

MODELIRANJE KARTE BUKE ZA POSLOVNU ZONU „BUKVA-VILA” TEŠANJ

Sažetak

Poslovna zona „Bukva-Vila“ predstavlja prostor za odvijanje različitih poslovnih aktivnosti i nastala je kao rezultat preliminarnog prostornog planiranja i organizovanog razvojnog koncepta privređivanja poduzetnog lokalnog stanovništva, na jedinstvenom području sa razvijenom infrastrukturom i blizinom užeg centra grada Tešnja. Sa daljnjim razvojem poslovne zone, širenjem postojećih i izgradnjom novih industrijskih pogona i saobraćajne infrastrukture dolazi do povećanja nivoa buke. Ovaj rad prezentuje osnove menadžmenta bukom u okolišu, važnost izrade karte buke kao i rezultate izrade karte industrijske buke korištenjem podataka dosadašnjeg monitoringa preduzeća Poslovne zone „Bukva-Vila“ u cilju određivanja uticaja industrijske buke na ukupnu buku u okolišu te izradu konfliktne karte buke. Na osnovu rezultata izrade karata buke te analize rješenja iz prakse predložene su i mjere zaštite od buke kao osnova za izradu akcionih planova u perspektivi.

Ključne riječi: buka u okolišu, bukomjer, karta buke, iNoise, QGIS, mjere zaštite od buke

1. Uvod

Buka je veliki problem u današnjem urbanom okruženju i svakodnevnom životu. Iako je neizostavan dio života, ako nije umjerenog intenziteta, značajno narušava zdravlje ljudi, što se odražava u povećanom nivou stresa, krvnom pritisku, hipertenziji, poremećajima spavanja itd. Prema Direktivi o utvrđivanju i upravljanje bukom iz okoliša 2002/49/EZ, buka iz okoliša² se definiše kao svaki nepoželjan i po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskom prostoru uzrokovan ljudskim aktivnostima, uključujući buku koju emitiraju: cestovni, željeznički i zračni promet te buka iz područja s industrijskim aktivnostima. Neodgovarajuće prostorno planiranje može dovesti do povećanog nivoa buke u stambenim područjima. Prostorno planiranje u ovom slučaju treba se temeljiti

¹ Diplomirana inženjerka mašinstva

² Directive 2002/49/EC, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32002L0049> (pristupljeno: septembar 2021.)

na proračunima, projekciji, mjerenju i modeliranju parametara buke u okolišu. Rješavanje problema buke u okolišu podrazumijeva poznavanje aktuelnog stanja nivoa buke na lokacijama od interesa, procjenu izloženosti buci, kao i procjenu trenda promjena nivoa buke u bližoj i daljnjoj budućnosti. Bez mapiranja buke nije moguće riješiti negativan utjecaj buke, niti smanjiti rizik za zdravlje stanovništva. Imajući u vidu svu složenost i oskudan nivo modeliranja karata buke, izražena je želja da se uloži vlastiti doprinos u izradu karte buke jedne od razvijenih poslovnih zona u FBiH, Poslovna zona "Bukva-Vila". Stoga je prioritetni cilj ovog rada razvoj industrijskih karata buke koristeći postojeće podatke iz monitoringa buke pojedinih preduzeća i razvoj konfliktnih karti buke, tj. karata prekoračenja dopuštenih zakonskih vrijednosti te predlaganje mjera zaštite od buke za akcione planove u perspektivi.

2. Karta buke

Karta buke² se definiše kao prikaz postojećih i/ili predviđenih nivoa buke u okolišu na svim mjestima unutar vremenski posmatranog područja. Razvoj tehnika računarskog modeliranja koje u vremenu modeliraju akustičnu emisiju i širenje, omogućava brzo i precizno predstavljanje scenarija generiranje buke. Karta buke bilo kojeg područja treba da nedvosmisleno pokaže nivo ili zakonom propisani indikator buke kojim se iskazuje postojeće stanje u prostoru, te da predstavlja osnovu u procesu definisanja mjere zaštite od buke. Najčešći podaci koje karta buke može sadržavati *jesu prekoračenje propisanih dopuštenih vrijednosti, procijenjeni broj ljudi izloženih pojedinim nivoima buke, procijenjeni broj stanova, škola, bolnica izloženim određenim vrijednostima nivoa buke u promatranom području*². Rezultati na karti se uglavnom predstavljaju u obliku obojenih površina, svaka boja odgovara zadanom intervalu nivoa buke, distribuirano u razredima (klasama) od 5 dB³.

Rješavanje problema buke u okolišu podrazumijeva poznavanje aktuelnog stanja nivoa buke na lokacijama od interesa, procjenu izloženosti buci, kao i procjenu trenda promjena nivoa buke u bližoj i daljnjoj budućnosti. U svrhu detaljnijeg sagledavanja uticaja pojedinih izvora buke na ukupan nivo buke u okolišu izrađuju se strateške karte buke za područje od interesa. Strateške karte² se mogu javnosti predstaviti kao: grafički prikazi, broježani podaci u tablicama, broježani podaci u elektroničkom obliku. Strateške karte buke poseban naglasak za naseljena područja stavljaju na buku koju emitira:

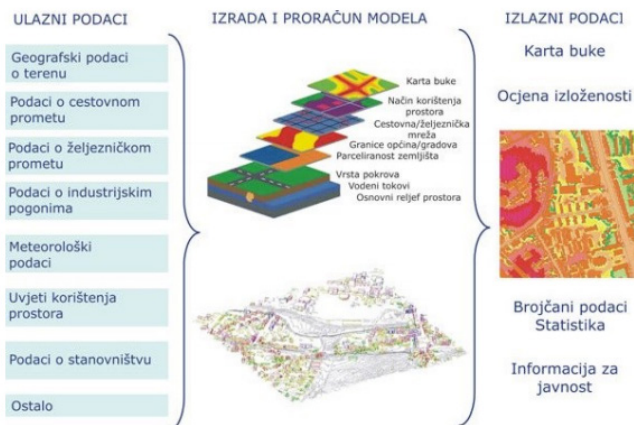
- Cestovni saobraćaj;
- Željeznički saobraćaj;
- Zračne luke;

³ W. Probst., Modelling of Industrial plants in the Framework of Sound Immission Plans, *Proceedings of InterNoise 2000*, Nice, France, 2000.

➤ Industrijska postrojenja, uključujući i luke.

Izrada strateške karte buke predstavlja izuzetno kompleksan, obiman i zahtjevan posao u smislu potrebe za uključivanjem šire društvene zajednice i timova eksperata različitih struka i profila. Pored toga, formiranje i održavanje strateške karte buke iziskuje stalno ažuriranje podataka, te znatna finansijska sredstva za odgovarajuću opremu i softver koji odgovara konkretnim potrebama. Pojednostavljen postupak izrade karte buke prikazan je na Slici 1. Izrada karte buke vrši se korištenjem prethodno prikupljenih podataka (podaci o industrijskim postrojenjima, meteorološki podaci, uvjeti o korištenju prostora) koji se integrišu sa prostornom podlogom i drugim objektima te daju osnovni izlaz - kartu buke, ali i izlazne podatke značajne za planiranje prostora poput ocjene izloženosti stanovništva okolnoj buci. Ono što je također važno, jesu informacije za javnost i mnoštvo statističkih podatka koji predstavljaju osnovu za poduzimanje mjera.

U ovom slučaju, jer se radi o izradi karte Poslovne zone „Bukva-Vila“, veliki udio u ukupnoj buci u okolišu zauzima i industrijska buka, tako da je izrađena strateška karta industrijske buke. Potreba za industrijskom kartom buke može se pojaviti u raznim situacijama kao što su procjena uticaja na okoliš novih postrojenja ili za promjenu postojeće, integralne okolinske dozvole prema IPPC (Direktiva za integralno spriječavanje i kontrolu zagađenja) propisima, prigovori stanovništva, certifikacija postrojenja prema ISO 14 000 i EMAS (Shema ekološkog upravljanja i revizije), gdje je potrebna potpuna suglasnost sa propisima o buci. U izvjesnim situacijama, kao što su industrijske/poslovne zone, cilj može biti kontrola distribucije buke uspostavljanjem dozvoljenih kvota buka za svaku parcelu u datoj zoni. ⁴



Slika 1. Prikaz proces izrade strateške karte buke⁵

⁴ L. Conde Santos, Noise Mapping and Noise Quota Application to an Industrial Park, Grupo Absorsor, Taguspark, *Edificio Tecnologia I*, n.º 11,2780-920, Oeiras, Portugal, www.absorsor.pt

⁵ I. Bubljić, *Izrada strateške karte buke kao dio sustava upravljanja bukom okoliša u naseljenim područjima*, Brodarski institut, Zagreb, 2013.

Na osnovu karte buke i zakonskih regulativa se izrađuju konfliktne karte, odnosno karte prekoračenja nivoa buke u cilju izrade akcijskog plana upravljanja bukom okoliša uključujući mjere zaštite od buke. Akcijski planovi moraju biti pregledani i revidirani uvijek kad se u prostoru dogodi bitna promjena (npr. izgradnja novog industrijskog postrojenja) i obavezno pet godina od njihovog odobravanja.

3. Menadžment bukom u okolišu

Upravljanje, odnosno menadžment bukom u okolišu ima za cilj ostvarivanje što nižih nivoa buke kako bi se zaštitilo ljudsko zdravlje i umanjili negativni efekti buke na čovjeka. Osnovna načela upravljanja bukom u okolišu, kao i svim drugim oblastima upravljanja okolišem prema Zakonu o zaštiti okoliša⁶ su:

- Predostrožnost - buka se treba smanjiti na najniži nivo buke ostvarljiv u datoj situaciji;
- Zagađivač plaća – vlasnik izvora buke je dužan da snosi sve troškove vezane za monitoring buke u okolišu, mjere snižavanja nivoa buke i nadzor nad bukom;
- Prevencija – akcije za smanjenje nivoa buke treba uvijek preduzimati kada je to moguće na samom izvoru ili pravilnim prostornim planiranjem.

Za potpuno i uspješno upravljanje bukom potrebno je imati adekvatni okvir nacionalne politike i adekvatnog zakonodavstva. Pored okvira nacionalne politike, menadžment bukom obuhvata i sljedeće alate⁷:

- Monitoring buke;
- Modeliranje i mapiranje izloženosti buci;
- Mjere za kontrolu buke te;
- Ocjena mjera za kontrolu buke sa aspekta primjene tih mjera.

3.1. Menadžment bukom u okolišu u Europskoj Uniji

Kontrolu izloženosti buci u Europskoj uniji regulira Direktiva 2002/49/EC o utvrđivanju i upravljanju bukom okoliša. Ova Direktiva primjenjuje se na buku iz okoliša kojoj su ljudi izloženi posebno u izgrađenim područjima, u javnim parkovima ili drugim tihim područjima u naseljenim područjima, pored škola, bolnica i drugih zgrada i područja osjetljivih na buku. Prema ovoj Direktivi države članice EU i one koje žele to postati, na odgovarajućim nivoima imenuju nadležna tijela i tijela odgovorna za provedbu ove Direktive, uključujući tijela

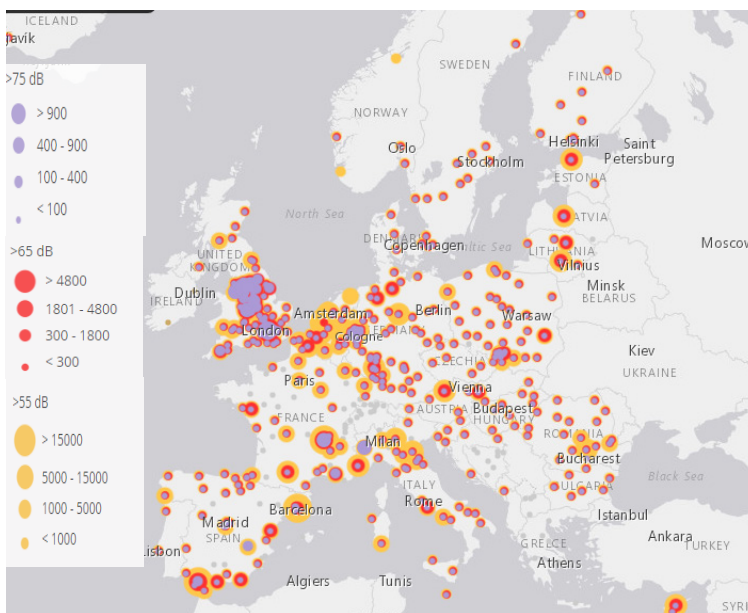
⁶ Zakon o zaštiti okoliša („Službene novine FBiH“ br. 15/21), https://www.fmoit.gov.ba/upload/file/2021/Zakon%20o%20zastiti%20okolisa%2015_21.pdf (pristupljeno: oktobar 2021.)

⁷ M. Prašćević/D. Cvetković/ D. Mihajlov, *Buka u životnoj sredini*, 2nd ed, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, Srbija, 2018;

nadležna za:

- Izradu i odobravanje karata buke i akcijskih planova za naseljena područja, glavne ceste, glavne željezničke puteve i glavne zračne luke;
- Prikupljanje karata buke i akcijskih karta.

Nakon donošenja Direktive u državama članicama EU intenziviran je proces izrade karata buke. Osnovni ciljevi Direktive su usklađivanje postupaka izrade karata buke na razini EU, prikupljanje informacija o buci u obliku karata buke (nivoi buke prikazane su pomoću usklađenih pokazatelja buke Lden, Lday, Levening i Lnight ili indikatora koji su regulisani od strane države članice do usaglašavanje međunarodnih indikatora), određivanje ukupnog broja stanovnika izloženih određenim nivoima buke, informiranje javnosti i Europske komisije o trenutnom stanju te strategiji i načinima financiranja mjera za upravljanje bukom u okolišu, usvajanje i provođenje akcijskih planova za smanjenje nivoa buke temeljenih na rezultatima prikazanih pomoću karata buke, održavanje povoljnih nivoa buke u zakonom određenim granicama². Na Slici 2. predstavljena je karta postojećih karti industrijske buke za područje Europe, na kojoj su prikazani i podaci izloženosti stanovništva pojedinim nivoima buke. Kao što se može vidjeti sa slike da izradi karti industrijske buke najviše pažnje posvećuje Velika Britanijai zapadni dio Njemačke, dok zemlje Balkana nisu u velikoj mjeri osvještene o ovom problemu.



Slika 2. Karta postojećih karti industrijske buke u Europi kao i broj izloženog stanovništva pojedinim nivoima buke⁸

⁸ The NOISE Observation & Information Service for Europe. Dostupna na: <https://eea.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=be745f206c7b4b9fa269f225c6388aec&embed=true#> (pristupljeno: oktobar 2021.)

3.2. Menadžment bukom u okolišu u Bosni i Hercegovini

U Federaciji Bosne i Hercegovine koja svojim Zakonom o zaštiti okoliša (član 20.) propisuje zaštitu od buke - problemu buke u okolišu i alatima zaštite se ne posvećuje dovoljno pažnje. Proučavajući prostorno plansku dokumentaciju može se uočiti da nema sistemskog praćenja buke u okolišu kao ni istraživanja ili statističkih podataka kojima bi se procijenila izloženost stanovništva buci u smislu mjerenja, monitoringa i izrade karata buke uopće, a posebno partikularnih područja.⁹ Kada su u pitanju mjerenja buke, pojedina preduzeća u okviru okolinskog monitoringa po izdatoj okolinskoj dozvoli rade mjerenja, dok jedini dokument karte buke u Bosni i Hercegovini izrađen je 2009. godine za dio grada Sarajeva (by Dvokut Pro) prikazan na Slici 3. U Federaciji Bosne i Hercegovine samo jedan propis reguliše pitanje buke i to Zakon o zaštiti od buke¹⁰ kojim je predviđeno, između ostalog, da federalni, kantonalni, gradski i opštinski organi uprave nadležni za poslove prostornog planiranja osiguraju izradu karte buke, što se kao što je već i navedeno nije realizovalo.

Stanje upravljanje bukom na području Republike Srpske je regulisano jedino Zakonom o zaštiti životne sredine RS.¹¹ Zakonom nije predviđena izrada strateških karata buke kao ni akcionih planova. Vrednovanje ekvivalentnog nivoa buke vrši se u skladu sa Pravilnikom o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma¹² koji je usvojen dosta prije važećeg Zakona zaštiti životne sredine RS.

Stanje upravljanja bukom u Brčko Distriktu je regulisano Zakonom o zaštiti životne sredine¹³ koji sadrži nekoliko odredbi koje se odnose na buku. Izrada karata buke, akcionih planova kao ni kontinuirano i plansko mjerenje buke nije predviđeno ovim zakonom.

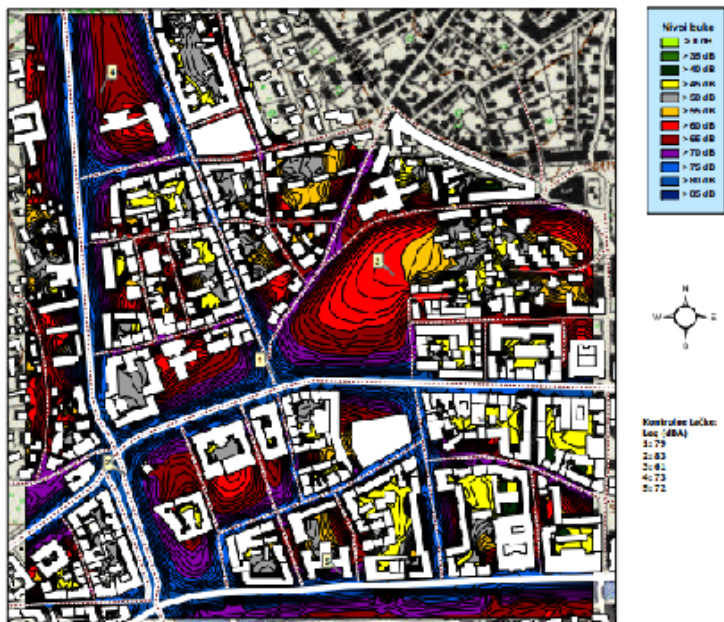
⁹ Zagađenje bukom – često zanemaren okolišni problem – BiH ESAP 2030+, dostupno na: <https://esap.ba/bs/zagadenje-bukom-cesto-zanemaren-okolisni-problem/> (pristupljeno: septemb ar 2021. god.)

¹⁰ Zakon o zaštiti od buke („Službene novine FBiH“ br. 110/12).

¹¹ Zakon o zaštiti životne sredine RS („Službeni glasnik Republike Srpske“, br. 71/12 i 79/15.)

¹² Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma („Službene novine SRBiH“, br. 46/89)

¹³ Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik BD BiH“, br. 24/04, 1/05, 19/07 i 9/09).



Slika 2. Karta buke za dio Grada Sarajeva¹⁴

4. Izrada strateške karte buke za poslovnu zonu „Bukva-Vila“

4.1. Zakonska regulativa

U Tabeli 1. prikazani su dozvoljeni nivoi buke u zavisnosti od namjene područja gdje se vrši mjerenje i korekcija nivoa izmjerene buke u slučajevima kada je to potrebno prije upoređivanja sa dozvoljenim vrijednostima, u ovom slučaju Poslovne zone „Bukva-Vila“. Za područje poslovne zone nije potrebno vršiti korekciju graničnih vrijednosti.

¹⁴ Karta buke za dan sa prekoračenjima dozvoljenih nivoa by Dvokut Pro, dostupno na: <https://mpz.ks.gov.ba/sites/mpz.ks.gov.ba/files/Karta%20buke%20kanton%20dan.pdf> (pristupljeno: oktobar 2021.)

Tabela 1. Dozvoljeni nivoi vanjske buke u različitim zonama (područjima)¹⁵

Područje (zona)	NAMJENA PODRUČJA	Ekvivalentni nivoi Leq		Vršni nivoi
		dan	noć	L1
VI	Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanovanja	70	70	85

4.2. Odabir lokacije za modeliranje karte

Ključna prva faza u svakom projektu prostornih podataka je sticanje razumijevanja područja koje se razmatra, što je u ovom slučaju Poslovna zona „Bukva-Vila“. Poslovna zona „Bukva-Vila“ jedna je od tri poslovne zone na području Općine Tešanj. Kao što je prikazano na Slici 3. zonu čine mjesta Bukva, Logobare i Novo Selo, uz lokalnu saobraćajnicu Tešanj – Tešanjka sa početnom tačkom JP „Toplana“ i krajnjom put zv. „Dubalj“. Poslovna zona „Bukva-Vila“ obuhvata ukupnu površinu od 59,5 ha¹⁶. Uzimajući u obzir naselja koja čine ovu poslovnu zonu ukupni broj stanovnika u mjestima Bukva, Logobare i Novo Selo je cca 2.300. Jedino naseljeno područje na ovom mjestu je izbjegličko naselje Vila koje je u fazi priprema za dislokaciju. Na području Poslovne zone „Bukva-Vila“ osnovano je 38 poslovnih subjekata od kojih se 17 (45%) bavi proizvodnjom različitih vrsta robe¹¹. S obzirom na uticaj industrije na nivo buke, smatra se važnim obraditi u okviru rada isključivo proizvodno-prerađivačke poslovne aktivnosti koje su smještene na području ove zone.

¹⁵ Zakon o zaštiti od buke (Službene novine Federacije BiH br. 110/12), [http://www.fuzip.gov.ba/bundles/websiteneews/gallery/files/113/149692885353_Zakon_o_za%C5%A1titi_od_buke_\(%E2%80%9ESlu%C5%BEbene_novine_Federacije_BiH%E2%80%9C,_broj__110_12\).pdf](http://www.fuzip.gov.ba/bundles/websiteneews/gallery/files/113/149692885353_Zakon_o_za%C5%A1titi_od_buke_(%E2%80%9ESlu%C5%BEbene_novine_Federacije_BiH%E2%80%9C,_broj__110_12).pdf) (pristupljeno: septembar 2021)

¹⁶ Poslovna zona „Bukva-Vila“, dostupno na: <https://zonefbih.gov.ba/jedinice-lokalne-samouprave/te%C5%A1anj/poslovne-zone/bukva-vila/> (pristupljeno: septembar 2021.)



Slika 3. Prikaz Poslovne zone „Bukva-Vila”¹¹

4.3. Softverski programi za izradu karte buke

Postoji nekoliko metoda za izradu karte buke, ali većina modela se zasniva na poznavanju načina širenja zvuka u vanjskom prostoru, što je definisano u standardu ISO 9613¹⁷. Za industrijsku buku pogodni podaci o emisiji buke (ulazni podaci) se mogu dobiti iz mjerenja dobijenih u skladu sa jednim od sljedećih metoda¹¹:

- ISO 8297:1994 „Akustika - Određivanje nivoa zvučne snage višezvornih industrijskih postrojenja za procjenu nivoa zvučnog pritiska u okolišu – inženjerska metoda“;
- ISO 3744:2010 „ Akustika – Određivanje razine zvučne snage buke pomoću zvučnog pritiska – inženjerska metoda za bitno slobodno polje nad reflektirajućom ravninom“;
- ISO 3746:2010 „ Akustika – Određivanje nivoa zvučne snage izvora buke pomoću omotajuće mjerne površine preko reflektirajuće ravnine“.

Prva poteškoća koja se pojavljuje pri izradi karte buke odnosi se na vrstu softverskog paketa za proračun buke. Postoji niz komercijalni softverskih paketa

¹⁷ E. Murphy/E. Kinf, Strategic environmental noise mapping: methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications, DOI: 10.1016/j.envint. 2009. 11.006 (pristupljeno:oktobar 2021.)

(CadnA, Cody_Tympan, dB Foresight, IMMI, LimA, SoundPlan, noise3D online) i svaki od njih pruža različite sadržaje u vezi sa mapiranje buke. Mogućnosti softvera za izradu karte značajno variraju. Niti jedan paket se ne može uporediti sa pozitivnim tehnikama mapiranja dostupnim u komercijalnom Geografskom Informacionom Sistemu (GIS)¹¹. Konkretno, sposobnost GIS paketa se ogleda u mogućnosti obrade velikom broja i vrsta prostornih podataka, te daleko nadmašuju one dostupne u komercijalnih softverskih paketa za modeliranje karte buke. Međutim, softveri za modeliranje nude upravljanje podacima na sofisticiraniji i korisnički prilagođeniji način. Za izradu strateške karte industrijske buke Poslovne zone „Bukva-Vila“ koristio se softver iNoise. Softverski paket iNoise¹⁸ verzije V2021.1 Free je besplatan softver za akustično modeliranje industrijske buke u okolišu prema metodi ISO 9613 i preporukama standarda kvalitete ISO 17354. Razlog odabira ovog softver je određivanje nivoa buke ako nije poznata zvučna snaga izvora industrijske buke. Vrste stavki u modelu koji se mogu dodavati u cilju bolje izrade modela uključuju izvore buke, objekte i receptore od kojih svaka posjeduje podatke o položaju koji ih povezuju sa osnovnim područjem.

4.4. Prikupljanje podataka dosadašnjeg monitoringa, mjerenje buke i odabir mjernih mjesta

Poslovni subjekti na području Poslovne zone „Bukva-Vila“ u skladu sa Planom monitoringa izdanom u okolinskim dozvolama obavljaju monitoring buke kao sastavni dio monitoringa okoliša. Za potrebe ovog istraživanja prikupljeni su podaci o prethodnom monitoringu za pet (5) proizvodno-prerađivačkih postrojenja, i to: JP „Toplana“, d.d, JP „Pobjeda“ d.d, „Saračević“ d.o.o., „MADI“ d.o.o. i „Eko-servis“ d.o.o.

Mjerenje buke je aktivnost bez koje se ne može planirati zaštita od buke, kao i stvaranje baze u odnosu na koju će se procjenjivati buka. Također, cilj mjerenja je prikupljanje podataka koji će se koristiti za izradu planova prostornog planiranja. Kako bi se uvidio uticaj industrijske buke na ukupnu buku u okolišu, kao i za izradu konfliktnih karti buke, bilo je potrebno provesti vlastita mjerenja. Mjerenje buke provedeno je u skladu s BAS ISO 17025: 2005 uz prethodno odobrenje i poduku pravnog lica ovlaštenog za obavljanje te djelatnosti bukomjera Brüel & Kjaer tipa 2250 prikazanog na Slici 4 sa svojim osnovnim komponentama. Bukomjer¹⁹ je instrument dizajniran za mjerenje nivoa buke na standardiziran način.

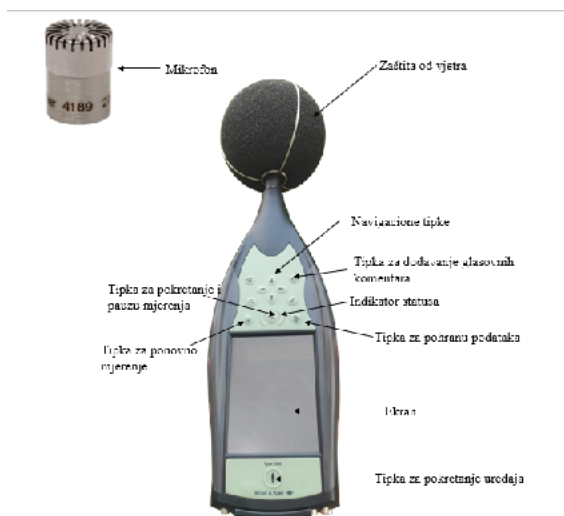
Budući da je Poslovna zona „Bukva-Vila“ obimno područje, odabrano je 28

¹⁸ iNoise - Noise Prediction for Industry and Wind Turbines, dostupno na: <https://dgmsoftware.com/products/inoise/> (pristupljeno: septembar 2021.)

¹⁹ BRÜEL & KJÆR® Sound Level Meters, Hand-held Analyzer Types 2250 and 2270, <https://www.bksv.com/en> (accessed September 2021)

MODELIRANJE KARTE BUKE ZA POSLOVNU ZONU “BUKVA-VILA” TEŠANJ

mjernih mjesta u blizini industrijskih pogona i na granici između poslovne zone i stambenog prostora, dok je mjerenje provedeno danju i noću. Grafički prikaz mjernih točaka prikazan je na Slici 5. (MM1-MM14) i Slici 6. (MM15-MM28). Iz razloga što kroz predmetno područje prolazi saobraćajnica, tokom mjerenja u intervalu od 15 min bilježila se i frekvencija saobraćaja putničkih i teretnih vozila kako bi se odgovorilo kvalitetnije na karakter i dinamiku nekih mjerenja - rezultata.



Slika 4. Osnovne komponentne bukomjera Brüel&Kjaer tip 2250



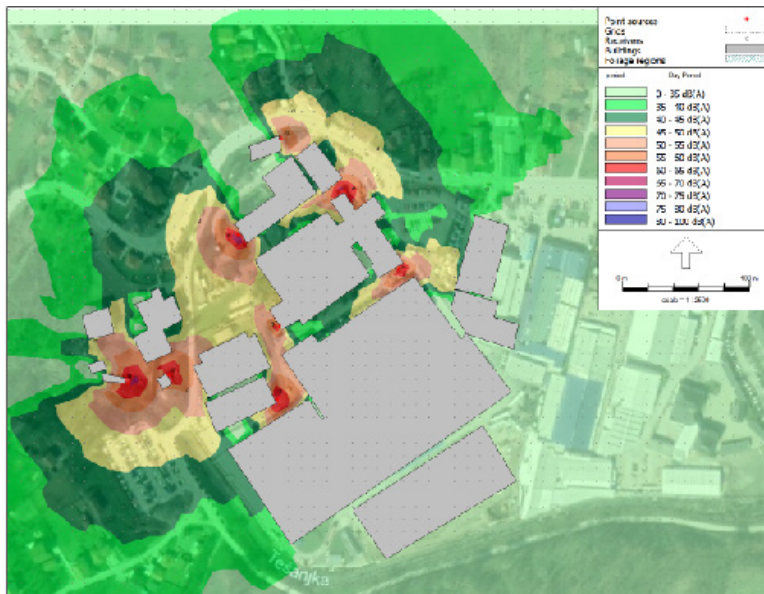
Slika 5. Lokacije mjernih mjesta MM1-MM14



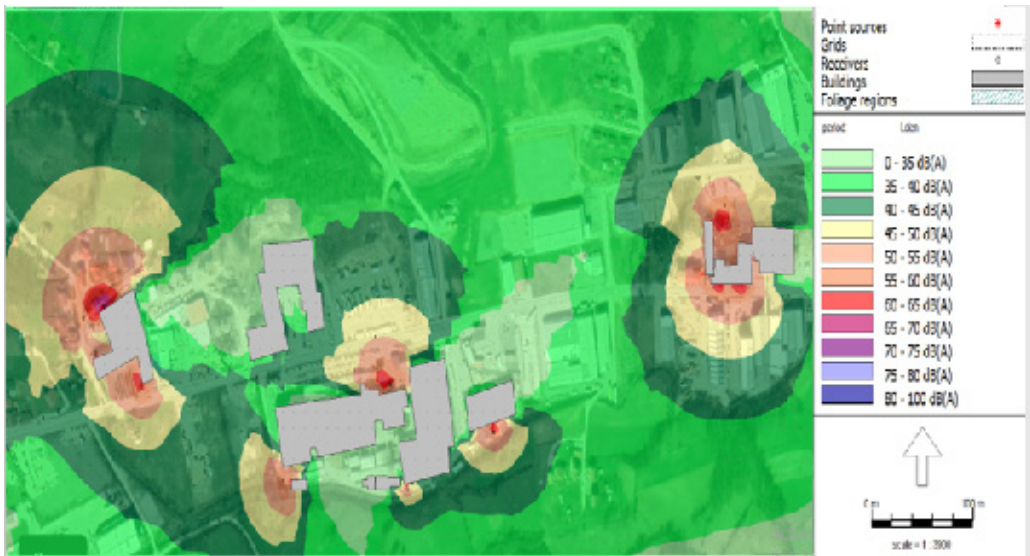
Slika 6. Lokacije mjernih mjesta MM15-MM28

5. Rezultati izrade strateške karte buke za poslovnu zonu

Na osnovu prikupljenih podataka dosadašnjeg monitoringa iz pojedinih industrijskih postrojenja na području predmetne zone, izrađene su dvije karte buke za parametar L_{eq} od kojih prva obuhvata preduzeća JP „Toplana“ i JP „Pobjeda“ (Slika 7.), a druga obuhvata preduzeća „Saračević“ d.o.o, „MADI“ d.o.o. te „Eko-Servis“ d.o.o. (Slika 8.).

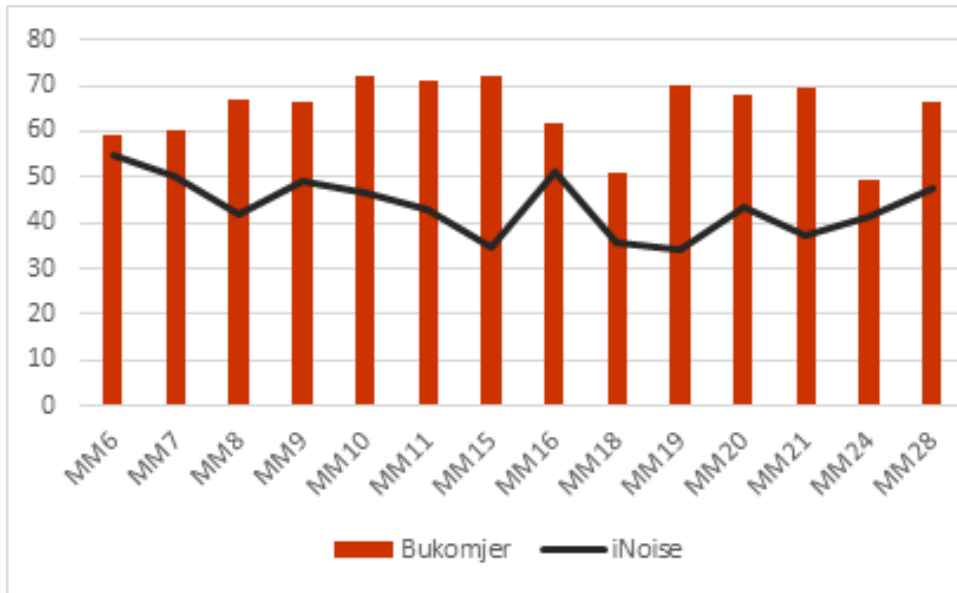


Slika 7. Industrijska karta buke za JP „Toplana“ d.d i JP „Pobjeda“ d.d., iNoise



Slika 8. Industrijska karta buke za „Saračević“ d.o.o, „MADI“ d.o.o i “ Eko-servis“ d.o.o, iNoise

Kao što se može vidjeti sa industrijskih karata buke Poslovne zone „Bukva-Vila“ nivoi buke veći od graničnih zakonskih nivoa su u blizini samog izvora buke tj. postrojenja (obilježeni ljubičastom bojom), dok na samim mjernim mjestima dosadašnjih mjerenja nivo buke ne prelazi granične vrijednosti. Bitno je naglasiti da *razlike rezultata mjerenja buke dosadašnjeg monitoringa iz preduzeća i rezultata modela na istim mjernim mjestima su u intervalu od -1 do 2 dB* što predstavlja zanemarljivu razliku s obzirom na pojednostavljena samog model. Također, vršilo se poređenje rezultata vlastitih mjerenja korištenjem bukomjera i rezultata nivoa buke korištenjem softvera na istim mjernim mjestima, tačnije na mjestima MM6, MM7, MM8, MM9, MM10, MM15, MM16, MM18, MM19, MM20, MM21 i MM28 te se uvidjelo da je prosječni *udio koji industrijska buka ima na ukupnu buku u okolišu iznosi cca 67,7%*. Najmanja razlika između rezultata vlastitih mjerenja i proračunskih rezultata je na MM6 te na MM24 kao što se vidi na Slici 9. iz razloga što je na tim mjestima najniža frekvencija saobraćaja i nema drugih značajnih izvora buke. Najveće odstupanje je na MM15 zbog povećanje frekvencije saobraćaja i veće brzine vožnje na ovoj dionici.



Slika 9. Razlika između rezultata mjerenja bukomjerom i rezultata dobijenih proračunom u iNoise

6. Rezultati konfliktne karte buke i mjere zaštite od buke

6.1. Konfliktne karte buke

Iako područje Poslovne zone „Bukva-Vila“ nije predviđeno za postojanje stambenih dijelova, ono je u neposrednoj blizini naseljenih mjesta, odnosno dijeli ih samo saobraćajnica koja prolazi kroz ovu zonu. Kada bi se ova konstatacija uzela u razmatranje onda je područje kojem pripada ova zona prema Zakonu o zaštiti buke Zeničko-dobojskog kantona *Kombinovano-industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje u naseljenom mjestu*²⁰ sa dozvoljenim nivoima L_{eq} za razdoblje dana iznosi 65 dB i razdoblju noći 55 dB, dok je granična vrijednost L_1 80 dB. Iz tog razloga, израđene su konfliktne karte buke (prikazane na Slikama 10 i 11) u odnosu na dozvoljene vrijednosti L_{eq} za navedenu namjenu područja.

Na osnovu konfliktnih karata buke za period dan i noć na određenim mjernim mjestima vrijednost L_{eq} prelazi granične vrijednosti propisane za namjenu prostora – *Kombinovano-industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje u naseljenom mjestu*. Najveća odstupanja u periodu dana su u blizini preduzeća „Pobjeda“, „MANN+HUMMEL BA“ „ENKER“ i „Saračević“, dok u periodu noći prekoračenja veća od 15 dB su označena na granici Poslovne zone „Bukva-Vila“, tj. na početku puta Dubalj. Prekoračenja dozvoljenih vrijednosti L_{eq} ,

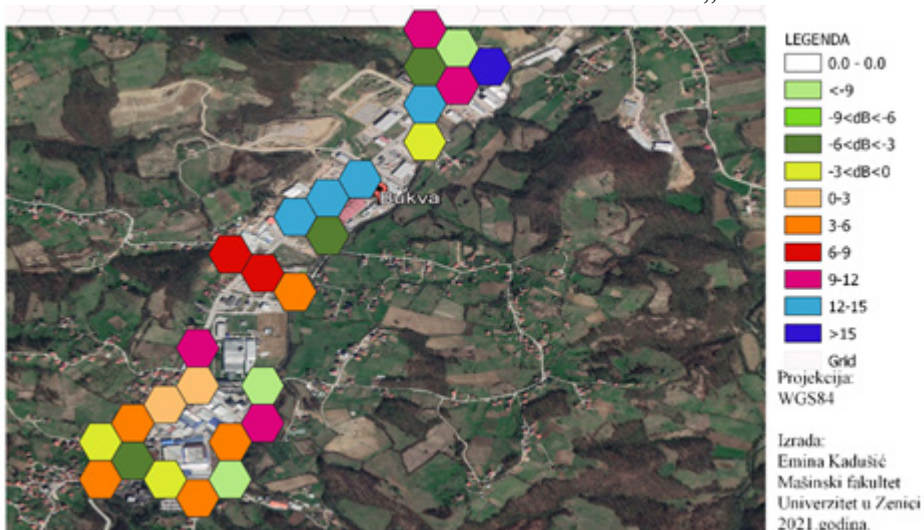
²⁰ Zakon o zaštiti od buke Zeničko-dobojskog kantona („Službene novine ZDK“ br. 1/14).

MODELIRANJE KARTE BUKE ZA POSLOVNU ZONU „BUKVA-VILA” TEŠANJ

također se javljaju duž saobraćajnice u intervalu od 12-15 dB. Iako su konfliktne karte buke rađena prema paramtru L_{eq} , bitno je pomenuti i drugi zakonski parametar L_1 . Granična vrijednost ovog parametra je prekoračena u toku dana na mjernim mjestima MM10, MM11, MM14 i MM21, a u noćnom periodu na mjernim mjestima MM21 i MM27. U oba perioda razlog prekoračenja vrijednosti L_1 bila je brza vožnja u blizini mjernih mjesta.



Slika 10. Konfliktna karta buke za Poslovnu zonu „Bukva-Vila“ -dan



Slika 11. Konfliktna karta buke za Poslovnu zonu „Bukva-Vila“ -noć

Broj stanovnika koji su pod uticajem nivoa buke iznad graničnih vrijednosti u periodu dana i noći su prikazni u Tabeli 2 uz pretpostavku da prosječno domaćinstvo ima 4 člana. Posmatrajući tabelu može se zaključiti da 5% stanovništva koji žive u naseljenim mjestima koje čine poslovnu zonu svakodnevno je izloženo buci iznad 60 dB u dnevnom periodu, dok u noćnom periodu je 17% stanovništva izloženo buci iznad 55 dB. Tokom dana najveći procenat izloženog stanovništva iznad graničnih vrijednosti je izložen buci u intervalu od 65-68 dB i to 51,6% dok je tokom noći najveći broj stanovništva izložen buci u intervalu od 68-71 dB 30,6%.

Tabela 2. Broj stanovnika i domaćinstava izloženih pojedinim nivoima buke

Leq [dB]	Broj domaćinstava		Broj stanovnika	
	dan	noć	Dan	noć
55-60*	/	8	/	32
60-65*	/	10	/	40
65-68	16	18	64	72
68-71	3	26	12	104
71-74	12	24	48	96
74-77	0	6	0	24
77-80	0	0	0	0
80-85	0	3	0	12
UKUPNO	31	85	124	380

*- izloženost stanovništva samo u periodu noći

6.2. Mjere zaštite od buke

Na osnovu konfliktnih karata buke za Poslovnu zonu „Bukva-Vila“ uvidjelo se da je glavni problem potencijalnog djelovanja buke zapravo saobraćaj koji se odvija kroz zonu, te prisustvo glasnih ventilatora u preduzećima „SM3“ – poslovnica Bukva i poslovnica Vila, „MANN+HUMMEL BA“ i kompresorske stanice preduzeća „ENKER“ smještene u blizini naseljenog područja i saobraćajnice. Problem emisije buke od saobraćaja najlakše se može riješiti reguliranjem saobraćaja i brzine kretanja vozila u ovoj zoni. Ograničenje brzine na ovom području iznosi 50km/h a većina vozača pogotovo u noćnom periodu vozi brzinama većim od 80km/h. Smanjene brzine sa 80km/h na dozvoljenu vrijednost smanjuje nivo buke koju proizvodi vozilo za 3-4 dB²¹. Pored edukativnih mjera potrebno je postavljenje ležećih policajaca koji bi smanjili nivo Leq za 4dB te

²¹ J. Golubić, Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, 1999 godina, Zagreb

postavljanje izolacione fasade na stambene objekte ili ugradnjom specijalnih izolacionih prozora koji imaju specijalni prigušnik za zaštitu od buke koji su u mogućnosti smanjiti budu čak do 50 dB¹⁷.

Zaštita od buke u industriji u poslovnoj zoni se može postići prvenstveno primjenom mjera kao što: redovno podmazivanje, balansiranje, zamjena bučnih dijelova sa novijim tišim, oblaganjem podova zaštitnim slojevima od gume i plastike i sl. što omogućava efikasnu kontrolu buke na samom izvoru. U slučaju problema buke na području poslovne zone navedeno je da visok nivo buke u većini preduzeća emitira se iz industrijskih ventilatora. Tako npr., povećanjem broja lopatica ventilatora smanjila bi se zona uticaja zvučnih talasa koji generište ventilator, čime bi se zaštitila stambena naselja u okruženju. Razlog smanjenja uticaja buke na naseljena područja je taj što visokofrekvencijski sadržaj se efikasnije redukuje prolaskom kroz zrak, jer je rasipanje zvuka u zraku veće na višim frekvencijama⁷. Još jedno rješenje za smanjenje buke iz industrijskih ventilatora je postavljanje prigušivača zvuka ventilacije. Problem buke od kompresora iz preduzeća „ENKER“ bi se riješio premještanjem kompresorske stanice. U slučaju nemogućnosti premještanje kompresorske stanice, potrebno je uraditi zvučnu izolaciju prostora.

Za zaštitu od industrijske buke, tj. za spriječavanje širenja buke koje dovodi do smanjenja nivoa buke na mjestu prijemnika može se ostvariti izgradnjom barijera poduž ispitne linije poslovne zone koja je bila predmet modeliranja karata buke. To bi bilo korisno budući da barijere redukuju nivo buke spriječavanjem prostiranja zvučnih talasa. Da bi barijera imala efekat, mora spriječiti direktnu vidljivost izvora buke i prijemnika, čime se buka većim dijelom ne prostire direktnim putem.

7. Zaključak

U konkretnom slučaju, u ovom radu istražila se Poslovna zona Bukva-Vila i uticaj njenih izvora buke na samu poslovnu zonu i neposredni okoliš kroz raniji monitoring, vlastita mjerenja i modeliranje karti buke u realnim okolnostima. Poslovna zona „Bukva-Vila“ prema svom Regulacionom planom ne obuhvata stambena naselja, što je dovelo do toga da ova zona prema Zakonu o zaštiti od buke pripada zoni VI – *Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanovanja*. Međutim, i pored toga što predmetna poslovna zona prema prostornom planu ne obuhvata stambene objekte, realnost je takva da po obodu zone postoje stambeni objekti i potrebno je predočiti izloženost stanovništva određenim nivoima buke što je i prikazano u dijelu rada.

Na osnovu dosadašnjeg monitoringa buke u industrijskim postrojenjima izrađene su industrijske karte buke u programu iNoise kao i karta ukupne buke u okolišu na osnovu prikupljenih mjerenja (dosadašnjeg monitoringa i vlastitih

mjerenja) u QGIS koja predstavlja jednostavan grafički prikaz nivoa buke na određenim područjima. Industrijske karte buke izrađene u programu iNoise prikazuju širenje buke iz industrijskih postrojenja ove zone i njen uticaj na ukupnu buku u okolišu. Poređenjem rezultata vlastitih mjerenja korištenjem bukomjera i rezultata nivoa buka korištenjem softvera na istim mjernim mjestima, uvidjelo se da je prosječni udio koji industrijska buka ima na ukupnu buku u okolišu iznosi cca 67,7%. ali da najveći uticaj industrijska buka ima na MM6, MM7 i MM24 iz razloga što nije bilo značajnih drugih izvora buke na tim mjernim mjestima. U programu QGIS izrađene su i konfliktne karte buke za ovo područje jer se uočila potreba za njihovom izradom zbog neposredne blizine poslovne zone stambenim naseljima. Konfliktne karte su izrađene kako bi se grafički prikazale mjesta na kojima bi se trebale provesti određene mjere zaštite od buke. Za izradu konfliktne karte buke se koristila namjena prostora – *Kombinovano-industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje u naseljenom mjestu* sa graničnim vrijednostima L_{eq} 65 dB za dan i 55 dB za noć, a L_1 80 dB .

Prema rezultatima na konfliktnim kartama uočilo se da na određenim mjestima za period dana nivo buke prelazi graničnu vrijednost L_{eq} u intervalu od 6-9 dB na mjernim mjestima MM11, MM14 i MM15, dok za period noći duž saobraćajnice, tj. na mjernim mjestima MM19, MM20 i MM20 odstupa u intervalu od 12-15 dB , dok je najveće odstupanje izmjereno na MM27 i to 15.7 dB. Granična vrijednost parametra L_1 je prekoračena na mjernim mjestima MM10, MM11, MM14 i MM21 u periodu dana te na mjernim mjestima MM21 i MM27 u noćnom periodu u intervalu od 0,3-3 dB zbog brze vožnje duž saobraćajnice. Na osnovu konfliktnih karata buke zaključeno je da *5% stanovništva* koji žive u naseljenim mjestima obuhvaćenim poslovnom zonom svakodnevno je *izložena buci iznad 60 dB* u dnevnom periodu, dok u noćnom periodu je *13% stanovništva izloženo buci iznad 55 dB*.

S obzirom na prikazane rezultate nivoa buke potrebno je poduzeti mjere da se nivo buke smanji kako bi se stanovništvu obezbjedili mirniji i ugodniji uslovi za život. Neke od mjere zaštite koje je bitno spomenuti, a koje se mogu koristiti za akcione planove u perspektivi su svakako, edukacija građana i podizanje svijesti o pridržavanju ograničenja brzine na određenim dionicama te edukacija radnika o pravilnom rukovanju materijalom u preduzećima, instaliranje zvučnih prigušivača u industrijske ventilatore, oblaganje dijelova sklonih udarima te izgradnja barijera na mjestima gdje druge mjere nisu primjenljive. Rezultati mjerenja buke i izrade karata buke u iNoisu i QGIS mogu biti odlična polazna osnova za izradu novog ili reprogram postojećeg prostornog plana ovog područja Općine Tešanj te eventualno daljnjih istraživanja, da se naprednijim softverima koji zahtijevaju izradu modela zadanog područja, izradu modela građevina u gradu, izradu modela saobraćajnica, raspodjelu stanovništva, meteorološke uslove tokom godine i sl. izrade obavezne i jedinstvene karte buke kako ovog tako i svih

drugih področja od važnosti, što je u konačnici i zakonska obaveza i što se od odgovorne zajednice shodno evropskim trendovima očekuje u bliskoj budućnosti.

NOISE MAP MODELING FOR BUSINESS ZONE „BUKVA-VILA“ TEŠANJ

Summary

The business zone "Bukva-Vila" is a place for various business activities and was created as a result of preliminary spatial planning and organized development concept of the enterprising local population, in a unique area with developed infrastructure and proximity to the center of Tešanj. With the further development of the business zone, the expansion of existing and the construction of new industrial plants and traffic infrastructure, there is an increase in noise levels. This paper presents the basics of environmental noise management, the importance of making a noise map and the results of making an industrial noise map using data from previous monitoring of the Business Zone "Bukva-Vila" to determine the impact of industrial noise on total environmental noise and conflict noise map. Based on the results of the production of noise maps and the analysis of solutions from practice, noise protection measures have been proposed as a basis for the development of action plans in the future.

Keywords: environmental noise, noise meter, noise map, iNoise, QGIS, noise protection measures