek avtorja in začetnica njegovega imena, med začetnico avtorja in letnico ni vejice), za njim pa naslov in morebitni podnaslov, ki sta ločena z vejico. Če je enota članek, se v drugem stavku navede publikacija, v kateri je članek natisnjen, če pa je enota samostojna knjiga, drugega stavka ni. Izdajatelja, založnika in strani se ne navaja. Če enota ni tiskana, se v drugem stavku navede vrsta enote (na primer elaborat, diplomsko, magistrsko ali doktorsko delo), za vejico pa ustanova, ki hrani to enoto. V tretjem stavku se za tiskane enote navede kraj izdaje, za netiskane pa kraj hranjenja.

3. Preglednice in slike v članku

Vse preglednice v članku so oštevilčene in imajo svoje naslove. Med številko in naslovom je dvopičje. Naslov konča pika. Primer:

Preglednica 1: Število prebivalcev Ljubljane po posameznih popisih.

Vse slike (fotografije, zemljevidi, grafi in podobno) v članku so oštevilčene enotno in imajo svoje naslove. Med številko in naslovom je dvopičje. Naslov konča pika. Primer:

Slika 1: Rast števila prebivalcev Ljubljane po posameznih popisih.

Slika 2: Izsek topografske karte v merilu 1 : 25.000, list Kranj.

Za grafične priloge, za katere avtorji nimajo avtorskih pravic, morajo avtorji od lastnika avtorskih pravic pridobiti dovoljenje za objavo. Avtorji naj ob podnapisu dopišejo tudi avtorja slike.

4. Sprejemanje prispevkov

Avtorji morajo prispevke oddati natisnjene v enem izvodu na papirju in v digitalni obliki, zapisane s programom Word. Digitalni zapis besedila naj bo povsem enostaven, brez zapletenega oblikovanja, poravnave desnega roba, deljenja besed, podčrtavanja in podobnega. Avtorji naj označijo le mastni (krepki) in ležeči tisk. Besedilo naj bo v celoti izpisano z malimi črkami (razen velikih začetnic, seveda), brez nepotrebnih krajšav, okrajšav in kratic. Zemljevidi naj bodo izdelani v digitalni vektorski obliki, grafi pa s programom. Fotografije in druge grafične priloge morajo avtorji oddati v obliki, primerni za skeniranje, ali pa v digitalni rastrski obliki z ločljivostjo vsaj 120 pik na cm oziroma 300 pik na palec, najbolje v formatu TIFF ali JPG.

Avtorji morajo za grafične priloge, za katere nimajo avtorskih pravic, priložiti fotokopijo dovoljenja za objavo, ki so ga pridobili od lastnika avtorskih pravic.

Avtorji naj prispevke pošiljajo na naslov urednika:

Igor Žiberna
Oddelek za geografijo
Filozofska fakulteta
Univerza v Mariboru
Koroška 160
2000 Maribor
e-pošta: igor.ziberna@um.si
telefon: 02 2293 654
faks: 02 251 81 80

5. Recenziranje člankov

Članki se recenzirajo. Recenzijo opravijo člani uredniškega odbora ali ustrezni strokovnjaki zunaj uredniškega odbora. Če recenziji ne zahtevata popravka ali dopolnitve članka, se avtorju članka recenzij ne pošlje. Uredniški odbor lahko na predlog urednika ali recenzenta zavrne objavo prispevka.

POROČILO RECENZENTA

1. Avtor prispevka
2. Naslov prispevka
3. Recenzent (ime in priimek, znanstveni ali strokovni naziv)
4. Pomen prispevka (ali prinaša nova znanstvena spoznanja)
 - a) da
 - b) ne
 - c) delno
5. Primernost prispevkov (ali naslov primerno poda vsebino)
 - a) da
 - b) ne
 - c) delno
6. Uporaba znanstvenega aparata, ustrezno navajanje virov in literature
 - a) da
 - b) ne (opozori na morebitne pomanjkljivosti)
 - c) delno
7. Pripombe in predlogi za izboljšanje besedila (priložite na posebnem listu)
8. Priporočam, da se prispevek sprejme:
 - a) brez pripomb
 - b) z manjšimi popravki
 - c) po temeljiti reviziji (na osnovi pripomb recenzenta)
 - d) zavrne

Datum:

Podpis recenzenta: