



**USAID**  
OD AMERIČKOG NARODA



**BOŠ** | BEOGRADSKA  
OTVORENA  
ŠKOLA

# POD KAPOM ZAGAĐENJA

**Analiza efekta primene Kratkoročnog akcionog  
plana (KAP)-za zaštitu vazduha na terotoriji grada Leskovca**

**ZAJEDNO**  
ZA ŽIVOTNU SREDINU

# **„POD KAPOM ZAGAĐENJA“**

**Analiza efekta primene Kratkoročnog akcionog plana (KAP) za smanjenje zagađenja  
vazduha u gradu Leskovcu**

**Nikola Mladenović, Tim 42**

**Leskovac, Februar 2024.**

## Sadržaj

Uvod .....	4
Analiza efekta primene Kratkoročnog akcionog plana .....	5
Sadržaj Kratkoročnog akcionog plana .....	5
Poglavlje 2. „Opis područja za koje se KAP donosi“ .....	6
Poglavlje 3. „Lokacija povećanog zagađenja“ .....	9
Poglavlje 3.2.2 „Lokalna mreža mernih stanica“ .....	9
Zaključna razmatranja 1 .....	9
Poglavlje 4. „Lista zagađujućih materija sa prikazom koncentracija za period 2016.-2019. godine“ .....	10
Poglavlje 5. „Izvori zagađenja vazduha u gradu Leskovcu“ .....	10
Zaključna razmatranja 2 .....	13
Poglavlje 6. „Nadležnost za sprovođenje KAP-a“ .....	13
Poglavlje 7. „Dokumentacija korišćena u toku izrade KAP-a“ .....	14
Poglavlje 8. Mere i aktivnosti za smanjenje zagađenja vazduha“ .....	14
Zaključna razmatranja 3 .....	17
Metodološka osnova istraživanja .....	19
Geoprostorna analiza zagađenja vazduha na teritoriji grada Leskovca .....	21
Blizina stacionarnih zagađivača .....	23
Blizina saobraćajnica .....	26
Blizina divljih deponija .....	28
Namena zemljišta.....	30
Vazdušni pritisak .....	32
Vetrovi.....	34
Nagib terena .....	36
Reljef .....	38
Analitičko hijerarhijski proces- postavljanje težinskih koeficijenata .....	40
Rezultati istraživanja .....	41
Emisija CO iz registrovanih stacionarnih zagađivača .....	48
Građanske merenja kvaliteta vazduha u Leskovcu.....	50
Preporuke.....	50
Zaključak.....	52

## Uvod

U filmu „Stalker“ reditelja Andreja Tarkovskog, Zone predstavljaju misteriozna i kontroverzna područja koja deluju van svakodnevnog iskustva. Zona poseduje moć transformacije, otkrivajući najdublje želje i strahove posetilaca. Na sličan način, grad Leskovac suočava se sa svojim sopstvenim izazovnim zonama - zonama zagađenja vazduha. Dok se Tarkovski bavi metafizičkim elementima, mi se okrećemo stvarnosti urbanog okruženja, gde zagađenje postaje jedna od najintragantnijih i neistraženih zona našeg grada. Kao što Zona u filmu ima sposobnost otkrivanja najdubljih aspekata ljudske prirode, tako i zone zagađenja u Leskovcu svedoče o kompleksnim vezama između antropogenih aktivnosti, stacionarnih izvora zagađenja, individualnih ložišta i prirodnog okruženja. Kratkoročni akcioni plan (KAP), poput Stalkera u Zoni, treba da bude naš „vodič“, da nam pruži smernice o ponašanju u zoni zagađenja. Međutim, kao u filmskom ostvarenju, i ova inicijativa suočava se sa svojim izazovima i ograničenjima. Kroz ovu publikaciju, istražujemo kako je KAP postao svojevrsni Stalker u borbi protiv zagađenja vazduha, pokušavajući da ukloni opasnosti, ali istovremeno nailazeći na svojevrsne prepreke i neuspehe da nas dovede do sigurnog mesta gde će nam se najdublja želja- želja da udišemo čist vazduh ostvariti.

Publikacija je urađena na osnovu istraživanja i analize efekta primene KAP-a za smanjenje zagađenja vazduha na teritoriji grada Leskovca. Fokusirali smo se na dubinsku analizu svakog poglavlja KAP-a, pružajući komentare o stvarnim efektima i implementaciji mera i aktivnosti koje su u njemu predviđene. Ova publikacija proizilazi iz temeljne analize KAP-a, gde smo pažljivo razmotrili opise područja, lokacije sa povećanim nivoom zagađenja, kao i relevantne podatke i dokumentaciju koja podržava propisane mere i aktivnosti. Razumevanje svakog aspekta ovog dokumenta doprinelo je da procenimo njegovu efikasnost u kontekstu specifičnih izazova vezanih za kvalitet vazduha u Leskovcu. Pored toga, sproveli smo geoprostornu analizu zagađenja vazduha na teritoriji grada Leskovca koristeći geografske informacione sisteme i metode daljinske detekcije. Ova analiza nam je omogućila da dobijemo konkretne podatke o zagađenju vazduha, uključujući prosečne koncentracije PM 2.5 za svako naselje, broj stanovnika, površine podložne zagađenju, vazdušni pritisak, prosečne temperature, nadmorske visine itd. Ovi podaci su dalje doprineli našem razumevanju prirodnih i antropogenih faktora koji utiču na kvalitet vazduha u Leskovcu i pomogli nam u formulisanju zaključaka o efikasnosti KAP-a. Za potrebe geoprostorne analize, koristili smo četiri softvera otvorenog koda i deset metoda za obradu, prikupljanje, modelovanje i vizualizaciju podataka. Korišćeni su otvoreni podaci dostupni na raznim platformama, kao i informacije od javnog značaja. Kao rezultat ove analize, mapirali smo zone zagađenja vazduha prema naseljima, pružajući vizualni prikaz koliko stanovnika je izloženo zagađenom vazduhu u različitim delovima grada. Ova publikacija ima za cilj da pruži sveobuhvatnu sliku o stvarnom uticaju KAP-a na kvalitet vazduha u Leskovcu, koristeći analitički pristup i geoprostornu metodologiju kako bismo dobili precizne i relevantne rezultate.

# Analiza efekta primene Kratkoročnog akcionog plana

## Sadržaj Kratkoročnog akcionog plana

Analiziran je sadržaj Kratkoročnog akcionog plana za smanjenje zagađenja vazduha za grad Leskovac, prema pravilniku postavljen je sadržaj KAP-a kao i komentar da li predviđeni sadržaj ispunjen u dokumentu.

Prema pravilniku o sadržaju kratkoročnih akcionih planova („Službeni glasnik RS“, broj 65 od 14. septembra 2010.) Kratkoročni akcioni plan sadrži naročito:

1) podatke o lokaciji (području) povećanog zagađenja; **Nisu navedeni podaci o području povećanog zagađenja, kratko je opisano da područje zagađenja može da bude čitava teritorija grada Leskovca pogotovu u zimskom periodu i da je industrija grada Leskovca u višegodišnjem zastoju.**

2) osnovne karakteristike i informacije o zoni ili aglomeraciji; **Opis područja i osnovne karakteristike su neprecizne, neadekvatan ili nepostojeći prostorni prikaz navedenih karakteristika kao što su saobraćaj, geologija, nadmorske visine, geografski položaj generalno.**

3) podatke o vrsti i stepenu zagađenja; **nedostatak konkretnih podataka o vrsti i stepenu zagađenja**

4) stanje kvaliteta vazduha; **Stanje kvaliteta vazduha nije narativno opisano već su samo objavljeni dostupni su podaci o stanju kvaliteta vazduha u periodu 2016. do 2019. godine koji su navedeni u KAP-u. Opisane su lokacije mernih mesta i tabelarno prikazano naziv, adresa mernog mesta, tip mernog mesta, koordinate i parametri kao i procena broja stanovnika koje je obuhvaćen mernim mestima.**

5) uticaje delatnosti od značaja za planiranje i podatke o izvorima zagađenja; **Navedeni samo tehnički detalji i funkcija pojedinih objekata bez konkretne veze sa zagađenjem vazduha.**

6) analizu situacije i faktora koji su uticali na pojavu prekoračenja; **Analiza situacije i faktora nije sprovedena.**

7) specifične mere za kratkoročno smanjenje trajanja prekoračenja, sa rokovima za njihovu realizaciju, kao i specifične aktivnosti namenjene zaštiti osetljivih grupa stanovništva, naročito dece; **Specifične mere su uglavnom preporuke, odlaganja, izbegavanja, kao i dobrovoljne aktivnosti bez konkretnih detalja. Za šest aktivnosti navedeno vreme realizacije je kontinuirano što je nedovoljno precizno i određeno za kratkoročni plan. Osetljive grupe stanovništva ne mogu da se zaštite jer izveštavanje o kvalitetu vazduha kasni nekoliko dana.**

8) detalje o merama koji se planiraju, sa rokovima za njihovu realizaciju; **Ukupno je navedeno devet aktivnosti, od kojih se šest sprovede kontinuirano dok je za ostale tri aktivnosti naveden rok za realizaciju od 2020. do 2025.**

9) osnovne uslove i pretpostavke za ostvarivanje planiranih mera i aktivnosti; **Nije navedeno.**

10) subjekte nadležne za sprovođenje i realizaciju plana (organi i organizacije); **Navedene su nadležnosti i odgovornosti.**

11) tabele i priloge, listu dokumenata, publikacija i slično kojima se potkrepljuju podaci navedeni u planu. **Delimično sadrži.**

**Dokument ne sadrži konkretan razlog zbog koga je izrađen.**

## **Poglavlje 2. „Opis područja za koje se KAP donosi“**

U ovom poglavlju dat je previše generalizovan opis geografsko-saobraćajnog položaja grada Leskovca jer se u opisu ne nalazi podatak o dužini saobraćajnica i gustini saobraćajnica po površini. Ovi podaci bi bili značajni za kratkoročni akcioni plan jer na osnovu njih bi mogla da se uradi procena o intenzitetu saobraćaja koja takođe nedostaje u KAP-u. Saobraćajnice nisu prostorno prikazane sem Koridora 10. Sprovedenom geoprostornom analizom utvrđeno je da ukupna dužina saobraćajnica iznosi 626.58 km, dok je gustina saobraćajne mreže 0.61 km/km<sup>2</sup>.

U KAP-u je navedeno da „područje povećanog zagađenja može da bude cela teritorija Grada Leskovca.“ ali je pre toga prostorno definisana granica pokrivenosti KAP-a koja je preuzeta iz Generalnog urbanističkog plana (GUP) Leskovca od 2010. do 2020. i predstavlja samo urbani deo grada Leskovca. Ovakva granica pokrivenosti nije funkcionalna jer deli pojedina naselja kao što su Vinarce i Donje Stopanje na severozapadu, Bobište i Bratmilovce na istoku. Takođe, ulazi u atar naselja Donje Sinkovce na jugozapadu i Donja Jajina na jugu. Prema tome, ovakva granica koja je rađena za potrebe Generalnog urbanističkog plana ne može biti granica pokrivenosti KAP-a jer bi aktivnosti predviđene KAP-om obuhvatale urbani deo grada i manje delove ili polovinu atara okolnih naselja. Ovakvo definisanje granica dalje povlači neprecizne podatke o prirodnim karakteristikama koji su takođe bitni za celokupnu sliku o zagađenju vazduha na teritoriji grada Leskovca.

Što se tiče prirodnih karakteristika područja podaci za nadmorsku visinu su opisnog karaktera i nisu dovoljno precizni. U KAP-u je navedeno „Teren područja Plana prostire se između 200 i 240 m nadmorske visine...“ Ukoliko se poštuju granice pokrivenosti KAP-a prema GUP, a na osnovu obrade digitalnog modela terena u našoj analizi, nadmorske visine se na tom području kreću od **219.01** do **297.08** m, dok bi prosečna nadmorska visina iznosila **232.63** m. Za celokupnu teritoriju grada Leskovca, kada je u pitanju reljef najniža tačka iznosi 199 m dok je najviša tačka 1442 m. Prosečna nadmorska visina iznosi 450.02 m. Poznavanje geološkog sastava je značajan jer se usled eolske erozije i ljudske aktivnosti mogu osloboditi prirodne zagađujuće materije u atmosferu, prema tome KAP-u je potreban detaljniji opis geološkog sastava Leskovačke kotline i treba da bude postavljen u kontekstu zagađenja vazduha. Tumačenjem osnovne geološke karte Srbije 1:100 000 kao i obradom otvorenih podataka Open Geology<sup>1</sup> na teritoriji grada Leskovca, našom analizom je utvrđeno da se nalaze sledeći tipovi stena:

---

<sup>1</sup> <https://geoliss.mre.gov.rs/prez/OGK/RasterSrbija/>

Tip stene	Površina km <sup>2</sup>	Udeo u %
Neogeni sedimenti	202.76	19.78
Aluvijalni sedimenti	24.40	2.38
Metamorfne stene	27.47	2.68
Sedimenti rečne terase	454.97	44.39
Magmatske stene	10.73	1.05
Rečno jezerska terasa	229.23	22.36
Vulkanoklastične stene	3.88	0.38
Mezozojski klastični sedimenti	67.03	6.54
Deluvijum-proluvijum	4.52	0.44
Ukupno	1025	100.00

*Tabela 1 Geološki sastav teritorije grada Leskovca*

Klimatske karakteristike i vazдушna strujanja su bitni faktori koji utiču na kvalitet vazduha, jer određuju kako se zagađivači šire i talože u atmosferi. U ovom poglavlju KAP-a, navedeno je da su „Klimatske karakteristike i meteorološki parametri predstavljaju bitan faktor za definisanje stanja životne sredine.“ Pored toga, nisu uzete u obzir klimatske promene koje mogu značajno uticati na kvalitet vazduha u Srbiji pa tako i na teritoriji grada Leskovca, KAP treba dopuniti analizom uticaja klimatskih promena na kvalitet vazduha i predvideti mere prilagođavanja tim promenama u akcionom planu jer visoke temperature i učestali toplotni talasi doprinose većim koncentracijama prizemnog ozona i češćom pojavom epizoda visokih koncentracija<sup>2</sup>. Vazdušni pritisak kao najznačajniji klimatski element kada je u pitanju zagađenje vazduha **nije naveden** u KAP-u, a poznato je da doprinosi nagomilavanju zagađenja na određenom prostoru.

Sa Digitalnog atlasa klime Srbije moguće je besplatno preuzeti i obraditi podatke, kroz naše istraživanje, a na osnovu podataka o srednjoj dnevnoj temperaturi za osmatrani period od 1950. do 2020. prosečna godišnja temperatura za prostor grada Leskovca iznosi 10.41° C, **dok je navedena temperatura u KAP-u 11.1° C** koja odstupa od zvaničnog merenja Republičkog hidrometeorološkog zavoda<sup>3</sup> po čijim merenjima za osmatrani period od 1961. do 1990. prosečna godišnja temperatura iznosi 10.8 ° C.

Geoprostornom analizom koju smo sproveli, dat je kartografski prikaz vazdušnog pritiska za prostor grada Leskovca, a u tabeli 2 navedene su vrednosti vazdušnog pritiska po nadmorskoj visini. Prosečni vazdušni pritisak od 983.61 mbar se nalazi na nadmorskim visinama od 200 do 300 m na kojima se nalazi čak 86 naseljena mesta. Prema tome, vazdušni pritisak mora da se uzme u obzir kada je u pitanju sprovođenje aktivnosti koje su dalje navedene u KAP-u.

<sup>2</sup><https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/observatory/evidence/health-effects/ground-level-ozone/ground-level-ozone>

<sup>3</sup> [https://www.hidmet.gov.rs/eng/meteorologija/stanica\\_sr.php?moss\\_id=13389](https://www.hidmet.gov.rs/eng/meteorologija/stanica_sr.php?moss_id=13389)

Nadmorska visina (m)	Srednja vrednost vazdušnog pritiska (mbar)	Površina km <sup>2</sup>	Udeo u %
0-200	989.22	7.48	0.73
200-300	983.61	383.06	37.37
300-400	972.07	204.73	19.97
400-500	959.71	92.71	9.04
500-600	947.98	77.02	7.51
600-700	936.41	70.05	6.83
700-800	924.94	61.67	6.02
800-900	913.75	57.83	5.64
900-1000	902.88	39.15	3.82
1000-1100	892.08	20.53	2.00
1100-1200	881.12	6.77	0.66
1200-1300	870.39	3.22	0.31
1300-1400	860.41	0.68	0.07
>1400	851.71	0.08	0.01
Ukupno		1025	100

Tabela 2 Srednje vrednosti vazdušno pritiska po nadmorskim visinama

Što se tiče vazdušnih strujanja navedeno je da „Dominiraju najčešće vetar severnog pravca - „severac“ (duva u zimskom periodu i snižava temperaturu), a u letnjim mesecima najčešći je „topli“ vetar (duva sa juga), a prisutan je i severozapadni vetar. Vetrovi su slabog intenziteta.“ Vetrovi su bitni zbog transporta zagađenog vazduha, ali pored toga u KAP-u **nije analizirana prosečna brzina vetrova za teritoriju grada Leskovca**. Podaci o brzini vetrova su dostupni u prostornom planu grada Leskovca<sup>4</sup> gde je navedeno da su „dominantni vetrovi na području plana zapadni i severni, dok je najveća srednja brzina severnog i jugozapadnog vetra 3.2 m/s, jugozapadnog 3.8 i severnog 3,4 m/s u Predejanu, a na Kukavici jugozapadnog sa 3.8 i zapadnog sa 3.6 m/s.“ Podatke o brzini vetrova je takođe moguće besplatno i jednostavno preuzeti i analizirati sa platforme Global Wind Atlas, kao što je urađeno u našoj geoprostornoj analizi.

U istom poglavlju naglašeno je da magla može stvoriti velike probleme zbog visoke zasićenosti vlagom. Dalje je navedeno „Osim ovog meteorološkog fenomena, po ljudsko zdravlje mnogo je opasnije kada se magla pomeša sa smogom, tada se govori o tzv. kiselim maglama koje mnogo štetnije utiču na zdravlje čoveka.“ Pored toga, definisan je smog kao „mešavina dima i magle“ **što argumentuje prethodni navod u istoj rečenici da se smog koji je već kombinacija dima i magle ne može dodatno pomešati sa maglom.**

<sup>4</sup> [https://www.uileskovac.rs/images/Urbanizam/Prostorni%20plan/prostorni\\_plan\\_tekst.pdf](https://www.uileskovac.rs/images/Urbanizam/Prostorni%20plan/prostorni_plan_tekst.pdf)

### **Poglavlje 3. „Lokacija povećanog zagađenja“**

Definisano je da „područje povećanog zagađenja može da bude cela teritorija grada Leskovca...“ ali u dokumentu dalje nisu preciznije prostorno i narativno definisane lokacije ili zone sa povećanim zagađenjem vazduha.

**Neodgovarajuće poznavanje prostora i svih elemenata u njemu koji utiču na životnu sredinu dovodi do neadekvatnog planiranja i donošenja odluka koje na kraju mogu proizvesti neefikasne mere za smanjenje zagađenja vazduha na teritoriji grada Leskovca.**

#### **Poglavlje 3.2.2 „Lokalna mreža mernih stanica“**

U poglavlju lokalna mreža mernih stanica tabelarno je navedena je procena broja stanovnika (oko 41 000) koja je obuhvaćena državnim i lokalnom mrežom mernih mesta, takođe data je procena površine na koja je obuhvaćena mrežom mernih stanica koja iznosi 1084.25 ha (10.84 km<sup>2</sup>) što je ukoliko se poredi sa celokupnom površinom teritorije Leskovca samo 1.05%, a ukoliko se poredi samo sa urbanim delom grada 42.8% od ukupne teritorije grada koja iznosi 25.27 km<sup>2</sup>.

Ovaj podatak nas opet dovodi do zaključka da je neprecizno definisana granica pokrivenosti KAP-a i da na osnovu mreže mernih mesta nije moguće efikasno proceniti koji delovi grada su ugroženi zagađenim vazduhom pa samim tim nije dalje moguće efikasno sprovesti aktivnosti za sprečavanje zagađenja. Pored toga, u KAP-u se nalazi plan infrastrukture za teritoriju grada Leskovca (Nacrt izmene i dopune Generalnog urbanističkog plana Leskovca od 2010 do 2020. godine) koji je van konteksta zagađenja ili zaštite vazduha jer nema narativnog objašnjenja.

Za oblasti gde nisu dostupni podaci o merenju vazduha, navodi se da je vazduh klasifikovan kao visokog kvaliteta, **umesto da se beleži nepostojanje podataka**. Agencija za zaštitu životne sredine pruža izveštaje za lokacije sa sprovedenim merenjima, označavajući vazduh kao treće kategorije, dok se za oblasti bez merenja klasifikuje kao prve kategorije, umesto da se jednostavno ističe nepostojanje relevantnih podataka. Na osnovu ovih informacija, preporučljivo je analizirati situaciju na lokalnom nivou i pružiti stručne komentare na navedene rezultate.

#### **Zaključna razmatranja 1**

Iz analize sadržaja Kratkoročnog akcionog plana za smanjenje zagađenja vazduha za grad Leskovac proizlazi niz nedostataka u usklađenosti sa pravilnikom o sadržaju kratkoročnih akcionih planova. Ključni nedostaci uključuju neprecizno definisanje područja povećanog zagađenja, nedostatak konkretnih podataka o vrsti i stepenu zagađenja, nedostatak analize faktora koji doprinose prekoračenjima, i neadekvatnu granicu pokrivenosti KAP-a. Pored toga, nedostaci sežu do opšteg opisa geografsko-saobraćajnog položaja grada Leskovca, gde nedostaju ključni podaci o dužini saobraćajnica i gustini saobraćaja, koji su od suštinskog značaja za procenu intenziteta zagađenja. Takođe, nedostatak detalja o prirodnim karakteristikama teritorije dodatno otežavaju adekvatno planiranje i implementaciju mera.

Važnost klimatskih karakteristika, vazdušnih strujanja i geološkog sastava u kontekstu zagađenja vazduha dodatno je naglašena. Nedostatak analize uticaja klimatskih promena na kvalitet vazduha, neprecizni podaci o nadmorskim visinama i nedostatak informacija o vazdušnom pritisku i brzini vetrova predstavljaju propuste u razumevanju faktora koji utiču na kvalitet vazduha.

Zaključak ovog dela je da Kratkoročni akcioni plan za grad Leskovac zahteva značajne korekcije i dopune radi postizanja veće efikasnosti i preciznosti. Detaljnija analiza prostornih, geoloških i klimatskih karakteristika, zajedno s preciznim podacima o zagađenju, omogućiće bolje planiranje i implementaciju mera zaštite vazduha. Transparentnost u prikazu podataka, precizna definicija područja povećanog zagađenja, i razmatranje specifičnih faktora doprineće izradi održivijeg i delotvornijeg plana za smanjenje zagađenja vazduha u gradu Leskovcu.

#### **Poglavlje 4. „Lista zagađujućih materija sa prikazom koncentracija za period 2016.-2019. godine“**

Ocena kvaliteta vazduha na osnovu KAP-a određuje se na osnovu prekoračenja graničnih i tolerantnih vrednosti koncentracija zagađujućih materija i jedina je zakonski definisana i obavezujuća ocena stepena zagađenja u Republici Srbiji; određuje se na osnovu srednjih godišnjih koncentracija zagađujućih materija dobijenih monitoringom kvaliteta vazduha u državnoj mreži i lokalnim mrežama za monitoring.

*Član 8, zakona o zaštiti vazduha ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 10/2013 i 26/2021 - dr. zakon)* ukazuje da se ocenjivanje kvaliteta vazduha vrši obavezno u pogledu koncentracija sumpor dioksida, azot dioksida i oksida azota, suspendovanih čestica (PM10, PM2.5), olova, benzena i ugljenmonoksida, prizemnog ozona, arsena, kadmijuma, nikla i benzo(a)pirena, a može i za druge zagađujuće materije, koje su kao takve utvrđene relevantnim međunarodnim propisima.

U KAP-u je navedeno da se na postojećim mernim mestima vrši merenje SO<sub>2</sub> (sumpor dioksida), NO<sub>2</sub> (azot dioksida), čađi i Ukupne taložene materije (UTM). U uzorcima UTM određuje se sadržaj teških metala i to kadmijuma, olova i cinka, dok se ostale zagađujuće materije predviđene zakonom ne mere.

U tabeli 6. koja se nalazi u KAP-u navedena su merna mesta, granične i tolerantne vrednosti i metode analize zagađujućih materija u vazduhu i to za SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Čađ i UTM. Za olovo (Pb) u fusnoti je navedeno da „Granične vrednosti za Pb odnose se na Pb u suspendovanim česticama frakcije PM10;“ **dok nikakvi podaci o PM10 i PM2.5 nisu navedeni i ne pominju se u čitavom dokumentu.**

#### **Poglavlje 5. „Izvori zagađenja vazduha u gradu Leskovcu“**

Na početku ovog poglavlja u tekstu ističe da se Leskovac nalazi u proširenoj kotlini, okružen brdima i planinama, što sprečava dobru cirkulaciju vazdušnih strujanja, posebno ističući nedostatak vetra u većem delu godine. Naglašava se da je koncentracija čađi u zimskim

mесесима, током грејне сезоне, повећана. У тексту су идентификована два главна извора загађења, а то су: 1) Градске котларнице и индивидуална ложишта и 2) саобраћај.

У даљем тексту су представљени подаци о становању где је извршена детаљна анализа облика становања у Лесковцу пружајући информације о различитим типовима станова, њиховој морфологији, густини насељености, као и различитим врстима стамбених објеката.

**Raznolikost oblika stanovanja:** Текст описује два основна облика становања - породично и више породично, уз опис прелазних облика меšovитог становања. Ови облици становања постоје и унутар меšovитих или опшћих стамбених зона, без јасне диференцијације између хомогених целина породичних и више породичних станова.

**Morfologija stambenih zona:** Текст даље описује развој становања у компактним и отвореним блоковима, меšovitim градским блоковима, као и становање у периферним деловима обухвата. Ту су укључене индивидуалне куће са окућницом и пољопривредним домаћинствима.

**Tipovi stambenih objekata:** Према типологији становања, присутни су самостални објекти, двојни објекти и објекти у низу. Густине становања су највише у централним градским подручјима и постепено опадају према периферним zonama.

**Detaljni opisi o oblicima stanovanja nisu u kontekstu poglavlja koje treba da se bavi izvorima загађења vazduha u gradu Leskovcu jer nigde nije naveden zaključak kako oblici stanovanja mogu uticati na kvalitet vazduha i životnu sredinu generalno. Tabela sa podacima o broju домаћinstava po reonima na teritoriji grada Leskovca je bez narativnog objašnjenja tako da ostaje nejasno šta su reoni i koji prostor обухватају осам reona koji su navedeni u tabeli. Poglavlje ne daje nikakvu analizu mogućih izazova za заштиту vazduha.**

Поглавље се даље бави описом котларница Јавног комуналног предузећа „Топлана“ Лесковац где се наводе капацитети, врста горива, технички детаљи о дужини вреловода, текст пружа информације о емисијама штетних материја из котларница, мерењима која се врше два пута годишње и тврди да су количине штетних материја у ваздуху у границама прописаним уредбом о емисијама. **Међутим, текст не пружа дубљу анализу о могућим утицајима емисија на квалитет ваздуха или њихову повезаност са претходним урбанистичким и еколошким аспектима Лесковца. Недостaje анализа конкретних података који су наведени у tabelи, посебно у вези са утицајем на животну средину и здравље становништва. У целини, текст даје техничке информације о системима грејања, али би mogao да обухвати и додатне анализе о еколошким утицајима и квалитету ваздуха, као и повезаношћу са претходно анализираним деловима текста.**

У поглављу, јасно су идентификована индивидуална ложишта, већа ложишта у урбаном језгру која користе угалј и мазут, као и чињеницу да се у неким стамбеним јединицама користи дрво, угалј и електрична енергија за грејање.

Идентификовани су **nedostaci i izazovi**, као што су неефикасна ложишта, употреба нискоквалитетног угља, емисије канцерогених материја из амбалажног отпада, непостојање уређаја за пречишћавање димних gasova и ризик од самопалjenja складишеног угља. Истакнут је **uticaj na kvalitet vazduha** јер се наглашава пораст концентрације чађи упркос престанку рада већине индустријских котларница. Наглашава се да је број индивидуалних ложишта променљив и зависи

od faktora kao što su cena električne energije. Ovo ukazuje na potrebu praćenja promena u broju i vrstama ložišta tokom vremena. U ovom delu KAP-a istaknuta je **potreba za unapređenjem** uključujući efikasnija ložišta, bolji izbor goriva, postavljanje uređaja za prečišćavanje dimnih gasova i edukaciju građana o uticaju individualnih ložišta na životnu sredinu. **Pored toga, nisu dati konkretni predlozi i strategije kako rešiti identifikovane probleme.**

U delu poglavlja koji se bavi saobraćajnom infrastrukturom, opisano je da je ulična mreža podeljena u dve funkcionalne grupe, na primarnu i sekundarnu i dati su nazivi ulica koji spadaju u ove dve grupe. **Nisu navedeni konkretni podaci niti uticaj na kvalitet vazduha.**

Tekst u delu Javni gradski saobraćaj se fokusira na funkciju i stanje javnog gradskog saobraćaja u Leskovcu. Osnovna svrha ovog vida saobraćaja je masovni prevoz putnika s ciljem rasterećenja gradskih saobraćajnica od individualnog putničkog saobraćaja i smanjenje pritiska na parking prostore. Javni gradski saobraćaj obavlja se autobusima, pokrivajući gradske, prigradske i međugradske linije, kao i taksi prevoz. Linije gradskog saobraćaja imaju radijalnu postavku i obavljaju funkcije i gradske i prigradske linije. **Nedostatak ovog dela KAP-a je to što se fokus ne daje zagađenju vazduha već se opisuje funkcija javnog gradskog saobraćaja. Pored toga se najavljuju „znatne promene“ kojima prethodi „izrada odgovarajuće studijske dokumentacije“ koja nije precizirana.**

Poglavlje se dalje bavi parkiranjem gde se iznose opšte tvrdnje o problemima parkinga u centralnoj zoni Leskovca, ali nedostaju konkretni podaci o obimu problema i nedostaju kvantitativni podaci. Iako se pominje problem parkiranja, nije jasno navedeno zašto je ovo bitan aspekt u kontekstu izvora zagađenja vazduha. **Nedostaje veza između problema parkiranja i kvaliteta vazduha, što čini tekst manje relevantnim u okviru analize izvora zagađenja.** Pomenuta je izgradnja javnih garaža s ciljem rasterećenja saobraćajnica, tekst ne pruža detaljnu analizu o tome kako će ove mere tačno doprineti smanjenju zagađenja vazduha. Nedostaje analiza veze između saobraćajnih gužvi i emisija štetnih gasova.

Biciklistički i pešački saobraćaj su takođe deo poglavlja o izvorima zagađenja vazduha. Tekst opisuje postojanje biciklističkih staza i planove za izgradnju biciklističko-pešačke ulice, iako se naglašava da bi unapređenje biciklističkih uslova moglo povećati učešće bicikala u ukupnom saobraćaju **nije jasno zašto se ovaj opis nalazi u poglavlju o izvorima zagađenja vazduha u gradu Leskovcu.**

Navedeni objekti poput autobuske stanice, robno-transportnog centra, stanica za snabdevanje gorivom i železničkog saobraćaja, tekst ne pruža konkretne podatke o emisijama štetnih materija koje ovi objekti mogu generisati. Nedostaje analiza kako ovi objekti doprinose zagađenju vazduha u Leskovcu.

U nastavku poglavlja prikazane su tabele o saobraćaju i statistici vozila u gradu Leskovcu. Ovi podaci su **konkretni i relevantni** za ovo poglavlje jer pokazuju broj vozila, tip goriva i starost registrovanih vozila u periodu od 2016. do 2019. godine, takođe postoje tabele sa brojem registrovanih vozila po vrsti goriva za 2020. kao i statistika o starosti vozila za grad Leskovac u 2020. godini. **Na osnovu toga, nedostaje opis i analiza koja bi odgovarala stanju o izvorima zagađenja.**

Divlje deponije su definisane kao jedan od velikih problema u Leskovcu. Opisan je njihov uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Podaci o broju divljih deponija koje smo dobili od Odeljenja za zaštitu životne sredine je dostupan i iskorišćen je u geoprostornoj analizi koju smo sprovedi na početku publikacije, pored toga dostupni su podaci o površini koje deponije zauzimaju **ali ti podaci koji su konkretni nisu iskorišćeni u KAP-u za analizu izvora zagađivanja vazduha. Takvi podaci mogu doprineti u donošenju specifičnih zaključaka o uticaju na kvalitet vazduha.**

## Zaključna razmatranja 2

Ocena kvaliteta vazduha na osnovu KAP-a, koja se zasniva na prekoračenju graničnih i tolerantnih vrednosti, predstavlja osnovu za ocenu stepena zagađenja. Međutim, potrebno je dodatno istraživanje kako bi se sagledale dugoročne posledice ovih prekoračenja na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Iako su identifikovani glavni izvori zagađenja, nema dovoljno analize veza između oblika stanovanja i kvaliteta vazduha. Poglavlje koje se bavi oblicima stanovanja ne pruža konkretne informacije o tome kako različiti tipovi stanova i morfologija stambenih zona utiču na emisije zagađujućih materija.

Deo koji se bavi saobraćajem pruža korisne podatke o broju vozila, vrsti goriva koja vozila koriste, starosti vozila, ali nedostaje analiza kako ova vozila doprinose zagađenju vazduha. Takođe, veza između problema parkiranja i kvaliteta vazduha nije dovoljno jasno objašnjena.

Divlje deponije se spominju kao problem, pa je potrebno bolje povezati deponije sa specifičnim emisijama štetnih materija koje doprinose zagađenju vazduha.

Ovaj deo KAP-a identifikuje ključne izvore zagađenja u Leskovcu, ali bi mogao biti poboljšan dodatnom analizom veza između različitih faktora i konkretnijim predlozima za rešavanje identifikovanih problema. Takođe, potrebno je fokusirati se na dugoročne posledice zagađenja na zdravlje i životnu sredinu.

## Poglavlje 6. „Nadležnost za sprovođenje KAP-a“

**Nadležnosti i odgovornosti:** Poglavlje jasno navodi ko je nadležan za sprovođenje KAP-a u gradu Leskovcu. Gradsko veće, Odeljenje za zaštitu životne sredine, kao i javna i javno-komunalna preduzeća imaju specifične odgovornosti u ovom kontekstu.

**Transparentnost rezultata:** Takođe se naglašava da rezultati i pokazatelji uspešnosti treba da imaju javni karakter. Ovo ukazuje na potrebu transparentnosti u vezi sa postignutim rezultatima i merama koje su preduzete.

**Koordinacija aktivnosti:** Naglašava se važnost uspostavljanja strukture i organizacije koja će koordinirati aktivnosti na godišnjem nivou. Ovo je ključno za efikasno sprovođenje KAP-a.

**Uloga Gradskog veća:** Članovi Gradskog veća imaju određenu odgovornost u obezbeđivanju sredstava za finansiranje mera i projekata vezanih za KAP. Ova uloga doprinosi obezbeđivanju neophodnih resursa za implementaciju plana.

**Uključivanje drugih zainteresovanih strana:** Naglašeno je da uspešnost sprovođenja KAP-a zavisi i od drugih zainteresovanih strana, koje treba aktivno uključiti. Ovo ukazuje na važnost saradnje sa širom zajednicom i relevantnim sektorima.

## **Poglavlje 7. „Dokumentacija korišćena u toku izrade KAP-a“**

Poglavlje sadrži spisak dokumenata, prostornih planova, generalni urbanistički plan, strategije održivog razvoja, program razvoja grada, publikacije, mesečne i godišnje izveštaje.

## **Poglavlje 8. Mere i aktivnosti za smanjenje zagađenja vazduha“**

Na početku ovog poglavlja KAP-a istaknuto je da je „podaci iz monitoringa koji vrši grad ne dobijaju na dnevnom nivou, već 15. u mesecu za prethodni mesec. Dakle, u gradu monitoring vazduha se ne vrši pomoću automatske merne stanice, tako da se stanje kvaliteta vazduha čeka, kao i izveštaj koji se dostavlja do 15. u mesecu za prethodni mesec. Ovo je veliki nedostatak u pogledu pružanja informacije o kvalitetu vazduha u realnom vremenu.“ Ova rečenica ukazuje na nekoliko ključnih tačaka koje predstavljaju nedostatke u monitoringu kvaliteta vazduha u gradu. Prvo, podaci se ne ažuriraju na dnevnom nivou, već se prikupljaju do 15. u mesecu za prethodni mesec. Ovo kašnjenje u prikupljanju informacija znači da se stanje kvaliteta vazduha ne prati u realnom vremenu. Drugi aspekt je nedostatak automatskih mernih stanica, što dodatno doprinosi odlaganju dobijanja relevantnih podataka. Sve ove činjenice ukazuju na značajan nedostatak u pružanju trenutnih informacija o kvalitetu vazduha, što može otežati efikasno upravljanje situacijom i preduzimanje brzih mera u slučaju potrebe.

Kao opšta mera u KAP-u navedeno je da će se na svim lokacijama na kojima postoji sporno emitovanje zagađujućih materija podići zeleni pojas, izveden kao drvored preporučenih vrsta, uređenih živih ograda preporučene visine i gustine ili na neki drugi način. **Poznato je da je potrebno izvesno vreme u zavisnosti od vrste kako bi zasađeni drvored dostigao određenu starost i na taj način efikasno vršio svoju ulogu u smanjenju zagađenja, pa samim tim ova opšta mera nije adekvatna.**

**Podizanje drvoreda zahteva velika ulaganja u sadnju, održavanje i zaštitu stabala, koja možda nisu opravdana u odnosu na njihov doprinos poboljšanju kvaliteta vazduha, a pored toga potrebno je proceniti da li će drvoredi dodatno smanjiti već slabu vazдушnu cirkulaciju u gradu. Ova opšta mera ne nudi sveobuhvatno rešenje za smanjenje zagađenja vazduha, jer ne rešava uzroke problema, već samo ublažava njegove posledice. U slučaju iznenadnih situacija sa visokim nivoima zagađenja, podizanje drvoreda ne pruža trenutne koristi koje su potrebne za rešavanje hitnih problema kvaliteta vazduha.**

## Smanjenje zagađenja poreklom iz gradskih kotlarnica i individualnih ložišta

Prva aktivnost koja se navodi je gasifikacija kotlarnica „Crvena Zvezda“. Kotlarnica „Crvena Zvezda“ je u toku 2022. godine kompletno gasifikovana, a najavljeno je da će se izvršiti gasifikacija kotlarnice „Dubočica“.<sup>5</sup> Po pitanju **individualnih ložišta** navedeno je da je gotovo nemoguće odrediti kratkoročnu meru za smanjenje aerozagađenja, a jedino što može da se uradi je da se vrši stalno upozorenje putem medija i drugim elektronskim putem na opasnost od zagađenog i jako zagađenog vazduha; podsećanje i apel na domaćinstva da pripreme ogrev nekoliko meseci pre grejne sezone; podsećanje građana da održavaju svoje uređaje, da čiste ložišta; upozorenje građanima da koriste samo pripremljeni ogrev, ali ne i karton, papir, plastiku i drugu vrstu otpada. **Aktivnost koja sadrži upozorenja, preporuke i podsećanje ne može biti efikasna u smanjenju zagađenja vazduha. Do sada ova aktivnost informisanja građana prema našim istraživanjima nije sprovedena. Kontrola zagađivača, goriva, efikasnosti sagorevanja itd. su aktivnosti koje su navedena i u aktivnostima 2. Redovna kontrola ložišta i efikasnosti sagorevanja, 3. Redovne kontrole emisije zagađivača i 4. Kontrola goriva koja se koriste za loženje u kotlarnicama.**

Kontrola primene zakona uvezi zabrane spaljivanja sekundarnih sirovina podrazumeva zabranu spaljivanja otpada, starih guma, motornih ulja u kotlarnicama i na mestima za sakupljanje i klasifikaciju otpada, kao i zabranu strnjika. **S obzirom na granice pokrivenosti KAP-a koje podrazumevaju urbani deo grada Leskovca na kome nisu prisutne poljoprivredne površine zabrana spaljivanja strnjika je mera koja nema svrhu u ovom slučaju. Prethodnom analizom „Šta diše Leskovac?“ (Analiza sprovođenja kratkoročnog akcionog plana za zaštitu vazduha i sistema informisanja građana o kvalitetu vazduha na teritoriji grada Leskovca) utvrđeno je da se ova aktivnost delimično sprovodi, informacija dobijena od strane Odeljenja za inspeksijske poslove govori da „Odsek za poslove inspekcije za zaštitu životne sredine nije nadležan za kontrolu spaljivanja otpada od strane fizičkih lica i kontrolu paljenja strnjika“ govori u prilog tome da fizička lica mogu skoro nekontrolisano narušavati kvalitet vazduha paljenjem raznoraznog otpada i useva, što se na teritoriji grada vrlo često dešava. Ovakve situacije su se događale tokom 2022. godine<sup>6</sup>, a ponavljale su se i u toku 2023. godine.<sup>7</sup>**

Redovno održavanje komunalne higijene je povereno JKP „Komunalac“, čišćenje uz odlaganje otpada je redovan posao ovog preduzeća, a navedena mera pojačanja intenziteta čišćenja i odvoženja smeća u slučaju povećanog zagađenja **nije efikasna i ne može dati konkretne rezultate u smanjenju zagađenja vazduha jer smanjenje komunalnog otpada (koje se odnosi na čvrst otpad) na ulici ne može uticati na emisije iz stacionarnih izvora zagađenja i individualnih ložišta koji su u samom KAP-u navedeni kao glavni problem po pitanju kvaliteta vazduha u Leskovcu. Shodno tome, ova aktivnost poseduje neusmerenost u ostvarivanju cilja smanjenja zagađenja. Mera redovnog održavanja komunalne higijene ima smisla za opštu čistoću grada, ali neki delovi mere mogu izgledati besmisleni u specifičnom kontekstu smanjenja zagađenja vazduha, s obzirom na to da se fokusira na fizičku čistoću prostora umesto na smanjenje emisija u vazduhu.**

<sup>5</sup> <https://jugmedia.rs/nema-vise-grejanja-na-ugalj-kotlarnica-crvena-zvezda-kompletno-gasifikovana/>

<sup>6</sup> <https://resetka.rs/cvetanovic-o-paljenju-kablova-i-zagadjenju-leskovca-uznemireni-smo-koliko-i-sami-gradjani/>

<sup>7</sup> <https://resetka.rs/spaljivaci-kablova-ponovo-truju-leskovcane/>

Organizovanje akcija uklanjanje divljih deponija je još jedna aktivnost u okviru redovnog poslovanja JKP „Komunalac“ i PWW Leskovac koja se obavlja još od 2013. i **ne može se smatrati novom merom za smanjenje zagađenja vazduha.**

Specifične mere u slučaju akcidentnih situacija su podeljene u dve grupe. Prva grupa se odnosi na saobraćaj i ona podrazumeva:

- ograničavanje (vremensko ili količinsko) pretakanja goriva;
- ograničavanje upotrebe opreme koja koristi benzin;
- korišćenje vidova transporta koji ne zagađuju vazduh (npr. bicikala);
- upotreba javnog prevoza koji ne zagađuje ili u manjoj meri zagađuje životnu sredinu (autobusi sa ugrađenim euro - motorima i katalizatorima i autobusi koji kao gorivo koriste prirodni gas);
- smanjenje snabdevanja gorivom kamionima - cisternama;
- ograničenje brzine u određenim zonama (npr. za 10 - 20 km/h);
- uvođenje jednosmernih ulica;
- propisivanje ograničenog (npr. par - nepar) režima saobraćaja (izuzev za vozila policije, ministarstva odbrane, vozila za hitne intervencije hitna pomoć i vatrogasci, javni prevoz, diplomatska vozila i motorna vozila koja poseduju ugrađene euro-motore i katalizatore);
- adaptacija i režim rada semafora (npr. zeleni talas);
- obavezno gašenje motornih vozila na crvenom svetlu;
- zabrana korišćenja određenih puteva za određene vrste vozila i dr.

Ostaje nejasno kako ove mere mogu da se primene ukoliko ne postoje merenja kvaliteta vazduha u realnom vremenu automatskom mernom stanicom, a pored toga se ne vrši ni pravovremeno obaveštavanje stanovnika o stepenu zagađenosti vazduha. Vršioци javnog prevoza bi morali da poseduju vozila sa adekvatnim motorima da u slučaju zagađenja mogu da primene ta vozila. Uzimajući u obzir podatke koji su navedeni u KAP-u a koji se tiču broja, tipa goriva i starosti registrovanih vozila može se zaključiti da je najveći broj registrovanih vozila na teritoriji grada Leskovca starosti između 16 i 25 godina (20 862 vozila prema podacima iz 2019. godine) što znači da bi obavezno gašenje motora dovelo do povećanje gužvi na ulicama jer većina vozila ne poseduje start/stop sistem čija je ugradnja omasovljena u poslednjoj deceniji<sup>8</sup> pa bi vozači morali sami da gase motore na semaforu. Uzimajući u obzir podatke iz KAP-a iz 2019. godine samo 3042 vozila mlađa od 10 godina, dok je 48 327 vozila starosti iznad 10 godina, što nas dovodi do zaključka samo 6.29% automobila može da ima funkciju izvršenja meru efikasnog gašenja motora na semaforima. Mere ograničenje brzine u određenim zonama, propisivanje ograničenog režima saobraćaja, zabrana korišćenja određenih puteva za određena vozila kao mere moraju unapred imati sistem odnosno metodologiju primene kako bi efikasno bile sprovedene.

Druga grupa mera u okviru specifičnih mera u slučaju akcidentnih situacija je privreda, i ona podrazumeva:

- dobrovoljna smanjenja industrijskih aktivnosti;

---

<sup>8</sup> <https://www.moje-auto.pl/en/blog/tips/start-stop-system>

- izbacivanje iz upotrebe rastvarača (preporuka da se koriste proizvodi za bojenje na bazi vode);
- izbegavanje korišćenja baklji u rafinerijama;
- odlaganje nekih aktivnosti održavanja;
- odlaganje degasifikacije u proizvodnoj jedinici;
- upotreba goriva sa malim sadržajem sumpora;
- zabrana rada industrijskih i drugih objekata koja u tehnološkom procesu koriste čvrsto gorivo i teža lož-ulja;
- primena najbolje dostupnih tehnika - VAT (preporuka - da pređu u dugoročne mere) i dr.

U slučaju prekoračenja koncentracije zagađujućih materija mere za upozorenje stanovništva bi bile:

1. Izbegavati ponašanje i aktivnosti koje mogu doprineti zagađivanju vazduha;
2. Ne upotrebljavati uređaje za grejanje prostorija fosilnim gorivima i plinske šporete;
3. Ne pušiti u stambenim prostorijama;
4. Odgoditi čišćenje sredstvima koje sadrže korozivne hemikalije i rastvore, popravke pri kojima se koriste lepila, boje, lakovi, upotrebi insekticida i sve ostale radnje i aktivnosti koje nisu hitne ili neophodne, a pri kojima se zagađuje vazduh u prostorijama,
5. Ne koristiti uređaje za ventilaciju kojima se u prostorije ubacuje spoljni vazduh i
6. Izbegavati da mala deca, trudnice, stariji ljudi, hronični bolesnici, osobe slabog zdravlja i osetljive osobe u vreme kritične situacije izlaze iz zatvorenih prostorija.

**U ovom slučaju termini „dobrovoljno“, „izbegavanje“, „odlaganje“, „odgoditi“ ne mogu biti efikasne zbog nedostatka konkretnosti i nedostatka obavezujućeg karaktera. Potrebno je da mere budu precizne i obavezne. „Ne pušiti u stambenim prostorijama“ može da bude savet, ali ne i efikasna mera.**

### **Zaključna razmatranja 3**

U zaključku, analiza KAP-a o monitoringu kvaliteta vazduha u gradu Leskovcu ukazuje na ozbiljne nedostatke u praćenju i pravovremenom informisanju o stanju vazduha. Objavljivanje podataka do 15. u mesecu za prethodni mesec, zajedno sa nedostatkom automatskih mernih stanica, predstavlja značajan nedostatak u pružanju realnih informacija o kvalitetu vazduha u gradu. Ova situacija otežava efikasno upravljanje i preduzimanje hitnih mera u slučaju potrebe.

Mera podizanja drvoreda, iako predstavlja opštu inicijativu, ne pruža adekvatno rešenje za smanjenje zagađenja, budući da zahteva vreme da bi drveće dostiglo određenu starost i efikasnost. Takođe, ulaganja u održavanje drvoreda mogu biti neopravdana u odnosu na njihov stvarni doprinos poboljšanju kvaliteta vazduha.

U vezi sa smanjenjem zagađenja iz kotlarnica i individualnih ložišta, analiza ukazuje na nedostatak konkretnih mera. Gasifikacija kotlarnica je dobar korak, ali kratkoročne mere za

individualna ložišta nisu jasno definisane. Upozorenja putem medija ne pružaju dovoljno efikasne smernice, a kontrola spaljivanja otpada od strane fizičkih lica je neadekvatna.

Aktivnosti održavanja komunalne higijene, uprkos svojoj važnosti za čistoću grada, ne pružaju direktno usmerenje ka smanjenju emisija iz izvora zagađenja navedenih u KAP-u. Slično važi i za organizovanje akcija uklanjanja divljih deponija koje se sprovode još od 2013. godine i ne predstavljaju nove mere za smanjenje zagađenja vazduha.

Specifične mere u slučaju akcidentnih situacija iziskuju precizniju metodologiju primene, posebno u vezi sa saobraćajem. Nedostatak merenja u realnom vremenu i informisanja o kvalitetu vazduha čini ove mere manje praktičnim. Takođe, termini poput „dobrovoljno“ i „izbegavanje“ čine neke od predloženih mera manje obavezujućim, što može uticati na njihovu efikasnost.

## Metodološka osnova istraživanja

Geoprostorna analiza zagađenja vazduha je jako važna za istraživanja koja se bave utvrđivanjem uzroka, posledica i rešenja za problem zagađenja vazduha u različitim sredinama. Geografski informacioni sistemi (GIS) i analitičko hijerarhijski proces (AHP metoda) su često korišćeni alati za ovu vrstu analize, jer omogućavaju integraciju i evaluaciju više kriterijuma i parametara koji utiču na kvalitet vazduha. U nastavku je predstavljen kratak pregled literature koja je služila kao osnova za postavljanje metodologije za istraživanje.

Jedan od radova koji se bavi geoprostornom analizom zagađenja vazduha je *Multi-criteria decision-making using GIS-AHP for air pollution problem in Iğdir Province/Turkey*<sup>9</sup> koji je objavljen 2020. godine. U ovom radu, autori su koristili GIS-AHP tehniku za ispitivanje zagađenja vazduha u gradu Iğdir i njegovim četiri okruga: Tuzluca, Iğdir Central, Karakoyunlu i Aralik. Oni su koristili podatke dobijene od Iğdir Weather Monitoring Stations i odredili parametre zagađivača, kao što su PM10, PM2.5, SO2, NO2, O3 i CO. Zatim su kreirali mape raspodele zagađenja i evaluirali statistiku na osnovu stanica sa dinamičkim mapiranjem. Oni su takođe koristili 15 parametara vremenskih i topografskih karakteristika, kao što su temperatura, vlažnost, pritisak, brzina vetra, visina, nagib, udaljenost od puta i drugi. Oni su primenili AHP metodu za dodeljivanje težina parametrima i izračunavanje indeksa zagađenja vazduha. Rezultati su pokazali da je Iğdir centar najgore mesto po problemu zagađenja vazduha, a da su ostali okruzi imali zadovoljavajući ili dobar kvalitet vazduha. Ovaj rad je pokazao da je GIS-AHP metoda efikasna za analizu zagađenja vazduha i predlaganje mera za smanjenje zagađenja.

Drugi rad koji se bavi geoprostornom analizom zagađenja vazduha je *GIS and remote sensing coupled with analytical hierarchy process (AHP) for air quality assessment in the city of Khartoum, Sudan*<sup>10</sup> koji je objavljen 2021. godine. U ovom radu, autori su koristili GIS i daljinsko istraživanje zajedno sa AHP metodom za procenu kvaliteta vazduha u gradu Kartum u Sudanu. Oni su koristili podatke o koncentraciji PM10, PM2.5, NO2, SO2 i O3 dobijene od pet stanica za praćenje kvaliteta vazduha u gradu. Oni su takođe koristili podatke o visini, nagibu, udaljenosti od puteva, udaljenosti od industrijskih zona, udaljenosti od zelenih površina i gustini stanovništva, kao parametre koji utiču na kvalitet vazduha. Oni su primenili AHP metodu za dodeljivanje težina parametrima i izračunavanje indeksa kvaliteta vazduha. Rezultati su pokazali da je kvalitet vazduha u Kartumu loš i da je najviši nivo zagađenja zabeležen u centralnom delu grada, gde je gustina stanovništva i saobraćaja najveća. Ovaj rad je pokazao da je GIS-AHP metoda efikasna za procenu kvaliteta vazduha i identifikaciju područja sa visokim rizikom od zagađenja.

*Geospatial Modelling of Air Pollution and its Impact on Health of Urban Residents Using Spatial Models*<sup>11</sup>: Ovaj rad je pregled geoprostornih metoda za procenu uticaja zagađenja vazduha na ljudsko zdravlje, s naglaskom na korišćenje GIS-a kao alata za vizualizaciju i analizu prostornih uzoraka emisija i izloženosti. Autori su predstavili različite

---

<sup>9</sup> <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09710-3>

<sup>10</sup> <https://jeas.springeropen.com/articles/10.1186/s44147-021-00063-3>

<sup>11</sup> [https://www.researchgate.net/publication/350368366\\_Geospatial\\_Modelling\\_of\\_Air\\_Pollution\\_and\\_its\\_Impact\\_on\\_Health\\_of\\_Urban\\_Residents\\_Using\\_Spatial\\_Models\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/350368366_Geospatial_Modelling_of_Air_Pollution_and_its_Impact_on_Health_of_Urban_Residents_Using_Spatial_Models_A_Review)

modele zagađenja vazduha koji simuliraju raspodelu zagađujućih materija uzimajući u obzir razne fizičke i ekološke karakteristike, kao i epidemiološke studije koje istražuju povezanost između kvalitete vazduha i zdravstvenih ishoda. Rad takođe daje pregled nekih primera GIS-a u proceni uticaja zagađenja vazduha na ljudsko zdravlje u različitim regionima sveta, posebno u urbanim područjima. Rad zaključuje da je geoprostorno modeliranje korisno za razvoj odluka temeljenih na praćenim podacima o zagađenju i dodatnim informacijama, kao i za identifikaciju područja koja zahtevaju posebnu istragu ili nadzor.

Ovaj rad: *Geospatial Modelling for Estimation of PM 2.5 Concentrations in Two Indian Cities*<sup>12</sup>, je istraživački članak koji se bavi modeliranjem prostornih i vremenskih varijacija koncentracija PM 2.5 u dva megagrađa u Indiji - Bengaluru i Hyderabad. PM 2.5 su sitne čestice koje predstavljaju veliki rizik za javno zdravlje u Indiji, pa je potrebno provesti opsežna znanstvena istraživanja kako bi se procenila izloženost PM 2.5 stanovništva Indije i odredila funkcija izloženosti-odgovora specifična za Indiju.

U radu *How to Use ArcGIS Pro to Determine the Population Impacted by Air Pollution*<sup>13</sup>, autor je pokazao kako se može proceniti uticaj zagađenja vazduha na ljude sa geoprostornim metodama, koristeći ArcGIS Pro i podatke iz Toxic Release Inventory, Worldpop, i ArcGIS Hub. On je koristio zoniranje (bafer zone), interpolaciju, preklapanje i agregaciju da bi izračunao broj ljudi koji su izloženi visokim nivoima zagađenja vazduha u SAD.

U radu *Mapping urban air pollution using GIS: a regression-based approach*<sup>14</sup>, autori su razvili regresijsku metodologiju za mapiranje saobraćajnog zagađenja vazduha u GIS okruženju. Mapiranje je sprovedeno za NO<sub>2</sub> u Amsterdamu, Huddersfieldu i Pragu. U svakom centru, sprovedena su merenja NO<sub>2</sub>, kao indikatora saobraćajnog zagađenja, pomoću pasivnih difuzionih cevi, izloženih tokom četiri dvonedeljna perioda. Takođe je uspostavljen GIS, koji je sadržao podatke o merenom zagađenju vazduha, putnoj mreži, obimu saobraćaja, pokrivenosti zemljišta, nadmorskoj visini i drugim, lokalno određenim, karakteristikama. Podaci sa 80 mernih mesta su zatim korišćeni za konstruisanje regresijske jednačine, na osnovu prediktorskih varijabli iz okruženja, i dobijena jednačina je korišćena za mapiranje zagađenja vazduha preko celog područja. Tačnost mape je zatim procenjena poređenjem predviđenih nivoa zagađenja sa merenim nivoima na nizu nezavisnih referentnih mesta. Rezultati su pokazali da je mapa dala izuzetno dobre predikcije merenih nivoa zagađenja, kako za pojedinačne ankete, tako i za srednju godišnju koncentraciju, dalja merenja su takođe pokazala da je mapa zagađenja vazduha pružila pouzdane procene koncentracija.

Naučni članak *Evaluation and Zoning of Airborne Pollution Using AHP and ANP Methods (Case Study: Tabriz City)*<sup>15</sup> koji se bavi procenom i zoniranjem zagađenja vazduha u Tabrizu, gradu na severozapadu Irana, koristeći dve metode višekriterijumske analize odlučivanja: AHP (analitički hijerarhijski proces) i ANP (analitički mrežni proces). Autori su identifikovali osam faktora koji utiču na kvalitet vazduha u Tabrizu: padavine, nadmorska visina, udaljenost od zelenih površina, udaljenost od industrijskih centara, udaljenost od komercijalnih centara, udaljenost od komunikacionih puteva, gužva i korišćenje zemljišta.

---

<sup>12</sup> <https://aaqr.org/articles/aaqr-22-03-ssea-0110>

<sup>13</sup> <https://www.gislounge.com/arcgis-pro-population-air-pollution/>

<sup>14</sup> [tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/136588197242158](https://doi.org/10.1080/136588197242158)

<sup>15</sup> [\[PDF\] Evaluation and Zoning of Airborne Pollution Using AHP and ANP Methods \(Case Study: Tabriz City \[In Persian\] \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/321111111)

## Geoprostorna analiza zagađenja vazduha na teritoriji grada Leskovca

S obzirom da se merenje suspendovanih PM 10 čestica se ne vrši kontinuirano, dok se merenja PM 2.5 čestica, ugljen monoksida, prizemnog ozona i drugih zakonom propisanih zagađujućih materija ne vrše uopšte nije moguće precizno utvrditi koji delovi grada Leskovca su najugroženiji zagađenjem vazduha kao ni tačan broj stanovnika koji je izložen zagađenju.

Kako bi se objektivno mapirali delovi grada koji su najizloženiji zagađenim vazduhom, urađena je geoprostorna analiza za područje grada Leskovca. Ova analiza podrazumeva korišćenje geografskih informacionih sistema (GIS-a) za obradu otvorenih satelitskih podataka o prirodnim uslovima i antropogenim (ljudskim) aktivnostima koji mogu doprineti zagađenju vazduha kao i metodu analitičko hijerarhijskog procesa (AHP) za dodeljivanje težinskih koeficijenata prilikom donošenja odluka o postavljanju kriterijuma.

Za potrebe geoprostorne analize obrađeni su podaci o nadmorskim visinama, nagibima terena, nameni zemljišta, vazdušnom pritisku, blizini saobraćajnica, blizini deponija, stacionarnim izvorima zagađenja koncentracijama PM 2.5 čestica i brzini vetrova. Obrada, analiza i vizuelizacija podataka vršena je u besplatnim softverima QGIS 3.32.2<sup>16</sup>, SNAP 9.0.0<sup>17</sup>, SAGA GIS 9.2.0.<sup>18</sup>, Google Earth Pro<sup>19</sup>. Kao dodatni korišćen je matematičko statistički alat analitičko hijerarhijski proces (AHP) pri određivanju težinskih koeficijenata koji su postavljeni hijerarhijski u algoritmu. Ova analiza koristi složen metodološki pristup koji obuhvata više koraka: pronalaženje, pripremanje i unos podataka u računar, zatim obradu, manipulaciju i matematičke proračune podataka, i na kraju prikazivanje rezultata. Svi kriterijumi za su uneti u GIS bazu i ažurirani, nakon čega su im dodeljeni težinski koeficijenti putem analitičko-hijerarhijskog pristupa, s ciljem određivanja stepena značaja svakog kriterijuma za utvrđivanje područja sa najzagađenijim vazduhom.

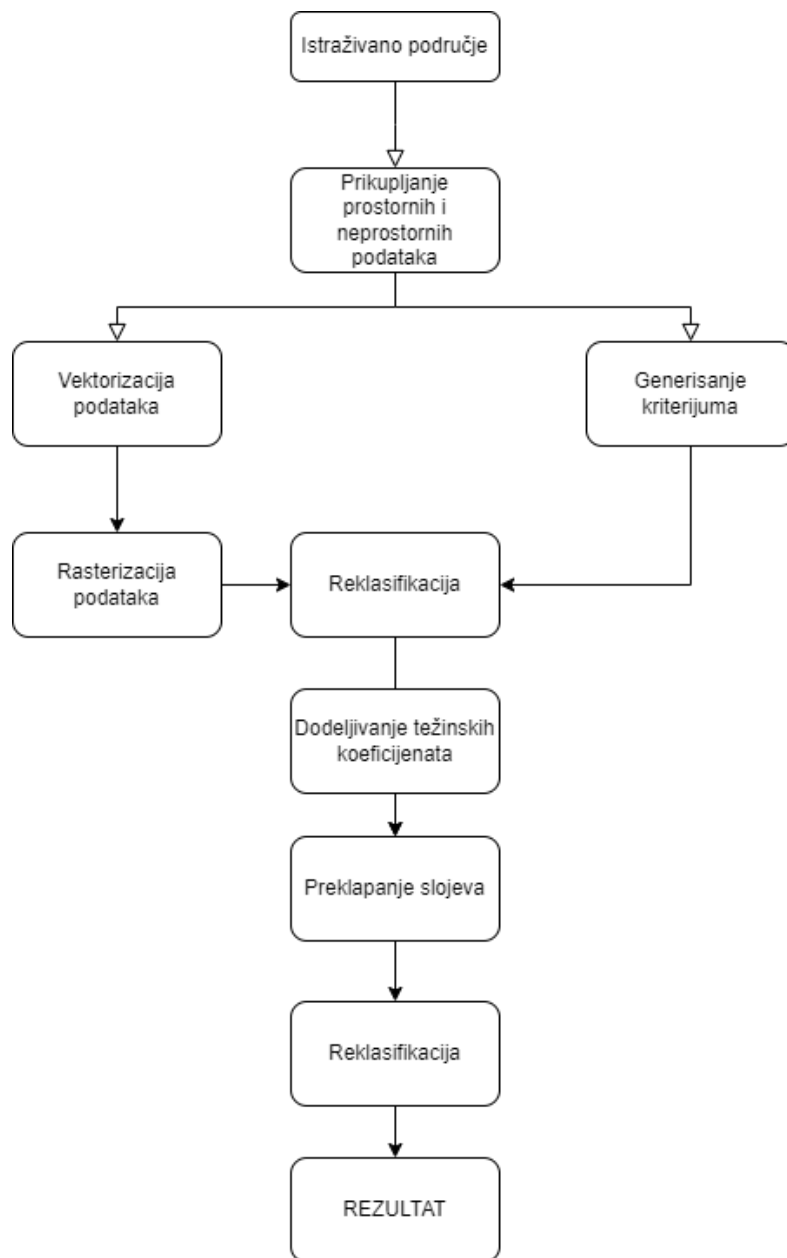
---

<sup>16</sup> <https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>

<sup>17</sup> <https://step.esa.int/main/download/snap-download/>

<sup>18</sup> <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>

<sup>19</sup> <https://www.google.com/earth/about/versions/>



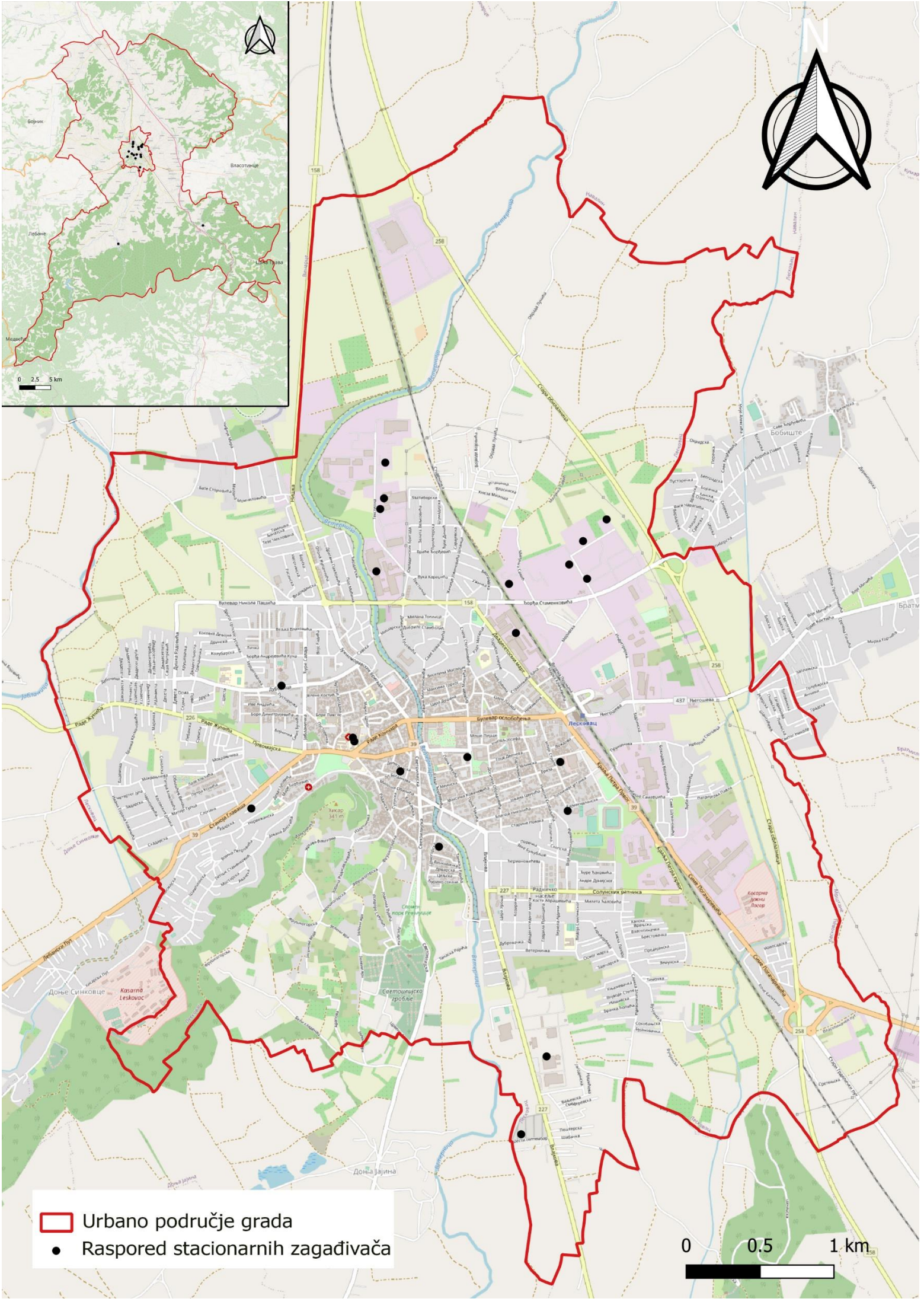
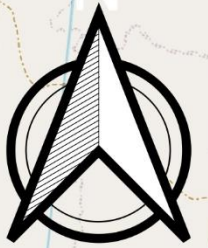
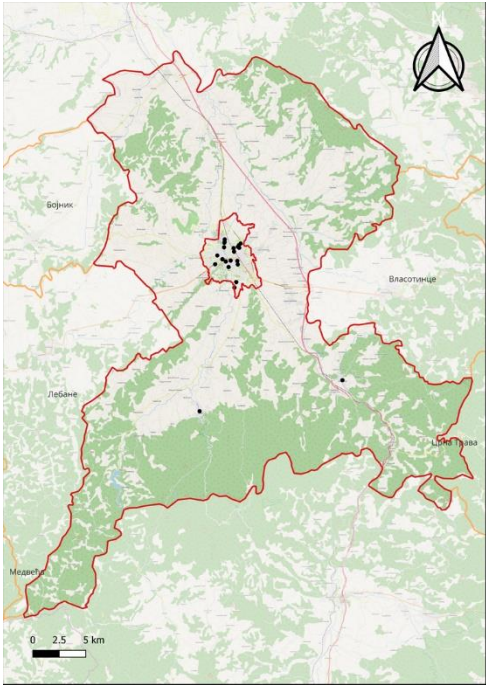
Slika 1 Tok istraživanja

## Blizina stacionarnih zagađivača

Na osnovu zahteva o pristupu javnim informacijama od Odeljenja za zaštitu životne sredine dobili smo spisak registrovanih stacionarnih izvora zagađivača kao i izveštaje merenja emisije zagađujućih materija u kotlovima. Lokacije registrovanih stacionarnih zagađivača su metodom tačaka digitalizovane kao tačkasti izvori zagađenja vazduha. Za lokaciju svakog zagađivača uneta je vrednost emisija CO (ugljen-monoksida) koji je zabeležen u izveštaju merenja emisije zagađujućih materija u kotlovima. Izveštaji merenja emisije zagađujućih materija u kotlovima sadrže i druge zagađujuće materije (praškaste materije, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, itd.) ali zbog različitih kotlova, standarda i metode nemaju svi stacionarni izvori zagađenja merenja za iste zagađujuće materije. Na osnovu toga uzete su samo koncentracije CO jer je to jedina zagađujuća materija koja je merena na svim stacionarnim izvorima zagađenja s toga je i najrelevantnija za geoprostornu analizu. Za prvi deo geoprostorne analize napravljene su četiri „bafer“ zone (zone udaljenosti) oko stacionarnih izvora zagađenja u intervalima od 500 m. Najbližoj bafer zoni dodeljena je ocena 1 kao zona koja je najviše pogođena zagađenjem, drugoj zoni dodeljena je ocena 2, trećoj zoni ocena 3, četvrtoj zoni ocena 4 i području van bafer zona dodeljena je ocena 5 kao područje koje najmanje trpi od zagađenja vazduha. U tabeli 1 je predstavljen spisak registrovanih stacionarnih zagađivača, a kartografski je predstavljen njihov prostorni raspored na teritoriji grada Leskovca sa istaknutim urbanim područjem grada. U tabeli 3 predstavljeni su registrovani stacionarni izvori zagađenja sa brojem izvora emitera.

R.Br.	Stacionarni zagađivač	Adresa stacionarnog izvora -	Br. izvora emitera
1	Opšta bolnica Leskovac,	ul. Rade Končara br. 9, Leskovac	2
2	FHI "Zdravlje" a.d.Leskovac	ul. Vlajkova br. 199, Leskovac	3
3	"Nevena color" doo Leskovac	ul. Đorđa Stamenkovića bb, Leskovac	3
4	JKP "Toplana" Leskovac	"Dubočica", ul. Dubočica bb, Leskovac	3
		ul. Koste Stamenkovića br.18, Leskovac	3
		"Crvena Zvezda", ul. 28 mart bb, Leskovac	2
5	"Ustanova za odrasle i starije" Leskovac	ul. Deligradska br. 7, Leskovac	2
6	"Dom učenika srednjih škola" Leskovac	ul. Mlinska br. 138, Leskovac	1
7	"Mlekara" doo Leskovac	ul. Tekstilna br.97, Leskovac	2
8	ATD Leskovac	ul.Tanaska Rajića br. 48, Leskovac	1
9	"Jeanci Serbia" doo Leskovac	ul. Industrijska 66, Leskovac	2
10	"BONES GROUP" doo Beograd	ul. Đorđa Stamenkovića bb, Leskovac	2
11	Okružni zatvor Leskovac	ul. 6. septembar br.2, Leksovac	1
12	"YURA CORPORATION" DOO Rača, ogr. Leskovac	ul. Đorđa Stamenkovića br.5, Leskovac	2
		ul. Đorđa Stamenkovića br.7, Leskovac	2
13	Dom zdravlja Leskovac — ogranak Vučje	ul. Koste Stamenkovića bb, Vučje, Leskovac	1
14	Dom zdravlja Leskovac — ogranak Grdelica	ul. Milentije Popovića br. 13, Leskovac	1
15	"GUMAPROMET" DOO Leskovac	ul. Đorđa Stamenkovića 1A, Leskovac	1
		ul. Njegoševa br.93, Leskovac	1
16	"BIM-TEX" doo Leskovac	ul. Đorđa Stamenkovića br. 4, Leskovac	2
17	"FALKE SERBIA" doo Leskovac	yn. Tekstilia 71, Leskovac	3
18	Dom zdravlja „VIP MEDICAL"	ul. Obrena Kovačevića 21, Leskovac	2
19	HI "Nevena" doo Novi Beograd	ul. Đorđa Stamenkovića bb, Leskovac	2
20	AUTOSTOP INTERIORS doo Leskovac	ul. Tekstilna 40, Leskovac	2

*Tabela 3 Spisak registrovanih stacionarnih izvora zagađenja na teritoriji grada Leskovca*



- Urbano područje grada
- Raspored stacionarnih zagađivača



## Blizina saobraćajnica

Mnoge studije su pokazale jasne veze između izloženosti komponentama zagađenja vazduha i negativnih zdravstvenih efekata za ljude koji žive u urbanim područjima i posebno u blizini puteva i autoputeva.<sup>20</sup>

Motori sa unutrašnjim sagorevanjem emituju azotne okside kao što su NO i NO<sub>x</sub> (uglavnom iz dizel motora) koji stvaraju NO<sub>2</sub> i suspendovane čestice kao što je PM<sub>10</sub>, koji takođe nastaju kroz mehaničke procese. Primarni i sekundarni zagađivači se prenose daleko od puteva, čime se pogoršava kvalitet vazduha celih urbanih područja.<sup>21</sup>

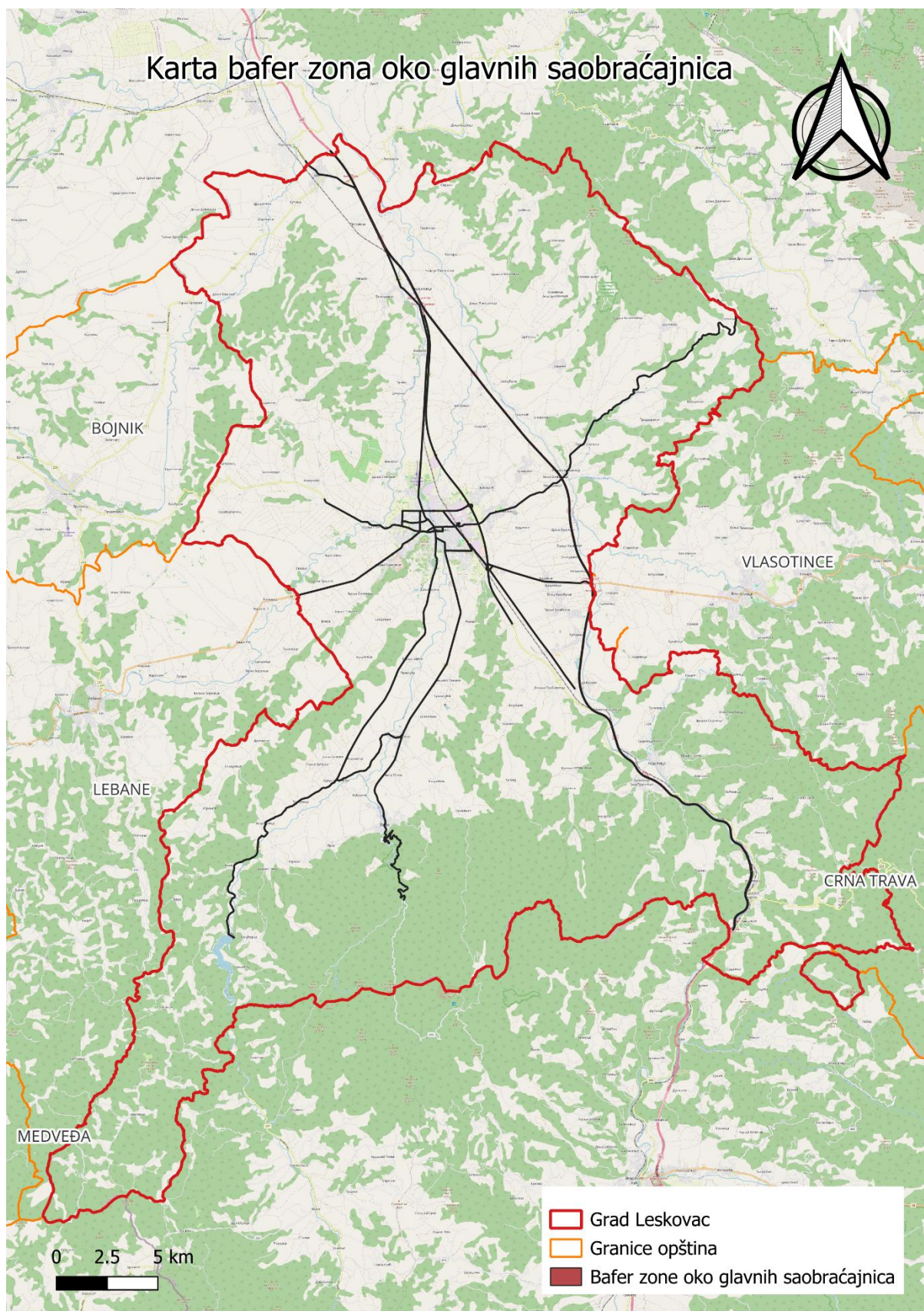
Kako bi se obradili podaci o saobraćajnicama uz pomoć *OSM downloader* alata u softveru QGIS preuzete su digitalizovane saobraćajnice za teritoriju grada Leskovca od kojih su izdvojeni glavni putevi. Za potrebe geoprostorne analize urađene su četiri bafer zone, odnosno zone udaljenosti od 20m sa obe strane saobraćajnice kako bi se uzeo u obzir uticaj saobraćaja na kvalitet vazduha. Prva zona koja je najbliža saobraćajnici nosi ocenu 1 dok zona koja je najudaljenija od saobraćajnica nosi ocenu 5. Ukupna dužina svih analiziranih saobraćajnica na teritoriji grada Leskovca iznosi 248.39 km.

---

<sup>20</sup> Lähde, T.; Niemi, J.V.; Kousa, A.; Rönkkö, T.; Karjalainen, P.; Keskinen, J.; Frey, A.; Hillamo, R.; Pirjola, L. Mobile Particle and NO<sub>x</sub> Emission Characterization at Helsinki Downtown: Comparison of Different Traffic Flow Areas. *Aerosol Air Qual. Res.* 2014, *14*, 1372–1382

<sup>21</sup> Baldauf, R., Watkins, N., Heist, D., Bailey, C., Rowley, P., & Shores, R. (2009). Near-road air quality monitoring: factors affecting network design and interpretation of data. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *2*, 1-9.

# Karta bafer zona oko glavnih saobraćajnica

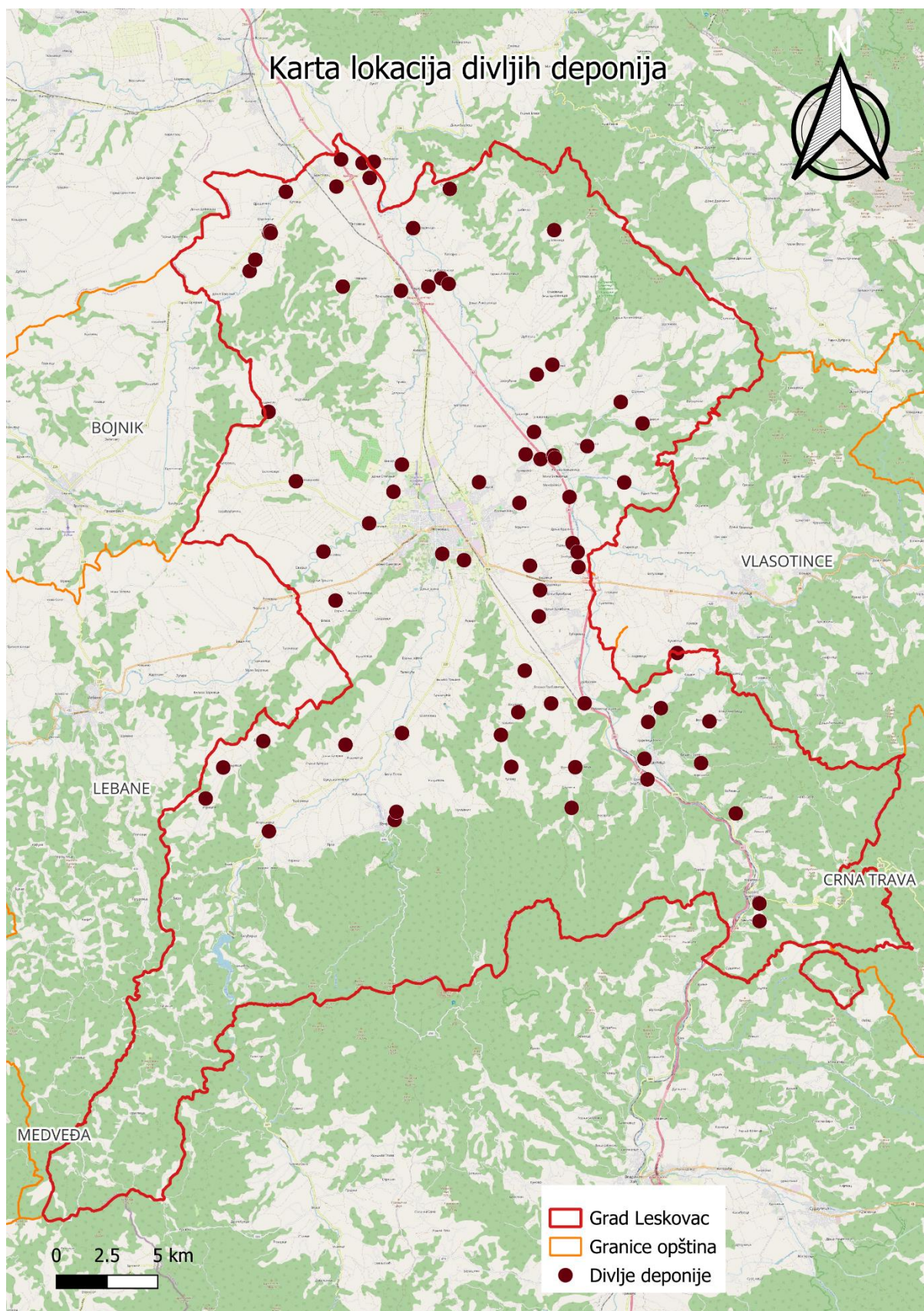


## Blizina divljih deponija

Divlje deponije kao nelegalna mesta za odlaganje otpada, predstavljaju veliki ekološki problem u Srbiji. One se najčešće nalaze u ruralnim sredinama, u blizini naseljenih mesta, uz korita reka, kao i duž saobraćajnica. Na deponijama ponekad dolazi i do požara, koji doprinose i emisijama gasova sa efektom staklene bašte kao i drugim zagađujućim materijama sa deponija. Pored merenja koncentracije zagađivača u vazduhu, važno je i proceniti rizik po zdravlje ljudi koji su izloženi zagađenom vazduhu sa divljih deponija.

S obzirom da se u Kratkoročnom akcionom planu navodi da „Materije koje se u najvećoj meri emituju pri sagorevanju jesu azotni i sumporni oksidi, dioksidi, furani i teški metali, a pored toga emituje se i snažan, jako neprijatan miris koji značajno utiče na život u okolini deponije. Opasnost od širenja požara je izuzetno velika, obzirom na suhu travu i rastinje koje je uglavnom karakteristično za lokacije koje se „biraju“ za nastanak divlje deponije“ jasno je da postoji rizik po zdravlje, vazduh i celokupnu životnu sredinu pa su iz tog razloga deponije uzete kao još jedan kriterijum za mapiranje mesta koja su najugroženija zagađenim vazduhom.

Na osnovu zahteva za pristup javnim informacijama od Odeljenja za zaštitu životne sredine pri upravi grada Leskovca dobili smo koordinate divljih deponija na teritoriji grada Leskovca. Koordinate svih divljih deponija su unete u GIS bazu uz pomoć softvera QGIS i na taj način lokacije divljih deponija su digitalizovane. Prema prethodno navedenim podacima na teritoriji postoje 75 divljih deponija koje se administrativno nalaze na teritoriji grada Leskovca dok je još 5 u neposrednoj blizini. Oko lokacija divljih deponija izrađene su višestepene zone sa udaljenostima od 300 m od same lokacije kako bi se analizirao njihov uticaj na kvalitet vazduha. Bafer zonama je takođe dodeljena ocena po istom principu kao kod ostalih kriterijumima, a to je da najbliža zona nosi najmanju ocenu 1, a najudaljenija zona nosi ocenu 5.



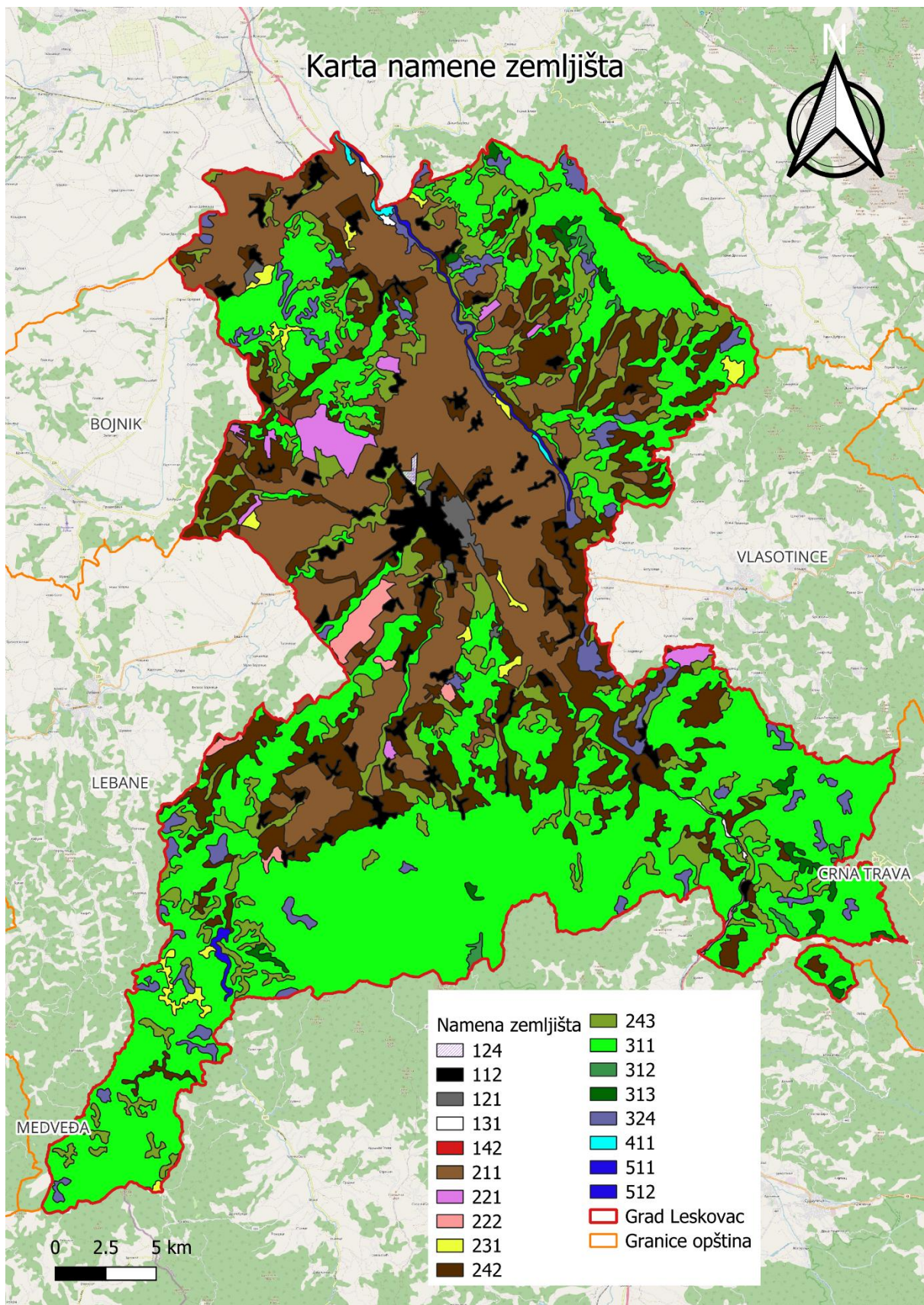
## Namena zemljišta

Podaci o nameni zemljišta dobijeni su obradom otvorenih satelitskih podataka sa Copernicus platforme<sup>22</sup> (CORINE Land Cover) Evropskog svemirskog programa. U svojoj trenutnoj formi, proizvod CORINE Land Cover (CLC) nudi pan-evropski inventar pokrivenosti i korišćenja zemljišta sa 44 tematske klase, koje se kreću od širokih šumskih površina do pojedinačnih manjih površina. Proizvod se ažurira sa novim slojevima i promena na svakih šest godina - sa najnovijim ažuriranjem koje je sprovedeno 2018. godine. S obzirom da ova baza namene zemljišta sadrži 20 različitih klasa za teritoriju grada Leskovca, iskorišćena je za analizu uticaja na kvalitet vazduha i to pre svega iz ugla uticaja urbane sredine, ruralne sredine, poljoprivrednih površina kao i iz ugla značaja šumskih površina u ublažavanju zagađenja. U tabeli 4 date su ocene po svakoj klasi u zavisnosti koja klasa namene na koji način može uticati na kvalitet vazduha. Manja ocena predstavlja manji kvalitet vazduha. U tabeli 2 predstavljene su klase namene zemljišta sa ocenama kao i šifarnik koji pomaže u tumačenju kartografskog prikaza.

Šifarnik	CLC Klase	Površina km <sup>2</sup>	Udeo u %	Oцена
112	Veće naselje	32.70	3.19	1
121	Industrijski komercijalne zone	4.36	0.43	1
124	Hipodrom	0.54	0.05	1
131	Eksploatacija	1.06	0.10	1
133	Gradilišta	0.49	0.05	1
142	Sportsko rekreativni objekti	0.30	0.03	4
211	Poljoprivredne površine	202.77	19.78	2
221	Vinogradi	11.37	1.11	5
222	Voćnjaci	7.00	0.68	5
231	Livade	7.77	0.76	5
242	Kompleks poljoprivrednih parcela	159.93	15.60	2
243	Poljoprivredne površine sa značajnim udelom prirodne vegetacije	107.91	10.53	3
311	Listopadna šuma	441.39	43.06	5
312	Četinarska šuma	3.46	0.34	5
313	Mešovita šuma	7.81	0.76	5
321	Pašnjaci	0.01	0.00	5
324	Drvenasto žbunasta vegetacija	31.14	3.04	5
411	Močvare	1.16	0.11	4
511	Vodene površine	2.59	0.25	5
512	Vodene površine	1.22	0.12	5
	Ukupno	1025	100	

Tabela 4 Klase namene zemljišta

<sup>22</sup> <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>



## Vazdušni pritisak

Kvalitet vazduha, ne zavisi samo od prekomerne emisije zagađivača vazduha, već je i usko povezan sa meteorološkim uslovima, uključujući atmosferske cirkulacije, vremenske sisteme, strukture atmosferskog graničnog sloja i odgovarajuće meteorološke parametre.<sup>23</sup> Sistemi niskog vazdušnog pritiska mogu doneti vlažno i vetrovito vreme. Oluja ili kišovito vreme mogu da „isperu“ zagađivače iz atmosfere ili da ih prenesu na neko drugo područje u tom slučaju zagađivači nisu nestali već su premešteni na drugu lokaciju. Sa druge strane, sistemi visokog vazdušnog pritiska dovode do mirnog vremena i ustajalog vazduha koji u kome se prilikom nedostatka kretanja nagomilavaju zagađujuće materije iznad nekog područja.

Podaci o vazdušnom pritisku na teritoriji grada Leskovca dobijeni su korišćenjem softvera SAGA GIS 9.2.0. Ovaj alat prilagođava vrednosti vazdušnog pritiska nadmorskoj visini koristeći barometrijsku formulu.<sup>24</sup> Takođe, za dobijanje ovih podataka korišćena je srednja dnevna temperatura za grad Leskovac koja iznosi 10.41° C za period od 1950. do 2020. godine. Podaci o temperaturama dobijeni su obradom podataka sa Digitalnog atlasa klime Srbije<sup>25</sup>. Obradom podataka dobijeni su podaci o vrednostima najvišeg vazdušnog pritiska od 989.02 mbar i najmanjim vrednostima od 844.60 mbar. Primećuju se polja visokog vazdušnog pritiska u nižim predelima.

Metodom *zonal statistics* izdvojene su srednje vrednosti vazdušnog pritiska po visinskim zonama na 100 m. U tabeli 5 se može videti da su najveće vrednosti vazdušnog pritiska na visinskim zonama od 200 do 400m koje zauzimaju i najveću površinu na teritoriji grada Leskovca sa udelom od 58.08% (uzete su u obzir visinske zone 200-300 i 300-400 mnv.), a takođe su to zone koje su najviše naseljene i na kojima se nalazi najveći broj poljoprivrednih parcela pa se može zaključiti da se registrovani stacionarni izvori zagađenja, poljoprivredne aktivnosti, individualna ložišta, paljenje strnjišta vrši u zonama visokog vazdušnog pritiska koji je dozvoljava kretanje vazduha već zadržava zagađujuće materije. U tabeli 3 predstavljene su klase sa ocenama vazdušnog pritiska u jednakim intervalima od minimalne do maksimalne vrednosti.

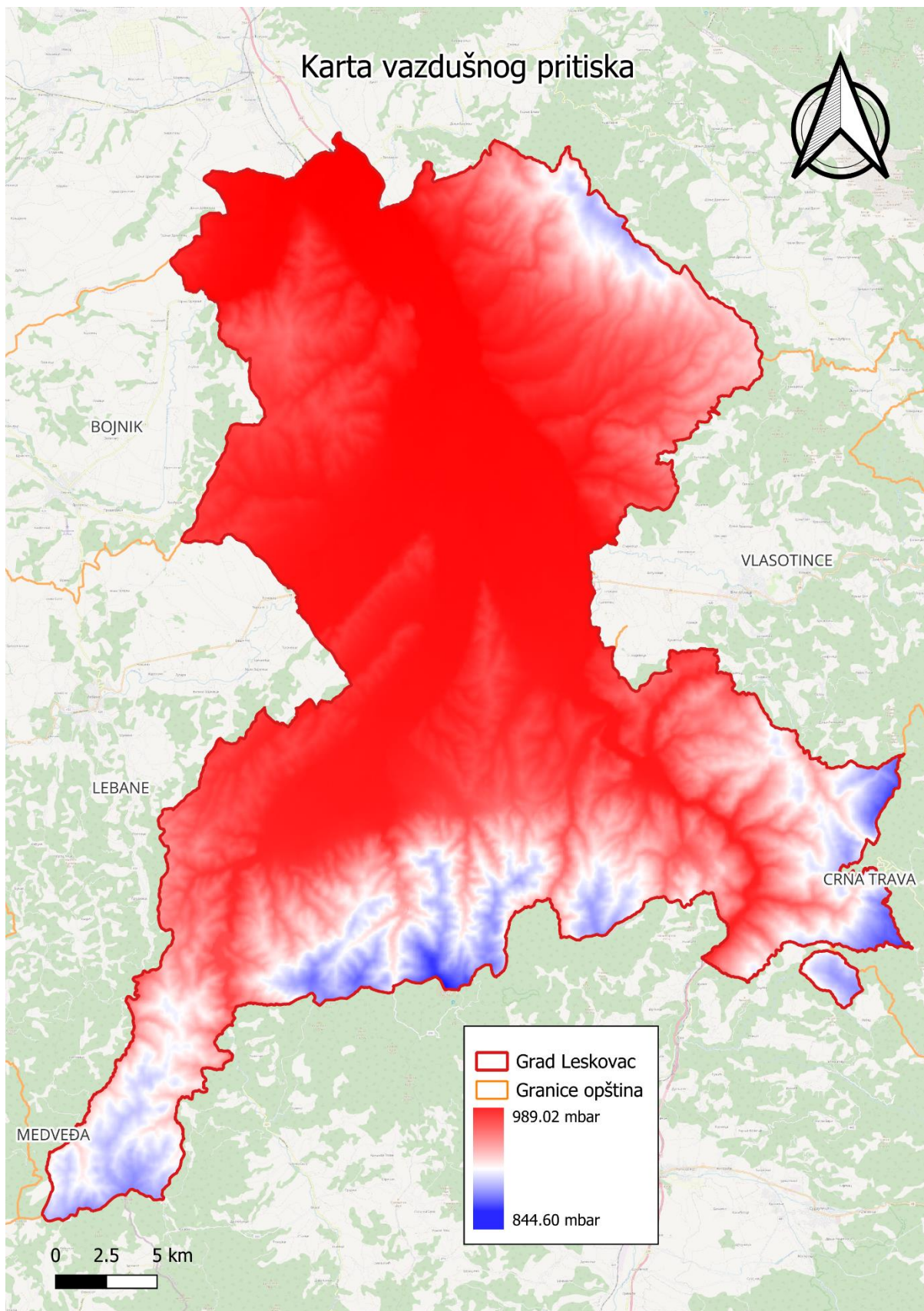
Vazdušni pritisak klase	Ocena
846.46-874.84	5
874.84-903.22	4
903.22-931.60	3
931.60-959.98	2
959.98-988.37	1

Tabela 5 Klase i ocene vazdušnog pritiska

<sup>23</sup>Deng, T., Wu, D., Deng, X., Tan, H., Li, F., and Liao, B.: A vertical sounding of severe haze process in Guangzhou area, *Sci. China Earth Sci.*, 57, 2650–2656, <https://doi.org/10.1007/s11430-014-4928-y>, 2014.

<sup>24</sup>[https://saga-gis.sourceforge.io/saga\\_tool\\_doc/7.8.2/climate\\_tools\\_27.html](https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/7.8.2/climate_tools_27.html)

<sup>25</sup><https://atlas-klime.eko.gov.rs/lat/map?dataType=mod&visualization=vre&variableUuid=4ce638d9-4762-4eb0-9ec9-51cf1473265a&basePeriodUuid=ce247879-769c-407a-b866-14793f87c6f5&area=townships>



## Vetrovi

Vetar može biti koristan u raspršivanju zagađivača. Kada zagađivači duže vreme ostanu nad nekim područjem, vetar može raspršiti zagađivače izvan tog područja i smanjiti koncentracije intenzivnijih zagađivača u bilo kom području<sup>26</sup>. Međutim, geografija ponekad može predstavljati izazov za vetar u raspršivanju zagađivača. Vetar ponekad ne može da pređe preko planinskih venaca i brda pa samim tim ne može da ukloni koncentracije zagađujućih materija iznad nekog područja već se zagađujuće materije gomilaju u podnožjima planina ili u nižim predelima.

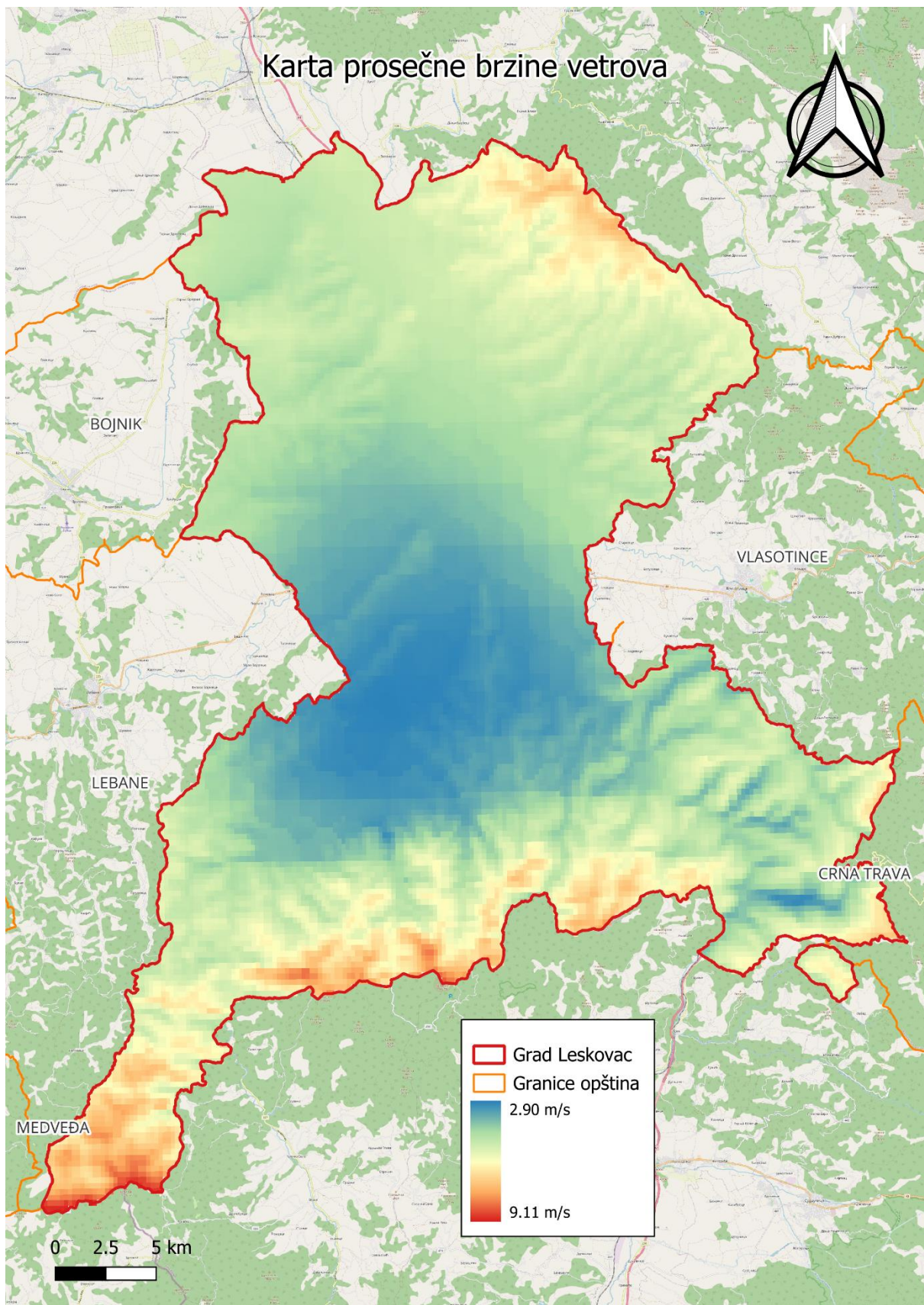
Za potrebe analize iskorišćeni su podaci o srednjoj brzini vetrova koji su preuzeti sa Global wind atlas<sup>27</sup> platforme i oni obuhvataju period od 2008. do 2017. godine. Ovaj model podrazumeva proračun lokalnih klimatskih uslova za nastanak vetar na različitim visinama. Sa karte prosečne brzine vetrova se može pročitati da centralni i južni delovi do obronka Kukavice imaju prosečnu godišnju brzinu od 2.90 m/s, to su predeli sa manjom nadmorskom visinom i sa većom gustinom naseljenosti koji imaju prosečnu brzinu daleko ispod proseka za celokupnu teritoriju pa se iz tog razloga upravo na tim područjima može očekivati povećano zagađenje vazduha usled zadržavanja zagađujućih materija. Na planinskim predelima na jugu i severoistoku vetrovi dostižu prosečnu brzinu od 6 do 8.80 m/s. Prosečna brzina vetra na celokupnoj teritoriji grada Leskovca iznosi 4.82 m/s. U tabeli 6 navedene su klase po kojima je klasifikovana brzina vetrova kao i ocene za svaku klasu.

Klase brzine vetrova u m/s	Površina u km <sup>2</sup>	Udeo u %	Ocena
2.9-4.08	118.46	11.55	1
4.08-5.26	255.11	24.88	2
5.26-6.44	437.85	42.70	3
6.44-7.62	138.75	13.53	4
7.62-8.8	75.23	7.34	5
Ukupno	1025	100	

Tabela 6 Klase jačine sa površinama i ocenama

<sup>26</sup> Samson P. (1988). [Atmospheric transport and dispersion of air pollutants associated with vehicular emissions](#). *Air Pollution, the Automobile, and Public Health*.

<sup>27</sup> <https://globalwindatlas.info/en>



## Nagib terena

Nagib terena kao dodatni faktor služi nadmorskoj visini jer se zagađene materije zaustavljaju i gomilaju kada se nađu ispred velikih nagiba terena, strujanja vazduha uz i niz nagib terena kontroliše transport i difuziju zagađivača.<sup>28</sup> Obradom digitalnog modela terena<sup>29</sup> dobijeni su podaci o nagibu terena za prostor grada Leskovca. Prema podacima iz tabele 7 koji su dobijeni klasifikacijom i analizom nagiba terena 61.29% od ukupnog terena grada Leskovca spada u pojas nagiba do 10° što dalje podrazumeva da je gomilanje zagađujućih materija najintenzivnije na toj površini dok veći nagibi sprečavaju strujanje vazduha. Takođe, predstavljene su ocene za svaku zonu nagiba gde su najnepovoljnije zone ocenjene najmanjom ocenom 1.

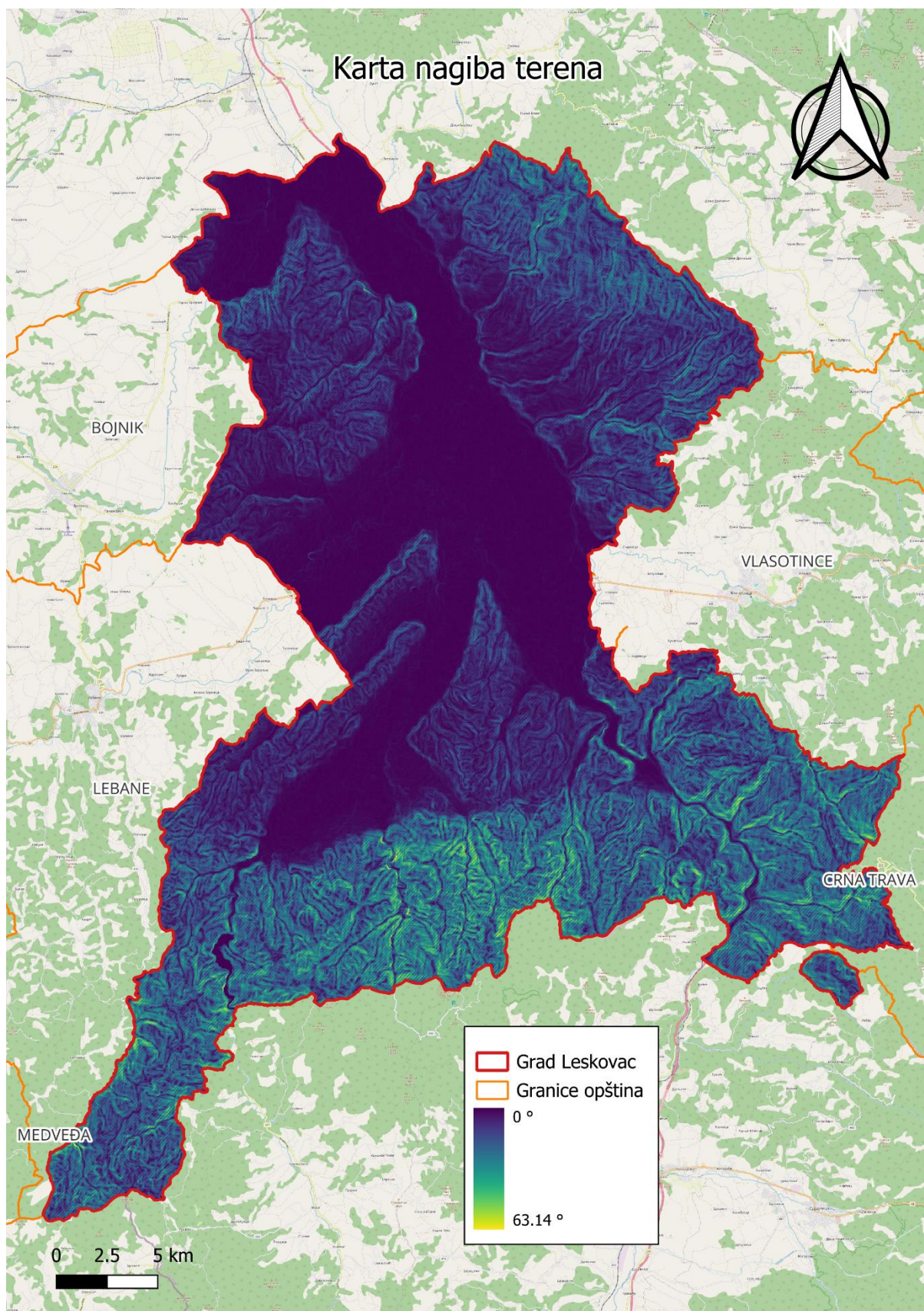
Nagib (°)	Površina u km <sup>2</sup>	Udeo u %	Ocena
0-10	628.20	61.29	1
10-20	271.49	26.49	2
20-30	104.17	10.16	3
30-40	19.51	1.90	4
>40	1.54	0.15	5
Ukupno	1025	100	

*Tabela 7 Klase nagiba i površine*

---

<sup>28</sup> Barbante, C.; Boutron, C.; Moreau, A.-L.; Ferrari, C.; van de Velde, K.; Cozzi, G.; Turettab, C.; Cesconab, P. Seasonal variations in nickel and vanadium in Mont Blanc snow and ice dated from the 1960s and 1990s. J. Environ. Monit. 2002, 4, 960–966.

<sup>29</sup> [https://www.opendem.info/link\\_dem.html](https://www.opendem.info/link_dem.html)



## Reljef

Temperatura vazduha opada sa porastom nadmorske visine, što utiče na godišnje i dnevne oscilacije temperature na takvom prostoru i na dužinu grejne sezone. Zato će naselja koja nalaze na većim nadmorskim visinama više koristiti individualna ložišta, utrošiće se energenata, a to uzrokuje veće zagađenje vazduha.<sup>30</sup> Geoprostornom analizom utvrđeno je kao što je i prikazano u tabeli 8, da se 59.72% naselja nalazi na nadmorskoj visini ispod 300 metara, kao i 16.67% naselja na visinskim zonama od 300 do 400 m. To podrazumeva da je manji procenat naselja (samim tim i individualnih ložišta) na većim nadmorskim visinama sa dužom grejnom sezonom i sa većim zagađenjem, dok je najveći broj naselja smešten u kotlini gde se zagađenje najduže zadržava.

Nadmorska visina (m)	Broja naselja	Procenat naselja na nadmorskoj visini (%)
200-300	86	59.72
300-400	24	16.67
400-500	8	5.56
500-600	8	5.56
600-700	10	6.94
700-968.98	8	5.56
Ukupno	144	100

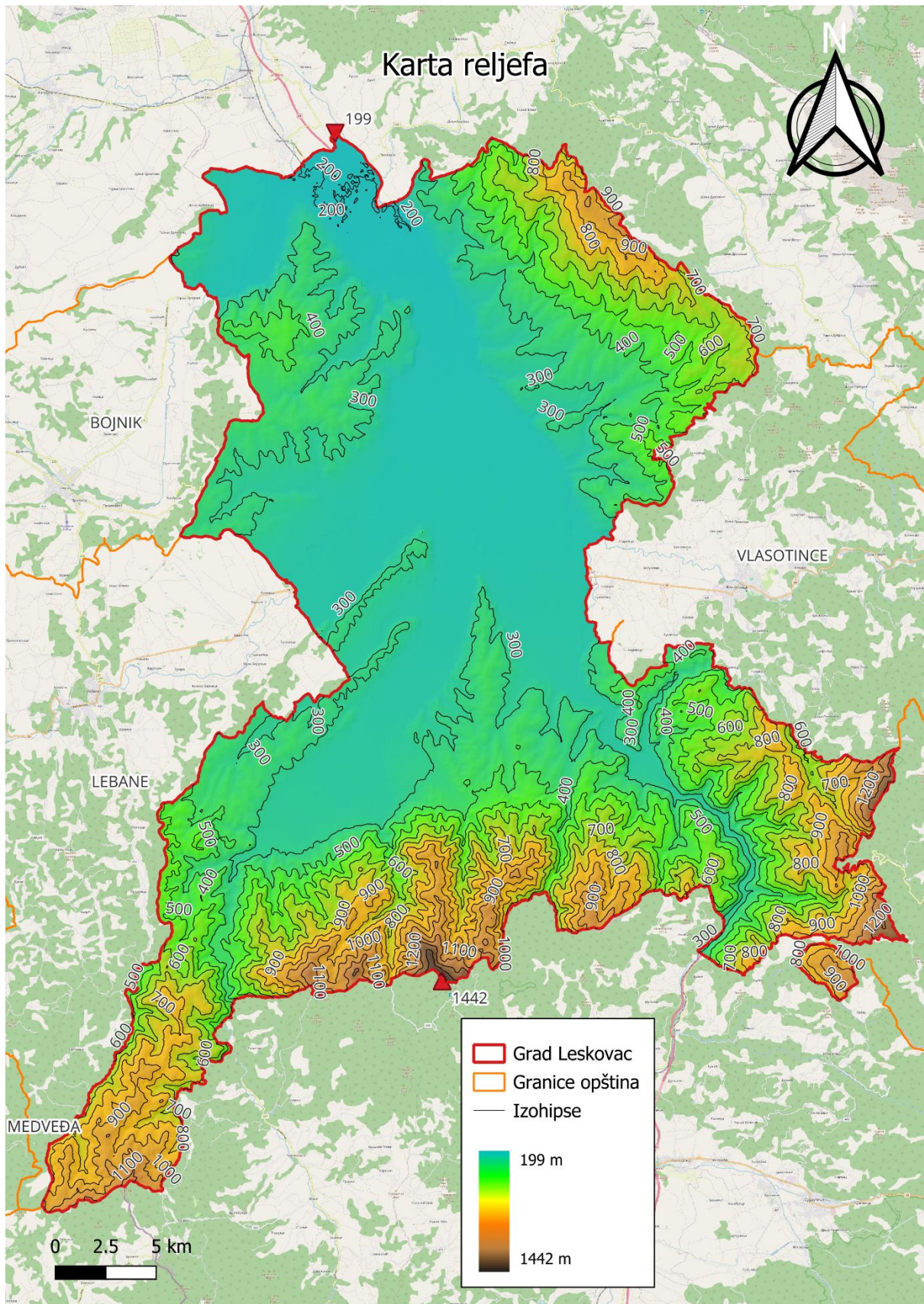
Tabela 8 Broj naselja na određenim visinskim zonama

Podaci o nadmorskim visinama dobijeni su obradom digitalnog modela terena u rezoluciji od 30 m što znači da na kartografskom prikazu jedan piksel ima površinu od 30 m<sup>2</sup>. najniža tačka na terenu iznosi 199 m i nalazi se na krajnjem severu, dok je najviša tačka vrh Vlajna sa 1442 m na krajnjem severu na planini Kukavica na tromeđi grada Leskovca, Vranja i opštine Vladičin Han. Za potrebe analize klasifikacijom izrađene su visinske zone sa intervalima od 200 m. U tabeli 9 predstavljene su klase visinskih zona sa ocenama, gde su zone sa najmanjim nadmorskim visinama ocenjene sa najmanjom ocenom kao oblasti u kojima je vazduh najlošijeg kvaliteta. Takođe, zone sa nadmorskom visinom manjom od 300 m kao i zona od 300-500 m procentualno zauzimaju najveće površine na teritoriji grada Leskovca.

Klase visinskih zona	Površine u km <sup>2</sup>	Udeo u %	Ocene
<300	389.14	37.97	1
300-500	298.37	29.11	2
500-700	147.15	14.36	3
700-800	119.66	11.68	4
>800	70.59	6.89	5
Ukupno	1025	100	

Tabela 9 Površine klase visinskih zona sa ocenama

<sup>30</sup> Sahin, F., Kara, M. K., Koc, A., & Sahin, G. (2020). Multi-criteria decision-making using GIS-AHP for air pollution problem in Iğdir Province/Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 36215-36230.



## Analitičko hijerarhijski proces- postavljanje težinskih koeficijenata

Višekriterijumsko odlučivanje (engl. *Multiple Criteria Decision Making – MCDM*) podrazumeva donošenje odluka koje uslovljavaju mnogi, u najvećem broju slučajeva, konfliktni kriterijumi<sup>31</sup>. Ovaj metod može da se koristi u raznim strukama kada je u pitanju neko višekriterijumsko odlučivanje tj. U svim situacijama koje zahtevaju donošenje kompleksnije odluke. Takve odluke često zavise od velikog broja međusobno povezanih, uslovljenih i neretko potpuno konfliktnih kriterijuma. AHP u ovom radu je iskorišćen kao alat, odnosno sistem za formiranje i analizu hijerarhije u odlučivanju. Osnovni korak u ovom procesu je određivanje ili formiranje kriterijuma za koje smatramo da su važni za donošenje odluka, konkretno, kada je u pitanju mapiranje područja sa najzagađenijim vazduhom na teritoriji grada Leskovca.

Svi prethodni kriterijumi koji su obrađeni tekstualno i kartografski, stavljeni su u međusobni odnos u matrici, zatim matematičkom operacijom kvadriranja matrice nakon čega se dobijaju težinski koeficijenti. Zatim sledi ispitivanje konzistentnosti dobijenih rezultata. Indeks konzistentnosti u ovom slučaju iznosi **CI= 0.04**, dok stepen konzistentnosti iznosi **CR=0.02**. Stepen konzistentnosti je ovde odgovarajući jer je manji od 0.1. **RI** se dobija deljenjem indeksa konzistentnosti i broja koji je u ovom slučaju 1.41 po Satijevoj skali<sup>32</sup>. Na osnovu proračuna uz pomoć AHP metode dobijeni su težinski koeficijenti za svaki kriterijum i oni su predstavljeni u tabeli 10. Za dobijanje rezultata  $x$  korišćena je formula, gde  $\sum$  predstavlja ukupan broj kriterijuma:

$$x = \frac{0.26 * A + 0.21 * B + 0.16 * C + 0.12 * D + 0.09 * E + 0.07 * F + 0.05 * G + 0.04 * H}{\sum}$$

Oznaka	Kriterijum	Težinski koeficijenti
A	Stacionarni izvori zagađenja	0.26
B	Saobraćaj	0.21
C	Deponije	0.16
D	Namena	0.12
E	Pritisak	0.09
F	Vetrovi	0.07
G	Nagib	0.05
H	Visine	0.04

Tabela 10 Težinski koeficijenti

Finalno preklapanje svih kriterijuma za analizu vrši se tako što se svaki kriterijum množi sa težinskim koeficijentom i vrši se zbir svih kriterijuma. Posle toga vrši se reklasifikacija rezultata kako bi se dobila zone područja koje su pogođene zagađenim vazduhom.

<sup>31</sup> Tomić-Plazibat, N. (1994). *Višekriterijalna analiza u investicijskom odlučivanju*. (Doktorska disertacija). Zagreb: Univerzitet u Zagrebu - Ekonomski fakultet.

<sup>32</sup> Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York, N.Y.: McGraw Hill. [pdf], Доступно на: <[http://www.dii.unisi.it/~mocenni/Note\\_AHP.pdf](http://www.dii.unisi.it/~mocenni/Note_AHP.pdf)>

## Rezultati istraživanja

Dobijeni rezultati klasifikovani su ocenama od 1 do 5. Ocena 1 predstavlja zone sa najviše zagađenim vazduhom na prostoru grada Leskovca, a ocena 5 predstavlja zone gde je najmanje zagađen vazduh. Iz tabele 11 se može zaključiti da se najzagađeniji vazduh nalazi na 6.70% teritorije grada Leskovca što pokriva urbani deo grada, zatim Vučje, Grdelicu i pojedine ruralne i prigradske sredine. Na karti koja predstavlja rezultat istraživanja prikazana su područja sa najzagađenijim vazduhom na teritoriji grada Leskovca, gde su centralni delovi najzagađeniji jer se upravo na tim mestima nalaze najveći zagađivači, najveći broj individualnih ložišta kao i nepovoljni prirodni uslovi koji doprinose zadržavanju zagađenja na tim lokacijama.

Zone zagađenja	Površina u km <sup>2</sup>	Površina u %
1	68.68	6.70
2	123.72	12.07
3	297.63	29.04
4	352.15	34.36
5	182.64	17.82
Ukupno	1025	100

Tabela 11 Ocena zagađenosti sa površinama

Metodom *zonal statistics* i modelovanim podacima dobijene su minimalne, maksimalne i prosečne vrednosti koncentracije pm 2.5 po naseljima. U tabeli 12 je prikazan broj stanovnika prema popisu iz 2022<sup>33</sup>. godine koji je ugrožen zagađenim vazduhom.

---

<sup>33</sup> <https://popis2022.stat.gov.rs/popisni-podaci-eksel-tabele/>

# Karta područja sa najzagađenijim vazduhom

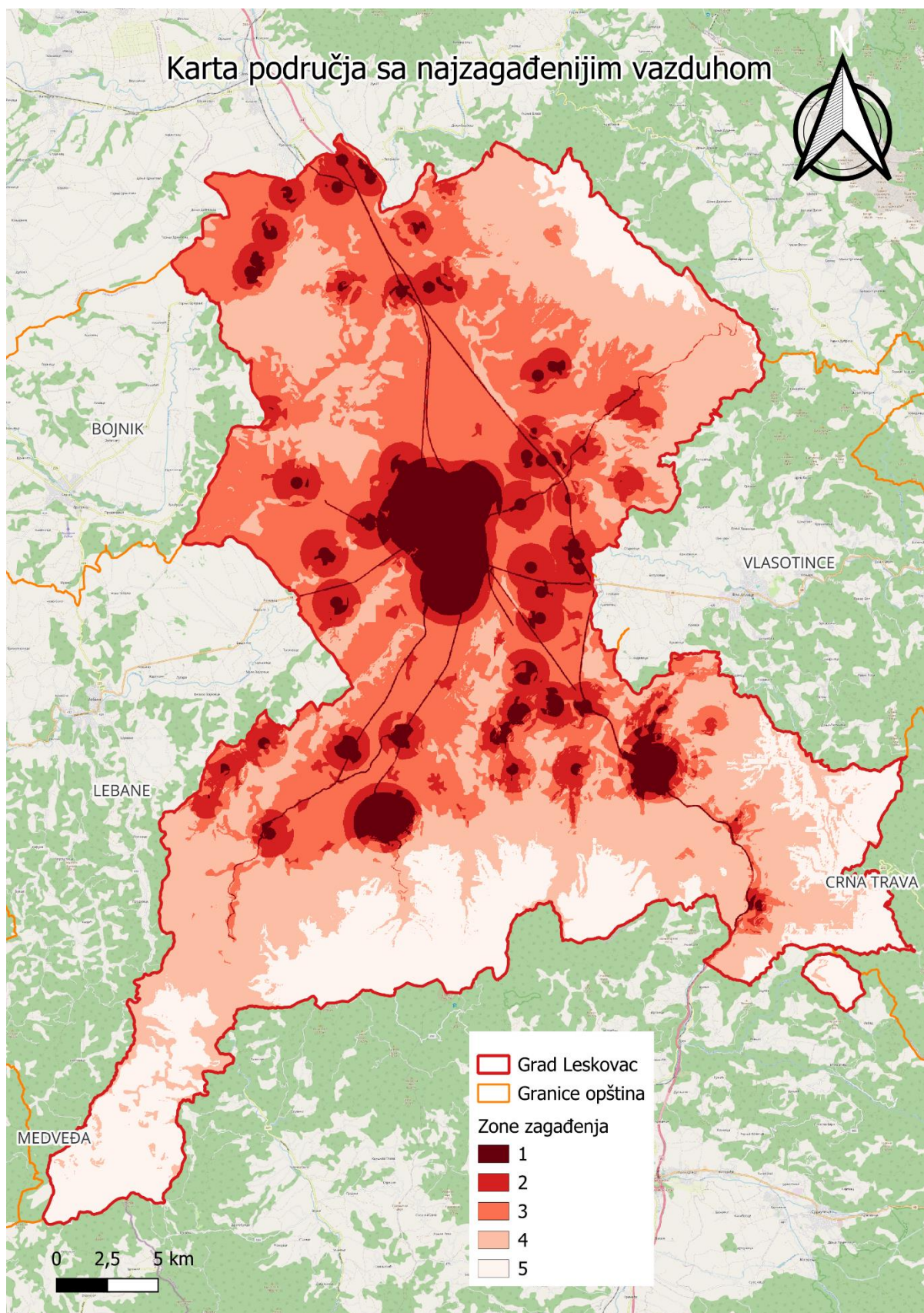


Tabela 12: Prikaz broja stanovnika koji je ugrožen zagađenim vazduhom (pm 2.5) po naseljima- od najugroženijih do najmanje ugroženih (granična vrednost je 20 µg/m<sup>3</sup>.)

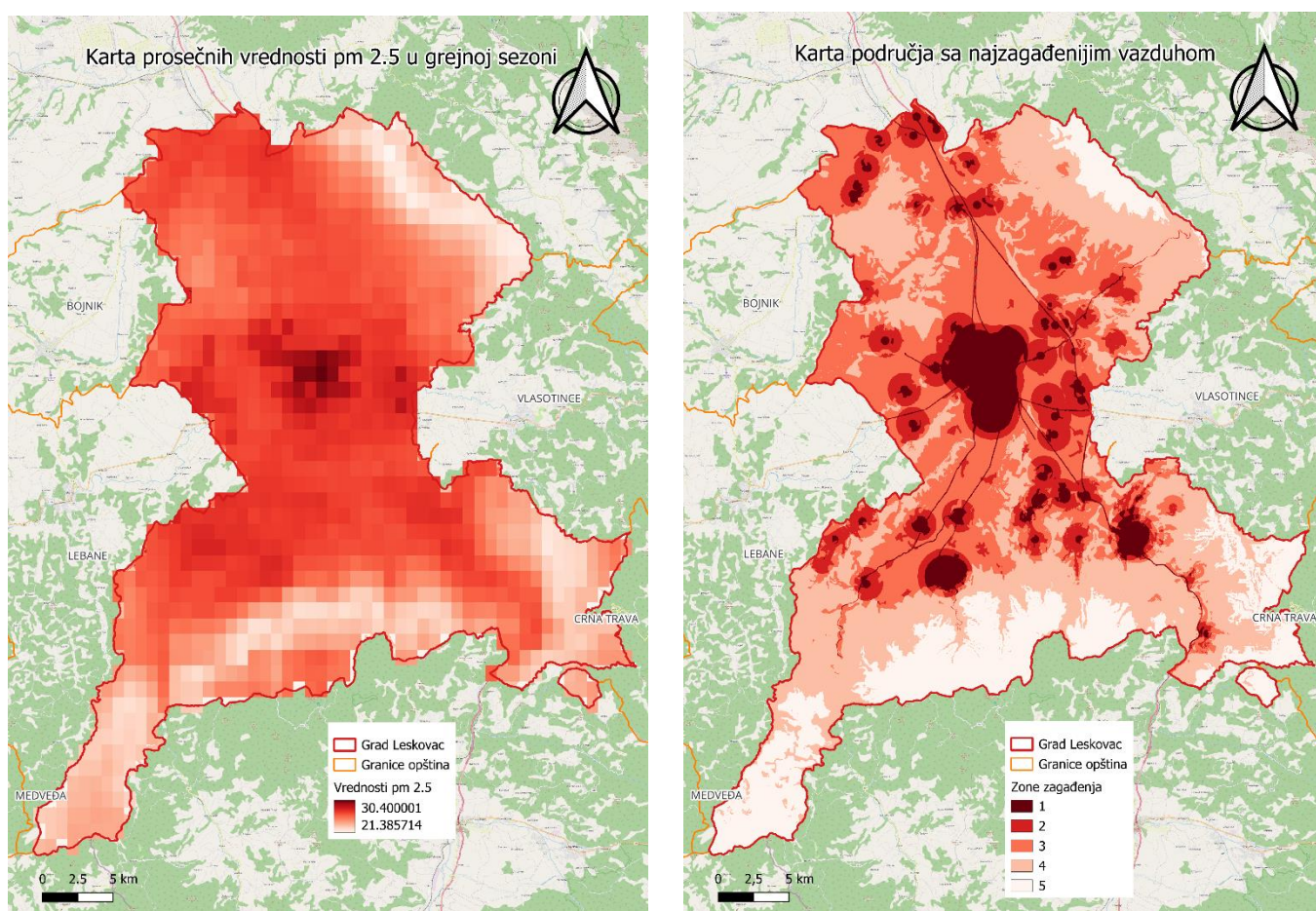
Naselja	Br. st 2022	pm2.5 µg/m3 sr. vrednost	pm2.5 µg/m3 min	pm2.5 µg/m3 max
LESKOVAC	54091	29.188	27.486	30.400
BOBIŠTE	2371	28.598	27.057	29.786
NOMANICA	255	28.479	27.986	28.971
DONJE STOPANJE	971	28.233	25.971	28.829
DONJE KRAJINCE	655	28.171	27.286	29.057
ZLOČUDOVO	240	28.092	27.629	28.971
ŽIŽAVICA	117	28.028	27.400	28.971
GORNJE KRAJINCE	604	27.995	27.829	28.086
SVIRCE	322	27.781	27.086	28.043
GORNJA BUNUŠA	406	27.730	27.514	28.057
BADINCE	533	27.729	27.386	28.971
BUNUSKI ČIFLUK	483	27.679	27.657	27.700
BRATMILOVCE	3361	27.679	27.471	27.886
MRŠTANE	1147	27.664	27.429	27.886
MALA KOPAŠNICA	201	27.639	27.471	27.671
DONJA BUNUŠA	275	27.633	27.471	27.671
RUDARE	451	27.621	27.586	27.657
VINARCE	2327	27.619	26.829	28.500
DONJA JAJINA	1072	27.607	27.400	27.814
ŠAINOVAC	203	27.605	27.414	27.614
DONJI BUNIBROD	452	27.571	27.529	27.614
RADONJICA	618	27.561	27.157	27.729
VLASE	409	27.529	27.257	27.800
BELI POTOK	488	27.523	27.300	27.729
TODOROVCE	429	27.515	27.486	28.057
GRDELICA (SELO)	871	27.501	26.943	27.771
DRVODELJA	187	27.479	27.314	27.671
VUČJE	2553	27.443	26.443	27.857
DONJE SINKOVCE	1405	27.420	26.800	28.143
GORNJI BUNIBROD	646	27.417	26.900	27.629
MALA BILJANICA	179	27.416	27.286	27.457
MANOJLOVCE	683	27.408	26.429	27.700
VELIKA GRABOVNICA	1086	27.400	27.343	27.457
LIPOVICA	962	27.395	26.686	27.614
ORAOVICA (KOD GRDELICE)	1511	27.381	27.186	27.657
MILANOVO	431	27.364	26.871	27.857
VELIKA BILJANICA	428	27.363	26.800	27.457

Naselja	Br. st 2022	pm2.5 µg/m3 sr. vrednost	pm2.5 µg/m3 min	pm2.5 µg/m3 max
DONJE TRNJANE	223	27.337	26.757	27.800
ČEKMIN	732	27.329	27.186	27.471
ŽABLJANE	503	27.327	24.543	27.857
KUMAREVO	723	27.325	26.986	27.914
GORNJE STOPANJE	1685	27.311	26.871	28.829
DOBROTIN	262	27.309	27.243	27.643
PRESEČINA	379	27.296	27.157	27.614
DONJA SLATINA	196	27.290	26.200	27.386
STROJKOVCE	1014	27.271	27.229	27.314
GRDELICA (VAROŠ)	1694	27.257	27.157	27.357
ŠIŠINCE	552	27.238	26.886	27.543
PALIKUĆA	358	27.225	27.100	27.457
TUPALOVCE	248	27.189	26.757	27.614
GORNJA JAJINA	442	27.138	27.043	27.414
GORNJE TRNJANE	200	27.137	27.000	27.800
BRZA	814	27.126	25.629	27.657
KUKULOVCE	238	27.121	26.914	27.286
MALA GRABOVNICA	211	27.110	26.814	27.343
TUREKOVAC	1272	27.107	27.000	27.214
DRAŠKOVAC	542	27.099	26.971	27.200
NAVALIN	683	27.088	26.857	27.314
ŠARLINCE	624	27.075	26.514	27.200
GUBEREVAC	1424	27.066	26.843	27.343
BREJANOVCE	252	27.065	26.857	27.243
VELIKO TRNJANE	755	27.057	26.871	27.500
ZOLJEVO	215	27.046	27.000	27.357
ČIFLUK RAZGOJNSKI	239	27.026	26.743	27.143
KUTLEŠ	516	27.015	26.900	27.200
MIROŠEVCE	764	26.993	26.771	27.214
VELIKA KOPAŠNICA	431	26.975	26.743	27.657
BRESTOVAC	1713	26.971	26.886	27.057
ZAGUŽANE	266	26.971	26.700	27.086
PEČENJEVCE	1203	26.950	26.643	27.143
SLAVUJEVCE	330	26.942	26.657	27.257

Naselja	Br. st 2022	pm2.5 µg/m3 sr. vrednost	pm2.5 µg/m3 min	pm2.5 µg/m3 max
BELANOVCE	443	26.907	26.857	26.957
TULOVO	557	26.900	26.771	27.029
GRDANICA	411	26.899	25.114	27.614
BOGOJEVCE	1183	26.890	26.843	26.971
NAKRIVANJ	938	26.836	26.257	27.414
GORNJE SINKOVCE	401	26.820	26.757	27.043
JELAŠNICA	183	26.792	26.543	26.986
MEĐA	729	26.786	26.514	27.057
ŽIVKOVO	524	26.771	26.686	26.857
PRIBOJ	465	26.764	26.700	26.829
DONJE BRIJANJE	1002	26.755	26.300	27.029
ZALUŽNJE	336	26.724	25.614	26.829
GRAJEVCE	264	26.711	26.557	27.271
ZLOKUČANE	151	26.695	26.414	26.943
GORNJA SLATINA	147	26.587	25.829	27.386
BOJIŠINA	109	26.586	25.214	27.300
GORINA	553	26.571	23.943	27.200
DONJA LOKOŠNICA	696	26.514	26.514	26.514
DRČEVAC	226	26.463	26.257	26.800
PREDEJANE (VAROŠ)	872	26.461	26.414	26.900
RAZGOJNA	630	26.457	24.771	27.000
KAŠTAVAR	34	26.421	26.357	26.514
SLATINA	386	26.404	25.800	26.843
DEDINA BARA	652	26.403	24.257	27.429
ČUKLIJENIK	440	26.402	25.943	26.600
KOZARE	267	26.395	24.986	26.986
IGRIŠTE	241	26.393	25.243	26.657
VINA	117	26.385	25.200	26.729
PETROVAC	120	26.376	25.357	26.529
BARJE	157	26.224	26.043	26.329
RAJNO POLJE	601	26.160	25.014	26.600
GORNJA LOKOSNICA	69	26.121	25.943	26.643
KORAČEVAC	143	26.107	25.200	26.571
BOČEVICA	85	26.046	24.086	27.157
GRAOVO	108	26.034	25.271	27.157
BRIČEVlje	153	26.033	23.629	26.900

Naselja	Br. st 2022	pm2.5 µg/m3 sr. vrednost	pm2.5 µg/m3 min	pm2.5 µg/m3 max
LIČIN DOL	57	25.972	23.743	26.629
DONJA KUPINOVICA	33	25.933	25.429	25.957
PREDEJANE (SELO)	297	25.761	23.229	26.900
DUŠANOVO	104	25.648	24.929	25.929
KARAĐORĐEVAC	293	25.629	25.357	25.900
GRADAŠNICA	256	25.595	24.929	26.000
PALOJCE	329	25.536	22.986	26.829
PODRIMCE	138	25.429	25.057	25.829
ORAŠAC	456	25.414	25.271	25.557
NESVRTA	20	25.356	25.057	26.000
KRPEJCE	6	25.208	23.171	26.686
VELIKA SEJANICA	522	25.159	24.286	27.157
SMRDAN	90	25.114	25.114	25.114
KALUĐERCE	97	25.092	22.643	26.529
BUKOVA GLAVA	210	24.971	22.643	26.757
KOVAČEVA BARA	82	24.970	24.286	25.200
PADEŽ	14	24.968	24.500	25.800
SUŠEVLJE	76	24.963	22.571	26.300
JAŠUNJA	300	24.836	23.229	26.443
ORAOVICA (KOD CRKOVNICE)	39	24.527	21.829	25.629
BISTRICA	27	24.487	24.443	24.686
CRCAVAC	60	24.337	23.257	26.243
CRVENI BREG	5	24.056	23.114	24.900
RAVNI DEL	29	24.005	23.071	24.300
MRKOVICA	1	23.898	23.800	24.100
GORNJA KUPINOVICA	76	23.891	22.457	24.857
JARSENOVO	225	23.795	22.643	24.714
BABIČKO	176	23.770	22.300	25.571
PISKUPOVO	87	23.571	22.714	24.929
ORUGLICA	51	23.541	22.800	24.329
NOVO SELO	7	23.362	22.543	25.014
GAGINCE	39	23.347	22.600	25.157
MELOVO	23	23.071	22.757	23.957
CRKOVNICA	33	22.736	22.186	25.629
VILJE KOLO	0	22.393	22.229	22.429
STUPNICA	139	22.214	22.129	22.300
GOLEMA NJIVA	34	22.183	21.800	26.257

Za validaciju algoritma uz pomoć kojeg su dobijeni rezultati korišćeni su modelovani podaci o koncentracijama pm 2.5 čestica za 2021. godinu sa Univerziteta Vašington u St. Luisu<sup>34</sup>. Globalne i regionalne koncentracije pm 2.5 procenjene su korišćenjem podataka iz izvora sa satelitskog osmatranja, podacima iz monitoringa i simulacija.<sup>35</sup> Na *kartografskom prikazu 1* predstavljena je validacija podataka gde se jasno može videti da se lokacije najviših koncentracija pm 2.5 sa modela poklapaju sa zonama zagađenja koje nose ocenu 1 koja su mapirana uz pomoć postavljenog algoritma u istraživanju.



Kartografski prikaz 1: Validacija rezultata, koncentracije pm 2.5 (levo) i rezultati istraživanja (desno)

U razgovoru sa predstavnicima Odeljenja za zaštitu životne sredine Gradske uprave grada Leskovca, članovi Tima 42 su dobili informaciju da se ne planira uvođenje monitoringa u ruralnim područjima zbog udaljenosti izvora zagađenja i manje koncentracije stanovnika nego u osnovnim urbanim područjima. Član 9 Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (*"Sl. glasnik RS", br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013*) navodi da se monitoring kvaliteta vazduha vrši se i na osnovnim ruralnim lokacijama van neposrednog uticaja značajnih izvora zagađenja vazduha da bi se, kao minimum, obezbedile informacije o ukupnoj masenoj koncentraciji i hemijskom sastavu suspendovanih čestica ( $PM_{2.5}$ ) na bazi godišnjeg proseka.

<sup>34</sup> <https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5-archive/>

<sup>35</sup> <https://wustl.app.box.com/v/ACAG-V5GL03-GWRPM25/folder/176286082551>

Granične vrednosti su propisane Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha Vlade Republike Srbije<sup>36</sup>, a od 01.01.2024. godine granična vrednost u Republici Srbiji je definisana kao 20 µg/m<sup>3</sup>. Na osnovu kartografskih i tabelarnih prikaza može se zaključiti da stanovnici u 84.7% naselja odnosno u 122 od 144 naselja dišu vazduh zagađen pm 2.5 iznad graničnih vrednosti (granična vrednost za pm 2.5 je 20 µg/m<sup>3</sup>).<sup>37</sup> U tim naseljima živi ukupno 122 217 stanovnika što znači da je 98.6% stanovnika od ukupnog (123 950 stanovnika prema popisu iz 2022. godine) izloženo kvalitetu vazduha koji prema klasifikaciji Evropskog indeksa kvaliteta vazduha (Tabela 13)<sup>38</sup> spada u kategoriju „Loš“, što je dokaz da je potrebno meriti kvalitet vazduha i u ruralnim sredinama.

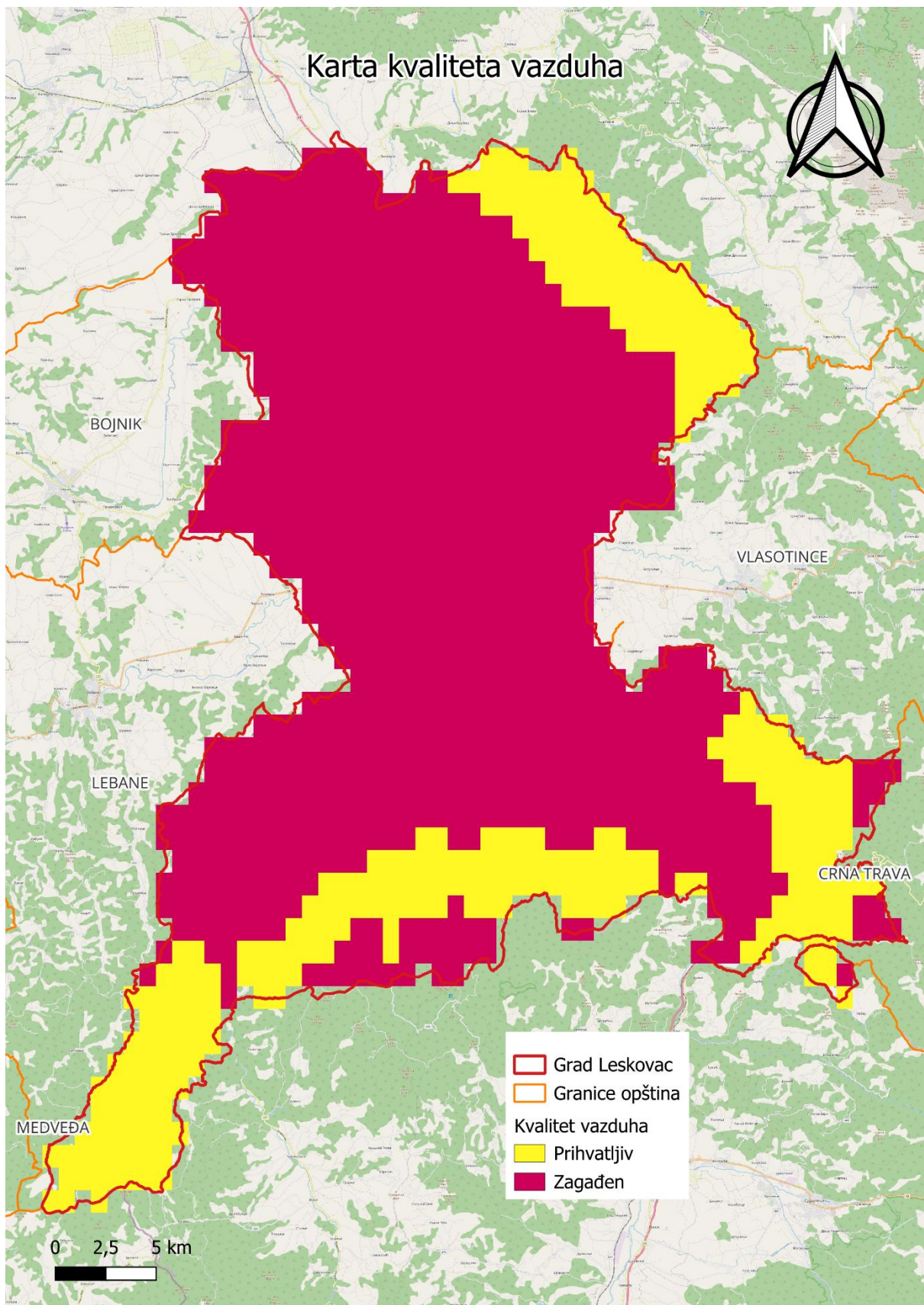
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor	Extremely poor
Particles less than 2.5 µm (PM <sub>2.5</sub> )	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	75-800
Particles less than 10 µm (PM <sub>10</sub> )	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	150-1200
Nitrogen dioxide (NO <sub>2</sub> )	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	340-1000
Ozone (O <sub>3</sub> )	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	380-800
Sulphur dioxide (SO <sub>2</sub> )	0-100	100-200	200-350	350-500	500-750	750-1250

Tabela 131 Indeks zagađenja prema Evropskoj agenciji za zaštitu životne sredine

Prema indeksu zagađenja Evropske agencije za zaštitu životne sredine prosečne godišnje koncentracije su klasifikovane i predstavljene prostorno. Prosečne koncentracije za prostor grada Leskovca u toku grejne sezone se kreću od 21.31 do 30.40 µg/m<sup>3</sup> što spada u kategorije „prihvatljiv“ i „zagađen“ vazduh. Podaci su prikazani prostorno da sledećoj karti i može se zaključiti da 75% teritorije grada Leskovca ima zagađen vazduh u toku grejne sezone.

<sup>36</sup> <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-uslovima-monitoring-zahtevima-kvaliteta-vazduha.html>

<sup>38</sup> <https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>

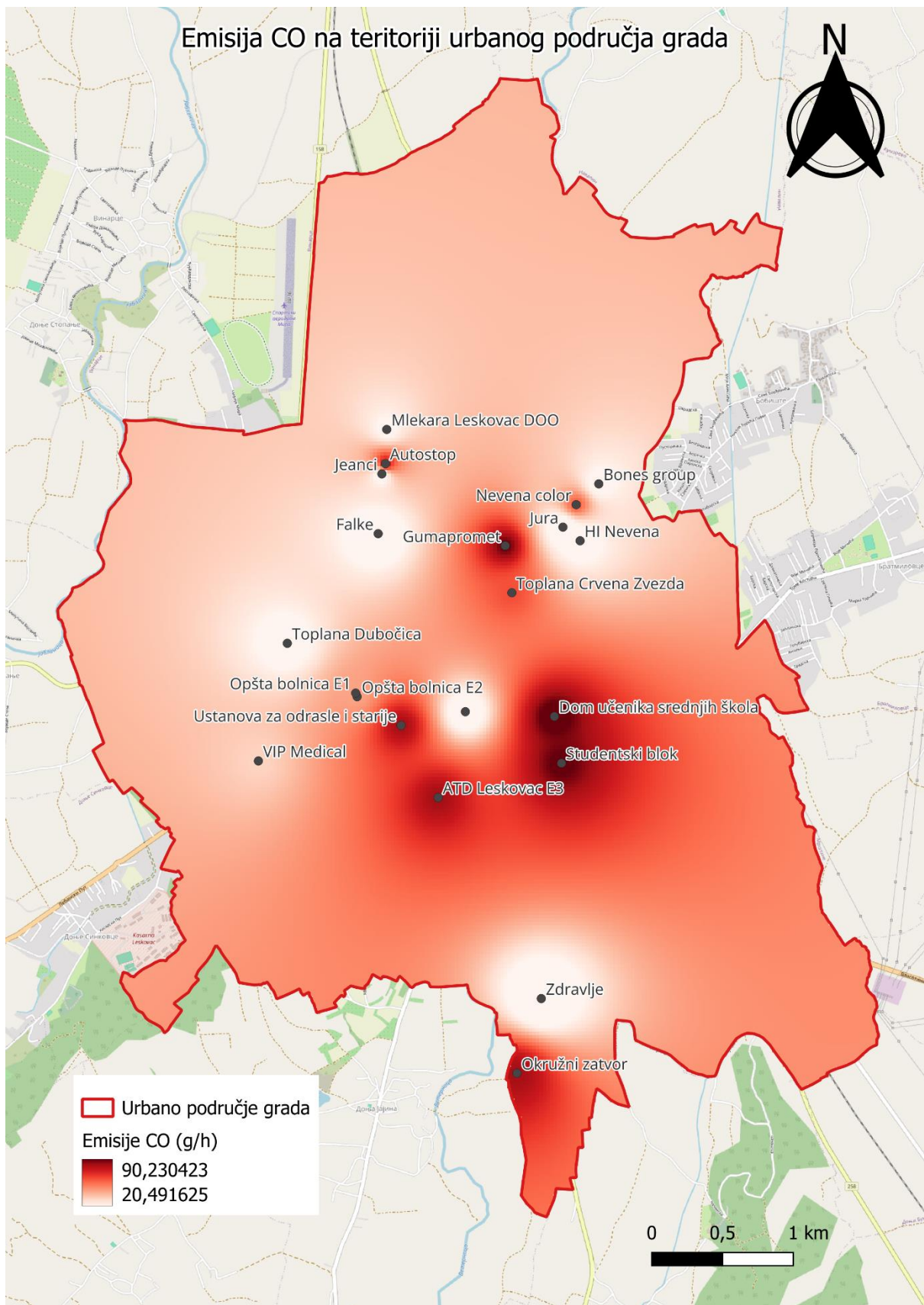


## Emisija CO iz registrovanih stacionarnih zagađivača

Kako bi se predstavile emisije CO iz registrovanih stacionarnih zagađivača urađena je analiza uz pomoć interpolacije u softveru QGIS. Prostorna interpolacija omogućava stvaranje kartografskog prikaza zagađujućih materija na osnovu ograničenih tačkastih izvora podataka, u ovom slučaju tačkastih izvora zagađenja. Kroz upotrebu ovih alata, možemo dobiti detaljan uvid u distribuciju zagađenja vazduha na mestima gde direktna merenja nisu dostupna ili se ne vrše redovno. Za potrebe ove analize korišćena je IDW (Inverse Distance Weighting) interpolacija koja omogućava da se izračuna vrednost neke promenljive na osnovu poznatih vrednosti na susednim tačkama, pri čemu se uzima u obzir udaljenost od tačke za koju se vrši interpolacija. Na osnovu izveštaja merenja emisije zagađujućih materija u kotlovima izdvojeni su podaci za CO (ugljenmonoksid) iz razloga jer je to jedina zagađujuća materija koja je merena na svim kotlovima pa samim tim je i najrelevantnija za prikazivanje. Ono što je bitno napomenuti u ovom delu je to da su merenja na različitim kotlovima vršena u različitim periodima godine, različitim meteorološkim uslovima, a kotlovi koriste različita goriva pa se i zbog toga granične vrednosti razlikuju. Zbog toga je teško uskladiti podatke po istoj skali i dati pravu sliku stanja kada je u pitanju zagađenje vazduha. Iz tog razloga je prostorno prikazivanje podataka izvršeno uz pomoć interpolacije i predstavlja modelovano stanje koje nam pokazuje okvirno koliko stacionarni zagađivači utiču na generalno stanje kvaliteta vazduha. U tabeli 15 prikazan je spisak stacionarnih zagađivača sa koncentracijama CO (g/h) u trenutku merenja.

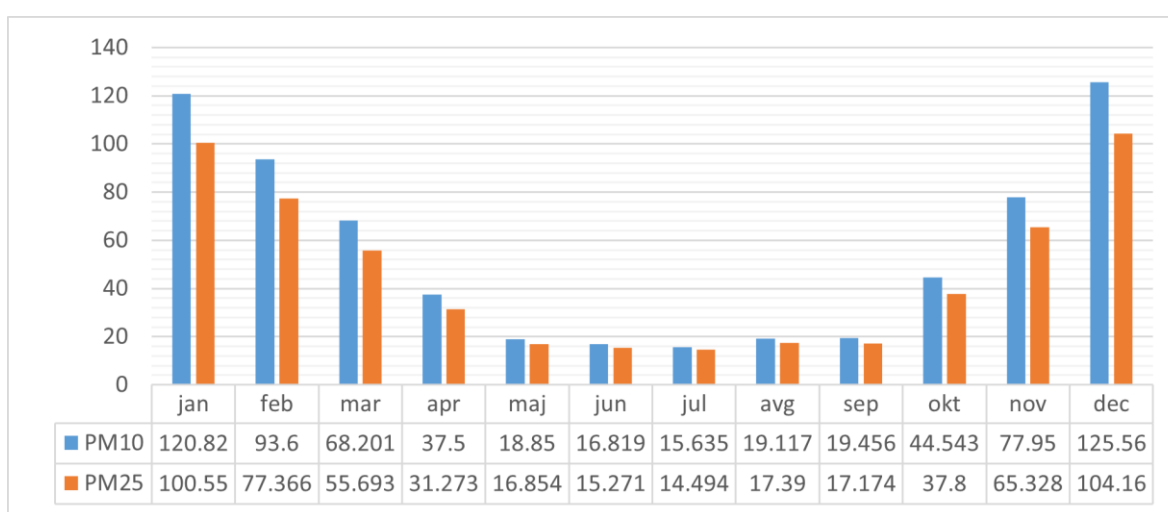
Registrovani stacionarni izvori zagađenja	Koncentracije CO (g/h)
Bones group	14.5
Dom učenika srednjih škola	96.24
Studentski blok	92.64
Jeanci	9.00
Nevena color	60.13
Okružni zatvor	83.59
ATD Leskovac E3	83.41
Opšta bolnica E2	5.5
Opšta bolnica E1	43.53
Ustanova za odrasle i starije	83.11
Jura	3.97
Zdravlje	1.33
Falke	2.6
Autostop	79.61
Gumapromet	90.94
Toplana Crvena Zvezda	62.32
Toplana S17	5.73
Toplana Dubočica	11.76
HI Nevena	9.08
VIP Medical	32.4
Mlekara Leskovac DOO	17.08

Tabela 2 Koncentracije CO u 2022.



## Građanske merenja kvaliteta vazduha u Leskovcu

Uz pomoć podataka koje smo dobili sa platforme XEco<sup>39</sup> za pet mernih mesta od kako postoje građanska merenje na teritoriji grada Leskovca, analizirali smo koncentracije PM 2.5 i PM 10 od 2021. do kraja 2023. godine. Na grafikonu 1 su prikazane prosečne koncentracije PM 10 i PM 2.5 za period merenja od 2021. do 2023. godine na teritoriji grada Leskovca, gde možemo primetiti da imamo **sedam** meseci prekoračenja koncentracije PM 2.5 (granična vrednost 20 µg/m<sup>3</sup>) nekoliko puta iznad graničnih vrednosti i **pet** meseci prekoračenja koncentracije PM 10 (granična vrednost 50 µg/m<sup>3</sup>) uglavnom dva puta iznad graničnih vrednosti. Građanske merne stanice se nalaze u sledećim ulicama: U Leskovcu, Đorđa Andrejevića Kuna, Goce Delčeva, Žike Ilića Žutog i Koče Kapetana. U Predejanu u Omladinskoj ulici.



Grafikon 1 Prosečne koncentracije PM 10 i PM 2.5 po mesecima u periodu od 2021. do 2023. godine.

Podatke o kvalitetu vazduha sa državnih i građanskih mernih stanica je moguće pratiti na platformi i aplikaciji Xeco na časovnom i celodnevnom nivou.

## Preporuke

U nastavku su navedene mere koje je potrebno razraditi da bi za početak mogle da dovedu do konkretnih rezultata:

1. Izrada planova kvaliteta vazduha operatera u skladu sa zakonskom osnovom,
2. Katastar individualnih ložišta privatnih i pravnih lica,
3. Povećanje broja i dužine pešačkih staza,
4. Sprečavanje spaljivanja poljoprivrednih površina nakon žetvi,
5. Intenziviranje rada građevinske inspekcije,
6. Utvrđivanje izloženosti populacije, posebno osetljivih grupa,
7. Utvrđivanje doprinosa kvaliteta vazduha umiranju i oboljevanju stanovništva,

<sup>39</sup> <https://xeco.info/xeco/vazduh/Leskovac-%C5%BDike%20Ili%C4%87a%20%C5%BDutog-59875>

8. Povećanje broja mernih mesta za praćenje kvaliteta vazduha,
9. Povećanje broja parametara za praćenje kvaliteta vazduha,
10. Unapređenje načina informisanja stanovništva, informisanje putem medija, internet portala, aplikacija, ekoloških semafora, popularnih i stručnih emisija,
11. Edukacije i informisanje o značaju očuvanja i unapređenja životne sredine, izrada promotivnih materijala, emisija, akcija i sl.,
12. Edukacije o značaju fizičke aktivnosti,
13. Promovisanje pešačenja, vožnje bicikala,
14. Promovisanje upotrebe alternativnih izvora energije,
15. Podizanje svesti o značaju izbora vrste goriva za individualne izvore,
16. Podizanje nivoa znanja i svesti o načinu i potrebi održavanja individualnih ložišta,
17. Podizanje svesti i nivoa znanja o upravljanju otpadom - odlaganje i uništavanje, kompostiranje i sl.
18. Ugradnja adekvatnih filtera na emiterima stacionarnih izvora zagađenja.

## Zaključak

Analiza efekta primene Kratkoročnog akcionog plana za smanjenje zagađenja vazduha za grad Leskovac ukazuje na značajne nedostatke u usklađenosti s pravilnicima, nedovoljnu analizu ključnih faktora i nedostatak konkretnih mera za rešavanje problema zagađenja. Dokument pokazuje da je potrebno temeljno poboljšati preciznost i efikasnost plana kroz detaljniju analizu prostornih, geoloških i klimatskih karakteristika, kao i transparentno predstavljanje podataka. Takođe, ocena kvaliteta vazduha na osnovu KAP-a pruža osnovu za ocenu stepena zagađenja, ali nedostaje dubinska analiza dugoročnih posledica po zdravlje i životnu sredinu. Veze između oblika stanovanja i kvaliteta vazduha, kao i doprinos vozila i divljih deponija zagađenju, zahtevaju dodatno istraživanje.

Kada je reč o monitoringu kvaliteta vazduha, nedostaci u pravovremenom informisanju i nedovoljna opsežnost mernih stanica predstavljaju ozbiljan izazov za efikasno upravljanje situacijom. Predložene mere, zahtevaju preciznije planiranje i realniju procenu njihove dugoročne efikasnosti. Analiza primene KAP-a ukazala je naglašava da postoje brojni propusti u samom dokumentu od osnovnog opisa do konkretnih mera. Eventualne korekcije bi trebalo da obuhvate preciznije definisanje područja zagađenja, detaljniju analizu ključnih faktora, pravovremeno informisanje o kvalitetu vazduha, i konkretnije mere za smanjenje zagađenja. Implementacija ovakvih poboljšanja će omogućiti grad Leskovac da efikasnije upravlja problemom zagađenja vazduha, čime će unaprediti kvalitet života građana i očuvati životnu sredinu.

Geoprostorna analiza se pokazala kao efikasna za precizno mapiranje zona ugroženih zagađenim vazduhom u gradu Leskovcu. Kroz upotrebu besplatnih softvera i otvorenih podataka, moguće je izvesti analizu prostora koja može biti od suštinskog značaja za donošenje ispravnih odluka i implementaciju efikasnih mera za smanjenje zagađenja vazduha. Geoprostorna analiza omogućava precizno identifikovanje zona ugroženih zagađenim vazduhom u gradu Leskovcu. Proučavanjem prostornih karakteristika, kao i korišćenjem modeliranih podataka, dobili smo opštu sliku o stanju kvaliteta vazduha na različitim lokacijama. Ovi podaci su od suštinskog značaja za sagledavanje različitih faktora koji doprinose zagađenju, čime bi moglo da se olakša donošenje odluka u vezi sa smanjenjem emisija. Zahvaljujući dostupnosti besplatnih softvera i otvorenih podataka, analiza prostora postaje izvodljiva čak i u uslovima ograničenih resursa. Modelovani podaci su pokazali da mogu da doprinesu validaciji naše metodologije i algoritma kako bi se predstavilo pravo stanje o kvalitetu vazduha. Prostornu su predstavljene emisije CO (ugljenmonoksida) koji emituju registrovani stacionarni zagađivači, merenja emisije CO vršena na različitim kotlovima u različitim periodima godine, različitim meteorološkim uslovima i sa različitim gorivima. Ova raznolikost čini teškim usklađivanje podataka po istoj skali i davanje tačne slike stanja zagađenja vazduha. Stoga je korišćena prostorna interpolacija kako bi se modelovalo stanje i prikazalo okvirno koliko stacionarni zagađivači utiču na generalno stanje kvaliteta vazduha.

Rezultati merenja građanskih mernih stanica su nam u ovom slučaju dale i još precizniju sliku stanja kvaliteta vazduha, uz pomoć koje je utvrđeno da u periodu od tri godine na prosečnom nivou koncentracije PM čestica u grejnoj sezoni prelaze granične vrednosti nekoliko puta od dozvoljenih.

Kroz korišćenje GIS (Geografski informacioni sistem) softvera i otvorenih podataka, istraživači mogu pristupiti različitim informacijama o prostoru, uključujući topografiju, urbanu strukturu i saobraćajne obrasce, što omogućava holistički pristup analizi zagađenja vazduha. Kroz razumevanje pravog stanja na terenu, donosioci odluka mogu identifikovati ključne izvore zagađenja i razviti strategije usmerene ka ciljevima očuvanja kvaliteta vazduha. Najvažnije u ovom delu analize je to što su svi kriterijumi koji doprinose zagađenju vazduha predstavljeni prostorno, tako da se znaju prednosti i mane određenog dela prostora. Celokupno istraživanje doprinelo je stvaranju opširne baze prostornih i neprostornih podataka koji mogu doprineti drugim analizama u sferi zaštite životne sredine, a koje ćemo svakako nastojati da koristimo u budućim projektima.

Iako Leskovac još uvek ne poseduje automatsku mernu stanicu, moguće je nadomestiti ovaj nedostatak korišćenjem alternativnih metoda praćenja. Informisanje stanovništva putem medija, društvenih mreža i drugih javnih servisa može poslužiti kao sredstvo za obaveštavanje o periodima povećanog zagađenja vazduha tokom grejne sezone. Građani mogu pratiti stanje putem dostupnih aplikacija i platformi, čime se osigurava šira transparentnost i aktivno učešće javnosti u upravljanju kvalitetom vazduha.



Izrada ove publikacije omogućena je uz podršku američkog naroda putem Američke agencije za međunarodni razvoj (USAID) u okviru projekta „Zajedno za životnu sredinu“, koji realizuje Beogradska otvorena škola (BOŠ). Sadržaj publikacije isključivo je odgovornost Tima 42 i ne predstavlja nužno stavove USAID-a, Vlade SAD, BOŠ-a ili ostalih partnera na projektu.