

# Prostorna analiza utjecaja buke kao posljedice prometa u gradu Rijeci na primjeru obrazovnih ustanova

---

Kosić, Silvija

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:845900>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-09**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**Silvija Kosić**

**Prostorna analiza utjecaja buke kao posljedice prometa u  
gradu Rijeci na primjeru obrazovnih ustanova**

**Diplomski rad**

**Zagreb**

**2022.**

**Silvija Kosić**

**Prostorna analiza utjecaja buke kao posljedice prometa u  
gradu Rijeci na primjeru obrazovnih ustanova**

**Diplomski rad**  
predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistre geografije

**Zagreb**

**2022.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija*; smjer: *Geografski informacijski sustavi* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Slavena Gašparovića.

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

**Prostorna analiza utjecaja buke kao posljedice prometa u gradu Rijeci na primjeru obrazovnih ustanova**

Silvija Kosić

**Izvadak:** Promet je neizostavan dio ljudske svakodnevice čija je glavna uloga povezivanje prostora. Centralni dio rada usmjeren je na proučavanje posljedice prometa koja intenzivno utječe na društvo u prometnom prostoru - buke. Buka uvjetovana prometom jedan je od ključnih zagađivača životne i radne okoline modernog svijeta. Utjecaj buke kao posljedice prometa na čovjeka je višestruk, no ona ponajviše rezultira smanjenjem kvalitete života i negativnim utjecajem na zdravlje kroz izazivanje kardiovaskularnih i psiholoških problema. Također, promet ima negativni učinak i na kognitivne sposobnosti što najviše ugrožava djecu i mlade. Ovim radom istražila se prostorna diferencijacija prometne buke na području grada Rijeke, a poseban naglasak u istraživanju bio je na utjecaju prometne buke na odabrane obrazovne ustanove u Rijeci. Istraživačke metode koje su korištene pri izradi diplomskog rada su prostorne analize u GIS-u te metoda prikupljanja podataka putem anketnog upitnika. Cilj rada je bila izrada karte buke, definiranje dijelova grada Rijeke i obrazovnih ustanova najugroženijih prometnom bukom istražiti te ustanoviti kakav utjecaj buka uzrokovana prometom ima na obrazovne ustanove. Rezultati istraživanja pokazali su kako su škole u gradu Rijeci izloženo umjereno glasnim i glasnim razinama prometne buke, a gotovo polovica škola ima više vrijednosti buke od najviših dopuštenih vrijednosti buke za zonu namijenjenu postojanju škola. Također, rezultati istraživanja ukazali su kako je ugroženost škole prometnom bukom u korelaciji s udaljenošću škole od prometnica i njenom kategorizacijom.

53 stranica, 30 grafičkih priloga, 2 tablice, 85 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

**Ključne riječi:** grad Rijeka, prometna buka, obrazovne ustanove, prostorne interpolacije

**Voditelj:** doc. dr. sc. Slaven Gašparović

**Povjerenstvo:** doc. dr. sc. Slaven Gašparović  
prof. dr. sc. Martina Jakovčić  
doc. dr. sc. Luka Valozić

**Tema prihvaćena:** 13. 1. 2022.

**Rad prihvaćen:** 8. 9. 2022.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

### **Spatial analysis of the impact of noise caused by traffic in the city of Rijeka: a case study of educational institutions**

Silvija Kosić

**Abstract:** Traffic is an indispensable part of human everyday life, whose main role is to connect space. The central part of the work is focused on the study of the consequences of traffic that intensively affects society in the traffic area - noise. Noise caused by traffic is one of the key pollutants in the living and working environment of the modern world. The impact of noise as a consequence of traffic on humans is manifold, but it mostly results in a reduction in the quality of life and a negative impact on health by causing cardiovascular and psychological problems. Also, traffic has a negative effect on cognitive abilities, which endangers children and young people the most. This paper investigated the spatial differentiation of traffic noise in the area of the city of Rijeka, and a special emphasis in the research was on the impact of traffic noise on selected educational institutions in Rijeka. The research methods used in the preparation of the diploma thesis are spatial analysis in GIS and the method of data collection through a survey questionnaire. The aim of the work was to create a noise map, to define the parts of the city of Rijeka and the educational institutions most threatened by traffic noise, and to investigate to establish the impact of traffic noise on educational institutions. The results of the research showed that schools in the city of Rijeka are exposed to moderately loud and loud levels of traffic noise, and almost half of the schools have noise values higher than the highest permissible noise values for the zone intended for the existence of schools. Also, the research results indicated that the school's vulnerability to traffic noise correlates with the school's distance from roads and its categorization.

53 pages, 30 figures, 2 tables, 85 references; original in Croatian

Keywords: city of Rijeka, traffic noise, educational institutions, spatial interpolations

Supervisor: Slaven Gašparović, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Slaven Gašparović, PhD, Assistant Professor  
Martina Jakovčić, PhD, Full Professor  
Luka Valožić, PhD, Assistant Professor

Thesis title accepted: 13/01/2022

Thesis accepted: 08/09/2022

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

*Na kraju svog dugogodišnjeg obrazovanja želim zahvaliti svima koji su me podupirali i uljepšali put do diplome. Prvenstveno, neizmjereno hvala mojim roditeljima, Tamari i Ivici, na svemu što su mi omogućili kroz život, sestri Renati i svojoj ostaloj rodbini na bezuvjetnoj potpori i ljubavi. Veliko hvala mom Davidu na potpori, pomoći i motivaciji na koju sam uvijek mogla računati. Također, veliko hvala svim prijateljima koji su mi uljepšali studentske dane. Zahvaljujem i svim profesorima s Geografskog odsjeka na prenesenom znanju, a posebno hvala mom mentoru, doc. dr. sc. Slavenu Gašparoviću na pomoći, savjetima i vodstvu tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PREDMET ISTRAŽIVANJA</b> .....	3
<b>3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE</b> .....	4
<b>4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA</b> .....	4
<b>5. TEORIJSKO – METODOLOŠKI OKVIR RADA</b> .....	6
5.1. PROSTORNO - VREMENSKI OBUHVAT ISTRAŽIVANJA .....	7
5.2. TEORIJSKI OKVIR RADA .....	8
5.2.1. Buka .....	8
5.2.1.1. Terminološka napomena .....	10
5.2.2. Uredbe i zakoni o buci .....	11
5.2.2.1. Nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP).....	12
5.2.3. Karte buke .....	13
5.3. METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA .....	16
5.3.1. Prostorna interpolacija.....	17
5.3.1.1. Postupak prostorne interpolacije .....	18
5.3.2. Metode prostorne interpolacije.....	19
5.3.3. Metode provjere .....	21
5.3.3.1. Validacijski indikatori .....	22
<b>6. KARTA BUKE GRADA RIJEKE</b> .....	25
6.1. ANALIZA PROSTORNE RASPROSTRANJENOSTI BUKE .....	29
<b>7. ANALIZA UTJECAJA BUKE UZROKOVANE PROMETOM NA OBRAZOVNE USTANOVE</b> .....	31
7.1. PREDVIĐANJE VRIJEDNOSTI BUKE NA LOKACIJAMA ŠKOLA .....	32
7.2. ANALIZA KORELACIJE UDALJENOSTI ŠKOLA OD PROMETNICA I PREDVIĐENE BUKE.....	34



<b>8. REZULTATI ANKETNOG ISTRAŽIVANJA</b> .....	37
8.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	37
<b>9. ZAKLJUČAK</b> .....	45
9.1. OSVRT NA ISTRAŽIVAČKE HIPOTEZE.....	45
9.2. OGRANIČENJA I ODREDNICE ZA BUDUĆA ISTRAŽIVANJA.....	46
<b>10. POPIS LITERATURE</b> .....	47
<b>11. POPIS IZVORA</b> .....	50
<b>PRILOZI</b> .....	VIII

## 1. UVOD

Onečišćenja su zbog svog negativnog djelovanja na živi svijet i okoliš jedan od vodećih svjetskih problema. Enciklopedija Britannica (2022) onečišćenje definira kao dodavanje tvari ili energije u okoliš većom brzinom od one koja se može raspršiti, razrijediti, razgraditi, reciklirati ili pohraniti u bezopasnom obliku. Glavne, tradicionalne, vrste onečišćenja poput onečišćenja zraka, onečišćenja vode i onečišćenja tla već desetljećima predstavljaju globalni problem, a u novije vrijeme sve veću pažnju i zabrinutost izazivaju specifične vrste onečišćenja koje napretkom modernog društva postaju sve izraženije i opasnije (National Geographic, n.d.). Onečišćenje bukom ubraja se u spomenute specifične vrste onečišćenja. Onečišćenje bukom općenito se definira kao redovito izlaganje povišenim razinama zvuka koji mogu dovesti do štetnih učinaka na ljude ili druge žive organizme (Environmental Pollution Centers, n.d.), a Slabbekoorn (2019) dodatno pojašnjava kako je onečišćenje bukom posljedica antropogene buke, odnosno zvukova proizvedenih ljudskom aktivnošću. Navodi kako su neki zvukovi antropogene buke namjerni i željeni, poput glazbe, međutim većina antropogene buke je neželjena i obično je nusprodukt, primjerice prometa.

Švedski autori Tybe i Fosbroke već su 1826. godine dali prve podatke o štetnom djelovanju buke na ljudsko zdravlje (Zorić, 2019). Međutim, buka je dugo vremena bila "zaboravljeni zagađivač" te je promatrana kao neizbježni i sastavni dio života pri čemu se zaboravljalo na štetne posljedice koje uzrokuje. Napokon, Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) buku je proglasila zagađivačem 1972. godine zahvaljujući znanstvenim istraživanjima koja su ukazala na negativne posljedice koje može izazvati izlaganje buci. Naglo podizanje svijesti o ozbiljnosti posljedica dogodilo se kada su utvrđene jasne poveznice između izloženosti buci i štetnih učinaka na zdravlje (Murphy i King, 2014). Kao posljedica dugotrajne izloženosti štetnim razinama buke, Europska agencija za okoliš navodi podatak o 12 000 preranih smrti i 48 000 slučajeva kardiovaskularnih bolesti. Smatra se i kako 22 milijuna ljudi kronično pati od različitih smetnji izazvanih visokim razinama buke, dok 6,5 milijuna ljudi pati od kroničnih poremećaja sna (Europska agencija za okoliš, 2020).

Promet se smatra jednim od najvećih zagađivača prostora bukom, a porast mobilnosti putnika i tereta dodatno je pojačao ulogu prometa kao izvora buke što je intenziviralo negativni utjecaj buke uzrokovane prometom na prostor (Rodrigue, 2020). Najveći izvor onečišćenja bukom je cestovni promet iako postoje oblici prometa koji su pojedinačno puno glasniji,

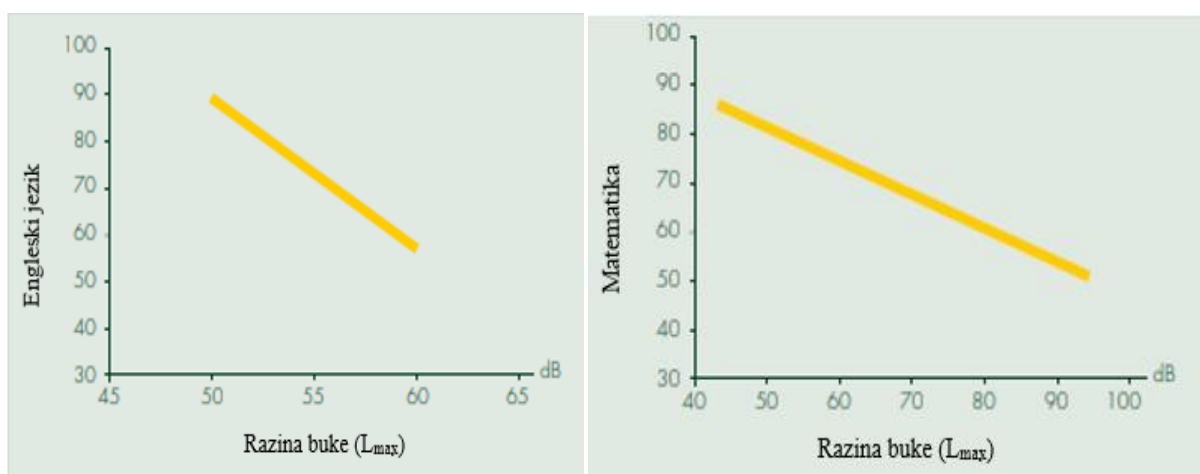
primjerice zračni promet, a uzrok tome je što je zagađenje bukom prisutno kroz vibracije čiji je utjecaj lokalni budući da se brzo smanjuju udaljenošću (Rodrigue, 2020).

S problematikom buke uzrokovane prometom suočene su sve europske zemlje pri čemu je problem znatno izraženiji u gradskim područjima (Europska agencija za okoliš, 2020). Gradovi pokušavaju kontrolirati razine buke kako bi se očuvala kvaliteta života pri čemu se posebna pozornost pridaje kontroli razine buke u osjetljivim zonama, odnosno područjima gdje se nalaze ustanove iznimno osjetljive na buku – na primjer, zdravstvene i obrazovne ustanove. Osjetljivost takvih ustanova promatra se kroz prizmu potrebe njihovih korisnika za mirnim i tihim okruženjem te na ozbiljnosti posljedica koje okruženje suprotnih obilježja može izazvati kod korisnika (Bhave i Sayed, 2015).

Sukladno europskim trendovima, u Hrvatskoj je problematika buke uzrokovane prometom najizraženija u najvećim gradovima. Vodeći hrvatski gradovi po veličini su Zagreb (777 183 stanovnika) i Split (162 873 stanovnika), a slijedi ih Rijeka sa 108 622 stanovnika (DZS, 2021). Grad Rijeka je najveći grad u Primorsko-goranskoj županiji čije je i središte, a ima i funkciju makroregionalnog centra za Istru, Kvarner, Gorski kotar i dio Like (Tonković, n.d.). Zahvaljujući svojem geografskom položaju, statusu makroregionalnog središta i povijesnom nasljeđu, Rijeka je vrlo važno prometno čvorište i luka s bitnom ulogom u prometnom povezivanju različitih dijelova Republike Hrvatske. Rastom gospodarskog, turističkog i lokalnog značaja u njoj su se razvili gotovo svi oblici prometa koji su sa sobom donijeli niz pozitivnih, ali i negativnih učinaka (Karčić i Kosić, 2019). Jedan od negativnih učinaka je svakako buka uzrokovana prometom, a pregledom dostupne bibliografije utvrđeno je kako ne postoje istraživanja o utjecaju buke uzrokovane prometom na osjetljive zone grada Rijeke, stoga se pojavila potreba za proučavanjem prostorne rasprostranjenosti buke uzrokovane prometom na području grada Rijeke s posebnim osvrtom na obrazovne ustanove kao primjerom ustanove osjetljive na buku.

## 2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Obrazovanje je kompleksan proces na koji utječe niz obilježja koji se mogu svrstati u tri glavne kategorije: individualna obilježja učenika, obilježja uže socijalne okoline te obilježja škole i nastavnika. U individualna obilježja učenika ubrajaju se inteligencija, osobine ličnosti, motivacija i sl., u obilježja uže socijalne okoline ubrajaju se struktura obitelji, financijsko stanje obitelji, obrazovanje roditelja i dr., a pod obilježjima škole i nastavnika podrazumijevamo veličinu i vrstu škole, veličinu razreda, osobine učitelja i dr. (Dević, 2015). U kategoriju obilježja škole i nastavnika može se uvrstiti i okruženje škole koje znatno doprinosi školskim postignućima učenika, stoga zone obrazovanja zahtijevaju mirno okruženje s minimalno smetnji, uključujući smetnju buke prometa (Matondang i Matondang, 2017). Suprotno okruženje od zahtijevanog, izrazito negativno utječe na razvoj i postignuća učenika što su potvrdila istraživanja koja su pokazala kako je uspjeh učenika u korelaciji s izloženosti razinama buke. Naime, na Sl.1. uočava se kako učenici koji su bili izloženi višim razinama buke, postigli su lošije rezultate i u matematici i u jeziku od učenika koji su bili izloženi nižim razinama buke. Uzrok lošijih rezultata je negativni utjecaj visokih razina buke na koncentraciju djece. Negativni je utjecaj još izraženiji kod učenika s posebnim potrebama. Osim na učenike, buka prometa kao vanjski faktor utječe i na nastavnike koji se često bore s problemom gubitka glasa i glasnica jer moraju pričati glasnije kako bi učenicima bili dovoljno glasniji od buke (Ecophon, n.d.). Predstavljeni rezultati istraživanja bili su dodatna motivacija za odabir obrazovnih ustanova kao temeljnog predmeta istraživanja u radu.



Sl.1. Korelacija između uspjeha učenika i izloženosti buci

Izvor: Ecophon, n.d.

### **3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE**

Kao posljedica prethodno spomenutog učinka buke prometa na obrazovne ustanove, rad je usmjeren na proučavanje utjecaja buke prometa na obrazovne ustanove s ciljem istraživanja kako buka prometa utječe na obrazovne ustanove u gradu Rijeci, odnosno proučavanja prostorne diferencijacije ugroženosti obrazovnih ustanova od buke i analize utjecaja na izvođenje nastave, nastavnike i učenike. Također, prije analize utjecaja buke prometa na obrazovne ustanove, napravljena je i analiza prostorne rasprostranjenosti buke uzrokovane prometom za cijelo područje grada Rijeke s ciljem boljeg razumijevanja rezultata istraživanja i razlučivanja dijelova grada koji su jače ugroženi prometnom bukom od onih dijelova gdje je problem manje prisutan. Sukladno ciljevima istraživanja, postavljene su sljedeće istraživačke hipoteze:

H1: Središnji dijelovi grada Rijeke ugroženiji su prometnom bukom od perifernih dijelova.

H2: Škole bliže prometnicama ugroženije su bukom uzrokovanom prometom u odnosu na škole udaljenije od prometnica.

H3: U školama ugroženijima prometnom bukom, prometna buka ima veći utjecaj na izvođenje nastave, nastavnike i učenike.

### **4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA**

Pregledom dosadašnjih istraživanja utvrđeno je postojanje velikog broja stručnih i znanstvenih radova, knjiga i studija slučaja s temom buke. Budući da je buka izrazito kompleksna tema koja se može proučavati s različitih aspekata, autori istraživanja različitih su struka s različitim interesima pri istraživanju buke.

Stručnjaci iz područja biomedicinskih znanosti u svojim radovima istražuju utjecaj buke na zdravlje, a posebno velik broj radova bavi se razvojem kardiovaskularnih bolesti kao posljedice izloženosti buci (na primjer Sørensen i Pershagen, 2019 te Münzel i dr., 2021). Biolozi proučavaju utjecaj buke na biljni i životinjski svijet (Kunc, 2019, Sordello i dr., 2020), a ugrožavanje okoliša bukom istražuju znanstvenici iz područja zaštite okoliša (Anees, 2017). Građevinari proučavaju buku s ciljem izvedbe građevinskih projekata u skladu sa Zakonom o zaštiti od buke te pronalaskom rješenja za smanjenje buke (Lakušić i dr., 2004). Stručnjaci iz područja prometnih znanosti pri istraživanju buke naglasak stavljaju na analizu buke pojedinog

prometnog sredstva, primjerice zrakoplova, te načine kako umanjiti emisiju buke (Franjić, 2020 i Marinčić, 2021). Zabilježen je i značajan broj diplomskih radova studenata geodezije s temom buke pri čemu su većinom usmjereni na izradu dinamičkih karata buke i proučavanju javno dostupnih aplikacija za mjerenje buke (Hajtić, 2017 i Dželalija, 2018).

Pregledom dostupne hrvatske geografske bibliografije uočen je nedostatak radova na temu buke uzrokovane prometom, s druge strane međunarodna geografska bibliografija bogata je istraživanjima tematike buke uzrokovane prometom. Posebno se ističe istraživačka grupa sa Sveučilišta u Quebecu koja istražuje problematiku buke uzrokovane prometom na primjeru Montreala. Primjerice, proučavaju razine izloženosti buci i onečišćenom zraku ovisno o načinu prijevoza u razdoblju najvećeg prometa u Montrealu (2016), a u jednom od radova istražuju izloženost biciklista onečišćenju bukom uzrokovane prometom u središnjim dijelovima Montreala (2016). Jedna od tema njihovog proučavanja jest i utjecaj buke uzrokovane prometom na osjetljive skupine stanovništva, stoga se jedan od radova bavi tematikom ugroženosti bukom područja naseljenih siromašnim stanovništvom i nacionalnim manjinama (2016). Autori Collins i dr. (2020) proučavaju različitu izloženost stambenih objekata buci prometa iz cestovnih i zračnih izvora u Sjedinjenim Američkim Državama, a korisno je spomenuti i rad autora Marquart i dr. (2021) koji se temelji na metodološkoj raspravi o percipiranoj i izmjerenoj buci prometa i zagađenju zraka.

Utjecaj buke uzrokovane prometom na obrazovne ustanove također je predmet istraživanja stručnjaka različitih struka koji se unatoč različitoj metodologiji istraživanja, slažu kako buka negativno utječe na obrazovne ustanove, odnosno nastavnike i učenike. Matondang i Matondang (2017) proveli su istraživanje o utjecaju buke na osnovnu školu u indonezijskom gradu Medan i zaključili kako buka ima izrazito negativni psihološki učinak na djecu. Shield i Dockrell (2008) također su proučavale utjecaj buke na osnovnoškolsku djecu pri čemu je naglasak u istraživanju bio na akademskim postignućima i nije se proučavala samo vanjska buka, već i unutarnja. Rezultati istraživanja su pokazali kako su djeca izložena većim razinama buke postigla lošije rezultate na ispitima. Woolner i Hall (2010) proučavale su buku u obrazovnim ustanovama s aspekta rješavanja problema holističkim pristupom. U hrvatskoj bibliografiji pronađen je samo jedan rad koji proučava utjecaj buke na obrazovne ustanove i to na način da se ispituje korelacija između izloženosti buci i rizičnog ponašanja učenika odabrane srednje škole (Tomic Jovanović, 2015). Nedostatak radova koji proučavaju utjecaj buke na obrazovne ustanove u hrvatskoj bibliografiji poslužio je kao dodatna motivacija pri istraživanju i pisanju rada.

Važno je istaknuti kako brojna istraživanja u svojim analizama koriste geografske informacijske sustave kao alat koji se uz znanja iz kartografije, informatike i matematike, temelji i na znanju iz geografije kroz prostorne analize što upućuje kako znanja iz geografije na drugačiji način, kroz druge struke, pridonose istraživanju ove tematike.

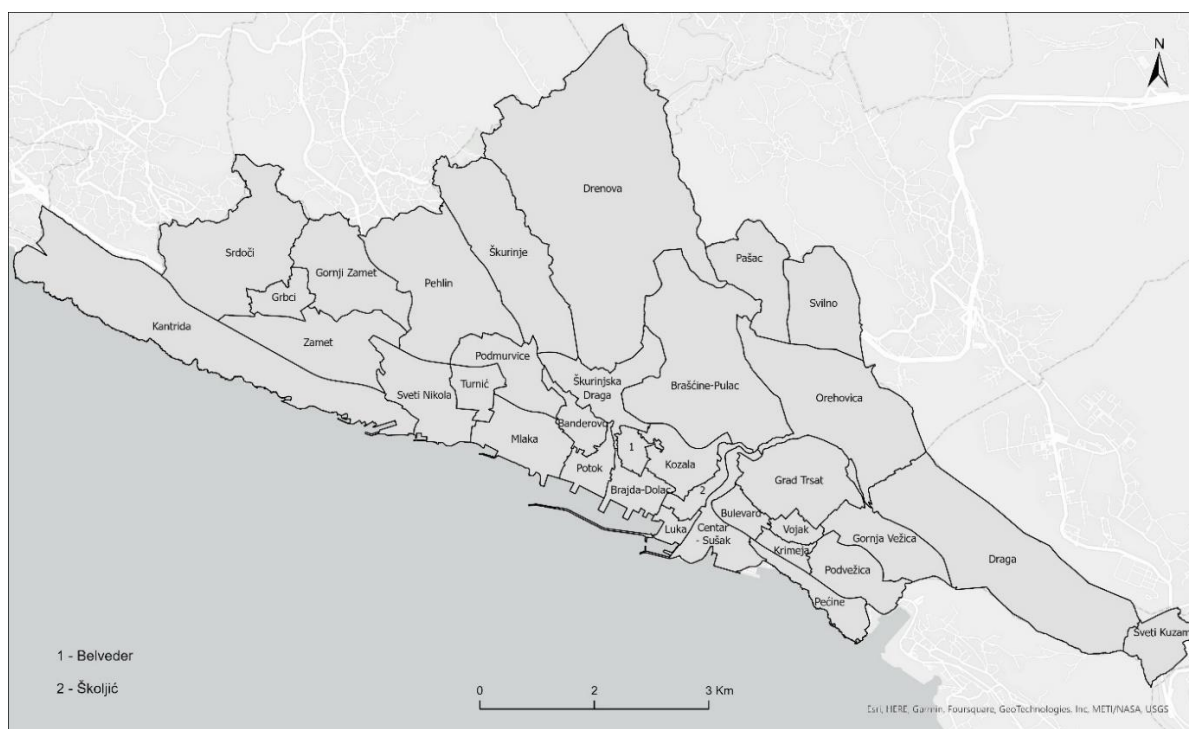
## 5. TEORIJSKO – METODOLOŠKI OKVIR RADA

Metodološki pristup u ovom radu u skladu je s istraživanja u geografiji i temelji se na analizi u GIS-u kao primarnom načinu istraživanja, dok sekundarni način istraživanja predstavlja anketni upitnik koji upotpunjuje rezultate dobivene analizom u GIS-u. GIS alati korišteni su za predviđanje vrijednosti prometne buke na lokacijama škola te utvrđivanju odnosa između udaljenosti škola od prometnice i predviđenih vrijednosti buke. Naposljetku, dobiveni rezultati su analizirani kako bi se prostorno diferencirala rasprostranjenost buke pri čemu je naglasak stavljen na obrazovne ustanove. Korišteni GIS alati dio su softverskog paketa ArcGIS Pro 2.8.0. Osim analiza u GIS-u, diplomski rad sadrži i analizu odgovora prikupljenih anketnim upitnikom čiji je fokus na istraživanju stavova nastavnika i nastavnica o utjecaju buke kao posljedice prometa na kvalitetu izvođenja nastave, učenike i nastavnike. Anketni upitnik je izrađen i proveden pomoću besplatnog online alata za izradu obrazaca, *Google Forms*.

Pri pisanju diplomskog rada proučavana je i relevantna znanstvena i stručna literatura iz različitih znanstvenih polja što je doprinijelo boljem i kompleksnijem uvidu u problematiku buke. Za stjecanje novih znanja i pisanje rada, izrazito je važnu ulogu imala knjiga *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy* Ende Murphy i Eoina A. Kinga (2014) koja predstavlja najcjelovitiji i najdetaljniji rad s temom buke.

## 5.1. PROSTORNO - VREMENSKI OBUHVAT ISTRAŽIVANJA

Prostorni okvir istraživanja je grad Rijeka<sup>1</sup>. Administrativnom podjelom iz 1993. godine, podijeljena je na trideset četiri mjesna odbora prikazanih na Sl.2.: Banderovo, Belveder, Brajda-Dolac, Brašćine-Pulac, Bulevard, Centar-Sušak, Draga, Drenova, Gornja Vežica, Gornji Zamet, Grad Trsat, Grbeci, Kantrida, Kozala, Krimeja, Luka, Mlaka, Orehovica, Pašac, Pećine, Pehlin, Podmurvice, Podvežica, Potok, Srdoči, Sveti Kuzam, Sveti Nikola, Svilno, Školjić-Stari grad, Škurinje, Škurinjska Draga, Turnić, Vojak i Zamet. Ukupna površina Grada Rijeke je 44 km<sup>2</sup> (Grad Rijeka, 2022a). Obrazovne ustanove na prostoru grada Rijeke odabrane su zato što, osim što se ubrajaju u skupinu osjetljivih ustanova na prometnu buku, predstavljaju i dovoljno velik uzorak za istraživanje te međusobno dijele brojna slična obilježja.



### Sl.2. Administrativna podjela grada Rijeke

Izvor: autorica prema DGU, 2016; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.; Grad Rijeka, 2022a

<sup>1</sup> Prostorni obuhvat grada Rijeke istovjetan je prostornom obuhvatu Grada Rijeke.



Podaci korišteni za analizu u GIS-u rezultat su službenog mjerenja buke na području grada Rijeke za potrebe izrade strateške karte buke i datiraju iz 2016. godine kada je posljednji put napravljena strateška karta buke za grad Rijeku. Unatoč relativnoj zastarjelosti podataka, njihova će obrada, analiza i prikaz omogućiti dobar uvid u pogođenost grada Rijeke prometnom bukom. Budući da je anketiranje nastavnika izvršeno u razdoblju od 15. lipnja do 15. srpnja 2022. godine, prikupljeni odgovori su recentni i može se reći kako predstavljaju trenutne stavove nastavnika. Anketno istraživanje detaljnije je objašnjeno u poglavlju 8.

## 5.2. TEORIJSKI OKVIR RADA

### 5.2.1. Buka

Hrvatska enciklopedija (2021) buku definira kao “vrlo glasne, čovjeku neugodne, čak i bolne zvukove”. Zakon o zaštiti od buke Republike Hrvatske (2021) sadrži detaljniju definiciju buke - “neželjen ili po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskome prostoru izazvan ljudskom aktivnošću, uključujući buku koju emitiraju: prijevozna sredstva, cestovni promet, pružni promet, zračni promet, pomorski i riječni promet kao i postrojenja i zahvati za koje se prema posebnim propisima iz područja zaštite okoliša pribavlja rješenje o okolišnoj dozvoli, odnosno rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš”. Murphy i King (2014) opisuju buku slično kao Zakon o zaštiti od buke – “buka je neželjeni zvuk nastao ljudskim aktivnostima koji se smatraju štetnima ili štetnima za ljudsko zdravlje i kvalitetu života”. Također, navode i kako je buka svaki zvuk koji nije prikladan pojedinoj situaciji.

Određivanje zvuka prikladnosti situaciji vrlo je subjektivno i može varirati od pojedinca do pojedinca što znatno utječe na kompleksnost problematike jer ono što nekome predstavlja tek manji podražaj, nekome taj zvuk može izazvati različite smetnje (Murphy i King, 2014). Kao posljedica spomenute subjektivnosti i kompleksnosti određivanja buke, pojavila se potreba za postavljanjem standarda kako bi se utvrdile sigurne i opasne razine buke, stoga su napravljene ljestvice sa standardnim razinama buke s ciljem prevencije oštećenja i gubitka sluha te podizanja svijesti o štetnosti buke na ljudsko zdravlje. Vrijednost koja predstavlja granicu između sigurnih i opasnih razina buke postavljena je na 85 decibela što je posljedica istraživanja američkog Nacionalnog instituta za sigurnost i zdravlje iz 1972. godine kada je utvrđeno kako izloženost buci od 85 decibela negativno utječe na zdravlje te je počela provedba različitih mjera s ciljem očuvanja zdravlja, prvenstveno sluha (Fink, 2016). Ljestvice počinju razredima

od 0 do 25 decibela te od 25 do 45 decibela i oba razreda se karakteriziraju kao tiha. Zvukovi takvih razina nemaju nepovoljnih utjecaja na zdravlje niti postoji ograničenje izloženosti. Slijedi razred od 45 do 85 decibela koji se smatra umjereno glasnim do glasnim. Unatoč višim razinama decibela, ne postoji ograničenje izloženosti. Budući da je dostignuta granica od 85 decibela, svi razredi koji slijede smatraju se opasnim za zdravlje i imaju propisano poželjno izlaganje zvukovima tih vrijednosti. Razred od 85 do 115 decibela smatra se izrazito glasnim i preporučeni maksimum izlaganja tim razinama buke je 8 sati. Nadalje, svi zvukovi viši od 115 decibela smatraju se ekstremno glasnim i opasnim stoga je preporučeno vrijeme izlaganja takvim vrijednostima buke manja od minute (The Institution of Occupational Safety and Health, 2018). Ljestvice često sadrže i različite primjere iz svakodnevnog života po pojedinim razredima kako bismo jednostavnije mogli razlučiti zvukove iz svakodnevnice koji su potencijalno štetni od onih koji to nisu. Štetnost buke uzrokovane prometom najčešće se manifestira kao niz zdravstvenih problema, a utjecaj buke na zdravlje može biti izravan i neizravan. Izravan utjecaj buke određen je interakcijom akustičnog živca s ostalim strukturama središnjeg živčanog sustava, a neizravni utjecaj buke odnosi se na kognitivnu percepciju zvuka pri čemu se u obzir uzimaju razina buke i posljedice koje je izazvao subjektivni doživljaj buke. (Murphy i King, 2014). Ima nepovoljni utjecaj na živčani, krvožilni, probavni i endokrini sustav (Klančnik, 2013).

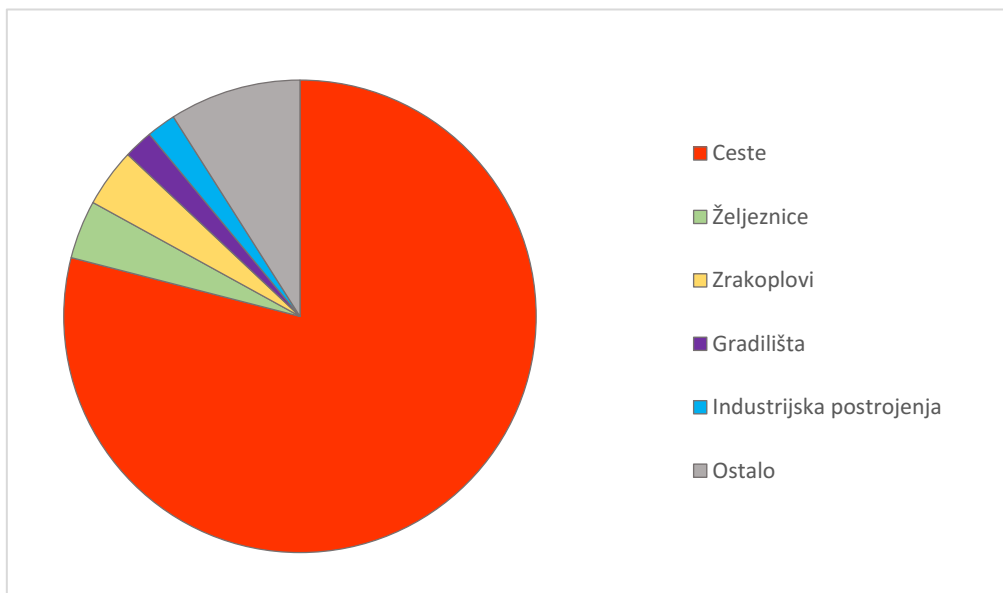
U izravne posljedice buke na zdravlje ubrajamo gubitak sluha, različite oblike oštećenja sluha poput naglušnosti i šumova u uhu te razne poremećaje pri razumijevanju govora i komunikaciji. Također, jedna od izravnih posljedica buke je i smetnja ravnoteže koja može dovesti do nesigurnosti u hodu i zanošenja (Klančnik, 2013). Neizravne posljedice buke uključuju poremećaje rada unutarnjih organa, odnosno neurovegetativne reakcije, poput hipertenzije, endokrinoloških poremećaja i drugih poremećaja metabolizma. U neizravne posljedice spadaju i umor, psihičke reakcije organizma i smanjenje produktivnosti. Izloženost buci za vrijeme spavanja uzrokuje poremećaje sna te povećava krvni tlak i puls (Klančnik, 2013). Izloženost buci utječe i na razvoj kardiovaskularnih bolesti u vidu promjene krvnog tlaka, frekvencije pulsa i disanja, povećanje lučenja adrenalnih hormona i povećanje rizika od infarkta. Prag iznad kojeg se javlja viši rizik za infarkt iznosi 60 decibela (Klančnik, 2013). Kronična izloženost buci negativno utječe na kognitivne sposobnosti u vidu smanjenja pažnje, poteškoćama s koncentracijom, smanjenoj motivaciji i slabijim pamćenjem kompleksnijih podataka što naposljeku može dovesti do slabijih rezultata na poslu ili u školi (Klančnik, 2013). Berglund i Lindvall (1995) navode kako dugotrajna buka intenziteta koji prelazi 85 decibela može izazvati oštećenje sluha, no izvanlušne simptome poput prethodne spomenutih

poremećaja rada unutarnjih organa, može izazvati i dugotrajna izloženost buci slabijeg intenziteta od oko 65 decibela. Također, Goines i Hagler (2007) ukazuju i kako buka slabog intenziteta od 30 decibela može biti uzrok poremećaja spavanja. Svjetska zdravstvena organizacija navodi kako se štetni učinci na zdravlje počinju pojavljivati i pri razinama buke od 55 decibela ukoliko je riječ o konstantnoj izloženosti, dakle cjelodnevnom vremenskom razdoblju (Europska komisija, n.d.).

#### 5.2.1.1. Terminološka napomena

Izvori buke su različiti, a primarno se dijele na vanjske i unutarnje izvore buke. Vanjski izvori buke obuhvaćaju promet, industriju, građevinske i javne radove, sport i zabavu, dok se u unutarnje izvore buke ubrajaju servisni uređaji, uređaji za emitiranje glazbe i govora, kućanski aparati i slično. Također, buku može stvarati i priroda, primjerice udari groma, slapovi i jaki udari valova, ali i ljudi i životinje (Klančnik, 2013).

Na Sl.3. grafički su prikazani rezultati istraživanja autorica Grubeša i Suhanek (2020) koji ukazuju kako je najzastupljeniji izvor buke promet čiji udio u stvaranju buke iznosi 88%. Najveći udio u stvaranju prometnu buke imaju automobili sa 79%, dok željeznički i zrakoplovni promet sudjeluju s ukupno 8%.



Sl.3. Raspodjela buke prema izvoru

Izvor: autorica prema Grubeša i Suhanek, 2020.

U ovom radu analizirat će se isključivo buka uzrokovana prometom. Svaki termin buke u ovom radu odnosi se na prometnu buku. Analiza svih izvora buke bila bi suviše kompleksna i nevjerodostojna, a glavni izazov bi prvenstveno bio nedostupnost podataka o drugim izvorima buke koji ne uključuju promet.

### 5.2.2. Uredbe i zakoni o buci

Mjere koje se donose s ciljem izbjegavanja, sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu propisane su Zakonom o zaštiti od buke. Zakonom o zaštiti od buke nastoji se spriječiti nastajanje emisije prekomjerne buke, odnosno smanjiti postojeća buka na propisane dopuštene razine (Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka, NN 143/2021).

Najviše dopuštene razine buke u Tab.1. odnose se na otvoreni prostor, a vrijednosti se razlikuju ovisno o funkciji zone. Razlikuju se propisane najviše dopuštene razine za dan (oznaka  $L_{day}$ ), večer (oznaka  $L_{evening}$ ), noć (oznaka  $L_{night}$ ) te za cjelodnevno razdoblje (oznaka  $L_{den}$ ). Zone zaštićenih tihih područja namijenjene odmoru i oporavku, zaštićena prirodna područja i spomenike te tiha područja izvan naseljenog područja spadaju u najosjetljiviju zonu na buku pa su tako najviše dopuštene razine buke za tu zonu najniže. Najviše dopuštene vrijednosti cjelodnevnog razdoblja su 50 decibela. Slijede je zone namijenjen stalnom stanovanju i zone mješovite namjene s pretežito stambenom namjenom čija je najviša vrijednost dopuštene buke 56 i 57 decibela. Nakon zona potpuno ili pretežno namijenjenih stanovanju, slijede zone gospodarske namjene koje imaju više vrijednosti dopuštene razine buke. Zona mješovite namjene s pretežno poslovnom namjenom ima najvišu dopuštenu vrijednost za cjelodnevno razdoblje 66 decibela, a zatim je zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi, ugostiteljsko-turistički objekti i dr.) za koju je propisana najviša dopuštena razina buke među svim zonama te iznosi 67 decibela za cjelodnevno razdoblje. Posebna zona je zona broj 6 čije najviše dopuštene vrijednosti ovise o vrijednostima najviše dopuštene buke zona s kojima graniči (NN 143/2021).

Tab.1. Najviše dopuštene razine buke u otvorenom prostoru

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenjske razine buke $L_{R,Aeq}$ / dB(A)			
		$L_{day}$	$L_{evening}$	$L_{night}$	$L_{den}$
1.	Zona zaštićenih tihih područja namijenjena odmoru i oporavku uključujući nacionalni park, posebni rezervat, park prirode, regionalni park, spomenik prirode, značajni krajobraz, park-šuma, spomenik parkovne arhitekture, tiha područja izvan naseljenog područja	50	45	40	50
2.	Zona namijenjena stalnom stanovanju i/ili boravku, tiha područja unutar naseljenog područja	55	55	40	56
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	55	45	57
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem, sa povremenim stanovanjem, pretežito poljoprivredna gospodarstva	65	65	50	66
5.	Zona gospodarske namjene pretežito zanatske. Zona poslovne pretežito uslužne, trgovačke te trgovačke ili komunalno-servisne namjene. Zona ugostiteljsko turističke namjene uključujući hotele, turističko naselje, kamp, ugostiteljski pojedinačni objekti s pratećim sadržajima. Zone sportsko rekreacijske namjene na kopnu uključujući golf igralište, jahački centar, hipodrom, centar za zimske sportove, teniski centar, sportski centar – kupališta. Zone sportsko rekreacijske namjene na moru i rijekama uključujući uređena kupališta, centre za vodene sportove. Zone luka nautičkog turizma uključujući sidrište, odlagalište plovih objekata, suha marina, marina.	65	65	55	67
6.	Zona gospodarske namjene pretežito proizvodne industrijske djelatnosti. Zone morskih luka državnog značaja na bitne djelatnosti, zone morskih luka osobitog međunarodnog gospodarskog značaja, zone morskih luka županijskog značaja. Zone riječnih luka od državnog i županijskog značaja.	Razina buke koja potječe od izvora buke unutar ove zone a na granici s najbližom zonom 1, 2, 3 ili 4 u kojoj se očekuju najviše imisijske razine buke, buka ne smije prelaziti dopuštene razine buke na granici zone 1, 2, 3 ili 4.			

Izvor: NN 143/2021

#### 5.2.2.1. Nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP)

Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju 2013. godine, Zakon o zaštiti od buke usklađen je s propisima Europske unije (NN 143/2021), a kao punopravna članica Europske unije, Hrvatska je preuzela i obavezu preuzimanja INSPIRE direktive u svoje zakonodavstvo.

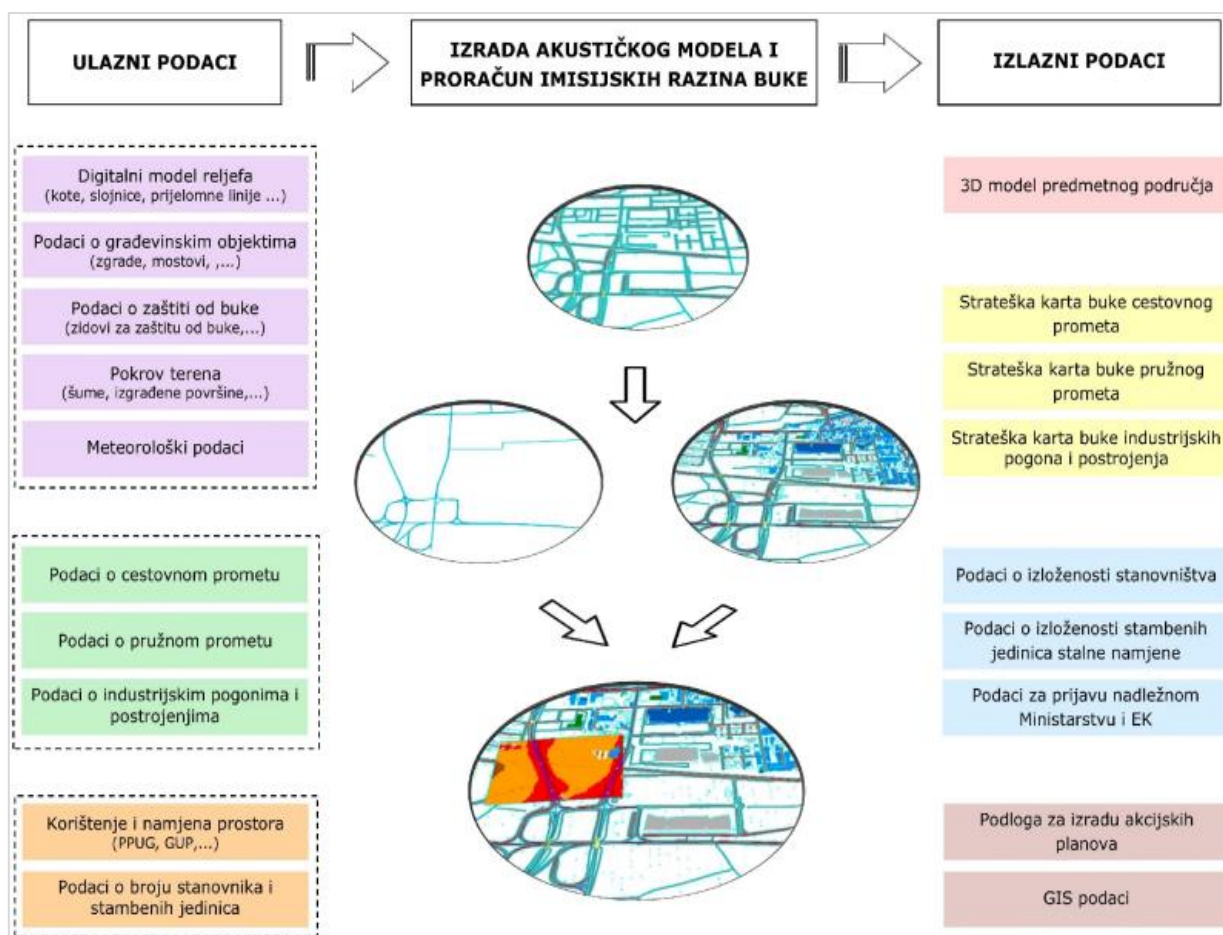
INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information) je direktiva Europskog parlamenta i Vijeća Europe iz 2007. čija je svrha uspostavljanje infrastrukture za prostorne informacije u državama članicama Europske unije (NIPP, 2021a). Hrvatska sastavnica u europskoj infrastrukturi prostornih podataka je Nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP) koji je “skup tehnologija, mjera, normi, provedbenih pravila, usluga, ljudskih kapaciteta i ostalih čimbenika koji omogućavaju djelotvorno objedinjavanje, upravljanje i održavanje dijeljenja prostornih podataka u svrhu zadovoljenja potreba na nacionalnoj, kao i na europskoj razini”. NIPP, odnosno njegov registar, dostupan je na mrežnim stranicama Državne geodetske uprave. Budući da je glavni cilj Nacionalne infrastrukture prostornih podataka učiniti prostorne podatke svima lako dostupnima i razumljivima, u registru NIPP-a svaki je prostorni podatak opisan i spreman za preuzimanje (NIPP, 2021b). Podaci o buci, odnosno karte buke i akcijski planovi

nalaze se u skupini III u temi Ljudsko zdravlje i sigurnost i Sustavi za nadzor okoliša (DGU, 2015a).

### 5.2.3. Karte buke

Zakon o zaštiti od buke nalaže ostvarivanje procesa utvrđivanja izloženosti buci izradom karata buke te osiguravanje dostupnosti korištenih podataka. Karte buke izuzetno su važne kao polazišna točka akustičnog planiranja koje služi upravljanju budućom bukom okoliša (NN 143/2021). Karta buke je grafički prikaz podataka o postojećem ili predviđenom stanju buke uz korištenje indikatora buke. Najčešće prikazuje prekoračenje propisanih dopuštenih vrijednosti te broj ljudi ili stambenih jedinica izloženih određenim razinama buke na određenom području (NN 143/2021). Izrađuju se pomoću računalnih metoda proračuna emisije i širenja buke emitiranih od poznatih izvora u geografskom prostoru, a pravilnici koji propisuju način izrade karata su Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova i Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave. Za izradu detaljnijih karata buke, u obzir se uzimaju i dodatni indikatori poput zvučne izolacije, različite meteorološke prilike i socio-kulturološke navike, udio stanovništva posebno osjetljiv na buku i dr. (Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke, NN 75/2009). Karte buke čine podlogu za izradu strateških procjena utjecaja na okoliš, izradu procjena o utjecaju na okoliš, izradu prostornih planova, određivanje lokacijskih uvjeta i posebnih uvjeta gradnje, utvrđivanje zona osjetljivosti na buku kao i granica tih zona, izradu akcijskih planova za područja na kojima je u karti buke utvrđeno prekomjerno izlaganje stanovništva određenim razinama buke (NN 75/2009). Budući da je njihova namjena zaista široka, postoji više vrsta karata buke, ovisno o njihovoj krajnjoj ulozi.

Strateška karta buke je temeljna karta buke namijenjena ocjenjivanju izloženosti stanovništva buci od različitih izvora buke. Obuhvaća samo jedan određeni izvor buke – cestovni, željeznički, zračni promet i industriju, uključujući i pomorski i riječni promet zajedno s pripadajućom infrastrukturom te objekte za sport i rekreaciju i slično. Sadrže postojeće, prethodno ili predviđeno stanje buke izraženo indikatorom buke, prekoračenje dopuštenih razina buke, procijenjeni broj stanova, škola, bolnica i zgrada sličnih namjena u nekom području koji su izloženi određenim vrijednostima indikatora buke te procijenjeni broj ljudi nekog područja izloženog određenim vrijednostima buke (NN 75/2009).



Sl.4. Metoda izrade strateške karte buke

Izvor: Grad Rijeka, n.d.b

Strateške karte izrađuju se pomoću indikatora buke za cjelodnevno razdoblje ( $L_{den}$ ) kojim se procjenjuje ukupno smetanje bukom i indikatora noćne buke ( $L_{night}$ ) kojim se procjenjuje poremećaj sna. Oba indikatora izražavaju se u decibelima (DGU, 2015a). Javnosti se mogu prikazati na više načina – u tiskanom ili elektroničkom obliku putem grafičkog prikaza ili tablice s broječanim podacima. Strateške karte trajno se usklađuju s promjenama u prostoru i obavezno ih je obnavljati, odnosno ponovno izrađivati svakih pet godina (NN 75/2009).

Konfliktna karta je razlikovna karta buke koja se izrađuje na temelju izrađene strateške karte buke, a iz koje je vidljiva razlika između postojećeg i/ili predviđenog stanja emisije buke i dopuštenih razina buke. Daje podatak o tome koliko je stvarna razina buke u nekom dijelu grada veća ili manja od dopuštene. Na Sl.5. prikazan je primjer konfliktne karte za cestovni promet na kojoj je bojama označena vrijednost stvarne razine buke od dopuštene. Zeleni tonovi označavaju kako je stvarna razina buke u granicama dopuštene razine buke, dok nijanse crvene, smeđe i plave boje ukazuju kako stvarne razine buke prekoračuju dopuštenu razinu buke (Jambrošić, 2011). Konfliktne karte buke su namijenjene izradi akcijskih planova čija je izrada

također propisana Zakonom o zaštiti od buke s ciljem lakšeg upravljanja bukom okoliša kojoj su izloženi ljudi, posebice u područjima osjetljivih na buku poput bolnica i škola (NN 75/2009).



Sl.5. Primjer konfliktne karte buke

Izvor: Jambrošić, 2011.

Naselja s više od sto tisuća stanovnika obavezna su izraditi i donijeti akcijske planove za što je nužno prethodno izraditi strateške karte buke i provesti konzultacije s javnošću. Akcijski planovi sadrže sažetak rezultata strateške karte buke i zaključke s održanih konzultacija s javnošću i sažetak postojećih mjera zaštite od buke koje se koriste ili projekata zaštite od buke koji su u fazi pripreme, scenarije akcijskih planova. Za izradu akcijskih planova, iznimno su važni scenariji koji se kreiraju pomoću različitih metoda – planiranje i upravljanje prometom, prostorno-planske mjere zaštite od buke, tehnička rješenja zaštite od buke na samom izvoru buke, pravnih ili ekonomskih mjera i drugo (NN 75/2009).

Prikaz svih izrađenih strateških karata buke i akcijskih planova omogućuje web portal Informacijskog sustava strateških karata buke i akcijskih planova. Izrađen je od strane Hrvatske agencije za okoliš i prirodu i Ministarstva zdravstva u sklopu Informacijskog sustava zaštite okoliša Republike Hrvatske (ISZO RH). Za prikupljanje i evidenciju strateških karata buke (SKB) i akcijskih planova (AP) odgovorno je Ministarstvo zdravstva. Budući da poštuje odrednice Nacionalne infrastrukture prostornih podataka i INSPIRE direktive, portal je javno



dostupan i nalazi se na mrežnoj stranici Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja – Zavoda za zaštitu okoliša i prirode u obliku GIS preglednika (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2017). Sadrži strateške karte buke za gradove Bjelovar, Kutinu, Pulu, Sisak i Veliku Goricu izrađene u razdoblju između 2006 i 2008. godine. Strateške karte buke za četiri najveća hrvatska grada, Zagreb, Split, Rijeku i Osijek izrađene su 2011. i 2016. godine. Također, za navedene godine izrađene su strateške karte i za autoceste, županijske ceste u Istarskoj, Primorsko-goranskoj i Splitsko-dalmatinskoj županiji te za glavne željezničke pravce (Agencija za zaštitu okoliša, 2016). Za svaku izrađenu stratešku kartu buke, dostupni su podaci za cjelodnevno vremensko razdoblje ( $L_{den}$ ) i vremensko razdoblje noći ( $L_{night}$ ). Podaci su pohranjeni u obliku sloja, a omogućeno je njihovo preuzimanje u vektorskom, rasterskom i CAD formatu. Vektorski format obuhvaća Shapefile, GeoJSON, KML i GML2, dok rasterski format obuhvaća GeoTiff i ASCII mrežu. Dostupni CAD formati su DXF i DGN. Prikaz podataka, odnosno strateških karata buke, moguć je na tri različite podloge – na digitalnoj ortofoto karti, Hrvatskoj osnovnoj karti te topografskoj karti mjerila 1:25 000.

### 5.3. METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

Upravna tijela grada Rijeke vrlo su rano uočila kako buka ima utjecaj na životne uvjete građana pa je tako već 1997. godine izrađena stručna podloga za izradu Generalnog urbanističkog plana grada Rijeke koja je sadržavala identificirane i sistematizirane stacionarne izvore buke (Grad Rijeka, n.d.a). U godinama koje su uslijedile, izrađena je Karta prometa državne ceste D-8 kroz naselje Draga (2007. godine), strateška i konfliktna karta za cestovni promet grada Rijeke (2008.) te strateška i konfliktna karta za pružni promet (2008.) na području grada Rijeke. Strateške karte prometa izrađene su za vremenska razdoblja dan ( $L_{day}$ ) i noć ( $L_{night}$ ) te za cjelodnevno vremensko razdoblje ( $L_{den}$ ), a konfliktne karte za dan ( $L_{day}$ ) i noć ( $L_{night}$ ) (Grad Rijeka, n.d.a). Osim temeljnih informacija i analiza koje strateške i konfliktne karte buke sadrže, za područje grada Rijeke dodatno su provedene analize izloženosti stanovništva i stanova određenim razinama buke cestovnog i pružnog prometa, analiza izloženosti stanovnika koji žive u stanovnicima s “tihom fasadom”, analiza izloženosti buci ustanova s namjenom posebno osjetljivom na buku, analiza smetnje uzrokovana bukom cestovnog i pružnog prometa te referentna područja akcijskog planiranja zaštite od buke (Grad Rijeka, n.d.a).

Izrađene karte buke nalaze se na mrežnim stranicama Grada Rijeke i javno su dostupne, međutim nalaze se u PDF formatu što znatno umanjuje njihovu preglednost i funkcionalnost

koja se ogleda u nemogućnosti provedbe analize karte u PDF formatu u GIS programu, stoga se pojavila potreba za izradom vlastite karte buke. Karta buke grada Rijeke izrađena je korištenjem gotovih podataka u vektorskom formatu, a prije izrade same karte podaci su obrađeni i uređeni te su provedene različite metode prostorne interpolacije kako bi se utvrdilo koja je metoda prostorne interpolacije najpogodnija za kartografski prikaz buke. Podaci su s mrežne stranice Agencije za zaštitu okoliša preuzeti kao slojevi u ShapeFile vektorskom formatu koji je podržan u programu ArcGIS Pro. Preuzeta su ukupno tri sloja s podacima u poligonskom obliku među kojima dva sloja sadrže podatke cestovnog prometa, a jedan željezničkog prometa. Slojevi cestovnog prometa podijeljeni su na sloj autocesta (oznaka *Mroad*) i cesta (oznaka *Road*). Svi preuzeti slojevi, odnosno svi podaci imaju oznaku  $L_{den}$  što znači da su mjerenja provedena za cjelodnevno vremenskom razdoblje, odnosno za dan, noć i večer. Za potrebe analize i izradu karata, podaci iz tri sloja su pomoću alata *Append* spojeni u jedan sloj pa su tako sloju cesta, prostorno i atributno, pridruženi podaci iz sloja autocesta i željeznica. Prilikom združivanja podataka, atributna tablica zadržala je jednaku strukturu – sastoji se od polja koji sadrže podatak o jedinstvenom identifikacijskom broju zapisa (polje *FID*), obliku podataka (polje *Shape*), najnižim izmjerenim vrijednostima buke (polje *dB\_low*), najvišim izmjerenim vrijednostima buke (polje *dB\_high*). Naknadno je izračunata srednja vrijednost izmjerenih vrijednosti za pojedini zapis, odnosno lokaciju putem alata za računanje *Calculate Field*. Podaci su nakon uređivanja podijeljeni u dva skupa podataka koji će biti korišteni pri provjeri kvalitete metoda prostorne interpolacije, odnosno utvrđivanju točnosti izmjerene i predviđene vrijednosti.

### 5.3.1. Prostorna interpolacija

De Smith i dr. (2007) definiraju interpolaciju kao postupak određivanja nove nepoznate vrijednosti između dviju ili više poznatih vrijednosti neke funkcije. Funkcija može biti poznata, ali u presloženoj formi za računanje, ili pak može biti nepoznata, ali su poznate neke informacije o njoj, primjerice vrijednosti funkcije na nekom skupu točaka. U geografiji se koristi prostorna interpolacija koja se ubraja u geostatističke metode interpolacije i od klasičnih statističkih interpolacija razlikuju u tome što u obzir uzima prostornu zavisnost varijabli. Polazi od pretpostavke da je poznavanjem vrijednosti nekog svojstva u poznatim točkama, moguće ustanoviti njegovu vrijednost i u nepoznatim točkama (Medved i dr., 2010), stoga se koristi u

situacijama kad je potrebno procijeniti vrijednost pojave ondje gdje mjerenje nije obavljeno (Toskić, n.d.).

Budući da su mjerenja buke za potrebu izrade strateške karte buke grada Rijeke provedena duž prometnica, korištenjem metoda prostorne interpolacije u ovom radu dobit će se vrijednosti buke za područja udaljenija od prometnica koja mjerenjima nisu obuhvaćena, a kako ne postoji standardna metoda prostorne interpolacije za izradu karte buke potrebno je samostalno pronaći metodu koja najbolje odgovara ulaznim podacima.

#### 5.3.1.1. Postupak prostorne interpolacije

Postupak prostorne interpolacije proveden je u nekoliko koraka. Prvi korak je provedba same metode interpolacije, a zatim obrada i uređivanje rezultata. Ulazni podatak za svaku metodu prostorne interpolacije je skup za učenje iz sloja *Promet\_training*, a polje s težinskom vrijednošću je *dB* koje sadrži podatak o srednjoj izmjerenoj  $L_{den}$  vrijednosti svake točke izraženu u decibelima. Slijedi provjera odstupanja predviđenih i izmjerenih vrijednosti točaka iz dobivenog geostatističkog sloja i skupa podataka za testiranje iz sloja *Promet\_test*. Provjera je provedena pomoću alata *GA Layer To Points* iz skupa *Geostatistical Analyst* koji izvozi geostatistički sloj u točke, a može se koristiti i za predviđanje vrijednosti na neizmjerenim lokacijama ili za provjeru valjanosti predviđanja napravljenih na izmjerenim lokacijama (ESRI, n.d.a). Krajnji produkt je atributna tablica koja, osim izvornih polja iz testnog sloja, sadrži i podatke o predviđenoj vrijednosti svake točke u polju *Predicted* i razlici naspram izmjerenoj vrijednosti točke u polju *Error*, kao i informaciju o uključenosti pojedine točke u provjeru koja se očitava u polju *Included*. Ukoliko je ulazni podatak u provjeru geostatistički sloj nastao krigingom, atributna tablica sadrži i dodatna polja poput normalne vrijednosti (engl. *Normal Value*), kontinuiranih rangiranih rezultata vjerojatnosti (engl. *Continuous Ranked Probability Score*), validacijskog kvantila (engl. *Validation Quantile*) i drugo. Iz dobivenih podataka u atributnoj tablici, izračunati su parametri potrebni za provjeru valjanosti metode prostorne interpolacije, a zatim je odabrana metoda prostorne interpolacije s najvećom točnošću pomoću metode provjere. Postoji nekoliko metoda provjere valjanosti metode, a u ovom radu korištena je metoda validacije (engl. *validation method*). Također, za svaku metodu prostorne interpolacije postavljani su različiti parametri kako bi se vidjelo ponašanje interpolacijskog modela i nastojalo smanjiti pogreške predviđanja. Nakon što je odabrana najbolja metoda prostorne interpolacije, provedena je nad cijelom skupom podataka, odnosno s cijelim slojem

*Promet* s parametrima koji su rezultirali najmanjom pogreškom u provjerama koje su prethodile.

### 5.3.2. Metode prostorne interpolacije

Metode prostorne interpolacije dijele se u dvije glavne skupine – determinističke i stohastičke metode. Determinističke metode za interpolaciju koriste matematičke funkcije, a stohastičke metode koriste jednako statističke i matematičke metode pri interpolaciji. Determinističkim i stohastičkim metodama je zajedničko što se temelje na Toblerovom prvom zakonu geografije koji glasi kako je sve međusobno povezano, no bliži objekti su međusobno povezani od onih koji su udaljeniji (Johnston i dr., 2001)

U ovom radu nad ulaznim podacima provedene su metoda inverzne udaljenosti (engl. Inverse Distance Weighting, IDW) i metoda radijalnih osnovnih funkcija (engl. Radial Basis Function, RBF) koje ubrajamo u determinističke metode prostorne interpolacije te empirijski Bayesov model kriging metode (engl. Empirical Bayesian Kriging) koji ubrajamo u stohastičke metoda prostorne interpolacije budući da je pregledom radova s izrađenim kartama buke uočeno kako su to najčešće korištene metode prostorne interpolacije. Sve metode su sadržane i provedene pomoću alata iz skupine *Geostatistical Analyst* u ArcGIS Pro paketu.

IDW metodu interpolacije u radu su koristili autori Aytin i dr. (2016), a metodu predlažu i autori Thanh i Hanh (2021). Metoda inverzne udaljenosti za predviđanje vrijednosti za bilo koju lokaciju na kojoj nije provedeno mjerenje koristi izmjerene vrijednosti koje okružuju mjesto predviđanja pri čemu izmjerene vrijednosti bliže lokaciji predviđanja imaju veći utjecaj, odnosno veću težinu, od onih koje su dalje. Ponderi su proporcionalni obrnutoj udaljenosti između izmjerene lokacije i lokacije predviđanja povišene na vrijednost snage  $p$ . Stopa smanjenja pondera ovisi o vrijednosti  $p$ . Pri analizama se obično koriste vrijednosti veće ili jednake jedan pri čemu je najčešće korištena vrijednost dva koja je postavljena kao zadana vrijednost iako ne postoji teoretsko opravdanje superiornosti te vrijednosti nad ostalima, stoga je potrebno ispitati učinak promjene  $p$  pregledom rezultata i ispitivanjem statistike nekom od metoda provjere (Samardžija, 2021).

Metoda radijalnih osnovnih funkcija korištena je pri izradi karata prometne zagađenosti u turskom gradu Safranbolu u radu autora Esmeray i Eren (2021) koji je smatraju izrazito korisnom metodom pri kartiranju buke. Metoda radijalnih osnovnih funkcija je naziv za niz determinističkih metoda prostorne interpolacije. Svaka je metoda uvjetovana svojom osnovnom funkcijom kojih razlikujemo pet (Johnston i dr., 2001) – tankoslojni splajn (engl. *thin-plate*

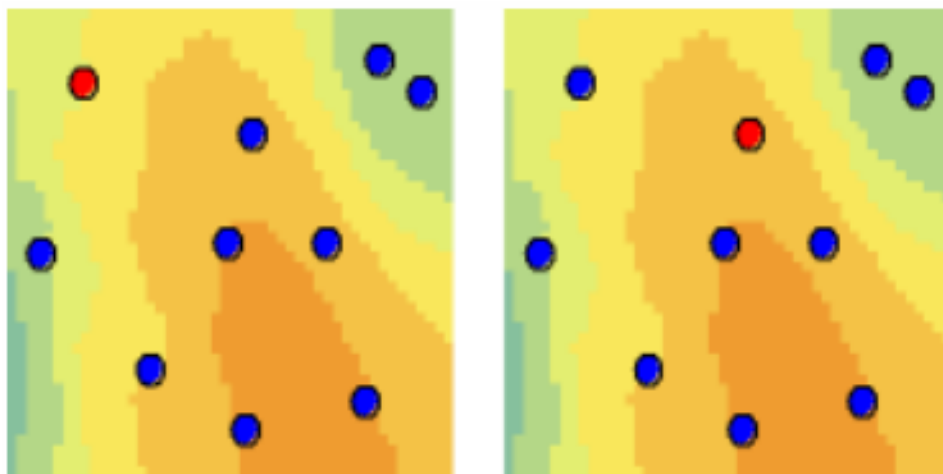
*spline*), splajn s tenzijom (engl. *spline with tension*), potpuno regulirani splajn (engl. *completely regularized spline*), multikvadratna funkcija (engl. *multiquadric function*) i inverzni multikvadratni splajn (engl. *inverse multiquadric spline*) (Šiljeg, 2013). Odabrana radijalna osnovna funkcija stvara se oko svake podatkovne točke, a mijenja se s udaljenošću od lokacije podatkovne točke. Jedinstveno obilježje metode radijalne osnovne funkcije je to što površina mora prolaziti točno kroz podatkovne točke što svaka radijalna osnovna funkcija ostvaruje definiranjem drugačijeg načina na koji će se matematička funkcija uklopiti u određeni broj najbližih ulaznih točaka kako bi prošla kroz ulazne podatkovne točke (Samardžija, 2021). Drugo obilježje metode radijalnih osnovnih funkcija je ukupna zakrivljenost površine koja mora biti minimizirana što osigurava glatku površinu koja prolazi kroz ulazne podatkovne točke (Samardžija, 2021).

Kriging je izrazito popularna metoda pri izradi karata buke. Metoda se pokazala kao najbolja u studiji slučaja s temom predviđanja buke u turskom gradu Isparta u radu autora Harman i dr. (2016). Među brojnim autorima razne struke koji su koristili kriging metodu su i iranski znanstvenici Taghizadeh-Mehrjardi i Zare (2013). Kriging je napredni stohastički ili geostatistički postupak koji se temelji na težinskoj vrijednosti (*weight*) točke koja je rezultat semivariograma nastalog kao posljedica istraživanja prostornog ponašanja cijelog skupa podataka. Također, prilikom predviđanja vrijednosti neizmjenjenih točaka kriging metoda u obzir uzima udaljenost između neizmjenjenih i izmjenjenih točaka (Samardžija, 2021). Kao i kod metode inverzne udaljenosti, veću težinsku vrijednost tj. veći utjecaj imat će izmjerene lokacije koje se nalaze bliže lokaciji predviđanja od onih koje su joj udaljenije. Lokacije koje su jako udaljene imaju izrazito mali utjecaj na točku predviđanja, a mogu i iskriviti podatke ukoliko se područje točke predviđanja znatno razlikuje od područja te izmjerene točke, stoga se obično definira radijus u kojem će se metoda provoditi kako bi se takve, iznimno udaljene točke udaljile iz analize. Definirani radijus ograničava koliko daleko i gdje će biti tražene izmjerene vrijednosti koje će se koristiti u predviđanju (Johnston i dr., 2001). Postoji više modela kriginga čija prikladnosti ovisi o veličini skupa podataka i krajnjem cilju, a ovom prilikom korišten je empirijski Bayesov model (engl. *Empirical Bayesian Kriging, EBK*). Osnovna prednost empirijskog Bayesovog modela je ta što automatski izračunava parametre potrebne za interpolaciju kroz proces podskupova i simulacija. Kod ostalih modela kriginga parametre je potrebno ručno određivati, a često je teško odabrati prave vrijednosti. Također, empirijski Bayesov model ima niže standardne pogreške predviđanja od drugih kriging metoda zbog drugačijeg načina računanja semivariograma. Osim navedenih razloga, ovaj je model odabran i iz razloga što ima veću točnost za manje skupove podataka (ESRI, n.d.b).

### 5.3.3. Metode provjere

Metode provjere namijenjene su provjeri kvalitete prostorne interpolacije koja se ogleda u točnosti predviđene vrijednosti točke. Najčešće se koriste krosvalidacijska metoda i validacijska metoda provjere koje funkcioniraju na način da se izuzme manji broj podataka, a zatim se na preostalim podacima u skupu provodi metoda predviđanja kako bi se ispitalo kakve će vrijednosti biti predviđene na lokacijama izuzetih podataka (Johnston i dr., 2001).

Krosvalidacija i validacija se prvenstveno razlikuju prema načinu provedbe validacije. Krosvalidacija koristi sve podatke za procjenu modela prostorne autokorelacije, a zatim uklanja svaku lokaciju podataka, jednu po jednu, i predviđa vrijednost izuzetog podatka na temelju povezanih vrijednosti (ESRI, n.d.c). Na Sl.6. grafički je prikaz način funkcioniranja krosvalidacije. Prikazano je deset nasumično raspoređenih točaka podataka, a zatim se izostavlja jedna točka (crvena točka) i računa vrijednost izuzete točke pomoću povezanih, susjednih točaka (plave točke). Idući korak je usporedba stvarne i predviđene vrijednosti izuzete točke. Postupak se ponavlja dok se ne predvide vrijednosti za sve stvarne točke.



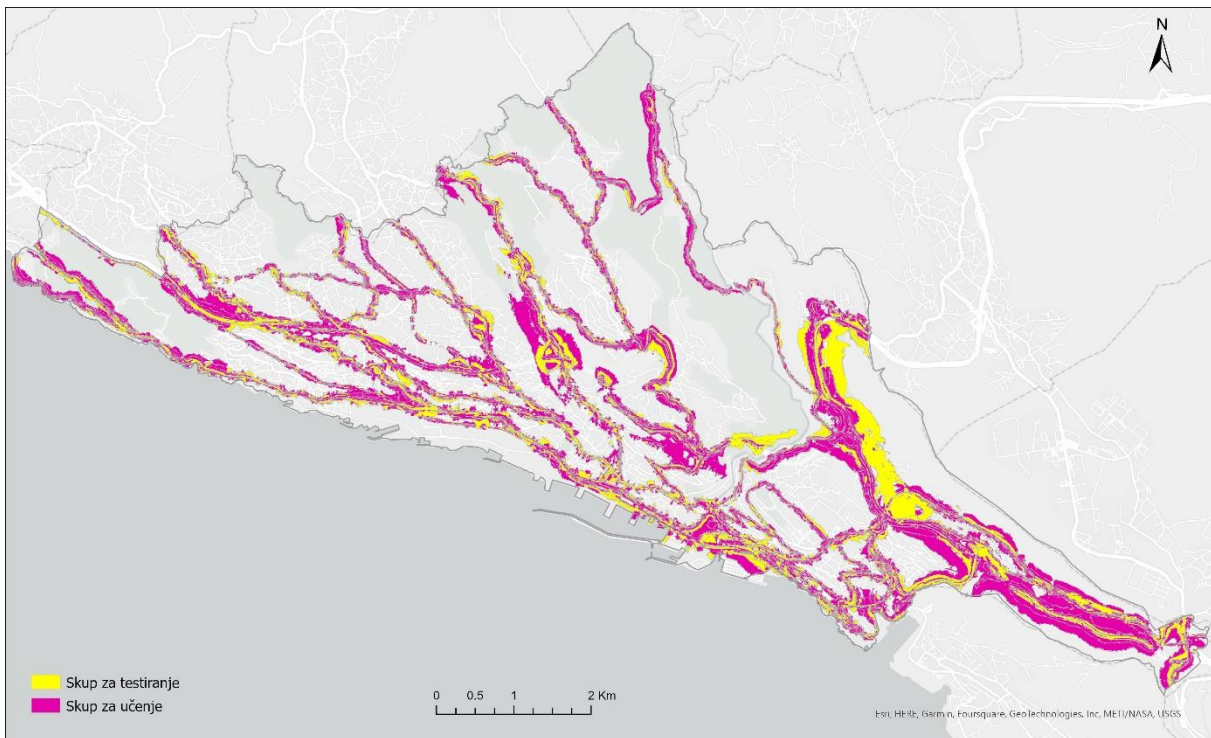
Sl.6. Grafički prikaz načela funkcioniranja metode krosvalidacije

Izvor: ESRI, n.d.b

Dakle, skup podataka za učenje obuhvaća izmjerene vrijednosti koje će biti korištene pri stvaranju interpolacijskog modela, a skup podataka za testiranje obuhvaća manji udio izmjerenih vrijednosti iz skupa podataka i služi za ocjenu točnosti predviđanja modela. Pozitivna strana krosvalidacije je to što se gotovo svi primjeri koriste za učenje modela u svakom koraku. Negativna strana krosvalidacije je to što takav način evaluacije rezultira visokom varijancom procjene pogreške (ovisno o tome koja točka se koristi za provjeru točnosti

modela, pogreška predviđanja može znatno varirati). S druge strane, metoda validacije nema visoku varijancu procjene pogreške i njome direktno mjerimo pogrešku generalizacije. Negativna strana ove metode je što se procjena pogreške radi samo na jednom uzorku (čitav testni skup je ostavljen za procjenu pa se ti podaci nikada ne iskoriste za učenje za razliku od metode krosvalidacije).

Skupovi su kreirani pomoću *Subset Features* alata iz *Geostatistical Analyst* skupa alata. Ulazni sloj bio je sloj sa svim prometnicama, *Promet*, a izlazni slojevi bili su *Promet\_trening* i *Promet\_test* pri čemu sloj *Promet\_trening* sadrži 80% podataka (26 144 zapisa) i korišten je kao skup za učenje, a skup za testiranje je sloj *Promet\_test* s 20% podataka (6 536 zapisa). Kartografski su prikazani na Sl.7.



Sl.7. Kartografski prikaz skupa za učenje i skupa za testiranje

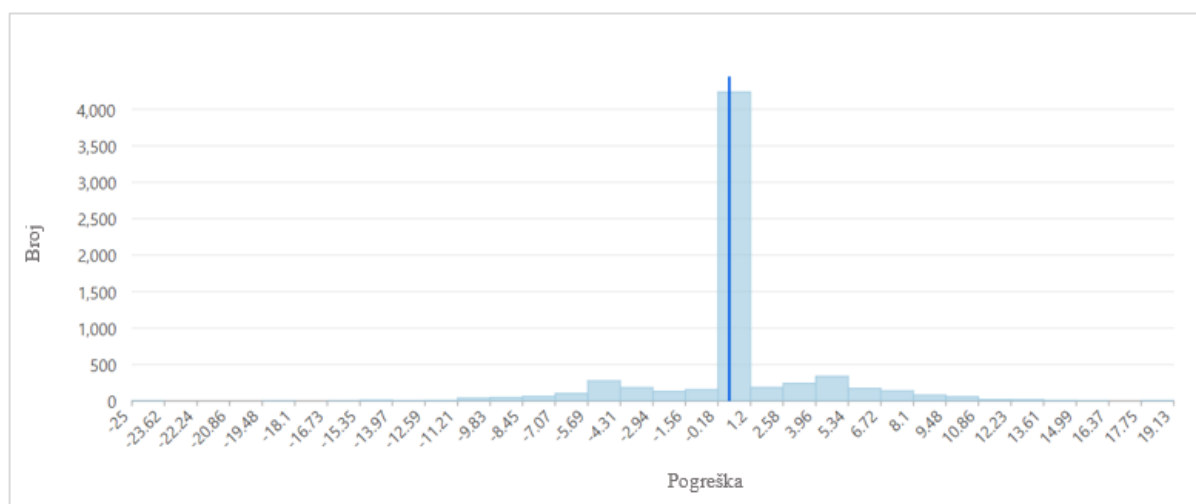
Izvor: autorica prema AZO, 2016a; AZO, 2016b; DGU, 2016; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

### 5.3.3.1. Validacijski indikatori

Najbolji model interpolacije odabire se uzimajući u obzir nekoliko indikatora – prosječnu pogrešku (engl. *average error*), korijen srednje kvadratne pogreške (engl. *root-mean-square error*, *RMSE*), prosječnu standardnu pogrešku i standardnu srednju pogrešku predviđanja (engl.

*standardized mean prediction error, MSPE*) (ESRI, 2021). Model koji je točniji imat će vrijednost prosječne pogreške što bližu nuli i što manju vrijednost korijena srednje kvadratne pogreške, a korijenu srednje kvadratne pogreške vrijednost prosječne standardne pogreške mora biti što sličnija. Osim prosječne pogreške, za što bolji model bližu vrijednost nuli mora imati i standardna srednja pogreška predviđanja (ESRI, 2021a).

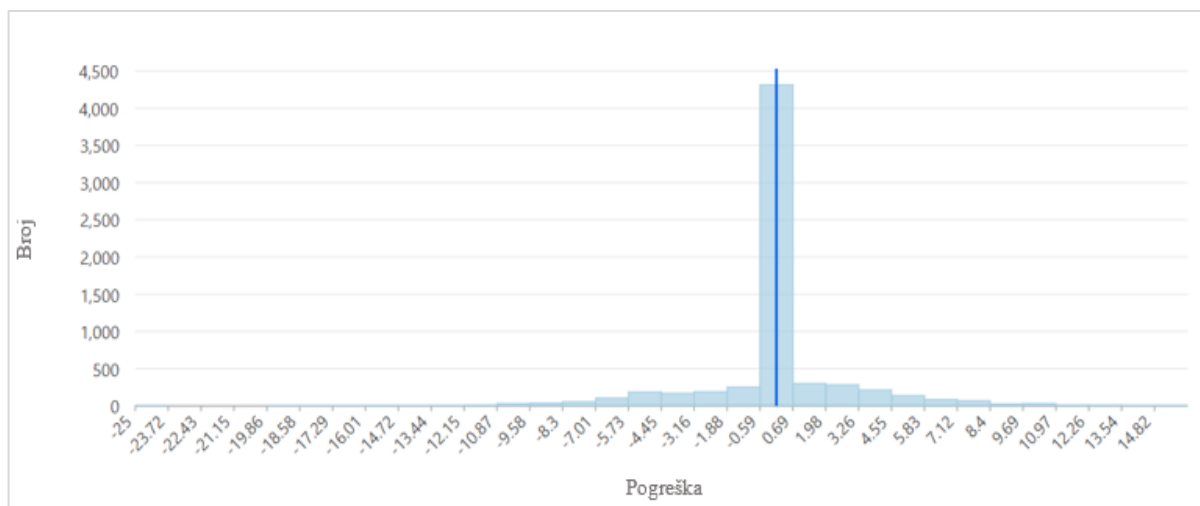
Prosječna pogreška (*engl. average error*) je mjera kojom se izražava prosjek svih pogrešaka u skupu. Termin *pogreška* odnosi se na nesigurnost u mjerenju ili razliku između izmjerene vrijednosti i predviđene vrijednosti kao što je slučaj u ovom radu. Za prosječnu pogrešku, često se koristi i naziv pogreška opažanja (*engl. observational error*) (Glen, n.d.a). U atributnoj tablici napravljenoj alatom *GA Layer to Points* za svaku je točku izračunata pogreška na temelju izmjerene i predviđene vrijednosti točke, a prosječna vrijednost pogreške očitana je u *Statistics* prozoru. Prosječna pogreška izračunava se kao prosjek apsolutnih razlika između vrijednosti dobivenih mjerenjem i predviđanjem. Histogram sa Sl.8., Sl.9. i Sl.10. prikazuje raspodjelu pogreške među podacima.



Sl.8. Raspodjela pogreške u metodi inverzne udaljenosti

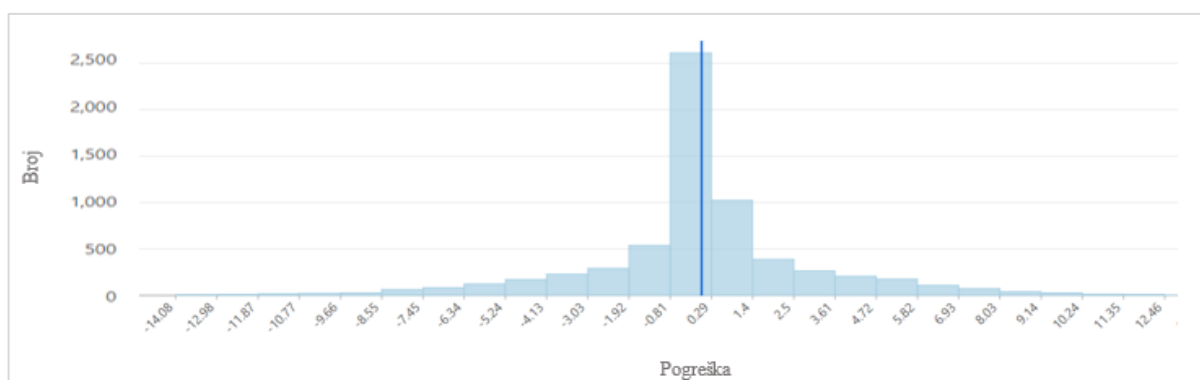
Izvor: autorica, 2022.





Sl.9. Raspodjela pogreške u multikvadratnoj metodi radijalnih osnovnih funkcija

Izvor: autorica, 2022.



Sl.10. Raspodjela pogreške u empirijskom Bayesovom modelu kriging metode

Izvor: autorica, 2022.

Korijen srednje kvadratne pogreške (*RMSE*) je standardna devijacija pogreške predviđanja, odnosno pokazatelj je koncentracije predviđenih vrijednosti oko linije najboljeg, tj. najtočnijeg predviđanja (Glen, n.d.b). Korijen srednje kvadratne pogreške računa se korijenovanjem srednje kvadratne pogreške (engl. *Mean Squared Error, MSE*) (ESRI, 2021). Za izračun srednje kvadratne pogreške, dodano je novo polje naziva *Square Error* s definiranom vrstom podataka *Double* te su vrijednosti izračunate u alatu za računanje *Calculate Field* kvadriranjem vrijednosti iz *Error* polja. U *Statistics* prozoru očitana je srednja vrijednost (engl. *mean*) čijim je korijenovanjem dobivena vrijednost korijena srednje kvadratne pogreške.

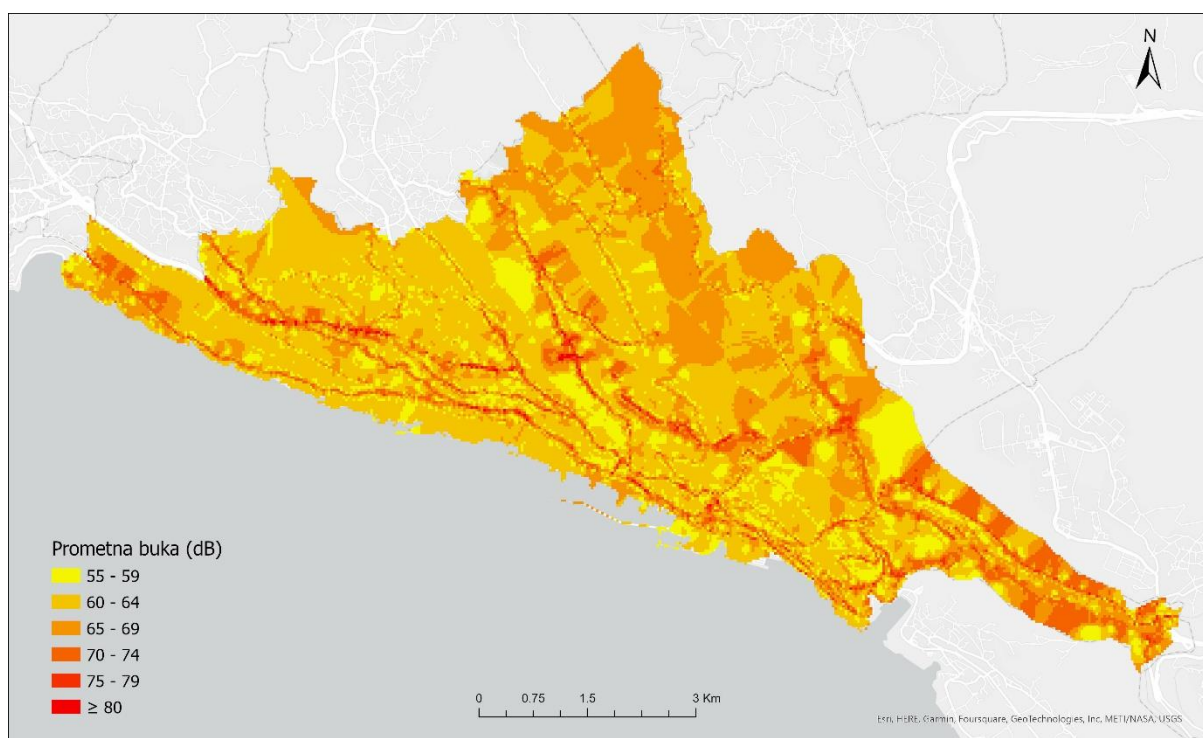
Standardna pogreška prosjeka (engl. *standard error for the average, SE<sub>ave</sub>*) je mjera procjene točnosti prosječnih vrijednosti interpolacije. Pokazuje kolika se odstupanja u prosjeku mogu očekivati od pravog mjerenja kad bi se mjerenje ponovilo. Postoje dva načina računanja,

a u ovom radu vrijednosti standardne pogreške prosjeka izračunate su dijeljenjem standardne devijacije s korijenom broja točaka (zapisa u atributnoj tablici):  $SE_{ave} = SD_x / \sqrt{n}$  (Jost, n.d.).

Standardna srednja pogreška predviđanja (*engl. standardized mean prediction error, MSPE*) je još jedna mjera za procjenu prediktivne sposobnosti modela. Približavanjem vrijednosti standardne srednje pogreške predviđanja nuli, prediktivna sposobnost modela raste. Standardna srednja pogreška predviđanja je mjera prikladnosti prediktora, odnosno pokazuje koliko dobro model predviđa pravu vrijednost (Glen, n.d.c). Izračunata je u novom polju naziva *MSPE* s definiranom vrstom podataka *Double*. U alatu za računanje *Calculator Field* vrijednost je izračunata prema formuli:  $MSPE = \sum(P-O)^2/n$  pri čemu je *P* oznaka za predviđene vrijednosti, a *O* za izmjerene vrijednosti. Srednja vrijednost je kao i za ostale indikatore, izračunata u *Statistics* prozoru.

## 6. KARTA BUKE GRADA RIJEKE

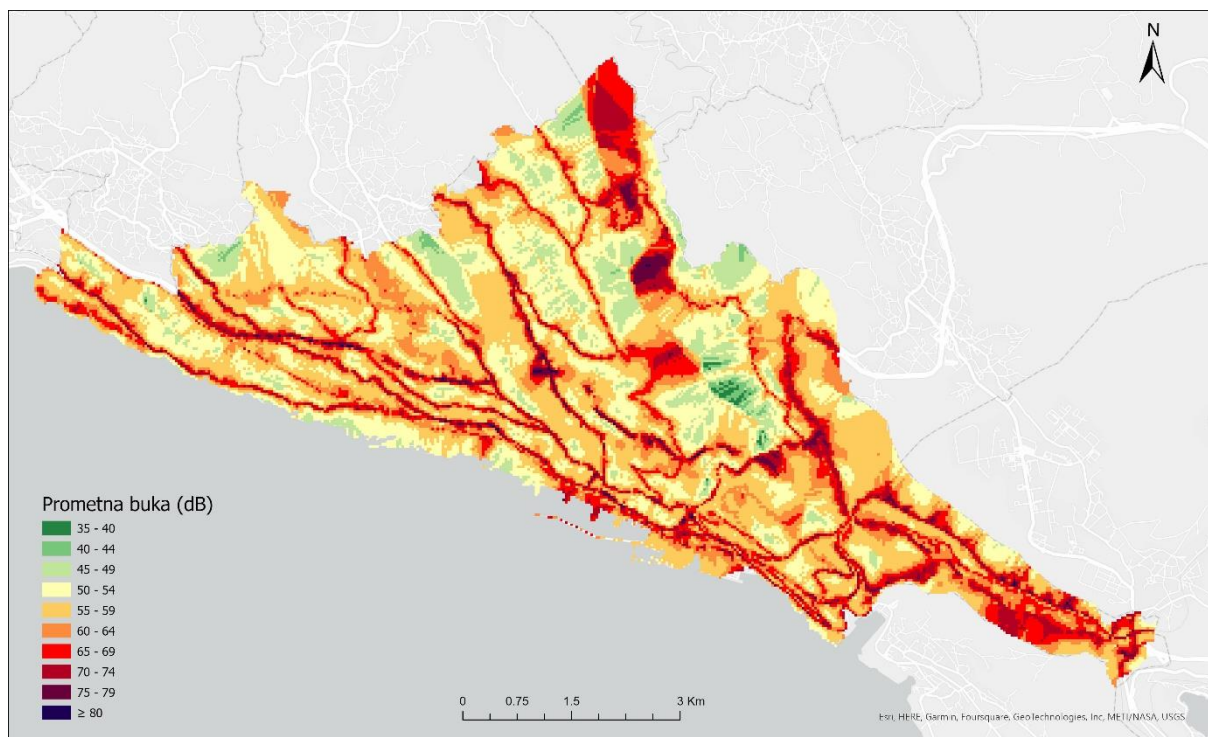
Prilikom provedbe metode inverzne udaljenosti, korištene su različite vrijednosti parametra *p* kako bi se pokušala smanjiti pogreška predviđanja. Pogreška predviđanja rasla je smanjenjem vrijednosti *p*, stoga su postavljene veće vrijednosti *p* od automatski zadane. Povećanjem vrijednosti *p*, smanjuju su ponderi za udaljene točke što znači da će na predviđanje utjecati okolne točke, čija neposrednost ovisi o vrijednosti *p*. Povećanjem vrijednosti *p*, pogreška predviđanja se smanjila, međutim površina digitalne karte bila je narušena kakvoće. Kako bi se očuvala vizualna preglednost i estetičnost karte (prikazana na Sl.11.), ali i smanjena pogreška predviđanja, konačna vrijednost *p* s kojom je provedena interpolacija iznosila je četiri.



Sl.11. Metoda inverzne udaljenosti

Izvor: autorica prema AZO, 2016a; AZO, 2016b; DGU, 2016; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

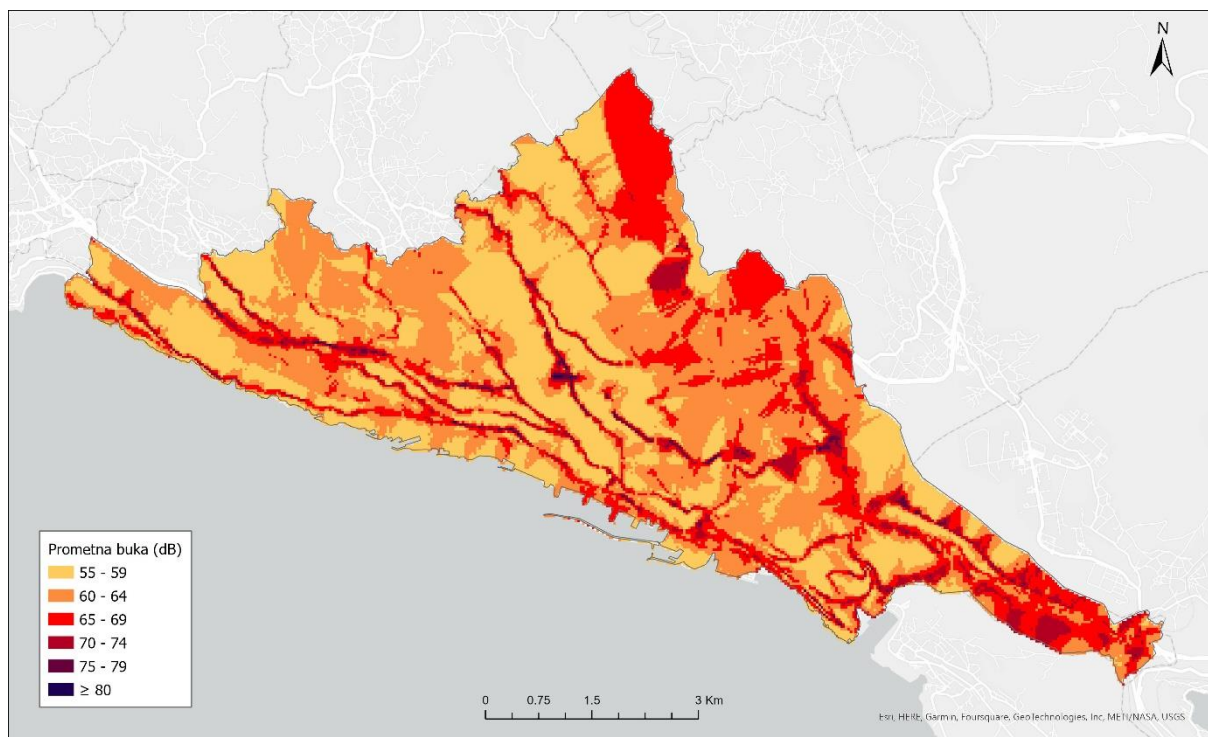
Svaka od pet ponuđenih funkcija metode radijalnih osnovnih funkcija je provedena, a metodom eliminacije po vrijednosti pogreške predviđanja odabrana je najbolja. Primarno su funkcije provedene s automatski zadanim brojem susjedstva koji se uzimaju u obzir pri predviđanju – maksimalni broj susjeda je 15, a minimalni 10. Funkcija s najmanjom pogreškom predviđanja je multikvadratna funkcija. Kako bi se dobila što manja pogreška, mijenjani su i parametri susjedstva koji imaju utjecaj na vrijednost točke predviđanja. Najbolji rezultat funkcija je dobila s najvećim brojem susjeda 20, a najmanjim 15. Iako se pogreška nastavila smanjivati s povećanjem broja maksimalnog i minimalnog susjedstva, vrijednosti su zaustavljene na prethodno spomenute kako bi se sačuvao vizualni izgled karte (prikazana na Sl.12.) uz mišljenje kako je broj susjeda, odnosno točaka koje će utjecati na vrijednost predviđene točke, optimalan.



### Sl.12. Multikvadratna funkcija

Izvor: autorica prema AZO, 2016a; AZO, 2016b; DGU, 2016; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

Empirijski Bayesov model kriging metode automatski računa parametre (ESRI, n.d.b), no unatoč tome, jednostavniji parametri poput radijusa te najvećeg i najmanjeg broja točaka koji će se uzeti u obzir pri predviđanju, mijenjani su s ciljem smanjenja pogreške predviđanja. Unaprijed zadana postavka za radijus je 4 333 metara pri čemu je najveći broj susjeda iznosio 15, a najmanji 10. Smanjivanjem broja susjeda i radijusa, pogreška je bila sve veća što dovodi do zaključka kako je za bolje predviđanje potreban veći radijus i broj susjeda od automatski zadanog. Optimalnim povećanjem broja najvećeg broja susjeda na 20, a najmanjeg na 15 i povećanja radijusa na 6 000 metara, dobivena je zadovoljavajuća vrijednost srednje pogreške predviđanja te se s tom vrijednosti stalo iz istog razloga kao i kod ostalih metoda – očuvanje preglednosti karte prikazane na Sl.13.



### Sl.13. Empirijski Bayesov model

Izvor: autorica prema AZO, 2016a; AZO, 2016b; DGU, 2016; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

Usporedbom izračunatih parametara za svaki model prostorne interpolacije iz Tab.2., uočeno je kako empirijski Bayesov model kriging metode prostorne interpolacije ima prosječnu pogrešku najbližu nuli, međutim multikvadratna metoda radijalnih osnovnih funkcija ima sve ostale parametre bolje od kriginga, stoga je odabrana kao najbolja metoda prostorne interpolacije. Najveću pogrešku predviđanja ima model nastao metodom inverzne udaljenosti.

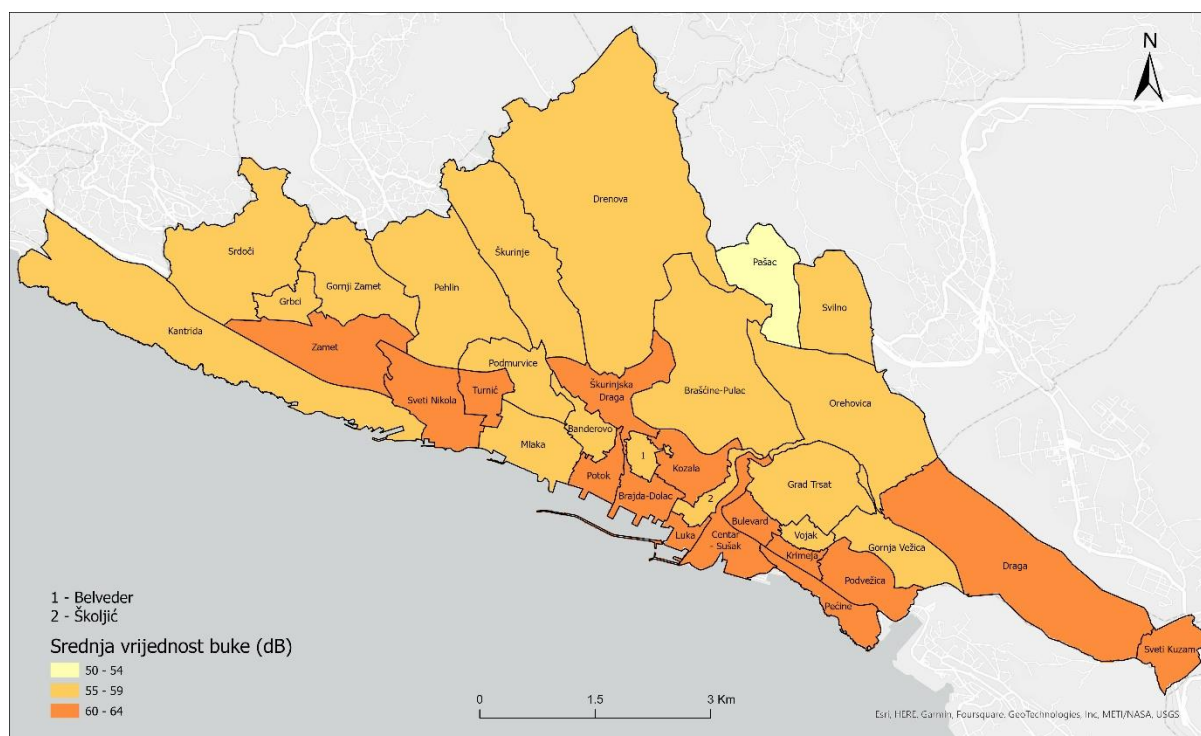
Tab.2. Usporedba različitih metoda prostorne interpolacije uz pomoć evaluacije s 4 vrste pogrešaka

Metoda	Prosječna pogreška	<i>RMSE</i>	<i>SE<sub>ave</sub></i>	<i>MSPE</i>
<b>IDW</b>	0,3018	3,4859	0,0433	0,0019
<b>Kriging</b>	0,0287	3,0996	0,0380	0,0015
<b>RBF</b>	0,0506	2,9230	0,0359	0,0013

Izvor: autorica, 2022.

## 6.1. ANALIZA PROSTORNE RASPROSTRANJENOSTI BUKE

Na temelju predviđenih vrijednosti buke prostornom interpolacijom, pomoću alata *Zonal Statistics* izračunata je srednja vrijednost predviđene buke za svaki mjesni odbor u gradu Rijeci. *Zonal Statistics* računa statistiku vrijednosti ćelije rastera unutar zone definirane drugim skupom podataka (ESRI, n.d.c), u ovom slučaju obuhvata mjesnog odbora. Na Sl.14. vidimo kako se mjesni odbori prema izračunatim srednjim vrijednostima buke mogu svrstati u tri kategorije. Bukom je najmanje pogođen mjesni odbor Pašac čija izračunata srednja vrijednost buke pripada razredu od 50 do 54 decibela. Suprotno njemu, nalaze se mjesni odbori Zamet, Sveti Nikola, Turnić, Škurinjska Draga, Potok, Kozala, Brajda-Dolac, Luka, Bulevard, Centar-Sušak, Krimeja, Pećine, Podvežica i Draga za koje su izračunate najveće srednje vrijednosti buke što implicira kako su ti mjesni odbori najugroženiji prometnom bukom u Rijeci.

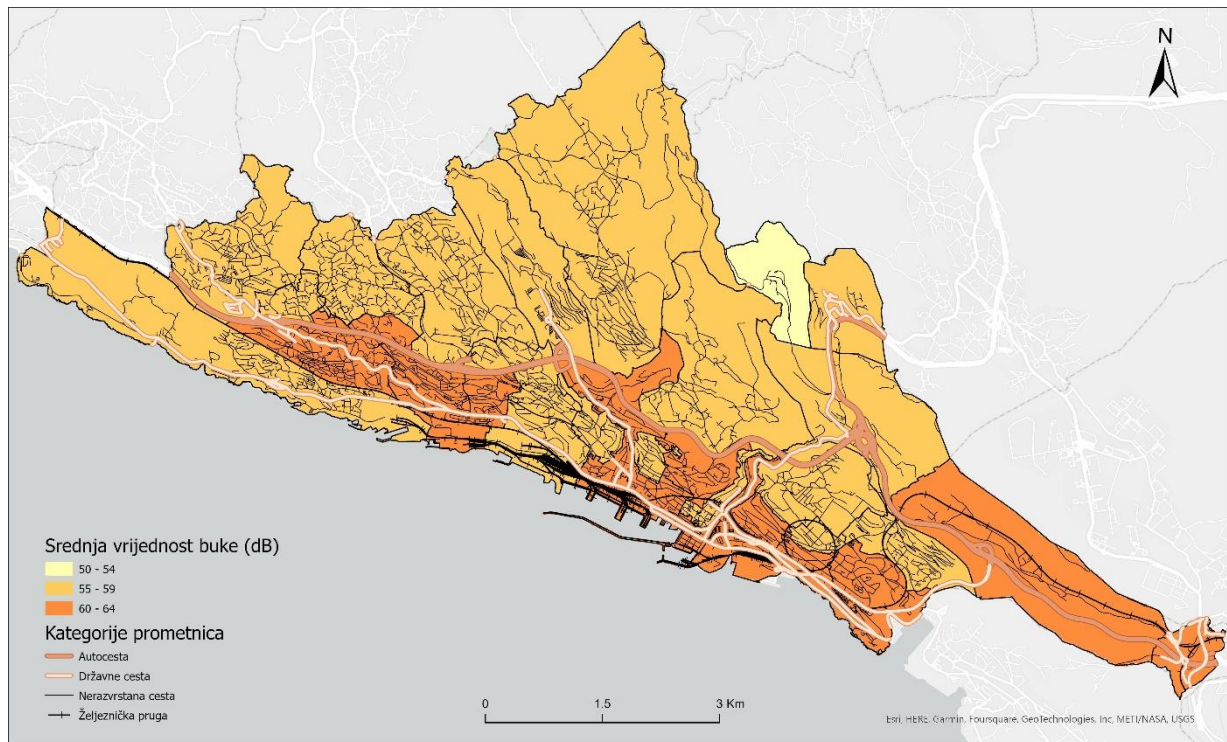


Sl.14. Prostorna rasprostranjenost buke prema mjesnim odborima

Izvor: autorica prema DGU, 2016; Grad Rijeka, 2022a; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

Opaža se trend većih srednjih vrijednosti buke u većini mjesnih odbora koji se nalaze u širem središtu grada, dok prema sjevernoj i zapadnoj periferiji grada, vrijednosti padaju iz čega možemo zaključiti kako su mjesni odbori u središtu grada bučniji od onih na periferiji grada. Iznimku predstavljaju mjesni odbori na istočnoj periferiji grada koji bilježe srednje vrijednosti

predviđene buke jednake kategorije kao mjesni odbori u centru grada što je posljedica postojanja autoceste i državne ceste na tom području. Također, na Sl.15. vidljivo je kako je razina vrijednosti buke povezana s postojanjem prometnijih prometnica i gustoćom mreža na njenom području. Na području svih mjesnih odbora koji se nalaze u kategoriji s najvišim vrijednostima buke, prolazi državna cesta ili autocesta te je prisutna gusta mreža nerazvrstanih cesta. S druge strane, mjesni odbor Pašac ima rijetku mrežu prometnica te njime ne prolazi nikakva prometnija prometnica, stoga je prometnom bukom najmanje ugrožen.

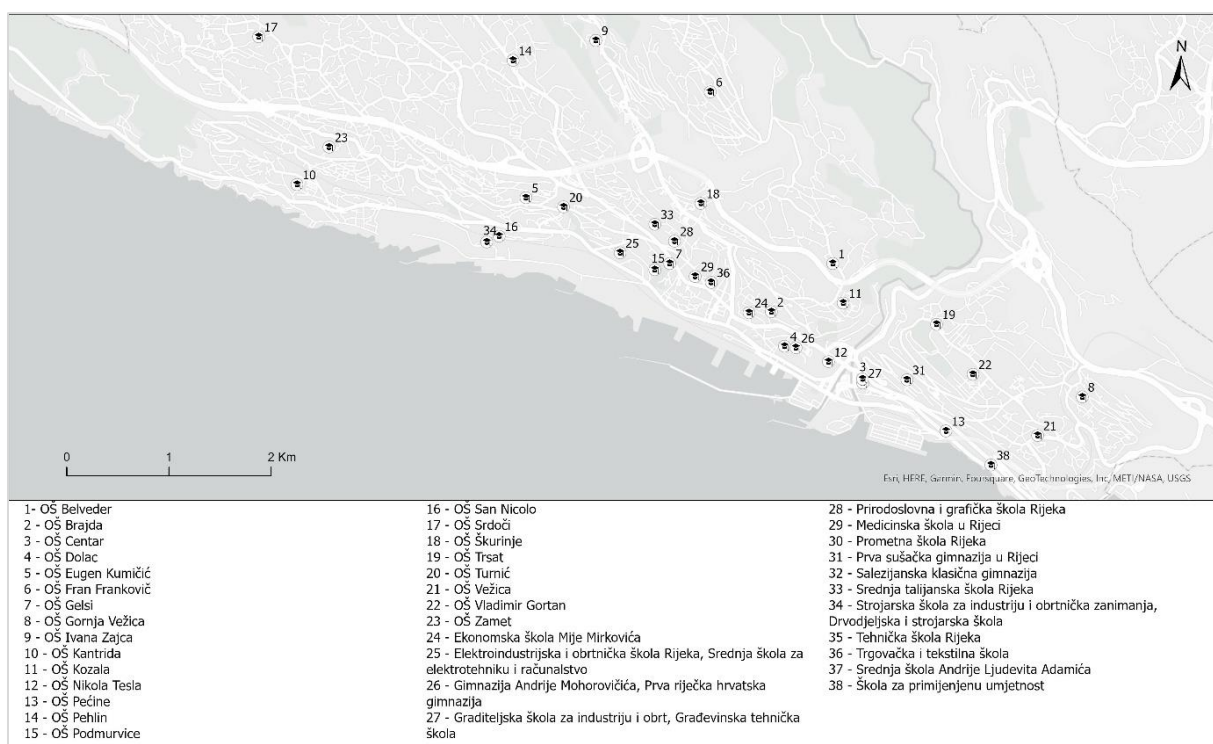


Sl.15. Kartografski prikaz prostorne rasprostranjenosti buke i prometnica u gradu Rijeci

Izvor: autorica prema DGU, 2016; Geofabrik, 2020; Grad Rijeka, 2022a; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

## 7. ANALIZA UTJECAJA BUKE UZROKOVANE PROMETOM NA OBRAZOVNE USTANOVE

Za provedbu analize u GIS-u utjecaja prometne buke na obrazovne ustanove na području grada Rijeke, bilo je potrebno prvotno napraviti vektorski sloj koji sadrži sve potrebne podatke – naziv i lokaciju obrazovnih ustanova. U obzir su uzete osnovne i srednje škole redovitog nastavnog programa čiji je osnivač Grad Rijeka, a broj takvih škola je 42 pri čemu je 23 osnovnih škola i 19 srednjih škola (Grad Rijeka, 2022b). Sve promatrane škole kartografski su prikazane na Sl.16.



Sl. 16. Obrazovne ustanove koje su bile predmet istraživanja

Izvor: autorica prema Grad Rijeka, 2022b; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

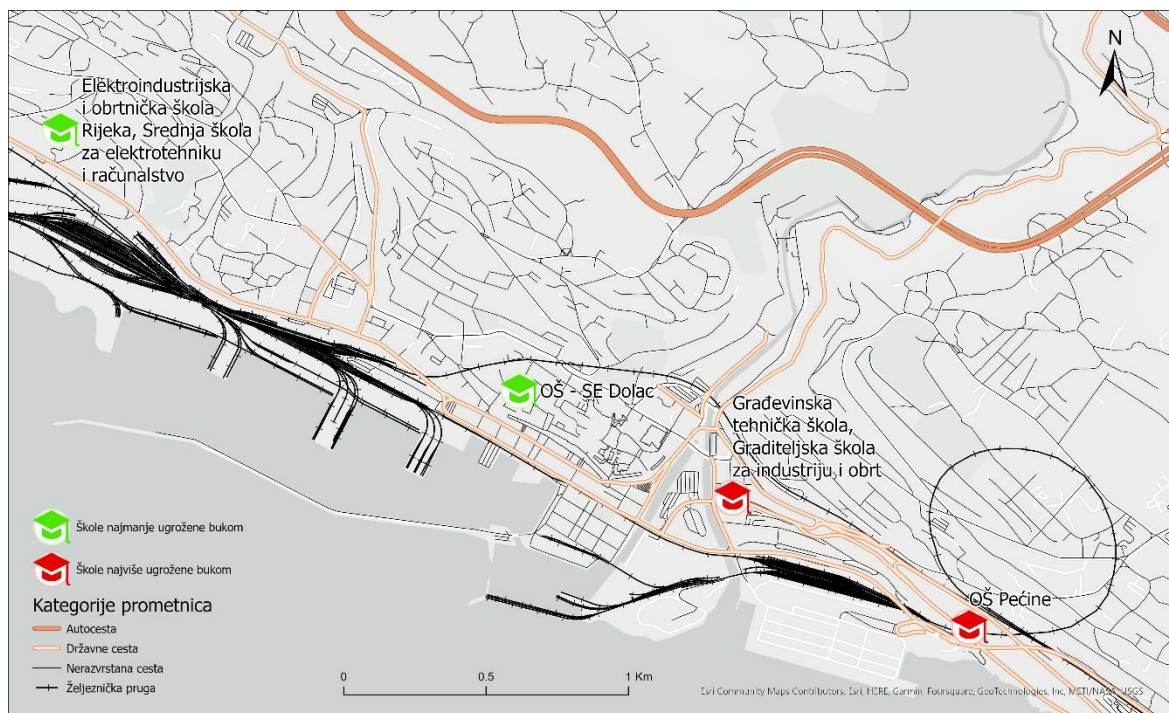
U obzir su uzete samo osnovne i srednje škole zato što dob njihovih učenika pripada afirmativnoj dobi kada prometna buka ima znatno jači utjecaj na razvoj i dobrobit osobe, nego što je to slučaj, primjerice, kod studenata (Bhang i dr., 2018). Također, utvrđena je korelacija između dobi učenika i potreba za glasnoćom pri razgovoru kako bi bio dovoljno jasan i razumljiv. Što je manja dob učenika, potrebna je veća glasnoća razgovora što mlađu djecu čini osjetljivijom skupinom učenika (Ecophon, n.d.).



## 7.1. PREDVIĐANJE VRIJEDNOSTI BUKE NA LOKACIJAMA ŠKOLA

Budući da službena mjerenja prometne buke nisu obuhvatile lokacije škola, pomoću odabrane metode prostorne interpolacije – multikvadratne funkcije metode radijalnih osnovnih funkcija, predviđene su vrijednosti buke. Metoda prostorne interpolacije provedena je nad cijelim skupom podataka kako bi cijelo područje grada Rijeke bilo obuhvaćeno, a zatim su pomoću alata *Extract To Value* izvedene predviđene vrijednosti za lokacije škola.

Predviđene vrijednosti prometne buke u rasponu su od 50,16 do 67,6 decibela što ukazuje kako su škole izložene umjereno glasnim (do 60 decibela) i glasnim (iznad 60 decibela) razinama prometne buke. Također, zapaženo je kako gotovo polovica škola (42%) ima predviđene vrijednosti buke više od najviših dopuštenih vrijednosti buke za zonu namijenjenu postojanju škola – zoni mješovite, pretežno stambene namjene čija je najviša dopuštena vrijednost buke za cjelodnevno razdoblje 57 decibela (NN 143/2021). Prometnom bukom najugroženije škole u gradu Rijeci su Graditeljska škola za industriju i Građevinska tehnička škola koje dijele zgradu te Osnovna škola Pećine. Za srednje škole predviđena vrijednost buke je 67,64 decibela, a za osnovnu školu 65,99 decibela. S druge strane, prometnom su bukom najmanje ugrožene Elektroindustrijska i obrtnička škola Rijeka i Srednja škola za elektrotehniku i računalstvo koje dijele zgradu te za koju je predviđena vrijednost 50,16 decibela te talijanska Osnovna škola Dolac s predviđenom vrijednosti buke od 51,55 decibela. Na Sl.17. kartografski su prikazane najviše i najmanje ugrožene škole bukom uzrokovanom prometom te možemo uočiti kako se Graditeljska škola za industriju, Građevinska tehnička škola i Osnovna škola Pećine nalaze uz državne ceste, a u blizini Osnovne škole Pećine također se nalazi i željeznička pruga. Elektroindustrijska i obrtnička škola Rijeka, Srednja škola za elektrotehniku i računalstvo i Osnovna škola Dolac ne nalaze se uz državne ceste, već uz nerazvrstane ceste. Iz navedenog možemo zaključiti kako na predviđenu vrijednost buke utječe lokacija škole u prostoru pri čemu glavnu ulogu ima smještenost u odnosu na prometnice. Sl.18. i Sl.19. prikazuju prometno okruženje najugroženijih škola u prostoru.



Sl.17. Položaj škola najmanje i najviše ugroženih prometnom bukom  
 Izvor: autorica prema Geofabrik, 2020; Grad Rijeka, 2022b; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.



Sl.18. Prometno okruženje Građevinske tehničke škole i Graditeljske škole za industriju i obrt s južne i zapadne strane  
 Izvor: autorica, 2022.



Sl.19. Prometno okruženje Osnovne škole Pećine s jugozapadne strane

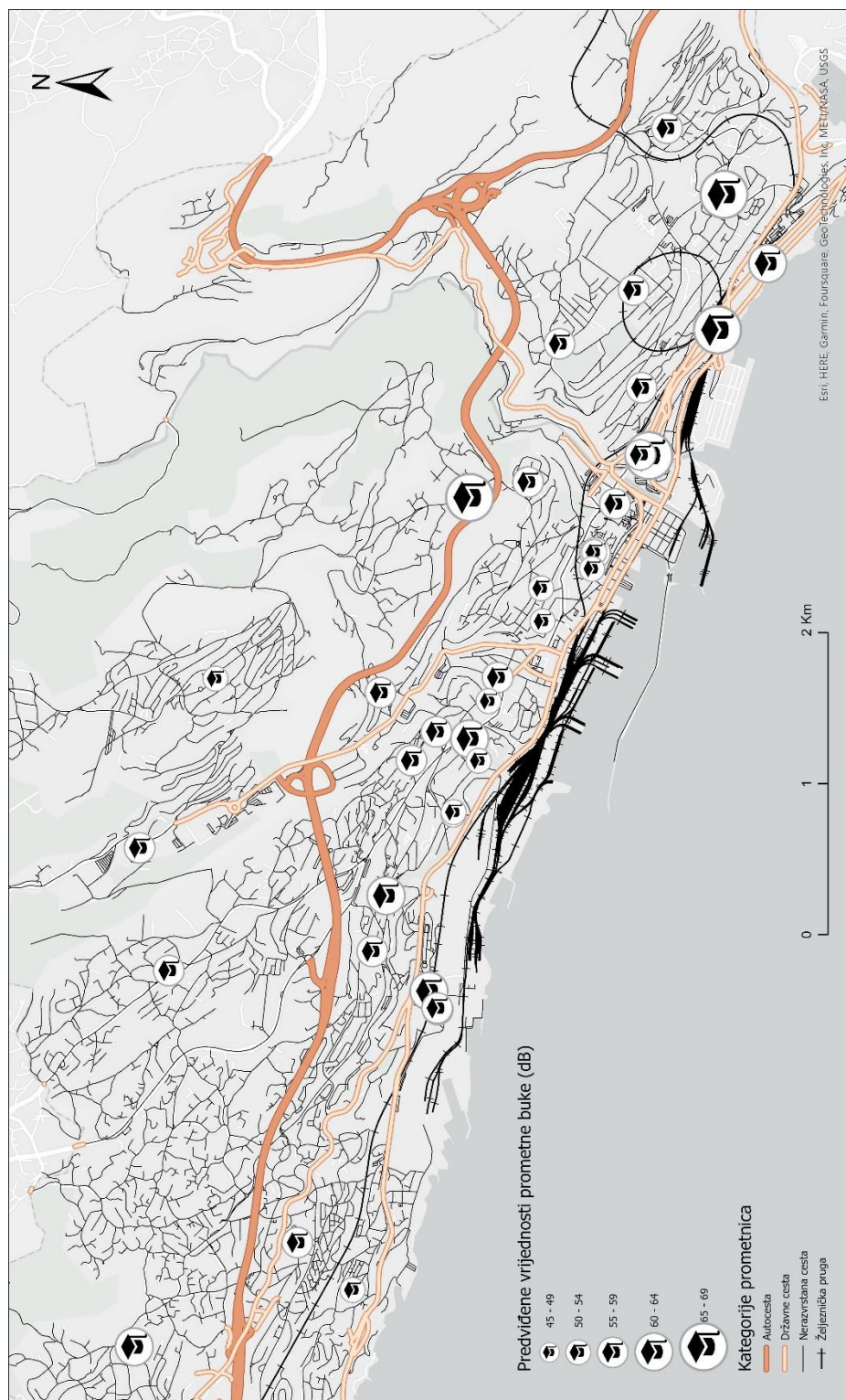
Izvor: autorica, 2022.

## 7.2. ANALIZA KORELACIJE UDALJENOSTI ŠKOLA OD PROMETNICA I PREDVIĐENE BUKE

Povezanost škola s udaljenošću od prometnica dodatno je analizirana pomoću alata *Buffer* koji stvara pojas zadane širine uz određeni objekt koji može biti točkasti, linijski i poligonski. Osnovne vrste buffera su bufferi zadane širine uz objekt (*Fixed distance*) i bufferi čija širina ovisi o vrijednosti obilježja objekta (*From Field*), a mogu se formirati kao jedan poligon (*Dissolve all*) ili zadržati oko svakog objekta kao zaseban poligon (*Dissolve none*) (Šulc, n.d.a). Ulazni podatak je sloj sa prometnicama, a bufferi su formirani kao jedan poligon uz podešavanje *Dissolve* parametra. Korištena je vrsta buffera zadane širine uz objekt (*Fixed distance*) te su zadane širine buffera proizvoljne i iznosile su 5 metara, 25 metara, 50 metara i 100 metara. Alat je proveden zasebno za svaku širinu i rezultat su četiri sloja različitih širina buffera. Za svaki sloj su izdvojene škole koje se nalaze u tom bufferu, odnosno koje se nalaze u zoni određene udaljenosti od prometnica. Izdvajanje škola napravljeno je pomoću *Intersect* alata prostorne analize koji se koristi za izdvajanje elemenata koji se nalaze na presjeku dva elementa (Šulc, n.d.a). Također, u alatu *Intersect* nije korišten točkasti sloj škola već je izrađen poligonski kako bi rezultati bili vjerodostojniji. Preklapanjem sloja prometnica i sloja škola, dobivene su točke koje predstavljaju škole koje se nalaze na sjecištima izvornih poligona škola i prometnica.

Rezultati su pokazali kako se gotovo polovica škola (48%) nalazi u pojasu širine do 25 metara do prometnice. Slijedi pojas širine do 5 metara koji obuhvaća 8 škola čija je maksimalna udaljenost od prometnice 5 metara što je izrazito nepovoljan položaj za obrazovnu ustanovu. Povećanjem vrijednosti širine buffera, odnosno udaljavanjem škole od prometnica, broj škola pada pa tako se u pojasu širine do 50 metara nalazi 5 škola, a najudaljenije škole od prometnica nalaze se u pojasu širine do 100 metara te obuhvaća ukupno 3 škole. Može se zaključiti kako se sve škole u gradu Rijeci nalaze u blizini prometnica budući da nema niti jedne škole koja se nalazi na značajno većoj udaljenosti od prometnica. Na Sl.20. prikazan je prostorni raspored škola i prometnica u gradu Rijeci te je uočeno kako se škole za koje su predviđene vrijednosti prometne buke više, nalaze uz prometnice više kategorije što ukazuje kako na razinu buke uzrokovane prometom utječe kombinacija udaljenosti škole od prometnice i kategorija prometnice u čijoj se blizini škola nalazi.

U gradu Rijeci postoji ukupno 647 cesta, a sukladno Zakonu o cestama razvrstane su u dvije kategorije. Prva kategorija je kategorija državnih cesta u koju se ubrajaju glavni prometni pravci kroz grad i na njima se odvija najintenzivniji promet, a druga kategorija je kategorija nerazvrstanih cesta koja obuhvaća sve ostale prometnice u gradu. Osim tih dviju kategorija, Rijekom prolaze i autoceste A6 (Rijeka - Zagreb) i A7 (Rupa – Rijeka – Žuta Lokva) (Grad Rijeka, 2022c). Vektorski podaci o prometnicama na području grada Rijeke preuzeti su s *Geofabrika* te su kategorizirani u četiri osnovne kategorije navedene na službenim stranicama Grada Rijeke - autoceste, državne ceste, nerazvrstane ceste i željezničke pruge. Državne i nerazvrstane ceste kategorizirane su na temelju podataka sa službene stranice tvrtke Ceste-Rijeka (n.d.) nadležne za građenje i održavanje cesta na području grada Rijeke. Korištenjem alata prostorne analize *Near* koji se koristi za računanje udaljenosti između ulaznih značajki, dobiveni su podaci o udaljenosti škola od najbliže prometnice u metrima i kategorija najbliže prometnice (ESRI, n.d.d). Najveći broj škola nalazi se u blizini nerazvrstanih cesta koje karakterizira manja prometnost, a tek se nekolicina nalazi uz prometnije državne ceste. Iznimka je Osnovna škola Pećine u čijoj se blizini, osim državnih cesta, nalazi i željeznička pruga kojom se prevozi teret u teretnu luku Rijeka. Na Sl.20. vidljivo je kako škole smještene uz državne ceste imaju veće predviđene vrijednosti prometne buke od škola smještenih na sličnoj udaljenosti, ali uz nerazvrstane ceste.



Sl.20. Odnos ugroženosti škola prometnom bukom i kategorije prometnica

Izvor: autorica prema Geofabrik, 2020; Grad Rijeka, 2022b; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

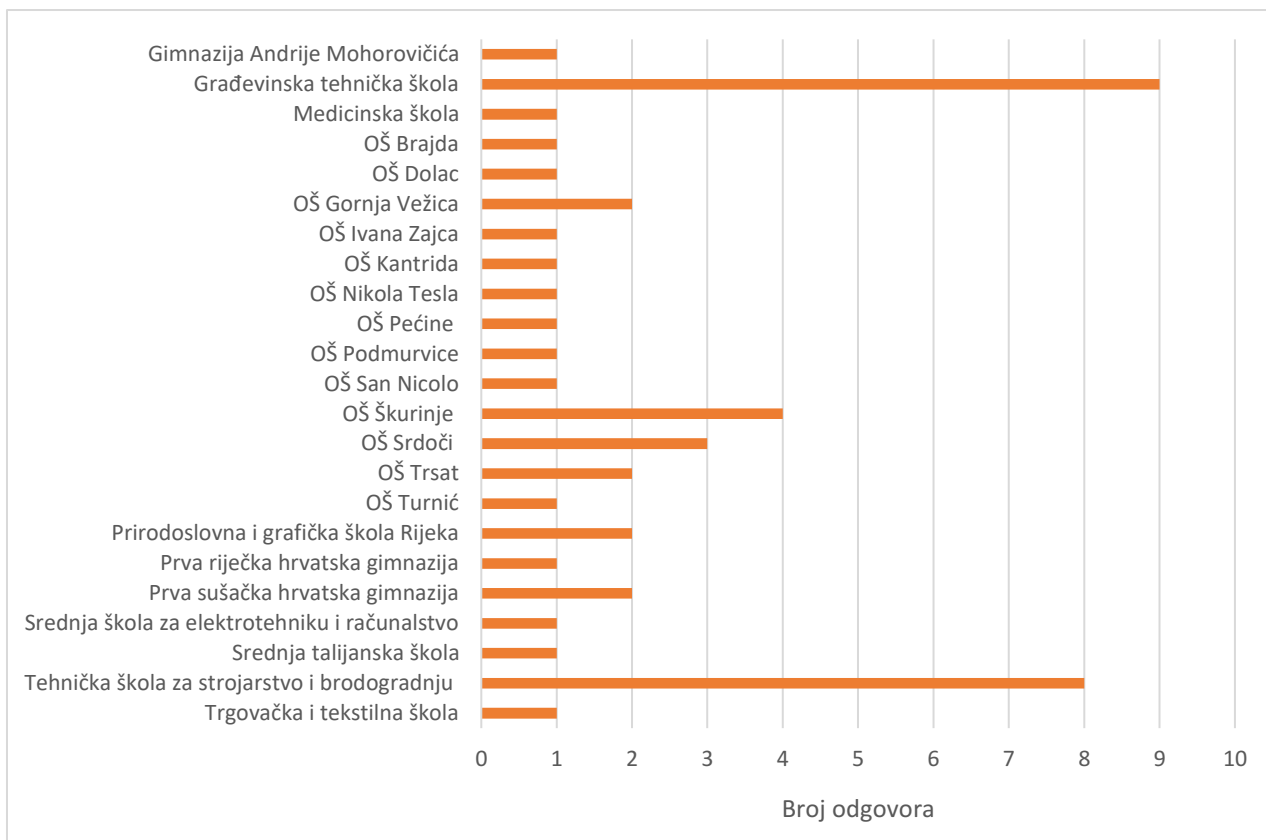
## 8. REZULTATI ANKETNOG ISTRAŽIVANJA

Opazanjima i rezultatima analize u GIS-u, pridruženi su rezultati dobiveni anketnim upitnikom kako bi se dobila potpuna slika utjecaja prometne buke na škole. Budući da su temelj svake škole nastavnici i učenici, cilj je anketnog upitnika istražiti kako nastavnici percipiraju buku uzrokovanu prometom na njihovom radnom mjestu, odnosno smatraju li da utječe na kvalitetu nastave i ponašanje učenika, ali i na njih same te kakav je njihov stav o ugroženosti obrazovne ustanove prometnom bukom.

Anketni je upitnik sastavljen od 16 pitanja koja su bila namijenjena isključivo nastavnicima osnovnih i srednjih škola. Većina pitanja postavljena je u obliku Likertove skale, stoga je anketni upitnik pretežno zatvorenog tipa pitanja, tek su posljednja dva pitanja otvorenog tipa. Distribuiran je od strane autora školama putem službene e-mail adrese, postavljen je u relevantnim grupama na društvenim mrežama te je korištena i tehnika snježne grude prilikom distribucije anketnog upitnika. Također, provedeno je pilot istraživanje s ciljem utvrđivanja jasnoće pitanja u anketnom upitniku pri čemu su ispitane dvije osobe. Svi dobiveni odgovori analizirani su deskriptivnom metodom analize.

### 8.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Anketiranjem su prikupljena 52 odgovora. Važno je napomenuti kako je analiza napravljena na temelju 48 odgovora budući da je nekoliko odgovora moralo biti odstranjeno jer predstavljaju stavove nastavnika koji ne rade u školama na području grada Rijeke, stoga nisu relevantni za istraživanje. Također, potrebno je naglasiti i kako nastavnici iz nekoliko škola nisu pristupili ispunjavanju anketnog upitnika, stoga podaci nisu potpuni tj. ne obuhvaćaju sve proučavane škole na području grada Rijeke. Škole čiji su nastavnici pristupili anketnom istraživanju prikazane su na Sl.21., a škole koje nisu obuhvaćene anketnim istraživanjem su OŠ Belveder, OŠ Centar, OŠ Eugen Kumičić, OŠ Fran Franković, OŠ Gelsi, OŠ Kozala, OŠ Pehlin, OŠ Vežica, OŠ Vladimir Gortan, OŠ Zamet, Ekonomska škola Mije Mirkovića, Elektroindustrijska i obrtnička škola, Graditeljska škola za industriju i obrt, Prometna škola, Salezijanska klasična gimnazija, Strojarska škola za industriju i obrtnička zanimanja, Drvodjeljska i strojarska škola, Škola za primijenjenu umjetnost i Srednja škola Andrije Ljudevita Adamića.



Sl.21. Škole čiji su nastavnici pristupili ispunjavanju anketnog upitnika

Izvor: anketni upitnik, 2022.

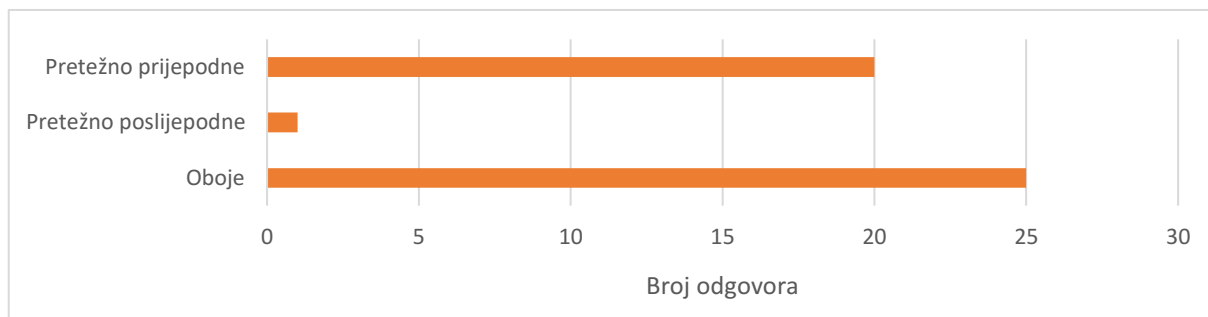
Više od polovice ispitanika su odgojno-obrazovni djelatnici u predmetnoj nastavi (78%), slijede ih odgojno-obrazovni djelatnici u razrednoj nastavi (17%), a u najmanjoj mjeri su zastupljeni odgovori odgojno-obrazovnih djelatnika i u razrednoj i u predmetnoj nastavi (5%).



Sl.22. Struktura ispitanika prema organizaciji nastave

Izvor: anketni upitnik, 2022.

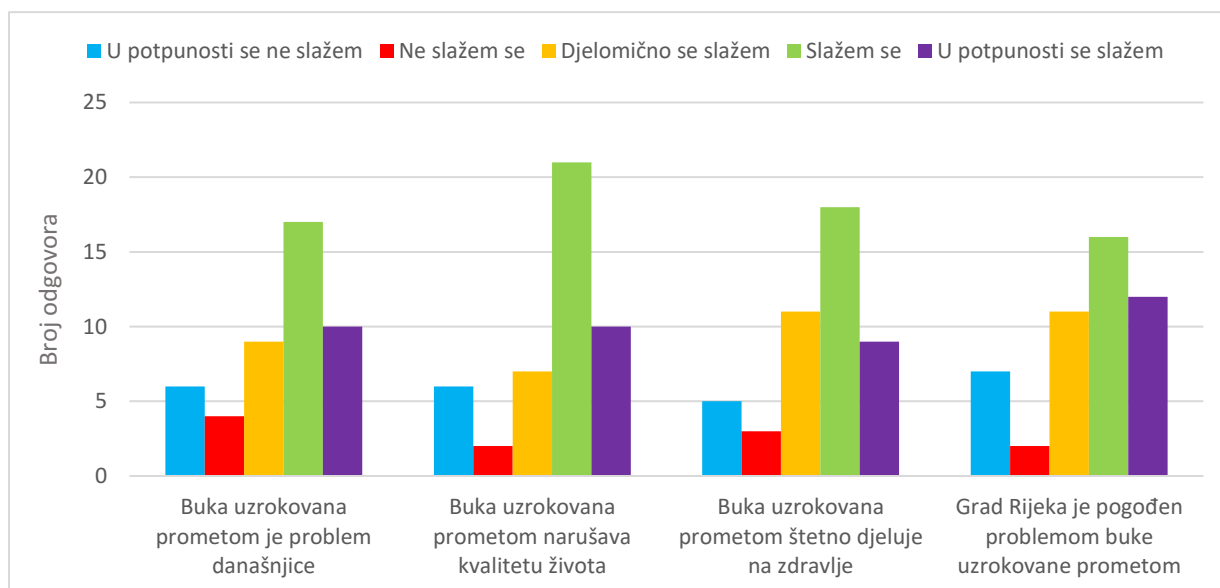
Većina ispitanika najčešće nastavu provodi jednako često prijedodne i poslijepodne (53%), a neznatno manje je zastupljen odgovor kako provode nastavu pretežno prijedodne (45%). Najmanje je zastupljen odgovor *Poslijepodne* što upućuje kako je rad isključivo popodne najrjeđi (2%).



SI.23. Struktura ispitanika prema razdoblju dana kada provode nastavu

Izvor: anketni upitnik, 2022.

Većina ispitanika svjesna je problema buke i 63% ispitanika smatra kako je buka uzrokovana prometom problem današnjice. Još je veće slaganje ispitanika (75%) pri tezi kako buka uzrokovana prometom narušava kvalitetu života. Visok udio potvrdnih odgovora (66%) ukazuje i kako su ispitanici svjesni negativnog utjecaja buke na zdravlje ljudi.

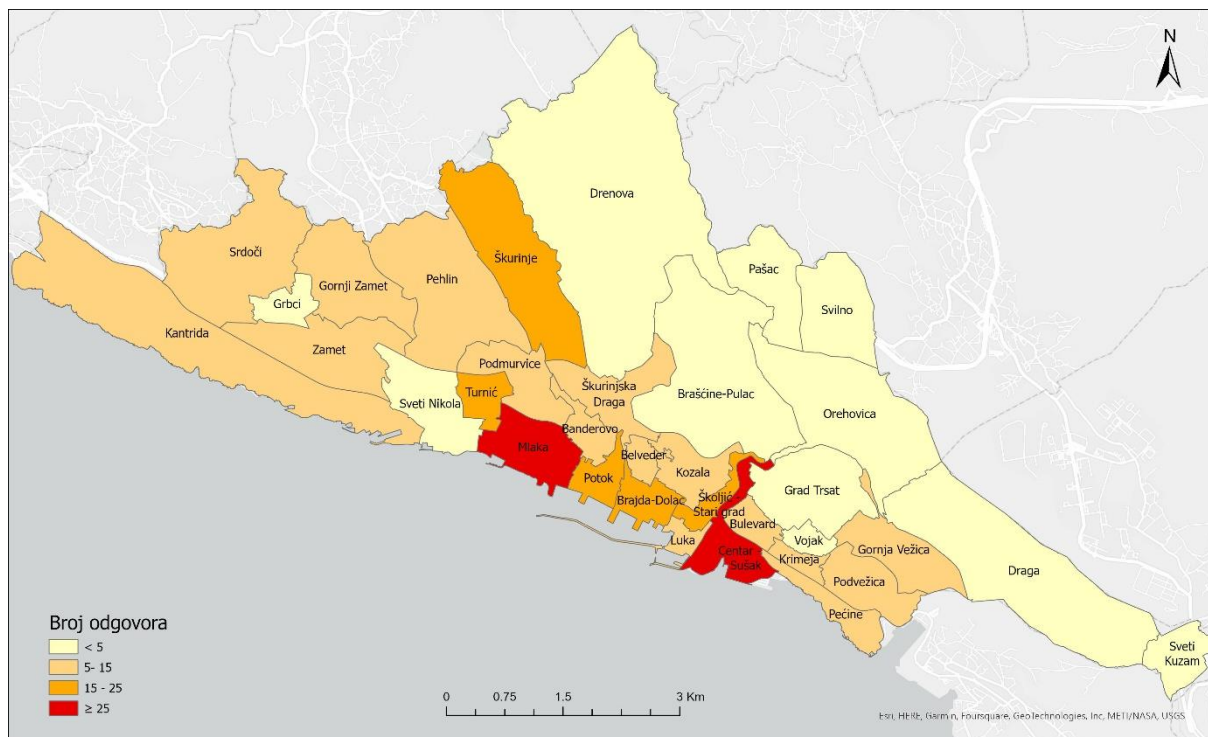


SI.24. Opći stavovi ispitanika o prometnoj buci

Izvor: anketni upitnik, 2022.



Također, više od polovice ispitanika smatra kako je Grad Rijeka pogođen problemom buke uzrokovane prometom. Prema mišljenju ispitanika, mjesni odbori najugroženiji bukom su Centar-Sušak, Mlaka, Škurinje i Turnić, dok su prema mišljenju ispitanika bukom najmanje pogođeni mjesni odbori Draga, Grbci i Sveti Kuzam.

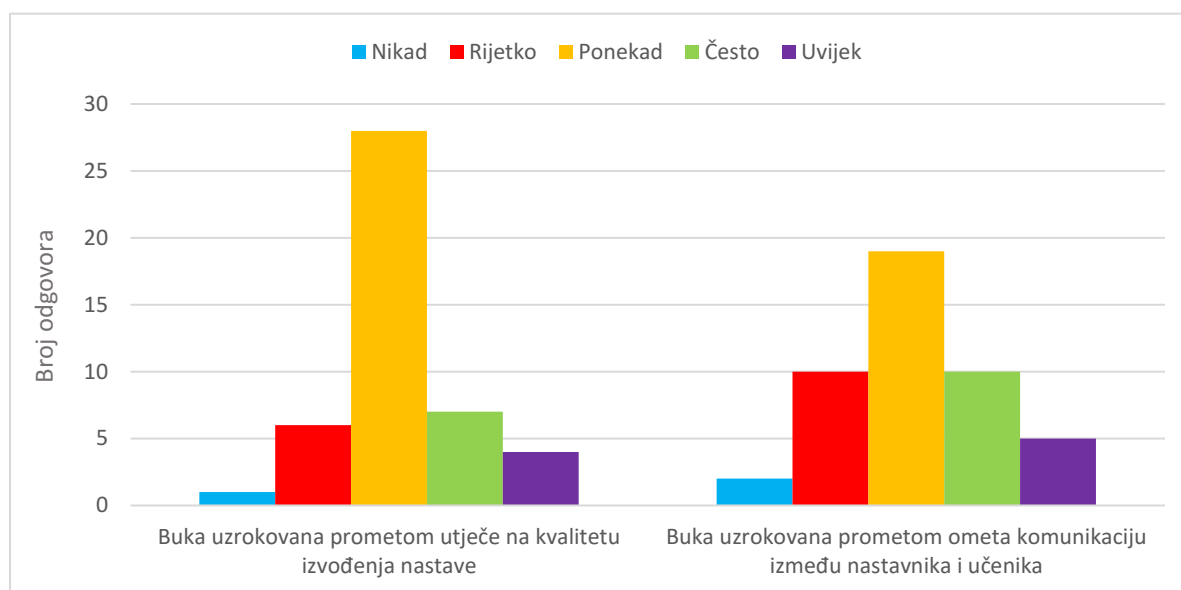


### Sl.25. Stavovi ispitanika o ugroženosti mjesnih odbora prometnom bukom

Izvor: autorica prema anketni upitnik, 2022; DGU, 2016; Grad Rijeka, 2022a; Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI/NASA, USGS, n.d.

Gotovo 70% nastavnika i nastavnica koji su ispunili anketni upitnik smatra kako buka tek ponekad utječe na kvalitetu izvođenja nastave. Nastavnici iz Građevinske tehničke škole za koju su predviđene najviše vrijednosti buke, u većoj su mjeri odgovorili kako buka uzrokovana prometom često ili uvijek utječe na kvalitetu izvođenja nastave. Jednak odgovor dobiven je i za Osnovnu školu Pećine i Medicinsku školu, s druge strane, za Tehničku školu za strojarstvo i brodogradnju te Prirodoslovno i grafičku školu dobiveni su odgovori kako ondje prometna buka nikad ili rijetko utječe na kvalitetu izvođenja nastave. Sličan trend odgovora zabilježen je i za iduće pitanje kojim se proučava ima li prometna buka utjecaja na komunikaciju između nastavnika i učenika. Polovica nastavnika odgovorila je kako prometna buka ponekad ometa komunikaciju između nastavnika i učenika, a škola u kojima prometna buka često ometa komunikaciju je Građevinska tehnička škola. S druge strane, nastavnici iz Tehničke škole za

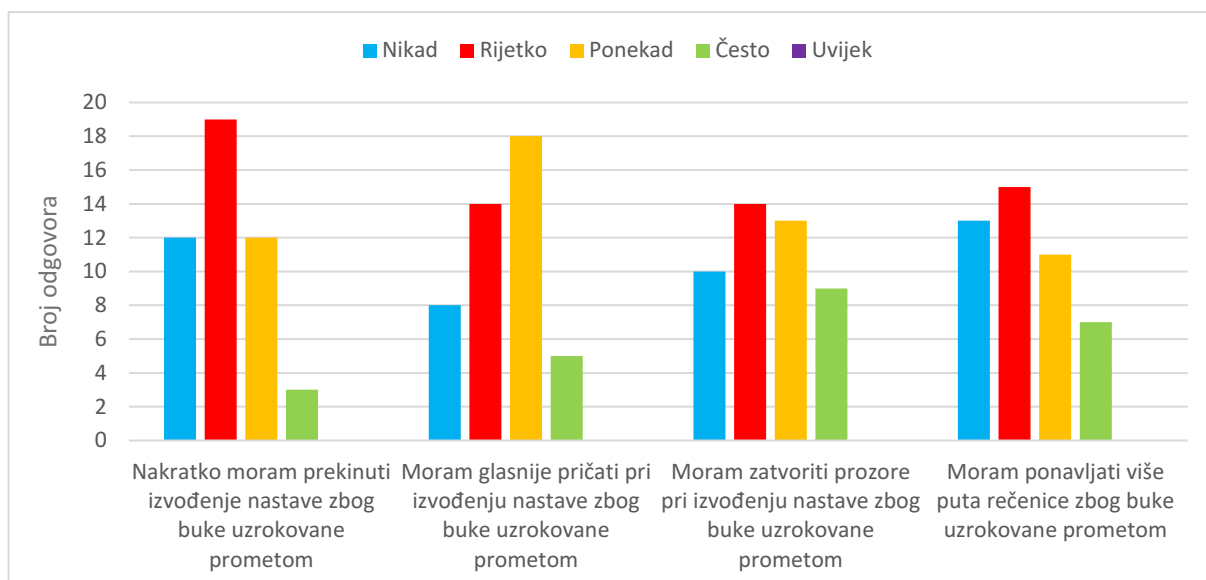
strojarstvo i brodogradnju i Prirodoslovne i grafičke škole odgovorili su kako prometna buka nikad ili rijetko ometa komunikaciju između nastavnika i učenika.



SI.26. Stavovi ispitanika o utjecaju buke uzrokovane prometom na kvalitetu izvođenja nastave i komunikaciju između nastavnika i učenika

Izvor: anketni upitnik, 2022.

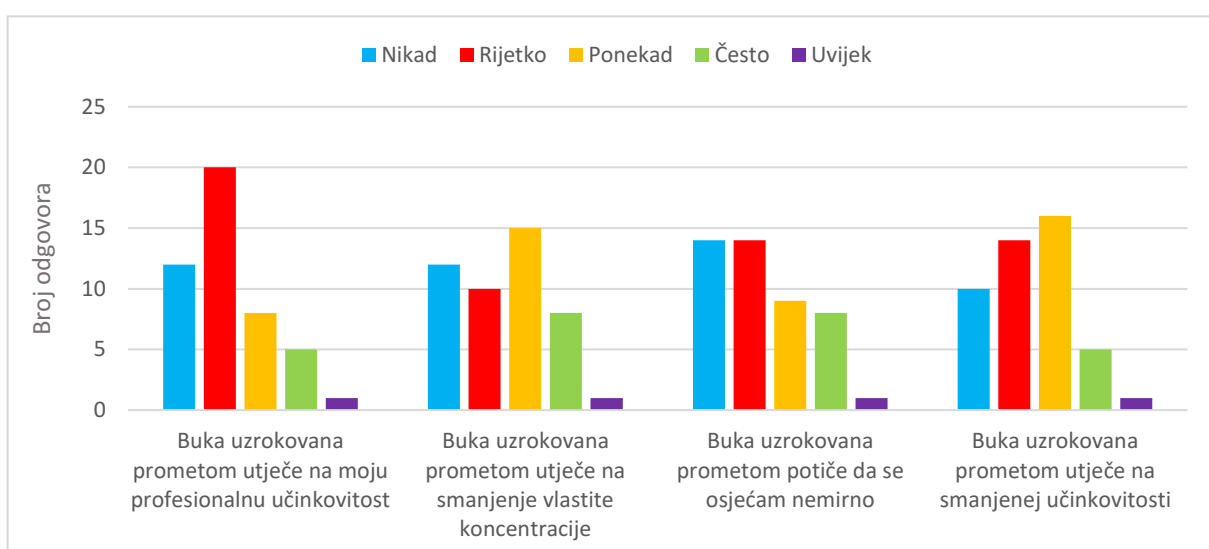
Kvaliteti izvođenja nastave pridonosi i to što većina nastavnika (67%) nikada ili rijetko mora prekinuti izvođenje nastave zbog prometne buke te jednako tako, rijetko ili nikada, mora ponavljati više puta istu rečenicu. Ipak, opaženo je kako većina nastavnika nešto češće, dakle ponekad, mora pričati glasnije pri izvođenju nastave ili zatvoriti prozore. U Građevinskoj i tehničkoj školi i Osnovnoj školi Pećine moraju često zatvarati prozore kako bi smanjili utjecaj prometne buke na izvođenje nastave. Iz OŠ Pećine naglašavaju kako je prometna buka još veći problem u toplom dijelu godine kad se otvore prozori, a u Građevinskoj tehničkoj školi smatraju kako je škola bila posebice osjetljiva na prometnu buku u doba pandemije koronavirusa kada je bilo potrebno držati prozore otvorenima zbog provjetravanja. Osim jače izloženosti prometnoj buci, problem je i loša kvaliteta zraka zbog ispušnih plinova.



Sl.27. Struktura odgovora o utjecaju prometne buke prilikom izvođenja nastave

Izvor: anketni upitnik, 2022.

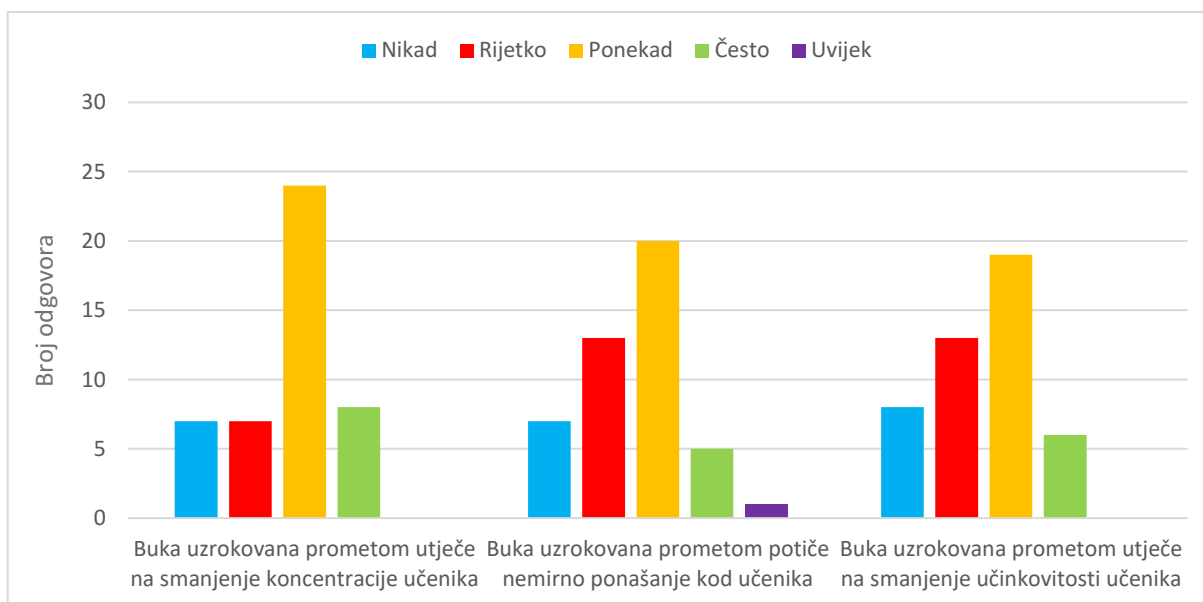
Analizom odgovora o utjecaju buke uzrokovane prometom na učinkovitost i ponašanje nastavnika tijekom izvođenja nastave, uočeno je kako buka nema znatan utjecaj na njih. Na profesionalnu učinkovitost većine nastavnika prometna buka rijetko utječe. Također, u većini nastavnika prometna buka rijetko kada izaziva nemir. Znatniji utjecaj prometna buka ima tek na smanjenje koncentracije nastavnika pa je tako 32% ispitanika odgovorilo kako prometna buka ponekad utječe na smanjenje koncentracije.



Sl.28. Struktura odgovora o utjecaju prometne buke na nastavnike

Izvor: anketni upitnik, 2022.

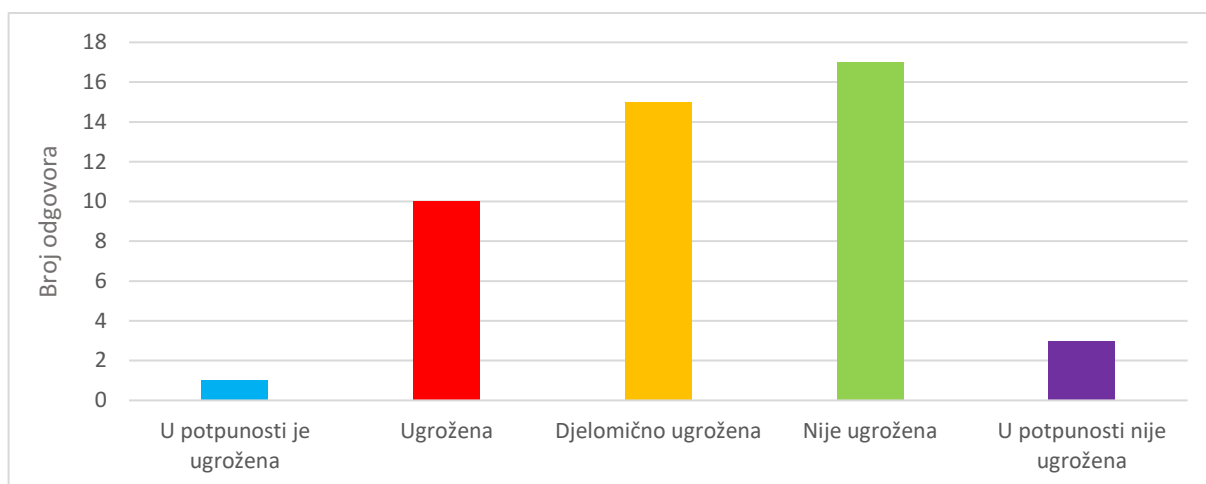
Prometna buka na učenike ima veći utjecaj nego na nastavnike što je vidljivo u strukturi odgovora sa Sl.29. Većina nastavnika je navela kako prometna buka ponekad utječe na smanjenje koncentracije i učinkovitosti učenika te ponekad potiče nemirno ponašanje kod učenika, dok su nastavnici iz Osnovne škole Turnić, Građevinske tehničke škole, Medicinske škole i Osnovne škole Nikola Tesla odgovorili kako prometna buka često utječe na smanjenje koncentracije i učinkovitosti učenika te često potiče njihovo nemirno ponašanje. Prema anketnom upitniku, prometna buka kod učenika Medicinske škole uvijek potiče nemirno ponašanje. S druge strane, nastavnici iz Osnovne škole Trsat, Osnovne škole Brajda, Tehničke škole za strojarstvo i brodogradnju, Prirodoslovne i grafičke škole, Osnovne škole Kantrida i Osnovne škole Srdoči odgovorili su kako prometna buka nikad ne utječe na smanjenje koncentracije i učinkovitosti učenika niti potiče nemirno ponašanje.



Sl.29. Struktura odgovora o utjecaju prometne buke na učenika

Izvor: anketni upitnik, 2022.

Ispitanici najvećim dijelom smatraju kako obrazovna ustanova u kojoj su zaposleni nije ugrožena od buke uzrokovane prometom, a neznatno manji broj ispitanika smatra kako je djelomično ugrožena. Obrazovna ustanova koju smatraju u potpunosti ugroženom prometnom bukom je Osnovna škola Pećine, a suprotno od nje je Tehnička škola za strojarstvo i brodogradnju koja u potpunosti nije ugrožena prometnom bukom.



Sl.30. Ugroženost obrazovne ustanove od buke uzrokovane prometom

Izvor: anketni upitnik, 2022.

Svi ispitanici anketnog upitnika slažu se kako je buka uzrokovana prometom problem u odgoju i obrazovanju učenika. Smatraju kako je potrebno provoditi mjere s ciljem ublažavanja i rješavanja problema buke, posebno za škole koje su u središtu grada i koje su prema njihovom mišljenju ugroženije bukom nego li škole prema periferiji. Čak 99% ispitanika nije znalo navesti niti jednu mjeru koja se provodi s ciljem ublažavanja i rješavanje problema buke, razlog tome je što smatraju kako se mjere ne provode jer na razini grada, županije i države problem buke nije još uvijek prepoznat kao činioc kvalitete bilo čega pa tako ni obrazovanja učenika. Ostalih 1% ispitanika navodi kako su čuli za mjere koje se provode s ciljem ublažavanja i rješavanja problema prometne buke, a odnose se na postavljanje kvalitetnije stolarije, postavljanje ležećih policajaca na prometnicama uz škole kako bi se smanjila brzina automobile te klimatizacija prostora škola kako bi se smanjila potreba za otvaranjem prozora. Također, navode i kako postavljena ograničenja brzine kroz naselje i proizvodnja tiših automobila doprinose ublažavanju problema buke uzrokovane prometom.

## 9. ZAKLJUČAK

### 9.1. OSVRT NA ISTRAŽIVAČKE HIPOTEZE

Usporedbom rezultata analiza u GIS-u i odgovora iz provedenog anketnog upitnika uočeno je kako su istraživačke hipoteze opravdane i radom potvrđene.

Analiza u GIS-u potvrdila je **istraživačku hipotezu broj 1** kako su vrijednosti buke uzrokovane prometom najveće u središnjim dijelovima grada Rijeke, a opadaju prema periferiji. Uzrok možemo potražiti u gušćoj mreži prometnica u centru grada te pružanju državnih cesta koje su prometnije, a samim time i bučnije od nerazvrstanih cesta. Hipotezu dodatno potvrđuju odgovori sudionika anketnog upitnika koji mjesne odbore u središtu Rijeke smatraju ugroženijima bukom od mjesnih odbora na periferiji. Također, analiza u GIS-u pokazala je i kako postoji povezanost između blizine prometnica i predviđenih vrijednosti buke. Za škole bliže prometnicama predviđene su veće vrijednosti prometne buke. Osim udaljenosti od prometnica, uočena je i povezanost kategorije prometnice i predviđene vrijednosti buke. Dobivenim opažanjima pridruženi su i odgovori anketnog upitnika koji su pokazali kako škole koje se nalaze izrazito blizu prometnih cesta i željezničkih pruga ozbiljno shvaćaju problem prometne buke koji se, osim u samoj buci, ogleda i u lošijoj kvaliteti zraka i vibracijama većih vozila poput kamiona i autobusa. Dobiveni rezultati analiza potvrdili su **istraživačku hipotezu broj 2** kako su škole ugroženije prometnom bukom bliže prometnicama.

Anketni upitnik potvrdio je **istraživačku hipotezu broj 3** kako buka u ugroženijim školama ima veći utjecaj na kvalitetu izvođenja nastave, nastavnike i učenike. Spomenuto je vidljivo u strukturi odgovora ispitanika gdje iznimke svugdje predstavljaju riječke škole za koje su predviđene najveće vrijednosti buke – Građevinska tehnička škola i Osnovna škola Pećine. Te se škole češće suočavaju s problemima uzrokovane prometnom bukom od ostalih škola – ometanje komunikacije između nastavnika i učenika, smanjenje koncentracije učenika, češće ometanje nastave i dr.

## 9.2. OGRANIČENJA I ODREDNICE ZA BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Jedni od glavnih nedostataka ovog istraživanja su zastarjelost i mjereno vremensko razdoblje korištenih podataka. Kao što je spomenuto na početku rada, korišteni su podaci iz godine kada je posljednji put napravljena strateška karta buke za grad Rijeku – 2016. godine. Strateške karte buke prema pravilu se izrađuju svakih pet godina, međutim javno dostupni podaci o buci za područje grada Rijeke za 2021. godinu nisu pronađeni. Također, mjereni podaci nose oznaku  $L_{den}$  što znači da vrijede za cjelodnevno razdoblje tj. dan, večer i noć, a za potrebe proučavanja prometne buke na obrazovne ustanove prikladniji bi bili podaci oznake  $L_{day}$  koji vrijede za dan, odnosno vremensko razdoblje koje učenici provode u školi, međutim podaci s  $L_{day}$  oznakom nisu pronađeni.

Drugi dio diplomskog rada usmjeren je na istraživanje stavova o utjecaju prometne buke na škole putem anketnog upitnika namijenjenog nastavnicima riječkih osnovnih i srednjih škola. Dobiveni odgovori pružili su detaljniji uvid u utjecaj prometne buka na obrazovne ustanove, a analiza anketnog upitnika bila bi kvalitetnija kad bi bili prikupljeni odgovori iz svih riječkih osnovnih i srednjih škola što bi pridonijelo potpunijem razumijevanju utjecaja prometne buke na škole. Također, izrazito bi korisno bilo istražiti stavove učenika o prometnoj buci, odnosno istražiti kako učenici percipiraju prometnu buku u nastavi.

Također, načini za poboljšanje istraživanja nalaze se i u detaljnijem ispitivanju orijentacije učionica u školi i učestalosti korištenja istih kako bi se utvrdilo postoji li povezanost između percepcije prometne buke i korištenja učionica određene orijentacije u prostoru. Idealan način za detaljniju analizu predstavlja rad u obliku studije slučaja određene škole.

Sva prošla, sadašnja i buduća istraživanja problematike buke pridonose podizanju svijesti o štetnosti buke i prepoznavanju buke uzrokovane prometom kao izrazito negativnog utjecaja na kvalitetu života. Također, radovi koji se bave temom utjecaja buke na ustanove osjetljive na buku, primjerice na obrazovne ustanove koje su bile predmet istraživanja u ovom diplomskom radu, ukazuju koliko je svaka mjera s ciljem ublažavanja i rješavanja problema važna i korisna te treba poticati njihovo provođenje u što većem broju.

## 10. POPIS LITERATURE

1. Anees., M.M., Qasim., M., Bashir, A., 2017: Physiological and Physical Impact of Noise Pollution on Environment, *Earth Science Pakistan* 1 (1), 8-10, DOI: <https://doi.org/10.26480/esp.01.2017.08.10>.
2. Apparicio, P., Gelb, J., Carrier, M., Mathieru, M., Kingham, S., 2018: Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal, *Journal of Transport Geography* 70, 182-192, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.007>.
3. Apparicio, P., Carrier, M., Gelb, J., Séguin, A., Kingham, S., 2016: Cyclists' exposure to air pollution and road traffic noise in central city neighbourhoods of Montreal, *Journal of Transport Geography*, 63-69, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.014>.
4. Aytin, B.K., Tezgör, D.G.E., Özyavuz, M., 2016: Environmental Noise Pollution in The City of Edirne – Turkey, in: Demirel, O., Kurdoglu, B.C., Duzgunes, E., Bayramoglu, E., Pulatkan, M., Demir, S., Cindik Akinci, Y., Kurt, S.S., Celik, K.T. (eds.): *1st International Conference on Sea and Coastal Development in the Frame of Sustainability*, Karadeniz Technical University, Karadeniz, 629-636.
5. Beglund, B., Lindvall, T., 1995: *Community Noise*, Stockholm University, Stockholm.
6. Bhang, S., Yoon, J., Sung, J., Yoo, C., Sim, C., Lee, C., Lee, J., Lee, J., 2018: Comparing Attention and Cognitive Function in School Children across Noise Conditions: A Quasi-Experimental Study, *Psychiatry Investigation* 16 (6), 620-627, DOI: 10.30773/pi.2018.01.15.
7. Bhave, P., Sayed, K., 2015: Noise Pollution in Sensitive Zone and its Effects: A Review, *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 2 (6), 78-83, DOI: 10.17148/IARJSET.2015.2618.
8. Carrier, M., Apparicio, P., Séguin, A., 2016: Road traffic noise geography during the night in Montreal: An environmental equity assessment, *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien* 60 (3), 394-405, DOI: <https://doi.org/10.1111/cag.12281>.
9. Collins, T.W., Nadybal, S., Grineski, S.E., 2020: Sonic injustice: Disparate residential exposures to transport noise from road and aviation sources in the continental United States, *Journal of Transportation Geography* 82, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102604>.



10. de Paiva Vianna, K.M., Alves Cardoso, M.R., Calejo Rodrigues, R.M., 2015: Noise pollution and annoyance; an urban soundscapes study, *Noise Health* 17 (76), 125-133, DOI: 10.4103/1463-1741.155833.
11. De Smith, M.J., Goodchild, M.F., Longley, P.A., 2007: *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles Techniques and Software Tools*, Leicester, Matador.
12. Dević, I., 2015: *Odrednice školskoga postignuća učenika: provjera modela školske kompetencije*, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu.
13. Dželalija, P., 2018: *Dinamička karta buke dijela grada Zagreba*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
14. Esmeray, E., Eren, S., 2021: GIS-based mapping and assessment of noise pollution in Safranbolu, Karabuk, Turkey, *Environment, Development and Sustainability* 23, 15413-15431, DOI: 10.1007/s10668-021-01303-5.
15. Fink, D.J., 2016: What Is a Safe Noise Level for the Public?, *American Journal of Public Health* 107 (1), 44-45, DOI: [10.2105/AJPH.2016.303527](https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303527).
16. Franjić, A., 2020: *Utjecaj buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke*, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu.
17. Goines, L., Hagler, L., 2007: Noise Pollution: A Modern Plague, *Southern Medical Journal* 100, 287-294, DOI: 10.1097/smj.0b013e3180318be5.
18. Grubeša, S., Suhanek, M., 2020: Traffic Noise, in Siano, D., González, A.E. (eds.): *Noise and Environment*, IntechOpen, London, 1-19.
19. Hajtić, I., 2017: *Dinamička karta buke Grada Bjelovara*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
20. Harman, B.I., Koseoglu, H., Yigit, C.O., 2016: Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey, *Applied Acoustics* 112, 147-157, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.05.024>.
21. Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., Lucas, N., 2001: *Using Arcgis Geostatistical Analyst*, ESRI, Redlands.
22. Karčić, D., Kosić, S., 2019: *Analiza prometnog sustava Primorsko-goranske županije*, Seminarski rad, Sveučilište u Zagrebu.
23. Klančnik, M., 2013: Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost, *Javno zdravstvo* 2, 12-14.

24. Kunc, H.P., Schmidt, R., 2018: The effects of anthropogenic noise on animals: a meta-analysis, *Biology Letters* 15 (11), DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0649>.
25. Lakušić, S., Dragčević, V., Rukavina, T., 2004: Mjere za smanjenje buke od prometa u urbanim sredinama, *Građevinar* 57 (1), 1-9.
26. Marinčić, A., 2021: *Analiza i metode smanjenja buke u komercijalnom zrakoplovstvu*, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu.
27. Marquart, H., Ueberham, M., Schlink, U., 2021: Extending the dimensions of personal exposure assessment: A methodological discussion on perceived and measured noise and air pollution in traffic, *Journal of Transport Geography* 93, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103085>.
28. Matondang, B., Matondang, N., 2017: The impact of noise level on students' learning performance at state elementary school in Medan, *AIP Conference Proceedings* 1855, 040002-1–040002-9, DOI: 10.1063/1.4985498.
29. Medved, I., Pribičević, B., Medak, D., Kuzmanić, I., 2010: Usporedba metoda interpolacije batimetrijskih mjerenja za praćenje promjena volumena jezera, *Geodetski list* 2, 71-86.
30. Münzel, T., Sørensen, M., Daiber, A., 2021: Transportation noise pollution and cardiovascular disease, *Nature Reviews Cardiology* 18, 619-636, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00532-5>.
31. Murphy, E., King, E.A., 2014: *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy*, Elsevier, San Diego.
32. Rodrigue, J.P., 2020: *The Geography of Transport Systems*, Routledge, New York.
33. Samardžija, M., 2021: *Metode prostorne interpolacije i njihova primjena u poljoprivredi i zaštiti okoliša*, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.
34. Shield, B.M., Dockrell, J.E., 2008: The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children, *Journal of the Acoustical Society of America* 123 (1), 133-44, DOI: 10.1121/1.2812596.
35. Slabbekoorn, H., 2019: Noise pollution, *Current Biology* 29 (19), 957-960, DOI: 10.1016/j.cub.2019.07.018.
36. Sordello, R., Ratel, O., De Lachapelle, F.F., Leger, C., Dambry, A., Vanpeene, S., 2020: Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map, *Environmental Evidence* 9, DOI: <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00202-y>.

37. Sørensen, M., Pershagen, G., 2019: Transportation noise linked to cardiovascular disease independent from air pollution, *European Heart Journal* 40, 604-606, DOI: 10.1093/eurheartj/ehy768.
38. Šiljeg, A., 2013: *Digitalni model reljefa u analizi geomorfometrijskih parametara – primjer PP Vransko jezero*, Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu.
39. Šulc, I., n.d.: *Vježbe iz Geoinformatike – Vježba 23*, Geoinformatika II, Sveučilište u Zagrebu, neobjavljeno.
40. Taghizadeh, R., Zare, M., Zare, S., 2013: Mapping of noise pollution by different interpolation methods in recovery section of Ghandi telecommunication Cables Company, *Journal of Occupational Health and Epidemiology* 2 (1,2), 1-11, DOI: [10.18869/acadpub.johe.2.1.2.1](https://doi.org/10.18869/acadpub.johe.2.1.2.1).
41. Thanh, B.P.P., Hanh, N.T.X., 2021: Mapping and distribution of noise using IDW interpolation algorithm in Thuan An city, Binh Duong province, *Journal of Science* 3 (4), 64-76, DOI: [10.37550/tdmu.EJS/2021.04.258](https://doi.org/10.37550/tdmu.EJS/2021.04.258).
42. Tomac Jovanović, J., 2015: *Rizično ponašanje i izloženost buci među adolescentima*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu.
43. Toskić, A., n.d.: *Prikazivanje prostorne stvarnosti – osnovni principi*, Geoinformatika I, Sveučilište u Zagrebu, neobjavljeno.
44. Woolner, P., Hall, E., 2010: Noise in Schools: A Holistic Approach to the Issue, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7 (8), 3255-3269, DOI: [10.3390/ijerph7083255](https://doi.org/10.3390/ijerph7083255).
45. Zorić, Ž., 2019: *Buka i antivibracijski elementi u željezničkom prometu*, Specijalistički rad, Sveučilište u Zagrebu.

## 11. POPIS IZVORA

1. Agencija za zaštitu okoliša (AZO), 2016a: Strateške karte buke, <http://buka.azo.hr/>, (09.07.2022).
2. Agencija za zaštitu okoliša (AZO), 2016b: Cestovni promet – Rijeka (GIS Shapefileovi), Zagreb.
3. Agencija za zaštitu okoliša (AZO), 2016c: Željeznički promet – Rijeka (GIS Shapefileovi), Zagreb.

4. Ceste-Rijeka, n.d.: Popis cesta, <https://www.ceste-rijeka.hr/popis-cesta>, (30.07.2022.).
5. Državna geodetska uprava (DGU), 2015a: Registar izvora prostornih podataka NIPP-a, <https://registri.nipp.hr/izvori/index.php>, (10.07.2022.).
6. Državna geodetska uprava (DGU), 2015b: Strateške karte buke, <https://registri.nipp.hr/izvori/view.php?id=133>, (10.07.2022.).
7. Državna geodetska uprava (DGU), 2016: Statistički registar prostornih jedinica Republike Hrvatske (GIS shapefileovi), Zagreb.
8. Državni zavod za statistiku (DZS), 2021: Prvi rezultati Popisa 2021., <https://popis2021.hr/>, (30.08.2022.).
9. Ecophon, n.d.: Impact of noise in education, [https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/knowledge/education/research-studies/ecophon\\_research\\_summary\\_education-2022.pdf/](https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/knowledge/education/research-studies/ecophon_research_summary_education-2022.pdf/), (31.08.2022.).
10. Encyclopedia Britannica, 2022: Pollution, <https://www.britannica.com/science/pollution-environment> (07.07.2022.).
11. Environmental Pollution Centers, n.d.: What Is Noise Pollution?, <https://www.environmentalpollutioncenters.org/noise-pollution/#:~:text=Noise%20pollution%20is%20generally%20defined,or%20consistent%20the%20exposure%20is>, (08.07.2022.).
12. Environmental Systems Research Institute (ESRI), 2021: Using validation to assess models, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/using-validation-to-assess-models.htm>, (19.07.2022.).
13. Environmental Systems Research Institute (ESRI), n.d.a: GA Layer To Points, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/geostatistical-analyst/ga-layer-to-points.htm>, (27.07.2022.).
14. Environmental Systems Research Institute (ESRI), n.d.b: Empirical Bayesian Kriging, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/what-is-empirical-bayesian-kriging-.htm>, (19.07.2022.).
15. Environmental Systems Research Institute (ESRI), n.d.b: Performing cross-validation and validation, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/performing-cross-validation-and-validation.htm>, (27.07.2022.).
16. Environmental Systems Research Institute (ESRI), n.d.c: How the zonal statistics tools work, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/how-zonal-statistics->

- [works.htm#:~:text=A%20zonal%20statistics%20operation%20is,and%20Zonal%20Statistics%20as%20Table](#), (21.08.2022.).
17. Environmental Systems Research Institute (ESRI), n.d.d: Near, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/near.htm>, (20.08.2022.).
  18. Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc. METI /NASA, USGS, 2021: Light Gray Base Basemap.
  19. Europska agencija za okoliš, 2020: Onečišćenje bukom značajan je problem za ljudsko zdravlje i okoliš, <https://www.eea.europa.eu/hr/articles/oneciscenje-bukom-znacajan-je-problem>, (21.08.2022.).
  20. Geofabrik, 2020: Croatia, <http://download.geofabrik.de/europe/croatia.html>, (15.08.2022.).
  21. Glen, S., n.d.a: Prediction Error: Definition, <https://www.statisticshowto.com/prediction-error-definition/>, (21.07.2022.).
  22. Glen, S., n.d.b: RMSE: Root Mean Square Error, <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/regression-analysis/rmse-root-mean-square-error/>, (21.07.2022.).
  23. Glen, S., n.d.c: Mean Error: Definition, <https://www.statisticshowto.com/mean-error/>, (23.07.2022.).
  24. Grad Rijeka, 2022a: Mjesni odbori, <https://www.rijeka.hr/mjesni-odbori/>, (20.07.2022.)
  25. Grad Rijeka, 2022b: Odgoj i obrazovanje, <https://www.rijeka.hr teme-za-gradane/odgoj-i-obrazovanje/>, (15.06.2022.).
  26. Grad Rijeka, 2022c: Nadležnost nad upravljanju cestama, <https://www.rijeka.hr teme-za-gradane/promet/prometna-infrastruktura/nadleznost-nad-upravljanjem-cestama/>, (29.07.2022.).
  27. Grad Rijeka, n.d.a: Karta buke grada Rijeke, <https://www.rijeka.hr teme-za-gradane/obitelj-i-drustvena-skrb/zdravstvo/pracenje-cimbenika-okolisa-preventivne-mjere/buka/karta-buke-grada-rijeke/>, (30.07.2022.).
  28. Grad Rijeka, n.d.b: Strateška karta buke i akcijski plan upravljanja bukom Grada Rijeke, [https://www.rijeka.hr/wp-content/uploads/2017/10/2013-SKB-020\\_17\\_Pano\\_01\\_RIR2\\_Metode\\_Izrade\\_SKB\\_IKB\\_KKB.pdf](https://www.rijeka.hr/wp-content/uploads/2017/10/2013-SKB-020_17_Pano_01_RIR2_Metode_Izrade_SKB_IKB_KKB.pdf), (16.08.2022.).
  29. Hrvatska enciklopedija, 2021: Buka, <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=10060>, (05.07.2022.).

30. Jambrošić, K., 2011: Zvuk i okoliš, <https://www.zmz.hr/download/karte-buke.pdf>, (16.08.2022.).
31. Jost, S., n.d.: The Standard Error of the Average, <https://condor.depaul.edu/sjost/it223/documents/se-ave.htm#:~:text=The%20term%20standard%20error%20for,the%20average%20of%20an%20experiment.>, (21.07.2022.).
32. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2017: Informacijski sustav strateških karata buke i akcijskih planova, <https://www.haop.hr/hr/informacijski-sustav-strateskih-karata-buke-i-akcijskih-planova/informacijski-sustav-strateskih>, (12.07.2022.).
33. Nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP), 2021a: INSPIRE, <https://www.nipp.hr/default.aspx?id=62>, (10.07.2022.).
34. Nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP), 2021b: Općenito, <https://www.nipp.hr/default.aspx?id=3415>, (10.07.2022.).
35. Narodne novine (2009) *Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke*: Narodne novine d.d.
36. Narodne novine (2021) *Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka*: Narodne novine d.d.
37. National Geographic, n.d.: Noise Pollution, <https://education.nationalgeographic.org/resource/noise-pollution>, (07.07.2022.).
38. The Institution of Occupational Safety and Health (IOSH), 2018: Sound levels and their relevance, <https://iosh.com/health-and-safety-professionals/improve-your-knowledge/occupational-health-toolkit/noise/sound-levels-and-their-relevance/>, (07.07.2022.).
39. Tonković, M., n.d.: Hrvatska makroregionalna središta, <https://geohrvatska.weebly.com/blog/hrvatska-makroregionalna-sredista>, (30.08.2022.).
40. World Health Organization (WHO), 2015: Make Listening Safe, [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/177884/WHO\\_NMH\\_NVI\\_15.2\\_engl.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/177884/WHO_NMH_NVI_15.2_engl.pdf), (10.07.2022.).

## PRILOZI

### Prilog 1. Popis tabličnih i grafičkih priloga

Sl. 1. Korelacija između uspjeha učenika i izloženosti buci .....	3
Sl. 2. Administrativna podjela grada Rijeke .....	7
Sl. 3. Raspodjela buke prema izvoru .....	10
Sl. 4. Metoda izrade strateške karte buke .....	14
Sl. 5. Primjer konfliktne karte buke .....	15
Sl. 6. Grafički prikaz načela funkcioniranja metode krosvalidacije .....	21
Sl. 7. Kartografski prikaz skupa za učenje i skupa za testiranje .....	22
Sl. 8. Raspodjela pogreške u metodi inverzne udaljenosti .....	23
Sl. 9. Raspodjela pogreške u multikvadratnoj metodi radijalnih osnovnih funkcija .....	24
Sl. 10. Raspodjela pogreške u empirijskom Bayesovom modelu kriging metode .....	24
Sl. 11. Metoda inverzne udaljenosti .....	26
Sl. 12. Multikvadratna funkcija .....	27
Sl. 13. Empirijski Bayesov model .....	28
Sl. 14. Prostorna rasprostranjenost buke prema mjesnim odborima .....	29
Sl. 15. Kartografski prikaz prostorne rasprostranjenosti buke i prometnica u gradu Rijeci	30
Sl. 16. Obrazovne ustanove koje su bile predmet istraživanja .....	31
Sl. 17. Položaj škola najmanje i najviše ugroženih prometnom bukom .....	33
Sl. 18. Prometno okruženje Građevinske tehničke škole i Graditeljske škole za industriju i obrt s južne i zapadne strane .....	33

Sl. 19. Prometno okruženje Osnovne škole Pećine s jugozapadne strane .....	34
Sl. 20. Odnos ugroženosti škola prometnom bukom i kategorije prometnica .....	36
Sl. 21. Škole čiji su nastavnici pristupili ispunjavanju anketnog upitnika .....	38
Sl. 22. Struktura ispitanika prema organizaciji nastave .....	38
Sl. 23. Struktura ispitanika prema razdoblju dana kada provode nastavu .....	39
Sl. 24. Opći stavovi ispitanika o prometnoj buci .....	39
Sl. 25. Stavovi ispitanika o ugroženosti mjesnih odbora prometnom bukom .....	40
Sl. 26. Stavovi ispitanika o utjecaju buke uzrokovane prometom na kvalitetu izvođenja nastave i komunikaciju između nastavnika i učenika .....	41
Sl. 27. Struktura odgovora o utjecaju prometne buke prilikom izvođenja nastave .....	42
Sl. 28. Struktura odgovora o utjecaju prometne buke na nastavnike .....	42
Sl. 29. Struktura odgovora o utjecaju prometne buke na učenika .....	43
Sl. 30. Ugroženost obrazovne ustanove od buke uzrokovane prometom .....	44
Tab.1. Najviše dopuštene razine buke u otvorenom prostoru .....	12
Tab.2. Usporedba različitih metoda prostorne interpolacije uz pomoć evaluacije s 4 vrste pogrešaka .....	28



## Prilog 2. Pitanja korištena za anketni upitnik

*NAPOMENA: Pojam buka u anketnom upitniku odnosi se na vanjsku buku uzrokovanu prometom koja je uobičajna, dakle prisutna dulje vremensko razdoblje. Budući da postoje razlike među školama u organizaciji provođenja nastave, pri ispunjavanju anketnog upitnika u obzir uzmite generalnu situaciju s kojom se suočavate.*

I. Ime obrazovne ustanove u kojoj ste zaposleni (odabrati jedan odgovor)

II. Spol

M	Ž	Ne želim se izjasniti
---	---	-----------------------

III. Zaposlen/a sam kao (odabrati jedan odgovor)

Odgojno-obrazovni djelatnik/djelatnica u razrednoj nastavi	Odgojno-obrazovni djelatnik/djelatnica u predmetnoj nastavi	Odgojno-obrazovni djelatnik/djelatnica i u razrednoj i u predmetnoj nastavi
--	---	---

IV. Koliko dugo radite u trenutnoj školi?

V. Dio dana u kojem najčešće provodite nastavu (odabrati jedan odgovor)

Pretežno prijepodne	Pretežno poslijepodne	Oboje
---------------------	-----------------------	-------

**Utjecaj buke uzrokovane prometom na grad i kvalitetu života (odabrati jedan odgovor):**

1.

Buka uzrokovana prometom je problem današnjice	U potpunosti se ne slažem	Ne slažem se	Djelomično se slažem	Slažem se	U potpunosti se slažem
Buka uzrokovana prometom narušava kvalitetu života	U potpunosti se ne slažem	Ne slažem se	Djelomično se slažem	Slažem se	U potpunosti se slažem
Buka uzrokovana prometom štetno djeluje na zdravlje	U potpunosti se ne slažem	Ne slažem se	Djelomično se slažem	Slažem se	U potpunosti se slažem

Grad Rijeka je pogođen problemom buke uzrokovane prometom	U potpunosti se ne slažem	Ne slažem se	Djelomično se slažem	Slažem se	U potpunosti se slažem
--	------------------------------	--------------	-------------------------	-----------	---------------------------

2. Koje mjesne odbore smatrate najugroženijima bukom uzrokovanom prometom?

**Utjecaj buke uzrokovane prometom na nastavu, nastavnike i učenike (odabрати jedan odgovor):**

1.

Buka uzrokovana prometom utječe na kvalitetu izvođenja nastave	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Buka uzrokovana prometom omete komunikaciju između nastavnika i učenika	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek

2.

Nakratko moram prekinuti izvođenje nastave zbog buke uzrokovane prometom	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
---	-------	---------	---------	-------	--------

Moram glasnije pričati pri izvođenju nastave zbog buke uzrokovane prometom	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Moram zatvoriti prozore pri izvođenju nastave zbog buke uzrokovane prometom	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Moram ponavljati više puta rečenice zbog buke uzrokovane prometom	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek

3.

Buka uzrokovana prometom utječe na moju profesionalnu učinkovitost	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Buka uzrokovana prometom utječe na smanjenje vlastite koncentracije	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Buka uzrokovana prometom	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek

potiče da se osjećam nemirno					
Buka uzrokovana prometom utječe na smanjenje učinkovitosti	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek

4.

Buka uzrokovana prometom utječe na smanjenje koncentracije učenika	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Buka uzrokovana prometom potiče nemirno ponašanje kod učenika	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek
Buka uzrokovana prometom utječe na smanjenje učinkovitosti učenika	Nikad	Rijetko	Ponekad	Često	Uvijek

### Utjecaj buke uzrokovane prometom na obrazovnu ustanovu

1. Kad je škola izgrađena? Dovoljno je navesti okvirno vrijeme ukoliko ne znate točnu godinu.
2. Ocijenite ugroženost obrazovne ustanove u kojoj ste zaposleni od buke uzrokovane prometom (odabrati jedan odgovor)

Ocijenite ugroženost obrazovne ustanove u kojoj ste zaposleni od buke uzrokovane prometom	U potpunosti nije ugrožena	Nije ugrožena	Djelomično ugrožena	Ugrožena	U potpunosti je ugrožena
---	-------------------------------	---------------	------------------------	----------	-----------------------------

3. Smatrate li da je buka uzrokovana prometom problem u odgoju i obrazovanju učenika i da je potrebno poduzeti mjere radi ublažavanja i rješavanja istog?

4. Smatrate li da se već provode neke mjere? Ako je odgovor da, molim Vas da navedete primjer.