

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si



**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE
STOPNJE STAVBARSTVO**

Kandidat:

JURE STAMAČ

**HRUP V VZGOJNO-VARSTVENIH USTANOVAH
IN PREDLOGI REŠITEV Z VIDIKA VAROVANJA
ZDRAVJA**

Magistrsko delo št.:

**NOISE IN PRESCHOOL INSTITUTIONS AND
PROPOSED SOLUTIONS FOR HEALTH
PROTECTION**

Master thesis No.:

Mentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Predsednik komisije:

Somentor:

prof. dr. Mirko Čudina

Član komisije:

Ljubljana, _____

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
----------------	------------------	---------	--------

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 699.844:727(043.3)
Avtor: Jure Stamač, dipl. inž. grad. (UN)
Mentor: doc. dr. Mateja Dovjak
Somentor: prof. dr. Mirko Čudina
Naslov: Hrup v vzgojno-varstvenih ustanovah in predlogi rešitev z vidika varovanja zdravja

Tip dokumenta: Magistrsko delo
Obseg in oprema: 47 str., 14 pregl., 28 sl., 21 graf., 1 pril.
Ključne besede: hrup, vzgojno-varstveni zavodi, zvočna izolirnost, odmevni čas, subjektivna ocena

IZVLEČEK

Uvod: Problematika hrupa in zvočne klime v vzgojno-varstvenih zavodih je z vidika graditeljstva pogosto spregledano področje. Ta pomembno in negativno vpliva na zdrave razmere, razumljivost govora, udobje otrok in zaposlenih ter zmanjšuje njihovo delovno storilnost in učinkovitost. **Namen dela:** Namen naloge je bil na študiji primera z vidika zvočne izoliranosti zunanjih in notranjih ločilnih elementov ter prostorske akustike preučiti problematiko čezmernih ravni hrupa v izbranem vzgojno-varstvenem zavodu. Problematika se obravnava celovito, pri čemer se upoštevata tako gradbeno-tehnični kot tudi javnozdravstveni vidik. **Metode dela:** Študija primera obravnava tri stavbe enote Vrtca Jarše v Ljubljani. V petih karakteristični igralnicah smo izmerili zvočno izolirnost zunanjih in notranjih ločilnih elementov ter odmevne čase. Meritve so bile izvedene brez prisotnosti otrok. Uporabljen je bil konstanten vir hrupa. Nato smo s programoma ARTIE in HRUP 13 modelirali prostore in konstrukcijske sklope ter prišli do računskih vrednosti. Izmerjene in izračunane rezultate smo primerjali z zakonsko predpisanimi vrednostmi. Izvedena je bila standardizirana anketa zaposlenih o subjektivni oceni problematike hrupa v vrtcih. Na podlagi pridobljenih rezultatov so bila izdelana priporočila za dejansko sanacijo. **Rezultati:** Študija je pokazala, kako pomembni sta primerna zasnova in izvedba zunanjih ter notranjih konstrukcijskih sklopov tako za prenos zvoka preko zraka kot tudi za prenos zvoka po konstrukciji. V vzgojno-varstvenih zavodih je dnevna svetloba v prostorih izjemnega pomena in posledično so transparentni deli stavbnega ovoja velikih površin potencialna šibka točka pri prenosu hrupa v notranjost. Zato je potrebno pri načrtovanju transparentnih delov fasadnega ovoja upoštevati njihovo lego in sestavo. Pri obnovah se lahko problematiki izognemo s primerno izbiro dobro zvočno izolativne zasteklitve. Raziskava je pokazala, da so, tako kot zunanji viri hrupa, pomembni tudi notranji viri. Poleg hrupa, ki ga povzročajo varovanci zavoda, je velik vir hrupa obratovalna oprema. Posledično je poleg zasnove zunanjih in notranjih ločilnih elementov pomembna tudi izbira materialov za zaključne sloje konstrukcijskih sklopov v varovanih prostorih (padci igrač, optimalni odmevni časi itd.) **Zaključek:** Naloga ima veliko uporabno vrednost tako za prenove kot tudi novogradnje; na konkretnem primeru je prikazan pomen celovitih ukrepov pri reševanju problematike čezmernih ravni hrupa v vzgojno-varstvenem zavodu.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 699.844:727(043.3)
Author: Jure Stamač, B. Sc.
Supervisor: Asist. Prof. Mateja Dovjak, Ph. D.
CO- supervisor: Prof. Mirko Čudina, Ph. D.
Title: Noise in preschool institutions and proposed solutions for health protection

Document type: Master Thesis
Notes: 47 p., 14 tab., 28 fig., 21 graph., 1 ann.
Key words: noise, early childhood care and education institution, sound insulation, reverberation time, subjective assessment

ABSTRACT

Introduction: The issue of noise and acoustics in educational institutions is an often overlooked from the view of building construction. The latter has a significant impact on unhealthy conditions, speech intelligibility, discomfort of children and employees, and reduces work productivity and efficiency. **Purpose:** The purpose of the master thesis was to analyse the excessive noise levels in a selected early childhood care and education institution from the view of sound insulation of external and internal structural assemblies and room acoustics. The issue is addressed comprehensively, taking into account both the technical aspects and public health. **Methods:** The case study deals with three buildings of the Jarše kindergarten unit in Ljubljana. In five characteristic playrooms, we measured the sound insulation of external and internal separation elements, as well as the reverberation times. Measurements were performed without the presence of children. A constant noise source was used. Then, with the ARTIE and HRUP 13 programs, we modeled the premises and structural assemblies, and arrived at the calculated values. The measured and calculated results were compared with the required values. A subjective assessment of noise issues in kindergartens was conducted. Based on the obtained results, recommendations for actual remediation were made. **Results:** The study showed the importance of proper design and implementation of external and internal structural assemblies, both for the airborne noise and impact noise. Since daylight is extremely important in educational institutions and large transparent parts of the building envelope are consequently a potential weak point in the transmission of noise to the interior, it is necessary to take into account the position and composition of these. When renovating, the problem can be avoided by choosing the right soundproof glazing. Research has shown that just like external sources of noise, internal sources are also important. In addition to the noise caused by the inmates of the institution, a major source of noise is operating equipment. Consequently, in addition to the design of external and internal separating elements, the choice of materials for the final layers of structural assemblies in protected areas (toy falls, optimal reverberation times,...) is also important. **Conclusion:** the task has great useful value for both renovations and new constructions; the concrete example shows the importance of comprehensive measures to solve the problem of excessive noise levels in the educational institution.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Mateji Dovjak ter somentorju prof. dr. Mirku Čudini za mentorstvo in strokovno pomoč pri izdelavi magistrskega dela.

Zahvaljujem se svoji družini, ki me je podpirala, da sem po zaključeni 1. stopnji bolonjskega študija nadaljeval z izobraževanjem še na 2. stopnji.

Zahvaljujem se podjetju MIK Celje, direktorju Franciju Pliberšku in ostalim, ki so mi omogočili, da sem celoten magistrski program 2. bolonjske stopnje opravljal kljub redni zaposlitvi v podjetju.

Zahvaljujem se kolegoma sošolcema Manci in Andražu, s katerima smo tekom študija odlično sodelovali. Vedno sta mi priskočila na pomoč, saj sta vedela, da moram poleg študija in službe skrbeti še za moji mali hčerkici.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	2
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	3
ZAHVALA	4
SEZNAM SIMBOLOV	9
1 UVOD	1
2 CILJI IN HIPOTEZE	4
3 PREGLED ZAKONODAJE.....	5
3.1 Zvočna izolirnost zunanjih in notranjih ločilnih elementov	6
3.2 Odmevni čas in razumljivost govora	6
4 METODE DELA	8
4.1 Lokacije	8
4.1.1 Enota Kekec	9
4.1.2 Enota Rožle (Rožičeva)	12
4.1.3 Enota Rožle (Pokopališka).....	15
4.2 Meritve	18
4.3 Izračuni gradbene akustike s programom HRUP 13	20
4.4 Izračun prostorske akustike s programom ARTIE.....	20
5 REZULTATI	21
5.1 Rezultati izračunov gradbene akustike izbranih zunanjih ločilnih konstrukcij enote Kekec, enote Rožle (Rožičeva) in enote Rožle (Pokopališka)	21
5.2 Rezultati izračunov odmevnih časov v varovanih prostorih enote Kekec, enote Rožle (Rožičeva) in enote Rožle (Pokopališka)	22
5.3 Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa ter izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Kekec	25
5.4 Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa ter izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva)	27
5.5 Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa ter izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Pokopališka)	29
5.6 Primerjava rezultatov z zakonskimi zahtevami.....	31
6 SUBJEKTIVNA OCENA PROBLEMATIKE HRUPA V VRTCIH.....	32
6.1 Analiza podatkov anketirancev	32
6.2 Analiza rezultatov	34
7 RAZPRAVA	42
8 PREDLOGI UREDITVE	43
9 ZAKLJUČEK.....	45
VIRI	46

KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz vsebine magistrskega dela	3
Slika 2: Izpostavljenost vrtcev hrupu zaradi cestnega prometa v MO Ljubljana – raven hrupa na najbolj izpostavljeni fasadi vrtca (vir: Agencija RS za okolje, Mestna občina Ljubljana, 2015)	8
Slika 3: Vrtec Jarše, enota Kekec (vir: Google Maps)	9
Slika 4: Enota Kekec, igralnica JZ (vir: lasten)	10
Slika 5: Enota Kekec, igralnica JZ (vir: lasten)	10
Slika 6: Enota Kekec, igralnica JV (vir: lasten)	10
Slika 7: Enota kekec, igralnica JV (vir: lasten).....	11
Slika 8: Vrtec Jarše, enota Rožle (Rožičeva) (vir: Google Maps)	12
Slika 9: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JZ (vir: lasten)	13
Slika 10: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JZ (vir: lasten)	13
Slika 11: Enota Rožle (Rožičeva), jedilnica pri igralnici JZ (vir: lasten).....	13
Slika 12: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JV (vir: lasten)	14
Slika 13: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JV (vir: lasten)	14
Slika 14: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JV (vir: lasten)	14
Slika 15: Vrtec Jarše, enota Rožle (Pokopališka) (vir: Google Maps).....	15
Slika 16: Enota Rožle (Pokopališka), igralnica (vir: lasten).....	17
Slika 17: Enota Rožle (Pokopališka), igralnica (vir: lasten).....	17
Slika 18: Enota Rožle (Pokopališka), igralnica (vir: lasten).....	17
Slika 19: Merilnik hrupa LARSON DAVIS 831 (vir: LarsonDavis, 2021)	18
Slika 20: Vir hrupa pred karakteristično igralnico (vir: lasten)	19
Slika 21: Izračun odmevnega časa za igralnico JZ enote Kekec	22
Slika 22: Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico JZ enote Kekec	22
Slika 23: Izračun odmevnega časa za igralnico JZ enote Rožle (Rožičeva)	23
Slika 24: Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico JZ enote Rožle (Rožičeva).....	23
Slika 25: Izračun odmevnega časa za igralnico enote Rožle (Pokopališka).....	24
Slika 26: Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico enote Rožle (Pokopališa).....	24
Slika 27: Igrača iz mehkejšega materiala (vir: Google).....	43
Slika 28: Akustični paneli (Šubic, 2017)	44

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam simbolov	9
Preglednica 2: Območja varstva pred hrupom po TSG-1-005:2012 (TSG-1-005: 2012).....	6
Preglednica 3: Uporabljeni materiali (za konstrukcijske sklope) in površine v obravnavanem prostoru enote Kekec.....	9
Preglednica 4: Uporabljeni materiali (za konstrukcijske sklope) in površine v obravnavanem prostoru enote Rožle (Rožičeva).....	12
Preglednica 5: Uporabljeni materiali (za konstrukcijske sklope) in površine v obravnavanem prostoru enote Rožle (Pokopališka)	16
Preglednica 6: Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa v enoti Kekec, 24. 1. 2021 ob 17. uri	25
Preglednica 7: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Kekec	25
Preglednica 8: Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa v enoti Rožle (Rožičeva), 23. 1. 2021 ob 17. uri.....	27
Preglednica 9: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva)	27
Preglednica 10: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti notranje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva).....	28
Preglednica 11: Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa v enoti Rožle (Pokopališka), 23. 1. 2021 ob 18. uri.....	29
Preglednica 12: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Pokopališka)	29
Preglednica 13: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti notranje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Pokopališka)	30
Preglednica 14: Nabor zahtev in priporočil za parametre gradbene in prostorske akustike za igralnice vrtcev.....	31

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Optimalen odmevni čas [s] v odvisnosti od prostornine učilnice ali predavalnice [m ³] (vir: TSG-1-005: 2012)	7
Grafikon 2: Razdelitev anketirancev po spolu (vir: lasten)	32
Grafikon 3: Starostna sestava anketirancev (vir: lasten).....	32
Grafikon 4: Trajanje zaposlitve v vrtcu (v letih) (vir: lasten)	33
Grafikon 5: Splošno zadovoljstvo glede zaščite pred hrupom (vir: lasten)	34
Grafikon 6: Hrup iz okolja, če so okna zaprta (vir: lasten).....	34
Grafikon 7: Hrup iz družabnih območij (vir: lasten)	34
Grafikon 8: Hrup v igralnici kot posledica otrok (vir: lasten)	35
Grafikon 9: Hrup pripomočkov in igrač v igralnici (vir: lasten)	35
Grafikon 10: Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten) ter hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah – enota Kekec (vir: lasten)	36
Grafikon 11: Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten) ter hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)	36
Grafikon 12: Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten) ter hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten)	36
Grafikon 13: Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa) – enota Kekec (vir: lasten).....	37
Grafikon 14: Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa) – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten).....	37
Grafikon 15: Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa) – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten).....	37
Grafikon 16: Hrup obratovalne opreme – enota Kekec (vir: lasten)	38
Grafikon 17: Hrup obratovalne opreme – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)	38
Grafikon 18: Hrup obratovalne opreme – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten).....	39
Grafikon 19: Prostorska akustika – enota Kekec (vir: lasten)	40
Grafikon 20: Prostorska akustika – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)	40
Grafikon 21: Prostorska akustika – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten).....	41

SEZNAM SIMBOLOV

Preglednica 1: Seznam simbolov

L_{Aeq}	[dB(A)]	Ekvivalentna izmerjena raven hrupa
$L_{Aeq,tišina}$	[dB(A)]	Ekvivalentna izmerjena raven hrupa ozadja
$R'_{w,f}+C_{tr}$	[dB(A)]	Zvočna izolirnost zunanje ločilne konstrukcije
R'_w	[dB(A)]	Zvočna izolirnost ločilnega elementa
T_{60}	[s]	Odmevni čas
T_{60Sab}	[s]	Odmevni čas po Sabinu
T_{60Ey}	[s]	Odmevni čas po Eyringu
L_{notri}	[dB(A)]	Raven hrupa v varovanem prostoru
$L_{zunaj,2m}$	[dB(A)]	Raven hrupa 2 m od fasadnega ovoja na zunanji strani
L_1	[dB(A)]	Raven hrupa v oddajnem prostoru
L_2	[dB(A)]	Raven hrupa v sprejemnem prostoru
S_f	[m ²]	Površina dela fasade, ki pripada varovanemu prostoru
A	[m ²]	Ekvivalentna absorpcijska površina varovanega prostora $A = (0,163 \cdot V) / T$
V	[m ³]	Prostornina prostora
ΔL_β	[dB(A)]	Korekcija zaradi vpliva oblike fasade, skladno s standardom SIST EN 12354-3 (2017)
A		Srednji koeficient absorpcije zvoka vseh površin v prostoru
$4mV$		Člen, ki predstavlja absorpcijo zvoka v zraku

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Hrup je eden izmed najpogostejših dejavnikov tveganja v grajenem okolju, na delovnem mestu in v bivalnem okolju. S fizikalnega vidika med hrupom in zvokom ni nobene razlike. Zvok je senzorična percepcija, hrup pa mentalna percepcija zvoka. Hrup je z drugimi besedami le nezaželen zvok (Khajenasiri in sod., 2016). Ni odvisen od jakosti zvoka ali njegove frekvence, ampak od poslušalca samega, njegovega trenutnega razpoloženja, stopnje utrujenosti, zdravstvenega stanja, starosti, spola, socialnega, kulturnega in ekonomskega položaja ter od časa in kraja. Vpitje otrok na ulici je na primer v splošnem nezaželen zvok, torej hrup. Za mamo tega otroka pa je to koristna informacija ali signal, s katero ve, kje se otrok nahaja. Hrup je torej predvsem subjektivna kategorija, ki negativno vpliva na zdravje in počutje ljudi (Čudina, 2014).

Prekomeren hrup povzroča poškodbo sluha, utrujenost, vpliva na koncentracijo pri delu, študiju in počitku, povzroča psihofizične motnje, travme motnje v krvnem obtoku itn. Učinek hrupa je odvisen od njegove ravni, pri čemer daljša izpostavljenost visokim ravnam hrupa navadno povzroča poškodbo ali celo izgubo sluha. V teh primerih si prizadevamo za zmanjšanje hrupa ali za zaščito človeka pred hrupom (Čudina, 2014).

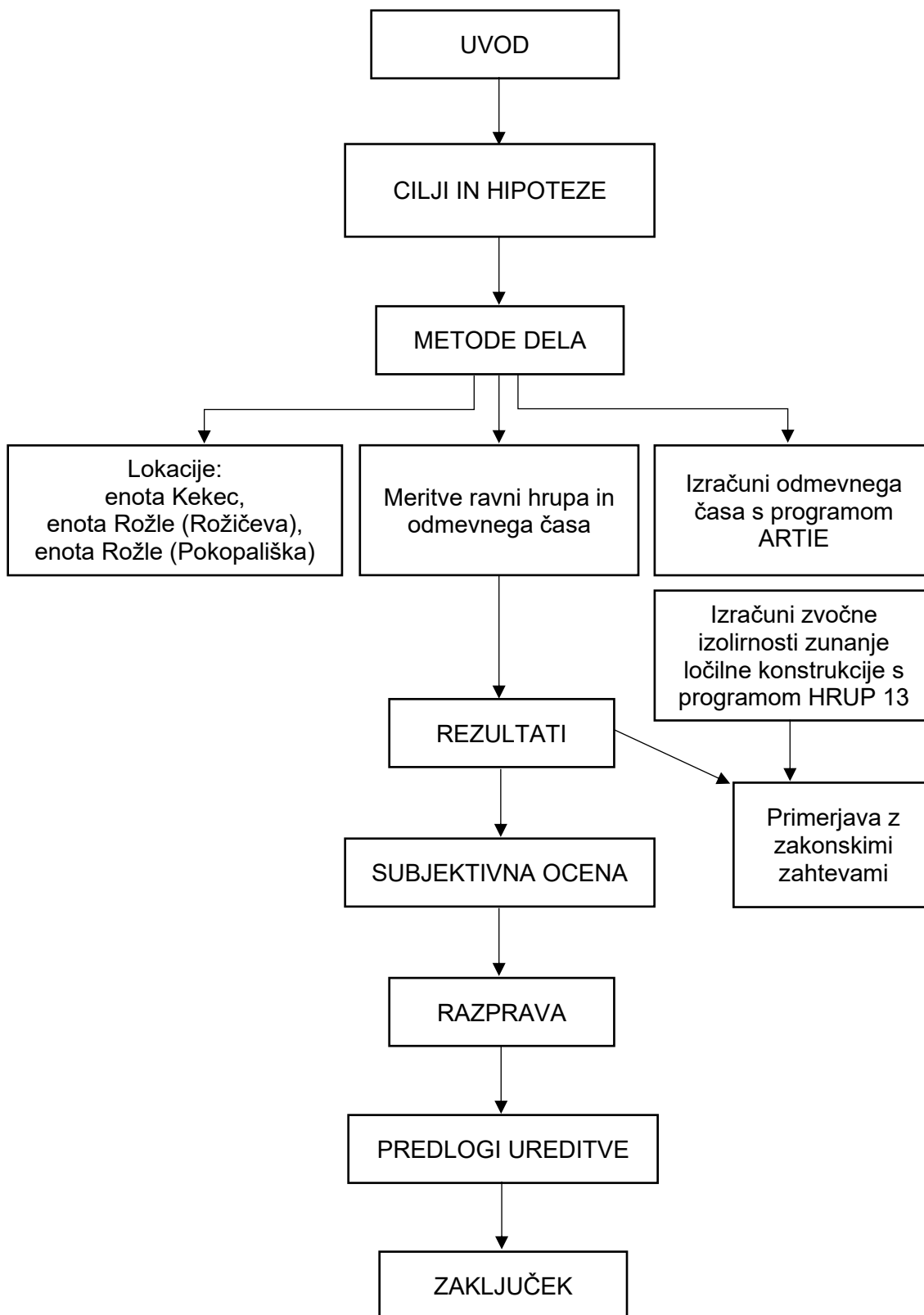
Otroci so pri tem veliko bolj prizadeti kot odrasli, saj imajo poleg fizioloških specifik tudi omejene zmožnosti za izbiro in kontrolo akustičnega okolja (Kemp in sod., 2013). Dolgotrajne visoke ravni hrupa imajo pri otrocih vpliv na sluh, razumljivost in razvoj govora ter raven stresa. Dolgoročni vplivi na zdravje pri otrocih v zgodnjem otroštvu sicer niso dobro raziskani (Persson in sod., 2019).

Problematika hrupa v vzgojno-varstvenih ustanovah je bila predmet raziskav doma in v tujini. Prve raziskave segajo v 80. leta, po letu 2000 je viden njihov izrazit porast tako doma kot v tujini. Avtor Colven (1986, Švedska) navaja izmerjene ekvivalentne ravni hrupa v dnevnem centru za varstvo otrok od 35 do 100 dB(A), v raziskavi Picarda in Boudreaux (1999, Nemčija) so bile izmerjene vrednosti od 66 do 94 dB(A), v raziskavi Manlove s sod. (2001, ZDA) od 58 in 68 dB(A). McLaren in Dickson (2002, ZDA) sta ugotovila, da je bilo 30 % vzgojiteljev izpostavljenih maksimalnim ravnam hrupa. Gazvoda in Horvat (2003) sta izvedla raziskavo v Sloveniji in navajata izjemno visoke ekvivalentne ravni hrupa v igralnicah vrtca, ki presegajo tudi 82 dB(A). V razširjeni študiji izpostavljenosti hrupu v vrtcih Mestne občine Ljubljana, ki sta jo izvedla Kovačič in Kacjan Žgajnar (2004), je bila med počitkom otrok izmerjena ekvivalentna raven hrupa 49,7 dB(A), med njihovo prosto igro 83,8 dB(A). Grebennikov (2006) v raziskavi ugotovi, da so najvišje dnevne izpostavljenosti vzgojiteljev v šesturnem delovniku od 85 do 86,1 dB(A). V nadaljnji raziskavi Grebennikov in Wiggins (2006) ugotovita še, da je 40 % vzgojiteljev izpostavljenih visokim ravnam hrupa od 84,1 do 85,3 dB(A). Med igro v igralnici je Kacjan Žgajnar s sod. (2009a in 2009b) izmeril ekvivalentno raven hrupa od 79,0 do 87,2 dB(A), med igro na igrišču od 75,1 do 83,5 dB(A). Vzgojitelji so bili tekom dneva pri tem izpostavljeni ekvivalentnim ravnam hrupa do 80,3 dB(A). McAllister s sod. (2009) navaja maksimalno ekvivalentno raven hrupa v dnevnem centru za varstvo otrok 85,4 dB(A). Eysel Gosepath s sod. (2010) je izmeril povprečne ekvivalentne ravni hrupa v osmih urah ob ušesu vzgojitelja $80,1 \pm 2,3$ dB(A) ter v igralnici $70,87 \pm 2,5$ dB(A). V raziskavah Groeneveld s sod. (2010), Lindstrom s sod. (2010) in Sjödin s sod. (2012a) so se povprečne ekvivalentne ravni hrupa gibale med 63 dB(A) in 73 dB(A). Chatzakis s sod. (2013) je v zasedenih igralnicah vrtca izmerili povprečno ekvivalentno raven hrupa 75,8 dB(A), v praznih 53,1 dB(A). Raziskava Kacjan Žgajnar s sod. (2015) je bila usmerjena v uvalno obdobje jasličnih skupin. Ugotovljeno je bilo, da se ekvivalentne ravni hrupa gibljejo od 60 dB(A) v času počitka in do 78 dB(A) med igro in prihodom otrok.

Po podatkih evidence vzgojno-izobraževalnih zavodov in vzgojno-izobraževalnih programov Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport je v Sloveniji 412 javnih in zasebnih vrtcev. Od tega je 108 matičnih vrtcev, 207 osnovnih šol, ki imajo vsaj eno enoto vrtca, in 97 matičnih zasebnih vrtcev ter zasebnih vzgojiteljev (Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, 2021).

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je bilo v šolskem letu 2020/2021 v vrtce v Sloveniji vključenih 86.193 otrok. Od tega je velika večina otrok, 94,5 %, obiskovala javne vrtce. V zadnjem desetletju se je število otrok v vrtcih povečalo za 13,5 % (SURS, 2021).

Z ozirom na to, da otroci kot ranljiva skupina preživijo več kot tretjino časa v vzgojno-varstvenih ustanovah, kjer so izpostavljeni prekomernim ravnom hrupa, je potrebno načrtovanje akustično ustreznih okolij. Namen naloge je bil na študiji primera preučiti problematiko čezmernih ravni hrupa v izbranem vzgojno-varstvenem zavodu z vidika zvočne izoliranosti zunanjih in notranjih ločilnih elementov ter prostorske akustike. Problematika se obravnava celovito, pri čemer se upošteva tako gradbeno-tehnični kot tudi javnozdravstveni vidik.



Slika 1: Shematski prikaz vsebine magistrskega dela

2 CILJI IN HIPOTEZE

Cilj 1: V varovanih prostorih vrtca po Pravilniku o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur. l. RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ) in Tehnični smernici TSG-1-005:2012 izmeriti in izračunati parametre gradbene akustike: zvočna izolirnost fasade ($R'_{w,f}+C_{tr}$) [dB(A)].

Hipoteza 1: Gradbeno-fizikalni parameter: zvočna izolirnost fasade ($R'_{w,f}+C_{tr}$) [dB(A)] ne ustreza zahtevanim vrednostim po Tehnični smernici TSG-1-005:2012 za doseg ustrezne zvočne zaščite stavb glede na zunanje obremenitve.

Cilj 2: V varovanih prostorih vrtca po Pravilniku o zaščiti pred hrupom v stavbah (Pravilniku o zvočni zaščiti stavb (Ur. l. RS, št. 10/12 s spr. In 61/17 – GZ) in Tehnični smernici TSG-1-005:2012 izmeriti in izračunati parametre gradbene akustike: zvočna izolirnost ločilnega elementa R'_w [dB(A)].

Hipoteza 2: Gradbeno fizikalni parameter: zvočna izolirnost ločilnega elementa R'_w [dB(A)] ne ustreza zahtevanim vrednostim po Tehnični smernici TSG-1-005:2012 za doseg ustrezne zvočne zaščite stavb glede na zunanje obremenitve.

Cilj 3: Izmeriti in izračunati parametre prostorske akustike v izbranih varovanih prostorih vrtca T_{60} [s].

Hipoteza 3: Odmevni čas presega optimalne vrednostim po Tehnični smernici TSG-1-005:2012 za prostorsko akustiko v izbranih varovanih prostorih.

Cilj 4: Izvesti standardizirano anketo zaposlenih o subjektivni oceni problematike hrupa v vrtcih.

Hipoteza 4: Rezultati anket bodo pokazali, da zaposleni v splošnem niso zadovoljni z zaščito stavb pred hrupom. Pri tem bodo največji problem predstavljali hrup pripomočkov in opreme v izbranih igralnicah, hrup iz okolja ob zaprtih oknih, hrup iz sosednjih prostorov ter hrup hoje in padca pripomočkov na tla z igralnic v višjih etažah. Predvidevamo, da bodo rezultati subjektivne ocene primerljivi z objektivnimi meritvami in izračuni.

Cilj 5: Predlagati vrsto in prednostni vrstni red celovitih protihrupnih ukrepov z gradbeno-tehničnega in javnozdravstvenega vidika za morebitno dejansko realizacijo.

3 PREGLED ZAKONODAJE

Področje zvočne zaščite stavb je urejeno z mednarodnimi in nacionalnimi pravnimi akti, ki so obvezni za uporabo, standardi, ki so pogojno obvezni, ter priporočili, smernicami in navodili. Pravni akti se nanašajo na obvladovanje prekomernih ravni hrupa v zunanjem okolju, zvočno zaščito stavb in hrup na delovnem mestu

Mednarodni pravni akti za področje hrupa v okolju:

- Uredba o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju (Ur. l. RS, št. 121/2004 in 59/19)
- Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur. l. RS, št. 43/18 in 59/19)

Mednarodni pravni akti za področje stavb:

- Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS

Mednarodni pravni akti za področje delovnega okolja:

- Direktiva 2003/0/ES Evropskega parlamenta in Evropskega sveta z dne 6. februarja 2003 o minimalnih zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom (hrup)

Nacionalni pravni akti (zakoni, pravilniki):

- Gradbeni zakon (Ur. l. RS, št. 61/17, s spr.)
- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Ur. l. RS, št. 43/2011)
- Pravilnik o zvočni zaščiti stavb (Ur. l. RS, št. 14/1999, 10/2012)
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, 7/2001, s spr.)

Izbrani standardi:

- SIST EN 12354-1, SIST EN 12354-2, SIST EN 12354-3, SIST EN 12354-4, SIST EN 12354-5, SIST EN 12354-6 Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov
- DIN 4109 Zvočna zaščita stavb, primeri izvedbe in računski postopki
- SIST EN 20140-2 Merjenje zvočne izolirnosti v zgradbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov
- SIST EN ISO 140-4, SIST EN ISO 140-5, SIST EN ISO 140-7, SIST EN ISO 140-14 Merjenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti stavbnih elementov
- SIST EN ISO 3382-1, SIST EN ISO 3382-2 Merjenje akustičnih parametrov v prostorih
- SIST EN ISO 18233 Uporaba novih merilnih metod na področju gradbene in prostorske akustike (TSG-1-005: 2012)

3.1 Zvočna izolirnost zunanjih in notranjih ločilnih elementov

Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur. l. RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ) določa zahteve, ki v stavbah oziroma njihovih delih omejujejo raven hrupa z namenom preprečitve ogrožanja zdravja ljudi in ustvarjanja ustreznih razmer za delo, druge dejavnosti in počitek. Za doseg zahtev se pravilnik sklicuje na Tehnično smernico TSG-1-005:2012, ki določa potrebne gradbene ukrepe in rešitve.

Tehnična smernica TSG-1-005:2012 predpisuje, da mora biti zvočna izolirnost zunanjih in notranjih ločilnih elementov dovolj velika, da v varovanih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva niso presežene mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} [dB(A)] (TSG-1-005: 2012).

V primeru, da se obravnavana stavba nahaja na mestu, kjer je na voljo računska ocena, ali so opravljene dejanske meritve obremenjenosti s hrupom, se za izračun uporabi te podatke, in sicer za tisti del dneva, ko je obremenjenost s hrupom najvišja. Če ti podatki niso na voljo, se pri izračunu zvočne izolirnosti zunanjih ločilnih elementov upošteva splošne okoljske mejne ravni zunanjega hrupa, ki so v preglednici 1 (Tehnične smernice TSG-1-005:2012) razdeljene na štiri območje varstva pred hrupom (TSG-1-005: 2012).

Preglednica 2: Območja varstva pred hrupom po TSG-1-005:2012 (TSG-1-005: 2012)

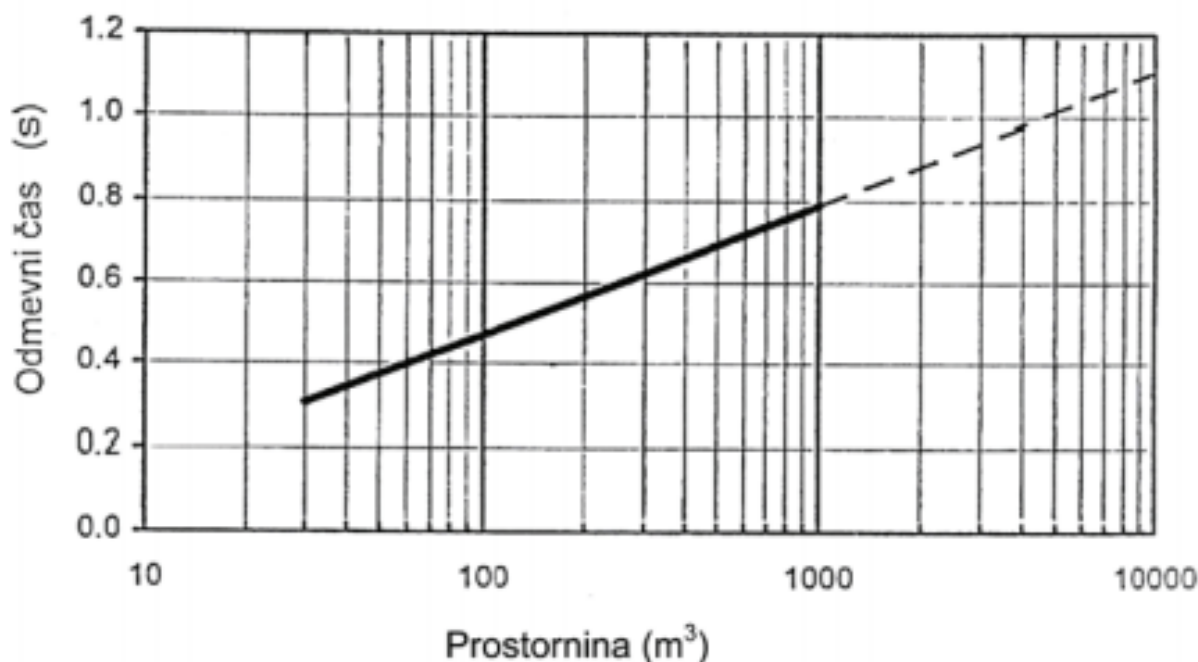
Območje varstva pred hrupom	L_{dan} dB(A)
IV. območje	75
III. območje	60
II. območje	55
I. območje	50

Za učilnice, predavalnice ipd. tehnična smernica navaja mejno vrednost ekvivalentnih ravni hrupa $L_{Aeq} = 35$ dB(A). Pri tem obratovalna oprema ali hrup iz prostorov druge namembnosti v teh prostorih ne sme presegati vrednosti $L_{AFmax} = 40$ dB(A). Izolirnost pred zvokom v zraku za notranje ločilne elemente stavb za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo (CC.SI 1263) je podana v preglednici 9 (Tehnične smernice TSG-1-005:2012 (TSG-1-005: 2012)).

3.2 Odmevni čas in razumljivost govora

Za dobro razumljivost govora je treba že v fazi načrtovanja ustrezno določiti parametre, od katerih je ta odvisna - to so oblika prostora, prostornina prostora in odmevni čas. V Tehnični smernici TSG-1-005:2012 je navedeno, da je odmevni čas odvisen od prostornine prostora in od ekvivalentne površine absorpcije v njem. Optimalen odmevni čas $T_{opt.}$ za učilnice in predavalnice je podan z enačbo ter grafikonom (TSG-1-005: 2012):

$$T_{opt.} = 0,32 \cdot \log V \cdot 0,17$$



Grafikon 1: Optimalen odmevni čas [s] v odvisnosti od prostornine učilnice ali predavalnice [m³] (vir: TSG-1-005: 2012)

Odmevni čas se lahko izračuna po Sabinovi enačbi, ki je primernejša v primeru manjše absorpcije zvoka v prostoru (ko je α manjši od 0,2) ali po Eyringovi enačbi (ko je α večji od 0,2) (TSG-1-005: 2012):

$$T_{60Sab} = \frac{0,163 \cdot V}{A + 4 \cdot m \cdot V} \quad (1)$$

$$T_{60Ey} = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \log(1 - \bar{\alpha}) + 4 \cdot m \cdot V} \quad (2)$$

T_{60Sab} – odmevni čas po Sabinu [s]

T_{60Ey} – odmevni čas po Eyringu [s]

A – ekvivalentna absorpcijska površina prostora $A = (0,163 \cdot V) / T$

α – srednji koeficient absorpcije zvoka vseh površin v prostoru []

$4mV$ – člen, ki predstavlja absorpcijo zvoka v zraku

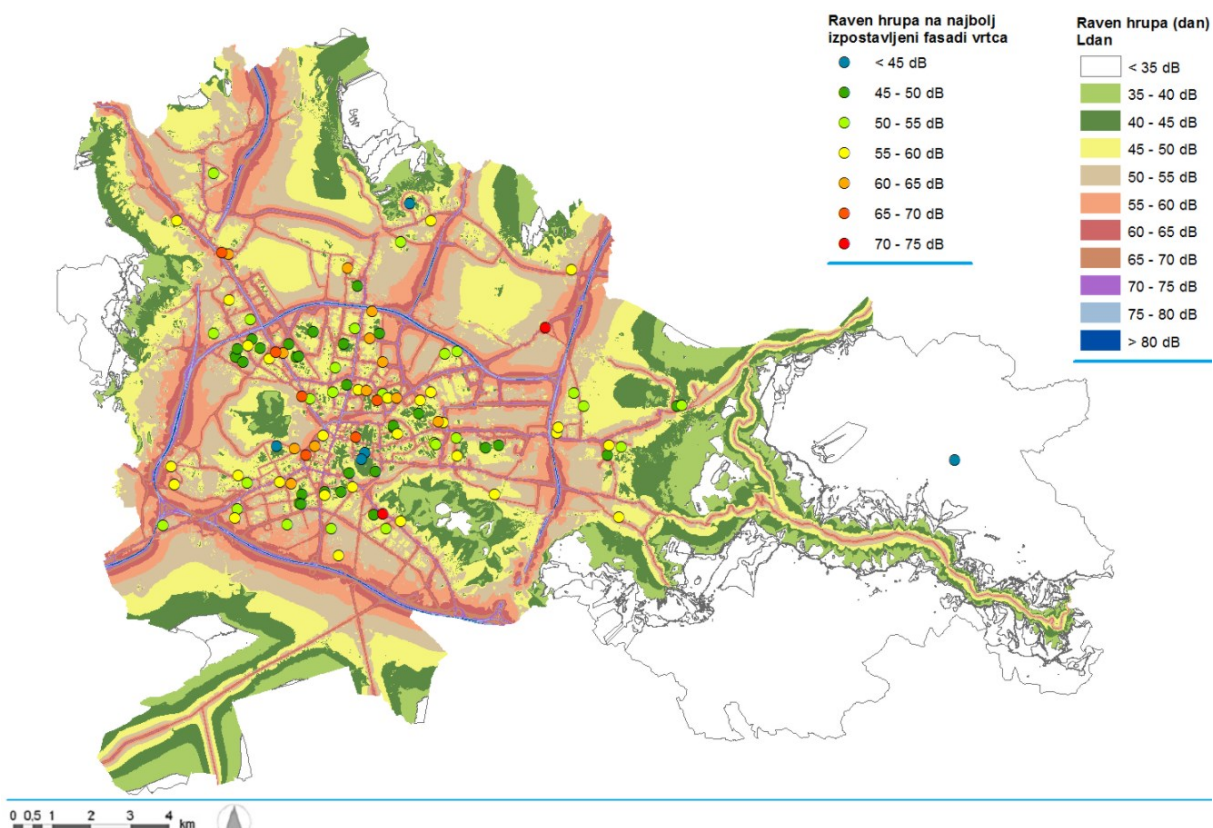
4 METODE DELA

4.1 Lokacije

Obravnavane so bile tri enote Vrtca Jarše v Ljubljani: enota Kekec na ulici Hermana Potočnika 15, enota Rožle na Pokopališki ulici 30 in enota Rožle na Rožičevi 10.

Izbrane so bile karakteristične igralnice, ki predstavljajo najbolj neugodne lokacije glede hrupa v posameznem vrtcu –orientirane so proti prometni cesti ter igrišču, nahajajo se v bližini sanitarij, kuhinje in razdelilne kuhinje ter virov hrupa obratovalne opreme. V enotah Kekec in Rožle (Rožičeva) sta bili izbrani po dve igralnici, v enoti Rožle (Pokopališka) ena.

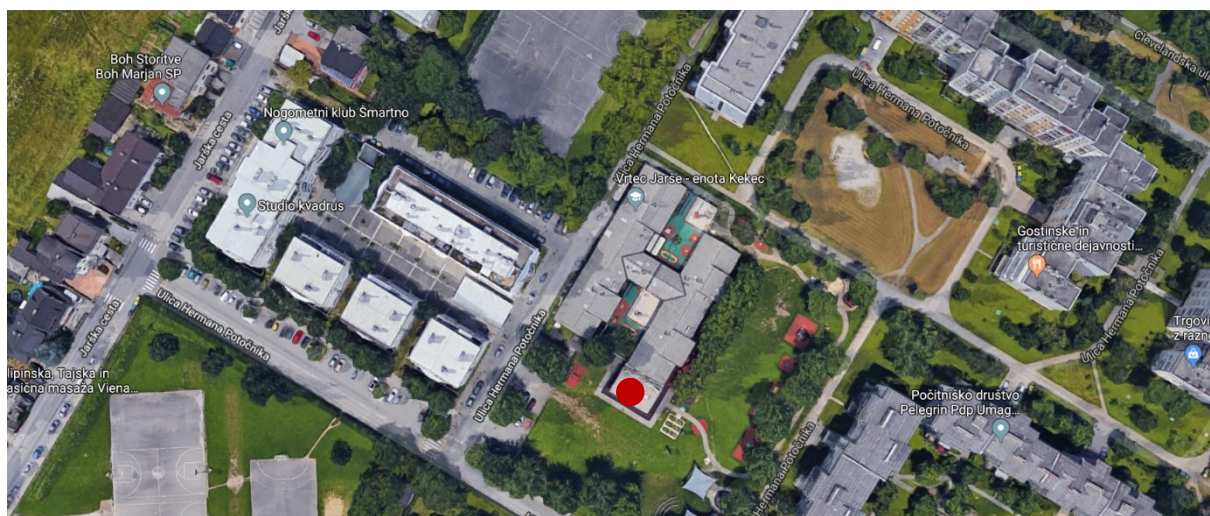
Na spodnji karti je prikazana izpostavljenost vrtcev hrupu zaradi cestnega prometa v MO Ljubljana. Na najbolj izpostavljeni fasadi enote Kekec je raven hrupa med 50 in 55 dB, kar enoto uvršča v I. območje varstva pred hrupom, na najbolj izpostavljenih fasadah enote Rožle (Rožičeva) in enote Rožle (Pokopališka) pa je raven hrupa med 55 in 60 dB, kar ju uvršča v II. območje varstva pred hrupom (Agencija RS za okolje, Mestna občina Ljubljana, 2015).



Slika 2: Izpostavljenost vrtcev hrupu zaradi cestnega prometa v MO Ljubljana – raven hrupa na najbolj izpostavljeni fasadi vrtca (vir: Agencija RS za okolje, Mestna občina Ljubljana, 2015)

4.1.1 Enota Kekec

Enota Kekec se nahaja v bližini Osnovne šole Jožeta Moškriča v Jaršah. Gre za montažno stavbo, ki je bila leta 2017 v celoti energetske sanirana. Obdana je z večstanovanjskimi objekti in z veliko travnatimi površinami. V bližini ni prometnejših cest. V območje vrtca spada veliko travnato igrišče z igrali. V enoti Kekec so štirje trakti s svojimi vhodi. Enota ima deset oddelkov starostnih skupin: en oddenek z otroki, starimi 1–2 leti, trije oddelki z 2–3, dva oddelka s 3–4 dva oddelka s 4–5 in dva oddelka s 5–6 let starimi otroki. Vrtec ima poleg večnamenskih in računalniških prostorov tudi sobo s klavirjem. Enota ima svojo kuhinjo, namenjeno jaslični skupini, za starejše otroke je namenjena razdelilna kuhinja.



Slika 3: Vrtec Jarše, enota Kekec (vir: Google Maps)

Izbrani sta bili dve karakteristični igralnici, njuna lokacija je na sliki 3 označena z rdečo piko. Velike steklene površine igralnic so orientirane proti Ulici Hermana Potočnika in igrišču enote vrtca. Igralnici sta popolnoma enakih dimenzij, le zrcaljeni glede na skupne sanitarije med igralnicama. Od ostalih igralnic ju ločuje hodnik. Senčenje je izvedeno z lesenimi premičnimi vertikalnimi lamelami.

Igralnica je dimenzij 4,4 m x 7,9 m. Višina stropa je 3 m. Volumen prostora znaša 104,28 m³. V preglednici 3 so predstavljeni uporabljeni materiali in njihove površine. Slike 4–7 prikazujejo obravnavano igralnico.

Preglednica 3: Uporabljeni materiali (za konstrukcijske sklope) in površine v obravnavanem prostoru enote Kekec

Konstrukcijski sklop ali oprema	Material	Površina [m ²]
Tla	Parket na betonski podlagi	30,3
Zunanja stena	Opeka 35 cm, znotraj omet, zunaj lesene lamele	36,0
Strop	Omet	30,3
Okna	Običajno dvoslojno steklo	19,8
Oprema	Lesene omare, mize in stoli	27,8
Oprema	Plastična tabla	1,5



Slika 4: Enota Kekec, igralnica JZ (vir: lasten)



Slika 5: Enota Kekec, igralnica JZ (vir: lasten)



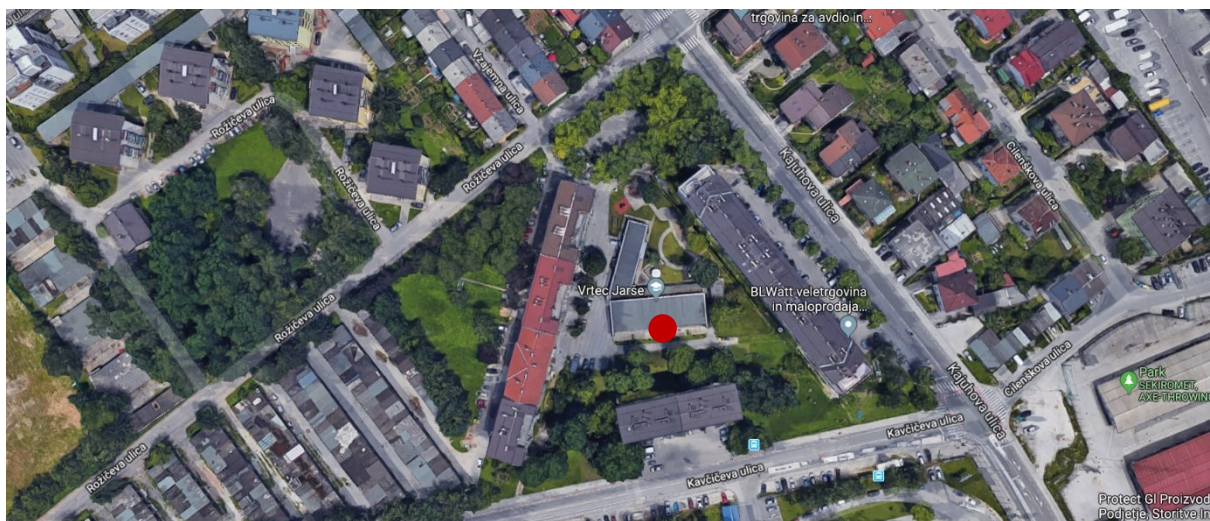
Slika 6: Enota Kekec, igralnica JV (vir: lasten)



Slika 7: Enota kekec, igralnica JV (vir: lasten)

4.1.2 Enota Rožle (Rožičeva)

Enota Rožle (Rožičeva) je razdeljena na tri oddelke starostnih skupin 1–6, 2–4 in 4–6 let. Gre za starejšo montažno stavbo. Objekt se nahaja v soseski večstanovanjskih stavb (slika 8). V bližini sta dve večji in prometnejši cesti – Kajuhova in Kavčičeva ulica, vendar je objekt z vseh strani obdan z visokim večstanovanjskimi objekti, ki ga učinkovito ščitijo pred hrupom s prometnih cest. Ponaša se z lastno čajno kuhinjo in jedilnim prostorom. Čajni kuhinji sta namenjeni izključno vzgoji in izobraževanju otrok, medtem ko ima enota skupno kuhinjo, namenjeno prehranjevanju otrok.



Slika 8: Vrtec Jarše, enota Rožle (Rožičeva) (vir: Google Maps)

Izbrani sta bili dve karakteristični igralnici, katerih lokacija je na sliki 8 označena z rdečo piko. Orientirani sta proti jugu v smeri Kavčičeve ceste. Velike steklene površine mejijo na skupno igrišče enote Rožle (Rožičeva). Okna imajo lesene okvirje in dvoslojno zasteklitev. Senčenje je izvedeno z zunanjimi aluminijastimi žaluzijami. Pohištvo je zelo razgibano, prostor je razmejen z omaricami in medetažnimi lesenimi platformami.

Igralnica je dimenzij 6,05 m x 6,8 m. Višina stopa je 3,15 m. Volumen prostora znaša 129,59 m³. V preglednici so predstavljeni uporabljeni materiali in površine le teh. Slike 9–14 prikazujejo obravnavano igralnico.

Preglednica 4: Uporabljeni materiali (za konstrukcijske sklope) in površine v obravnavanem prostoru enote Rožle (Rožičeva)

Konstrukcijski sklop ali oprema	Material	Površina [m ²]
Tla	Parquet na betonski podlagi	34,0
Zunanja stena	Opeka 35 cm, znotraj omet, zunaj lesen opaž	27,9
Strop	Omet	34,0
Okna	Običajno dvoslojno steklo	22,2
Oprema	Leseni stoli in mize	1,9
Oprema	Lesene omare in ograde	25,7
Oprema	Plastična tabla	1,5



Slika 9: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JZ (vir: lasten)



Slika 10: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JZ (vir: lasten)



Slika 11: Enota Rožle (Rožičeva), jedilnica pri igralnici JZ (vir: lasten)



Slika 12: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JV (vir: lasten)



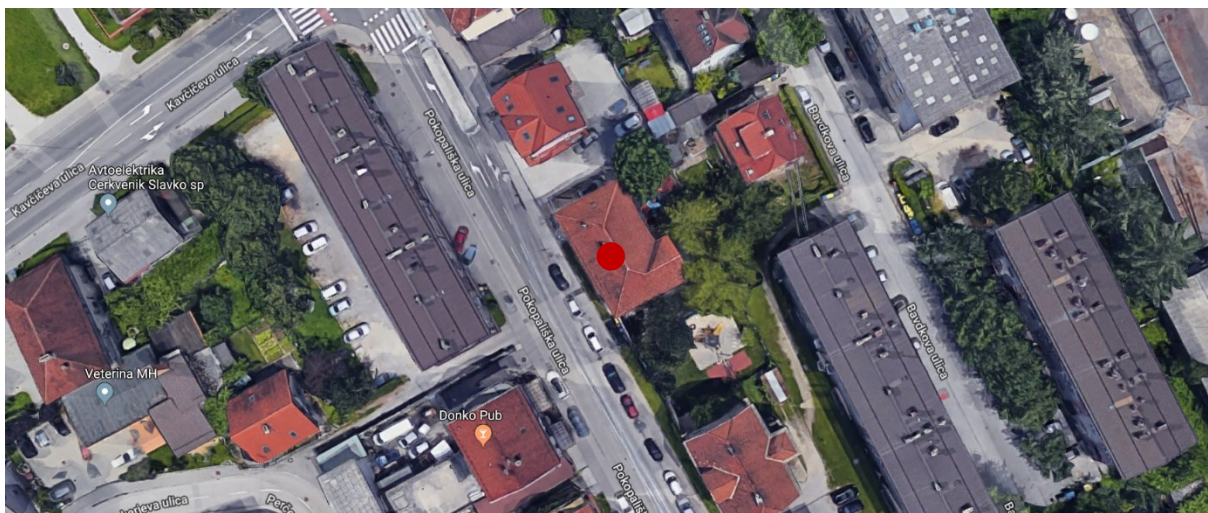
Slika 13: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JV (vir: lasten)



Slika 14: Enota Rožle (Rožičeva), igralnica JV (vir: lasten)

4.1.3 Enota Rožle (Pokopališka)

Enota Rožle (Pokopališka) se nahaja v starejši meščanski vili v bližini Srednje medijske in grafične šole Ljubljana v Zeleni jami. Namembnost objekta je bila leta 1964 spremenjena – iz stavbe, namenjene bivanju redovnic, v vrtec. Razdeljena je na dva oddelka in namenjena starostni skupini otrok med 1. in 3. letom starosti. Dvonadstropni objekt je bil leta 2017 v celoti obnoven in energetsko saniran. Vrtec obsega kuhinjo in zunanje igrišče.



Slika 15: Vrtec Jarše, enota Rožle (Pokopališka) (vir: Google Maps)

Karakteristična igralnica se nahaja v visokem pritličju. V enoti je še ena igralnica, ki je nad karakteristično v prvem nadstropju. Ob igralnici so s predelno steno brez vrat ločene sanitarije in s predelno steno predprostor z garderobo, ki se ga lahko uporablja tudi kot podaljšano igralnico. V predprostoru so nameščene obratovalne naprave za prezračevanje in elektroniko (internet, telefon) ter dvigalo za dostavo obrokov in kuhinje v kleti. Transparentni deli stavbnega ovoja so relativno majhnih dimenzij, kar je značilno za starejše stavbe v primerjavi z modernejšimi.

Okna imajo lesene okvirje in troslojno zasteklitev. Senčenje je izvedeno z zunanjimi aluminijastimi žaluzijami. Stavbni ovoj sestavlja 45 cm debela opečna nosilna konstrukcija in 18 cm toplotne izolacije. Na podu igralnice je položen linolej, stene so ometane, strop je obložen z akustičnimi ploščami. Ena velika omara ima gladko pročelje, ostalo pohištvo je razgibano. Na delih sten je parapet oblazinjen z mehкими ploščami. Opečna predelna stena med hodnikom (garderobo) in igralnico je debela 16 cm.

Igralnica je dimenzij 4,9 m x 8,3 m. Višina stopa je 2,9 m. Volumen prostora znaša 117,94 m³. V preglednici so predstavljeni uporabljeni materiali in njihove površine. Slike 16–18 prikazujejo obravnavano igralnico.

Preglednica 5: Uporabljeni materiali (za konstrukcijske sklope) in površine v obravnavanem prostoru enote Rožle (Pokopališka)

Konstrukcijski sklop ali oprema	Material	Površina [m ²]
Tla	Linolej	36,9
Zunanja stena	Opeka 45 cm, znotraj omet, zunaj toplotna izolacija XPS 18 cm in tankoslojna fasada	39,8
Strop	Akustične mavčne plošče	11,7
Okna	Običajno troslojno steklo	8,1
Vrata	Masivna lesena vrata	1,9
Oprema	Leseni stoli in mize	5,3
Oprema	Lesene omare	14,4
Oprema	Plastična tabla	4,1



Slika 16: Enota Rožle (Pokopališka), igralnica (vir: lasten)



Slika 17: Enota Rožle (Pokopališka), igralnica (vir: lasten)



Slika 18: Enota Rožle (Pokopališka), igralnica (vir: lasten)

4.2 Meritve

Meritve zvočne izolirnosti fasade in notranjega ločilnega elementa ter meritve odmevnega časa so bile izvedene v karakterističnih igralnicah v popoldanskem času brez prisotnosti otrok. Uporabili smo merilnik hrupa LARSON DAVIS 831.



Slika 19: Merilnik hrupa LARSON DAVIS 831 (vir: LarsonDavis, 2021)

Merilnik LARSON DAVIS 831 omogoča:

- meritve zvoka po najnovejših mednarodnih standardih
- oceno in monitoring hupa v okolju
- meritve odmevnega časa in akustičnih lastnosti stavb
- tonalnost
- vrednotenje hrupa na delovnem mestu
- HPD-izbiro
- validacijo redukcije hrupa
- nadzor kakovosti izdelkov
- NVH-korelacijo
- In-Situ meritve zvočne moči

Rezultati meritev ravni hrupa so podane kot L_{eq} , L_{max} , L_{min} ter L_{peak} in $L_{peak (max)}$, rezultati meritev odmevnega časa kot T_{20} in T_{30} . Pri izračunu odmevnega časa merilnik upošteva standarda ISO 3382-2 in ASTM 2235-04. Frekvenčni razpon je med 125 Hz in 4 kHz (1/1) ter med 100 Hz in 5 kHz (1/3). Uporablja 1/3-oktavna območja, možna je tudi izbira celotne oktave (LarsonDavis, 2021).

Zaradi zagotavljanja konstantnega hrupa je bil pred karakterističnimi igralnicami na oddaljenosti 2 m in višini 1,75 m nameščen vir hrupa, ki je v vse smeri enakomerno oddajal beli šum jakosti 90 dB(A) z enakimi amplitudami pri vseh frekvencah. Zaradi odlične zvočne izolirnosti fasade enote Rožle na Pokopališki, je bil vir hrupa tam za izvedbo ponovnih meritev povišan na 100 dB(A) (slika 20).



Slika 20: Vir hrupa pred karakteristično igralnico (vir: lasten)

Ob izvedbi meritev se je izpolnjevalo opazovalni list, kjer so se evidentirali rezultat, kraj, karakteristike varovanega prostora z opremo in pozicija meritev.

V vsaki karakteristični igralnici so bile izvedene tri meritve ekvivalentne vrednosti hrupa L_{Aeq} [dB(A)] in ena meritev odmevnega časa T_{60} [s].

4.3 Izračuni gradbene akustike s programom HRUP 13

Izračuni parametrov gradbene akustike za zunanje in notranje ločilne elemente so bili izvedeni z računalniškim programom HRUP 13 (Arhim, 2012). Vneseni so bili vhodni podatki, ki so navedeni v poglavjih 4.1.1 za obravnavano igralnico JZ-enote Kekec, 4.1.2 za obravnavano igralnico JZ-enote Rožle (Rožičeva) in 4.1.3 za obravnavano igralnico enote Rožle (Pokopališka). Z upoštevanimi materiali smo se želeli čim bolj približati realnemu stanju.

4.4 Izračun prostorske akustike s programom ARTIE

Izračuni parametrov prostorske akustike oziroma odmevnih časov so bili izvedeni z računalniškim programom za analizo akustike notranjega okolja ARTIE (Analysis of Reverberation Time in Indoor Environments), ki omogoča izračun odmevnega časa v prostoru in ga glede na namembnost prostora primerja s priporočenimi vrednostmi. Odmevni čas program računa v frekvenčnem območju od 125 Hz do 4000 Hz. Program omogoča tudi izračun lastnih resonančnih frekvenc prostora. Z računalniškim programom sta omogočena tako projektiranje akustike prostorov v procesu načrtovanja kot tudi projektiranje analize obstoječih objektov.

Avtorja računalniškega programa Nika Šubic in Roman Kunič sta program razvila za izobraževalne in raziskovalne namene (Šubic in Kunič, 2018).

Za izračun so bili vneseni vhodni podatki, pridobljeni z izmerami prostora na vsakokratni lokaciji. Za lastnosti materialov so bile uporabljene vrednosti iz programa in dodani nekateri lastni materiali, da je bil model prostora čimbolj aproksimiran realnemu stanju.

5 REZULTATI

5.1 Rezultati izračunov gradbene akustike izbranih zunanjih ločilnih konstrukcij enote Kekec, enote Rožle (Rožičeva) in enote Rožle (Pokopališka)

Zunanja ločilna konstrukcija enote Kekec je sestavljena iz zunanjih lesenih lamel, 35 cm debele opeke in ometa na notranji strani. Izračunana vrednost zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije s programom HRUP 13 je znašala 31 dB. Ker je zahtevana vrednost 29 dB, zunanja ločilna konstrukcija na podlagi izračuna s HRUP 13 ustreza zahtevam.

V primeru zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva) je bila sestava zunanje ločilne konstrukcije podobna kot v enoti Kekec. Na zunanji strani je lesen opaz, nosilna konstrukcija je 35 cm debela opeka, na notranji strani je omet. Vendar je v primerjavi z enoto Kekec v obravnavanem prostoru več zasteklitve. To se je odrazilo v nekoliko nižji vrednosti zvočne izolirnosti. Izračunana vrednost zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije je znašala 25 dB. Ker je zahtevana vrednost 25 dB, zunanja ločilna konstrukcija na podlagi izračuna v HRUP 13 ustreza zahtevam.

Največjo vrednost zvočne izolirnosti smo izračunali za zunanjo ločilno konstrukcijo v enoti Rožle (Pokopališka). Stavbni ovoj sestavlja 45 cm debela opečna nosilna konstrukcija in 18 cm toplotne izolacije. Izračunana vrednost zvočne izolirnosti je znašala 35 dB. Ker je zahtevana vrednost 27 dB, zunanja ločilna konstrukcija na podlagi izračuna s HRUP 13 ustreza zahtevam.

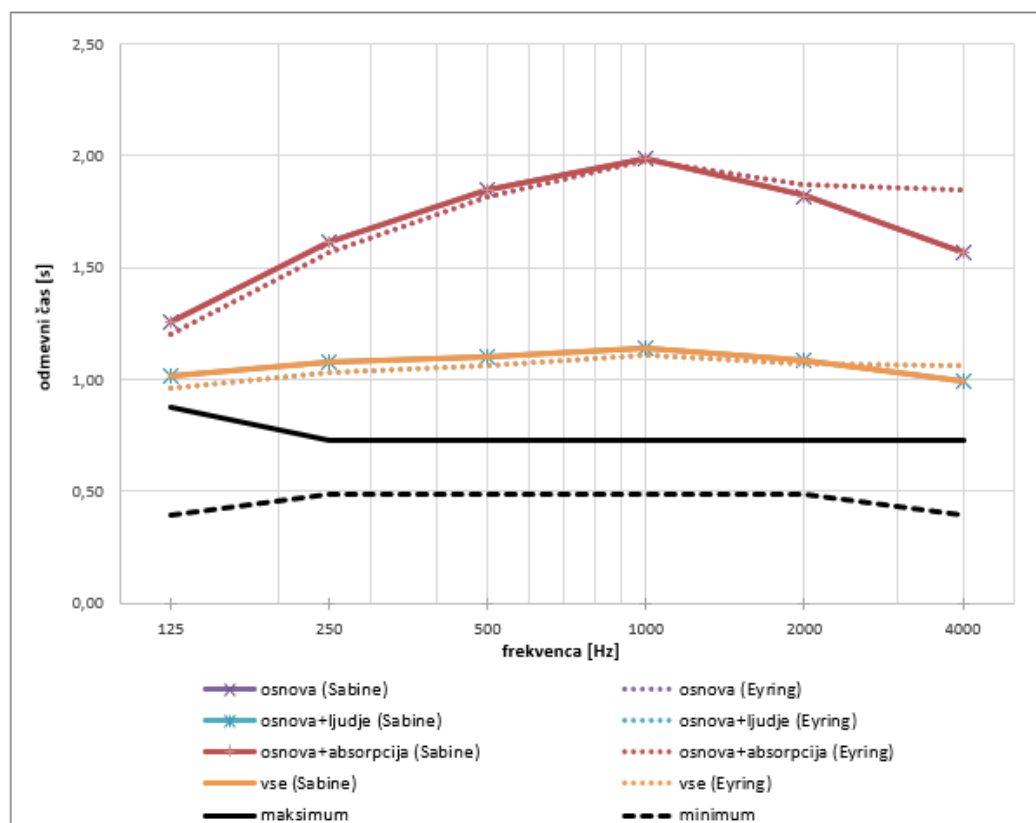
5.2 Rezultati izračunov odmevnih časov v varovanih prostorih enote Kekec, enote Rožle (Rožičeva) in enote Rožle (Pokopališka)

Slika 21 prikazuje izračun odmevnega časa za igralnico JZ enote Kekec. Izračunani odmevni čas za prazen prostor pri frekvenci 500 Hz (karakteristična frekvenca za govor) znaša $T_{60} = 1,85$ s. V primeru prisotnih uporabnikov znaša $T_{60} = 1,1$ s (pri frekvenci 500 Hz).

	odmevni čas [s]	frekvenčni pasovi [Hz]						Povprečen koeficient absorpcije, $\bar{\alpha}_{studej}$
		125	250	500	1000	2000	4000	
Osnova	$T_{60,S}$	1,26	1,61	1,85	1,99	1,82	1,56	0,07
	$T_{60,Ey}$	1,20	1,57	1,82	1,98	1,87	1,85	
Osnova + Ljudje	$T_{60,S}$	1,01	1,08	1,10	1,14	1,08	0,99	0,09
	$T_{60,Ey}$	0,96	1,03	1,06	1,11	1,07	1,06	
Osnova + Absorpcija	$T_{60,S}$	1,26	1,61	1,85	1,99	1,82	1,56	0,07
	$T_{60,Ey}$	1,20	1,57	1,82	1,98	1,87	1,85	
Osnova + Ljudje + Absorpcija	$T_{60,S}$	1,01	1,08	1,10	1,14	1,08	0,99	0,09
	$T_{60,Ey}$	0,96	1,03	1,06	1,11	1,07	1,06	

Slika 21: Izračun odmevnega časa za igralnico JZ enote Kekec

optimalen odmevni čas: $T_{opt} = 0,61$ s po standardu DIN 18041 Acoustic quality in rooms -
namembnost prostora: govor/predavanja Specifications and instructions for the room acoustic design



Slika 22: Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico JZ enote Kekec

Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico JZ enote Kekec je prikazana na sliki 22. Vidimo, da nobena varianta ne ustreza optimalni vrednosti odmevnega časa.

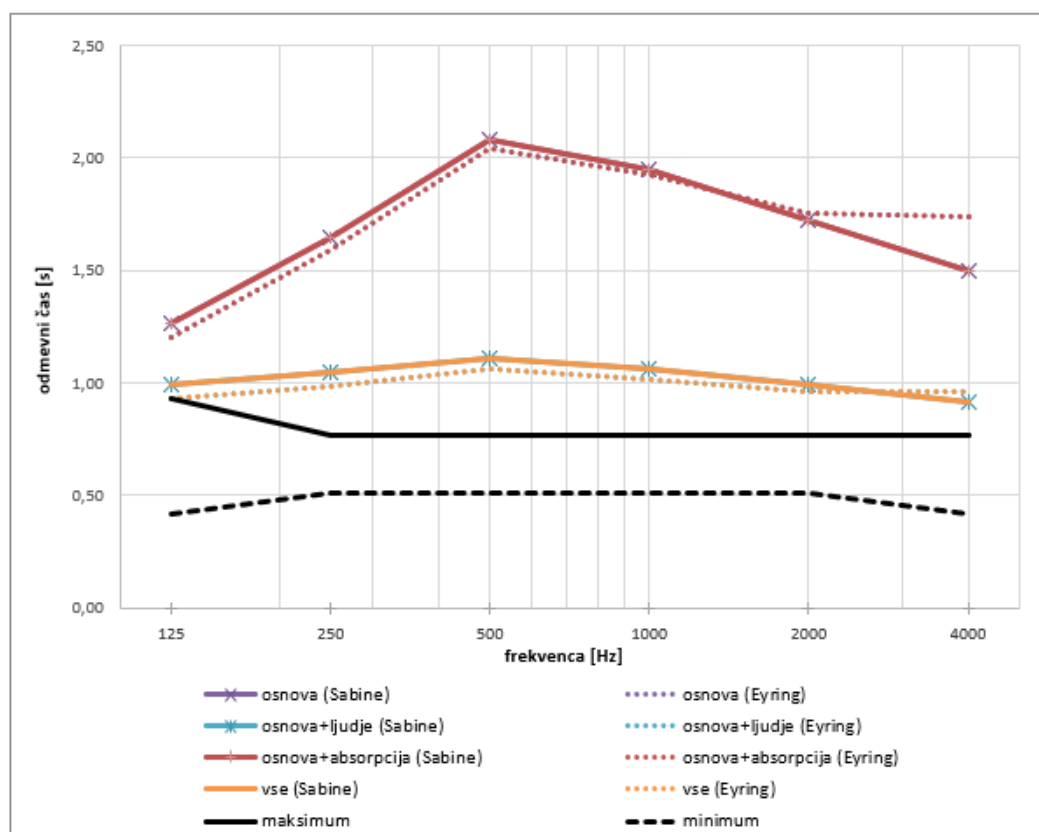
Slika 23 prikazuje izračun odmevnega časa za igralnico JZ enote Rožle (Rožičeva). Izračunani odmevni čas za prazen prostor pri frekvenci 500 Hz (karakteristična frekvenca za govor) znaša $T_{60} = 2,08$ s. V primeru prisotnih uporabnikov znaša $T_{60} = 1,11$ s (pri frekvenci 500 Hz).

	odmevni čas [s]	frekvenčni pasovi [Hz]						Povprečen koeficient absorpcije, σ_{skupaj}
		125	250	500	1000	2000	4000	
Osnova	$T_{60,S}$	1,27	1,65	2,08	1,95	1,72	1,49	0,08
	$T_{60,Ey}$	1,20	1,59	2,04	1,93	1,75	1,74	
Osnova + Ljudje	$T_{60,S}$	0,99	1,04	1,11	1,06	0,99	0,91	0,12
	$T_{60,Ey}$	0,93	0,99	1,06	1,01	0,96	0,96	
Osnova + Absorpcija	$T_{60,S}$	1,27	1,65	2,08	1,95	1,72	1,49	0,08
	$T_{60,Ey}$	1,20	1,59	2,04	1,93	1,75	1,74	
Osnova + Ljudje + Absorpcija	$T_{60,S}$	0,99	1,04	1,11	1,06	0,99	0,91	0,12
	$T_{60,Ey}$	0,93	0,99	1,06	1,01	0,96	0,96	

Slika 23: Izračun odmevnega časa za igralnico JZ enote Rožle (Rožičeva)

Izračunani odmevni čas za prazen prostor pri frekvenci 500 Hz znaša $T_{60} = 2,08$ s.

optimalen odmevni čas: $T_{\text{opt}} = 0,64$ s po standardu DIN 18041 Acoustic quality in rooms -
namembnost prostora: govor/predavanja Specifications and instructions for the room acoustic design



Slika 24: Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico JZ enote Rožle (Rožičeva)

Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico JZ enote Rožle (Rožičeva) je prikazana na sliki 24. Vidimo, da nobena varianta ne ustreza optimalni vrednosti odmevnega časa.

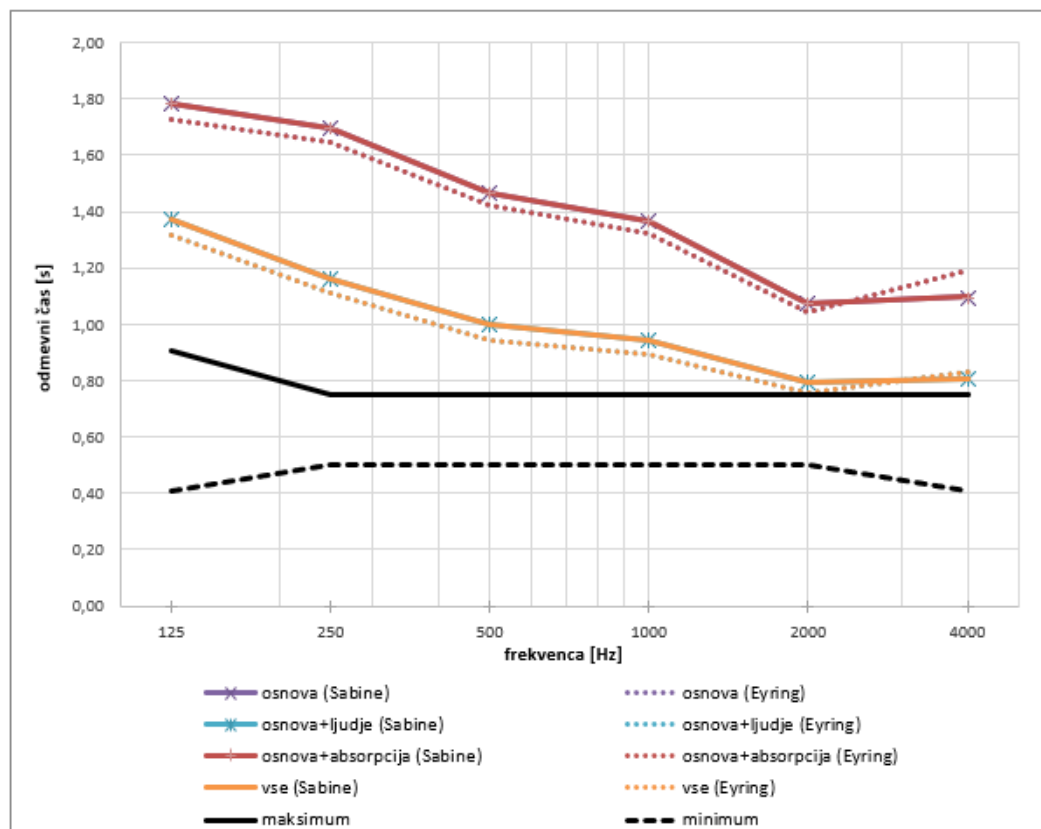
Slika 25 prikazuje izračun odmevnega časa za igralnico enote Rožle (Pokopališka). Izračunani odmevni čas za prazen prostor pri frekvenci 500 Hz (karakteristična frekvenca za govor) znaša $T_{60} = 1,47$ s. V primeru prisotnih uporabnikov znaša $T_{60} = 1$ s (pri frekvenci 500 Hz).

	odmevni čas [s]	frekvenčni pasovi [Hz]						Povprečen koeficient absorpcije, $\alpha_{\text{povpreč}}$
		125	250	500	1000	2000	4000	
Osnova	$T_{00,0}$	1,78	1,70	1,47	1,36	1,07	1,10	0,09
	$T_{00,Ey}$	1,72	1,65	1,42	1,32	1,05	1,19	
Osnova + Ljudje	$T_{00,0}$	1,37	1,16	1,00	0,94	0,79	0,81	0,12
	$T_{00,Ey}$	1,32	1,11	0,94	0,89	0,75	0,83	
Osnova + Absorpcija	$T_{00,0}$	1,78	1,70	1,47	1,36	1,07	1,10	0,09
	$T_{00,Ey}$	1,72	1,65	1,42	1,32	1,05	1,19	
Osnova + Ljudje + Absorpcija	$T_{00,0}$	1,37	1,16	1,00	0,94	0,79	0,81	0,12
	$T_{00,Ey}$	1,32	1,11	0,94	0,89	0,75	0,83	

Slika 25: Izračun odmevnega časa za igralnico enote Rožle (Pokopališka)

Izračunani odmevni čas za prazen prostor pri frekvenci 500 Hz znaša $T_{60} = 1,47$ s.

optimalen odmevni čas: $T_{\text{opt}} = 0,63$ s po standardu DIN 18041 Acoustic quality in rooms -
namembnost prostora: govor/predavanja Specifications and instructions for the room acoustic design



Slika 26: Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico enote Rožle (Pokopališka)

Primerjava izračunanega z optimalnim odmevnim časom za igralnico enote Rožle (Pokopališka) je prikazana na sliki 26. Vidimo, da nobena varianta ne ustreza optimalni vrednosti odmevnega časa.

5.3 Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa ter izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Kekec

Preglednica 6: Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa v enoti Kekec, 24. 1. 2021 ob 17. uri

	Igralnica 1 (JZ)	Igralnica 2 (JV)
$L_{Aeq,1}$ [dB(A)]	39,7	36,9
$L_{Aeq,2}$ [dB(A)]	40,7	36,5
$L_{Aeq,3}$ [dB(A)]	41,1	37,0
$L_{Aeq,tišina}$ [dB(A)]	27,2	26,7
t [s]	2,790	3,330
T_{20} [s]	0,918	1,080
T_{30} [s]	0,927	1,110

T_{60} preračunamo iz povprečja vrednosti za T_{20} in T_{30} .

Za prazno (brez ljudi) igralnico 1 (JZ) vrednost T_{60} znaša: $T_{60} = \frac{2 \cdot T_{30} + 3 \cdot T_{20}}{2} = 2,3 \text{ s}$

Za prazno (brez ljudi) igralnico 2 (JV) vrednost T_{60} znaša: $T_{60} = \frac{2 \cdot T_{30} + 3 \cdot T_{20}}{2} = 2,73 \text{ s}$

Zvočno izolirnost zunanje ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo enačbe:

$$R'_{w,f} + C_{tr} = L_{zunaj,2m} - L_{notri} + 10 \log(S_f/A) - \Delta L_\beta \quad (3)$$

$$\text{pri tem je: } A = (0,163 \cdot V)/T \quad (4)$$

Za L_{notri} je upoštevana povprečna izmerjena vrednost L_{Aeq} .

Preglednica 7: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Kekec

	Igralnica 1 (JZ)
$L_{Aeq} = L_{notri}$ [dB(A)]	40,5
$L_{zunaj,2m}$ [dB(A)]	90,0
S_f [m ²]	36,90
A [m ²]	7,39
ΔL_β	0
T_{60} [s]	2,3

Za igralnico JZ, ki je bila izbrana kot merodajna, znaša preračunana zvočna izolirnost zunanje ločilne konstrukcije $R'_{w,f} + C_{tr} = 56,5$ [dB(A)].

Izračun s programom je dokazal nekoliko nižjo vrednost. Možen razlog za to je , da so bili v programu netočno določeni konstrukcijski sklopi. Uporabljeni materiali in točne debeline slojev na objektu so bile namreč ocenjene. Do podobnih zaključkov je prišel tudi Nejc Vrhovec v diplomskem delu z naslovom Analiza vpliva različnih ravni zunanjskega hrupa na ravni hrupa v stavbah pri različnih sestavah stavbnega ovoja (2021).

5.4 Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa ter izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva)

Preglednica 8: Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa v enoti Rožle (Rožičeva), 23. 1. 2021 ob 17. uri

	Igralnica 1 (JZ)	Igralnica 2 (JV)	Igralnica 2 (spuščene žaluzije)
$L_{Aeq,1}$ [dB(A)]	47,2	46,5	46,5
$L_{Aeq,2}$ [dB(A)]	47,1	46,8	46,3
$L_{Aeq,3}$ [dB(A)]	47,3	45,5	46,0
$L_{Aeq,tišina}$ [dB(A)]	24,4	26,6	
$L_{Aeq,predeina}$ [dB(A)]		30,3	
$L_{Aeq,predeina vrata}$ [dB(A)]	54,1		
t [s]	2,490	2,740	
T_{20} [s]	0,815	0,914	
T_{30} [s]	0,830	0,974	

T_{60} preračunamo iz povprečja vrednosti za T_{20} in T_{30} .

Za prazno (brez ljudi) igralnico 1 (JZ) vrednost T_{60} znaša: $T_{60} = \frac{2 \cdot T_{30} + 3 \cdot T_{20}}{2} = 2,05 \text{ s}$

Za prazno (brez ljudi) igralnico 2 (JV) vrednost T_{60} znaša: $T_{60} = \frac{2 \cdot T_{30} + 3 \cdot T_{20}}{2} = 2,35 \text{ s}$

Zvočno izolirnost zunanje ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo enačbe (3) in (4).

Za L_{notri} je upoštevana povprečna izmerjena vrednost L_{Aeq} .

Preglednica 9: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva)

	Igralnica 1 (JZ)
$L_{Aeq} = L_{notri}$ [dB(A)]	47,2
$L_{zunaj,2m}$ [dB(A)]	90,0
S_f [m ²]	19,70
A [m ²]	10,25
ΔL_β	0
T_{60} [s]	2,05

Za igralnico JZ, ki je bila izbrana kot merodajna, znaša preračunana zvočna izolirnost zunanje ločilne konstrukcije $R'_{w,f} + C_{tr} = 45,6$ [dB(A)].

Izračun s programom je dokazal nekoliko nižjo vrednost. Predvidevamo, da je razlog enak kot v primeru izračunov v enoti Kekec.

Zvočno izolirnost notranje ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo enačbe:

$$R'_w = L_1 - L_2 + 10 \log(S_f/A) \quad (5)$$

Pri tem je: $A = (0,163 \cdot V)/T$ (6)

Preglednica 10: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti notranje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Rožičeva)

	Igralnica 1 (JZ)
L_2 [dB(A)]	54,1
L_1 [dB(A)]	90,0
S_f [m ²]	21,62
A [m ²]	10,25
T_{60} [s]	2,05

Za igralnico JZ, ki je bila izbrana kot merodajna, znaša preračunana zvočna izolirnost notranje ločilne konstrukcije $R'_w = 35,8$ [dB(A)].

5.5 Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa ter izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Pokopališka)

Preglednica 11: Rezultati meritev ravni hrupa in odmevnega časa v enoti Rožle (Pokopališka), 23. 1. 2021 ob 18. uri

	Igralnica (90 dB)	Igralnica (100 dB)	Garderoba
$L_{Aeq,1}$ [dB(A)]	31,5	37,9	
$L_{Aeq,2}$ [dB(A)]	29,6	39,5	
$L_{Aeq,3}$ [dB(A)]	30,6	41,2	
$L_{Aeq,tišina}$ [dB(A)]	29,0		41,9
$L_{Aeq,predeina}$ [dB(A)]	44,0		
t [s]	2,160		
T_{20} [s]	0,676		
T_{30} [s]	0,717		

T_{60} preračunamo iz povprečja vrednosti za T_{20} in T_{30} .

Za prazno (brez ljudi) igralnico vrednost T_{60} znaša: $T_{60} = \frac{2 \cdot T_{30} + 3 \cdot T_{20}}{2} = 1,73 \text{ s}$

Zvočno izolirnost zunanje ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo enačbe (3) in (4).

Za L_{notri} je upoštevana povprečna izmerjena vrednost L_{Aeq} .

Preglednica 12: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti zunanje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Pokopališka)

	Igralnica
$L_{Aeq} = L_{notri}$ [dB(A)]	30,57
$L_{zunaj, 2m}$ [dB(A)]	90,00
S_f [m ²]	38,00
A [m ²]	10,88
ΔL_β	0
T_{60} [s]	1,73

Za igralnico znaša preračunana zvočna izolirnost zunanje ločilne konstrukcije $R'_{w,f} + C_{tr} = 54,9$ [dB(A)].

Izračun s programom je dokazal nekoliko nižjo vrednost. Predvidevamo, da je razlog enak kot v primeru izračunov v enoti Kekec.

Zvočno izolirnost notranje ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo enačbe (5) in (6).

Preglednica 13: Vhodni podatki za izračun zvočne izolirnosti notranje ločilne konstrukcije v enoti Rožle (Pokopališka)

	Igralnica
L_2 [dB(A)]	44,0
L_1 [dB(A)]	90,0
S_r [m ²]	11,70
A [m ²]	10,88
T_{60} [s]	1,73

Za igralnico znaša preračunana zvočna izolirnost notranje ločilne konstrukcije $R'_w = 46,3$ [dB(A)].

5.6 Primerjava rezultatov z zakonskimi zahtevami

Vrednosti smo primerjali z zakonsko zahtevanimi in priporočenimi vrednostmi po Pravilniku o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur. l. RS, št. 10/12 s spr.), Tehnični smernici TSG-1-005:2012, Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06, 18/06 – popr. in 43/11 – ZVZD-1) in Pravilniku o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/00, 75/05, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17), Uredbi o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/18) in področnih standardih.

Preglednica 14: Nabor zahtev in priporočil za parametre gradbene in prostorske akustike za igralnice vrtcev

Parameter	Zahteva/priporočilo [vir]
Zvočna izolirnost fasade ($R'_{w,f+Ctr}$) [dB(A)]	Odvisna od zvočne izolirnosti posameznih zunanjih ločilnih elementov ter deleža, ki ga površine teh elementov predstavljajo v skupni površini zunanje ločilne konstrukcije TSG-1-005:2012.
Zvočna izolirnost ločilnega elementa R'_w [dB]	Minimalno 60 dB TSG-1-005:2012 (izbrana vrednost za ločilni element s hrupno učilnico (oziroma igralnico, preglednica 9, str. 13)).
Optimalni odmevni čas v izbranih varovanih prostorih	Če podatki o odmevnem času obravnavanega varovanega prostora niso znani, se uporabi referenčni odmevni čas $T_{opt} = 0,5$ s (stran 15).

Izračuni in meritve so pokazali, da je zvočna izolirnost fasade v vseh treh varovanih prostorih enot Kekec, Rožle (Rožičeva) in Rožle (Pokopališka) glede na Tehnično smernico ustrezna.

Zvočna izolirnost ločilnega elementa v enoti Rožle (Rožičeva) ni ustrezna, saj prostor ločujejo lesena drsna vrata, ki slabo tesnijo. Preračunana zvočna izolirnost ločilnega elementa znaša 35,8 dB(A). Prav tako ni ustrezna zvočna izolirnost ločilnega elementa v enoti Rožle (Pokopališka). Preračunana zvočna izolirnost ločilnega elementa znaša 46,3 dB(A). Obravnavani igralnici v enoti Kekec sta ločeni s sanitarijami, zato ocenjujemo, da je zvočna izolirnost ločilnega elementa ustrezna. Meritve tam niso bile izvedene.

Optimalni odmevni čas $T_o = 0,5$ s ni bil dosežen v nobenem izmed varovanih prostorov. Odstopanja so bila velika. Čeprav zaposleni v anketi v večini odgovarjajo, da jih odmevni čas ne moti, menim, da je to eden izmed poglavitnih vzrokov za oceno zaposlenih, da jih na splošno hrup v igralnicah moti.

6 SUBJEKTIVNA OCENA PROBLEMATIKE HRUPA V VRTCIH

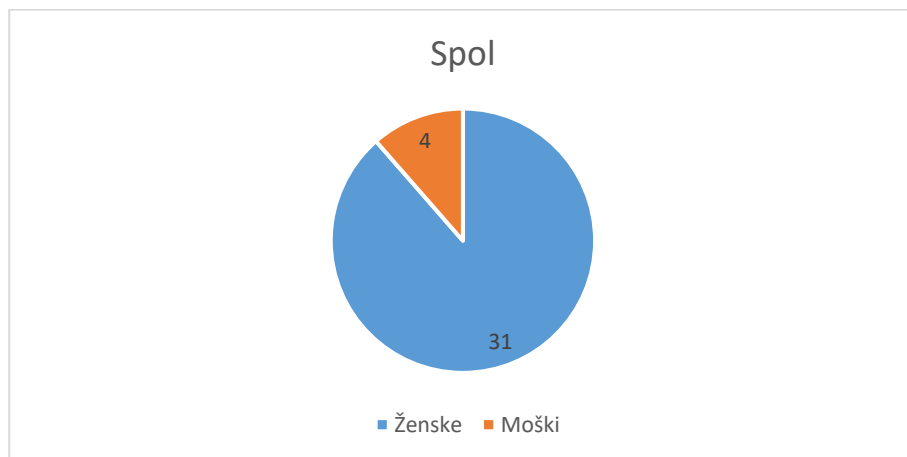
Ker je hrup predvsem mentalna percepcija zvoka, je subjektivna ocena problematike hrupa v vrtcih zelo pomembna. Cilj subjektivne ocene je preučiti in pokazati razmere uporabnikov v dejanskem okolju.

Subjektivna ocena je bila izvedena s pomočjo standardiziranega anonimnega vprašalnika, pri katerem so sodelovali zaposleni v obravnavanih treh enotah (priloga A).

6.1 Analiza podatkov anketirancev

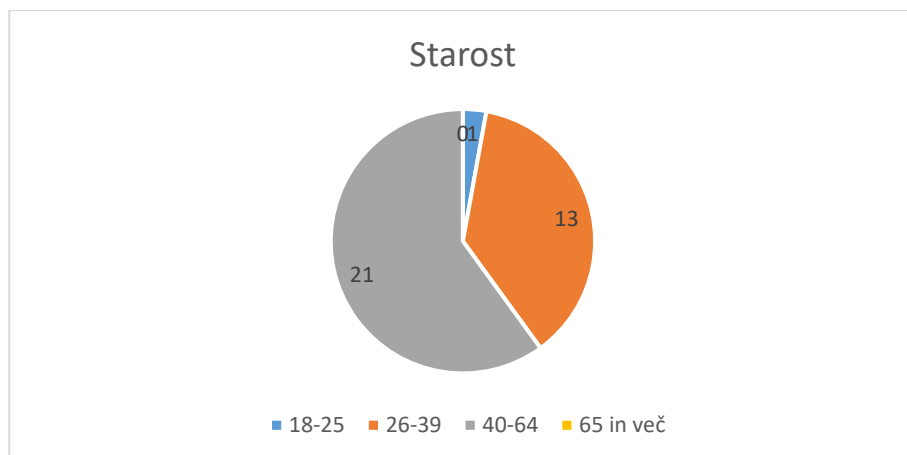
Ustrezno je bilo izpolnjenih 35 vprašalnikov – 25 anketnih vprašalnikov iz enote Kekec, 6 anketnih vprašalnikov iz enote Rožle (Rožičeva), in 4 anketni vprašalniki iz enote Rožle (Pokopališka).

Anketo je izpolnilo 31 žensk in 4 moški (grafikon 2).



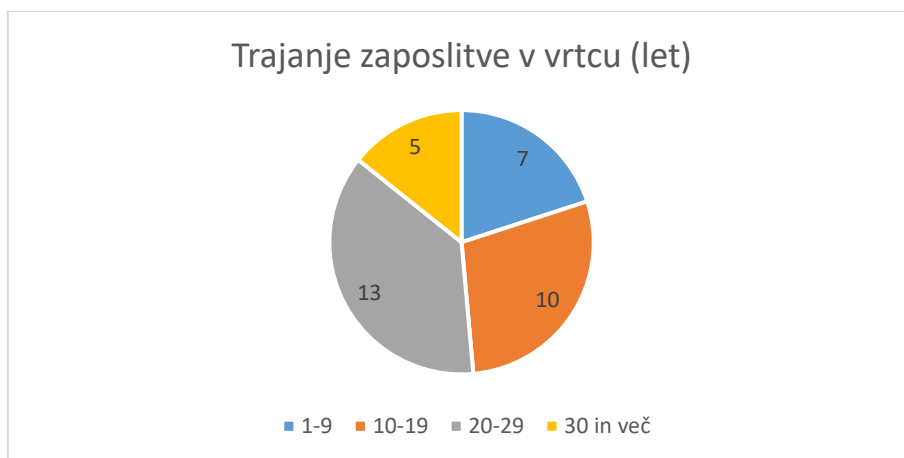
Grafikon 2: Razdelitev anketirancev po spolu (vir: lasten)

Starostna sestava anketirancev je bila sledeča: 1 anketiranec v starostni skupini od 18 do 25 let, 13 anketirancev v starostni skupini od 26 do 39 leta, 21 anketirancev v starostni skupini od 40 do 64 let, v starostni skupini 65 in več let anketirancev ni bilo (grafikon 3).



Grafikon 3: Starostna sestava anketirancev (vir: lasten)

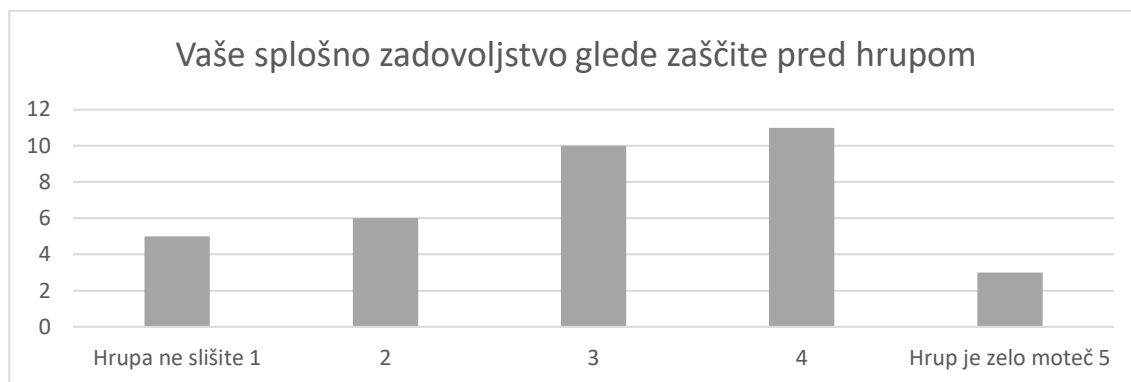
Glede trajanja zaposlitve v vrtcu je bila sestava anketirancev sledeča: od 1 do 9 let je zaposlenih 7 anketirancev, od 10 do 19 let je zaposlenih 10 anketirancev, od 20 do 29 let je zaposlenih 13 anketirancev, 30 in več let je v vrtcu zaposlenih 5 anketirancev (grafikon 4).



Grafikon 4: Trajanje zaposlitve v vrtcu (v letih) (vir: lasten)

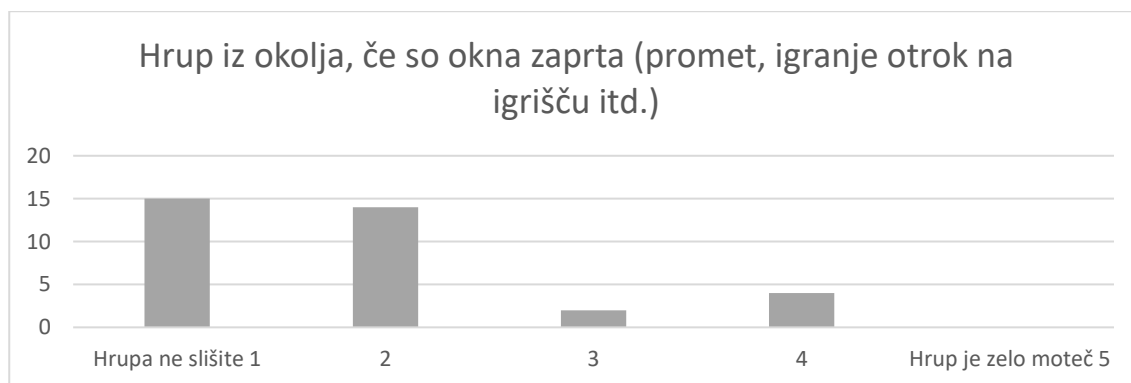
6.2 Analiza rezultatov

Pri vprašanju o splošnem zadovoljstvu glede zaščite pred hrupom je večina anketiranih odgovorila, da je hrup v vrtcu zmerno do precej moteč. Da hrupa ne slišijo oziroma jih ne moti, je odgovorilo 5 anketirancev, da je hrup zelo moteč pa 3 anketiranci (grafikon 5).



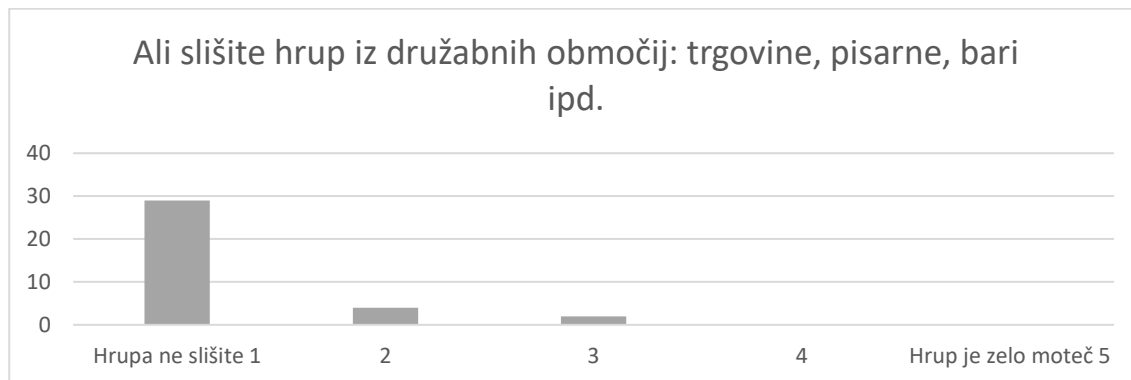
Grafikon 5: Splošno zadovoljstvo glede zaščite pred hrupom (vir: lasten)

V primeru, da so okna v igralnicah zaprta, anketirance generalno hrup iz okolja ne moti. Da hrupa ne slišijo, je odgovorilo 15 anketirancev, da hrup slišijo le malenkost, pa je odgovorilo 14 anketirancev (grafikon 6).



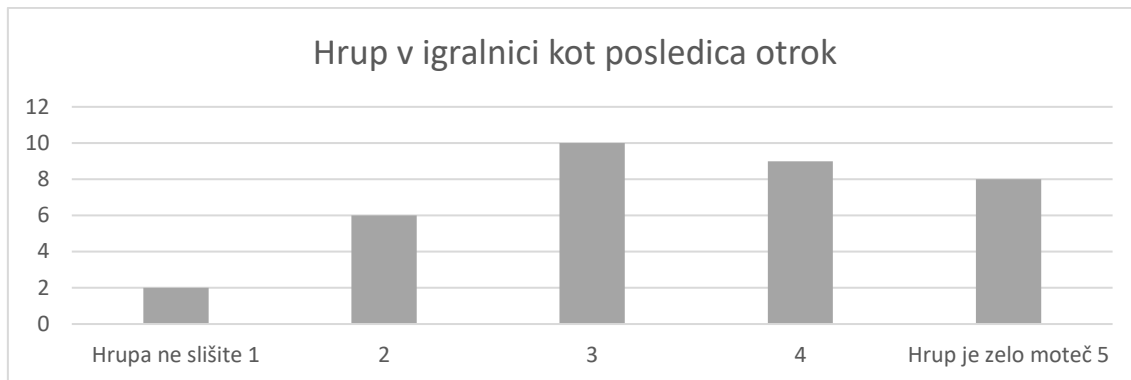
Grafikon 6: Hrup iz okolja, če so okna zaprta (vir: lasten)

Podobno je pri vprašanju o hrupu iz družabnih območij. Velika večina anketirancev je pri tem vprašanju odgovorila, da hrupa iz družabnih območij ne slišijo (grafikon 7).



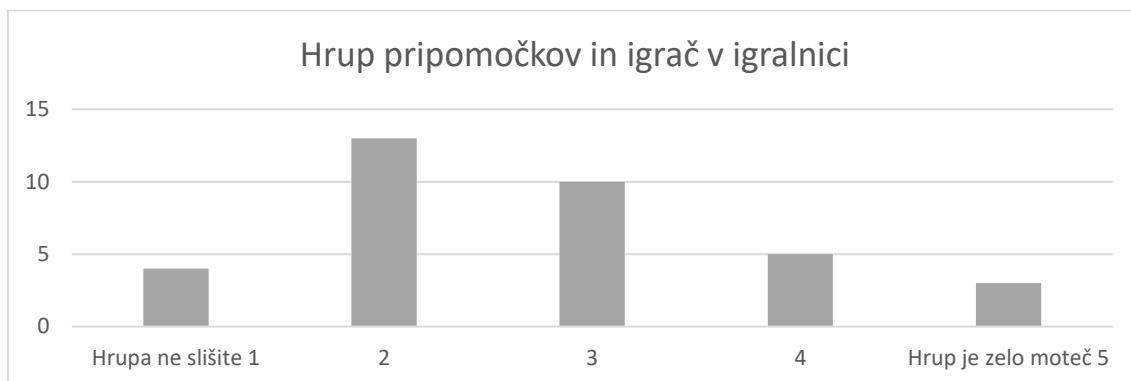
Grafikon 7: Hrup iz družabnih območij (vir: lasten)

Ravno nasprotno je pri hrupu v igralnicah, ko je hrup posledica otrok. Za anketirance je ta hrup zmerno do zelo moteč. Da je zmerno moteč (ocene 2–4) je odgovorilo 25 anketirancev, da je hrup zelo moteč pa 8 anketirancev. Samo 2 anketiranci sta odgovorila, da hrupa v igralnici, ki ga povzročajo otroci, ne slišita (grafikon 8).



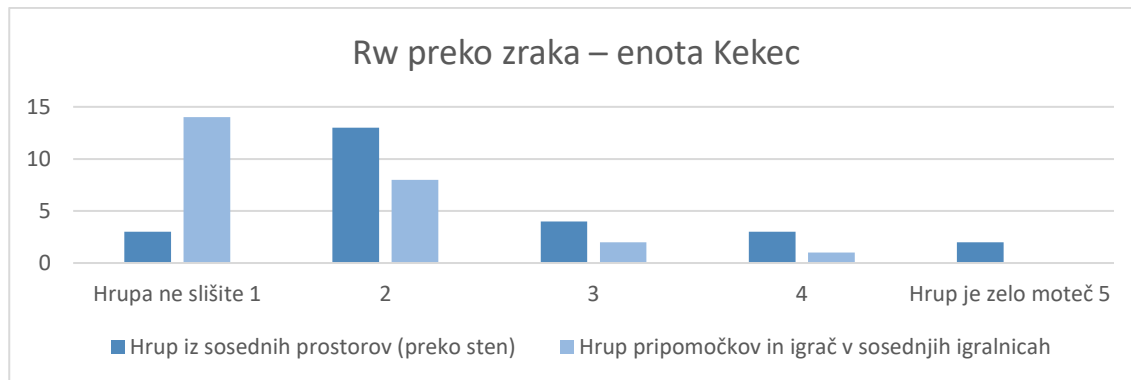
Grafikon 8: Hrup v igralnici kot posledica otrok (vir: lasten)

Pri vprašanju o hrupu pripomočkov in igrač v igralnicah je 28 anketirancev odgovorilo, da je hrup zmerno moteč. 4 anketiranci so odgovorili, da hrupa ne slišijo, za 3 je hrup zelo moteč (grafikon 9).



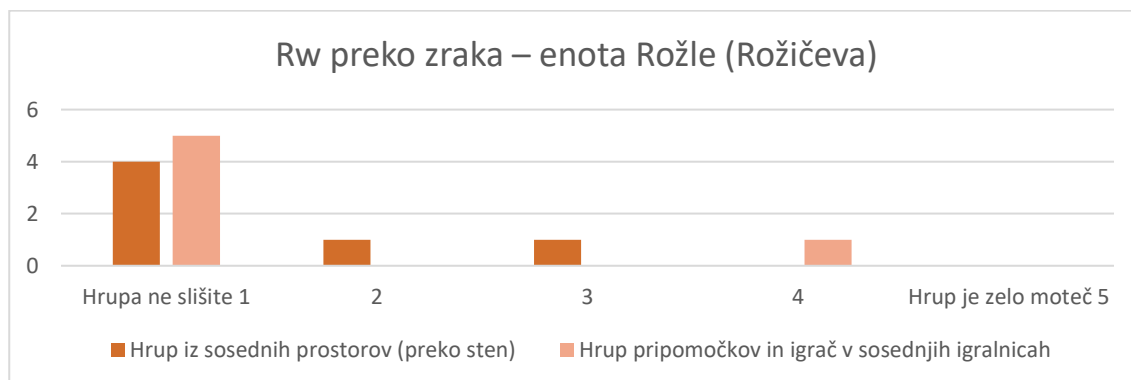
Grafikon 9: Hrup pripomočkov in igrač v igralnici (vir: lasten)

V enoti Kekec je večina anketirancev odgovorila, da hrupa iz sosednjih prostorov, ki se prenaša preko sten, in hrupa pripomočkov ter igrač v sosednjih igralnicah ne slišijo oziroma slišijo samo malenkost. Ocenimo lahko, da hrup, ki se prenaša preko zraka iz sosednjih igralnic, v enoti Kekec ni problematičen (grafikon 10).



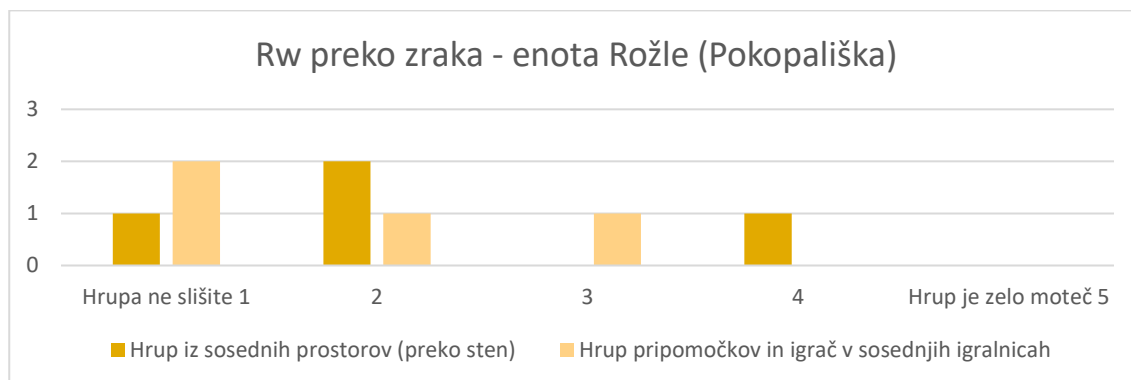
Grafikon 10: Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten) ter hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah – enota Kekec (vir: lasten)

Podobno kot v enoti Kekec je tudi v enoti Rožle (Rožičeva) večina anketirancev odgovorila, da hrupa, ki se prenaša preko zraka iz sosednjih igralnic, ne sliši (grafikon 11).



Grafikon 11: Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten) ter hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)

Tako je tudi v enoti Rožle (Pokopališka) večina anketirancev odgovorila, da hrupa, ki se prenaša preko zraka iz sosednjih igralnic, ne sliši oziroma ga sliši samo malo (grafikon 12).



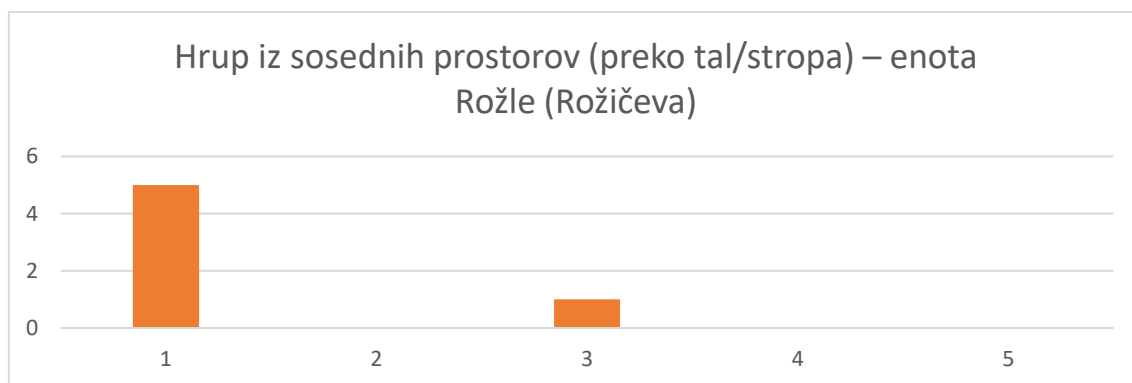
Grafikon 12: Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten) ter hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten)

Hrup iz sosednjih prostorov v enoti Kekec, ki se prenaša preko tal in stropov, ni problematičen. Večina anketirancev je odgovorila, da jih hrup ne moti oziroma jih malenkost moti. Nihče ni ocenil, da je hrup zelo moteč (grafikon 13).



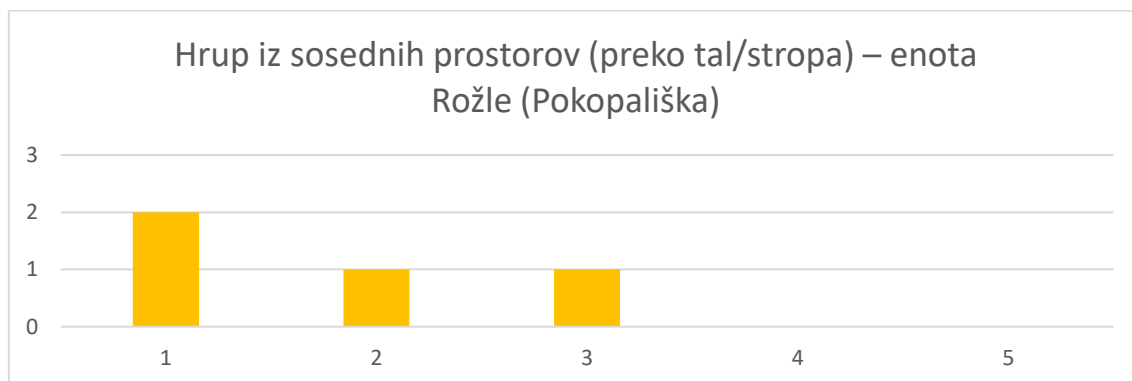
Grafikon 13: Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa) – enota Kekec (vir: lasten)

Tudi v enoti Rožle (Rožičeva) so si odgovori anketirancev skoraj enotni: hrupa iz sosednjih prostorov, ki se prenaša preko tal in stropov, ne slišijo (grafikon 14).



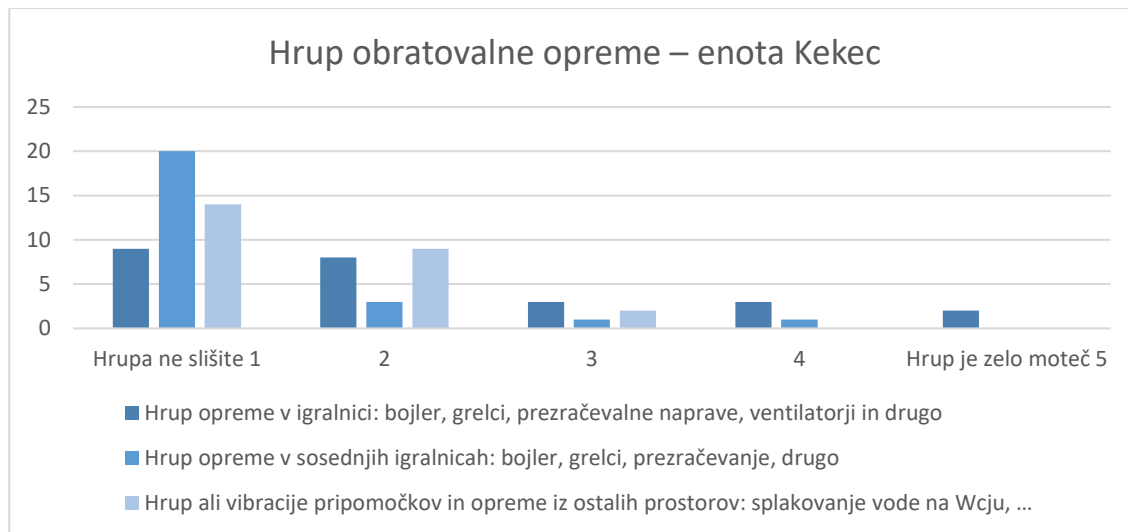
Grafikon 14: Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa) – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)

V enoti Rožle (Pokopališka) sta 2 anketiranca odgovorila, da hrupa ne slišita, za 2 anketiranca pa je hrup zmerno moteč. Nihče ni odgovoril, da je hrup zelo moteč. (grafikon 15).



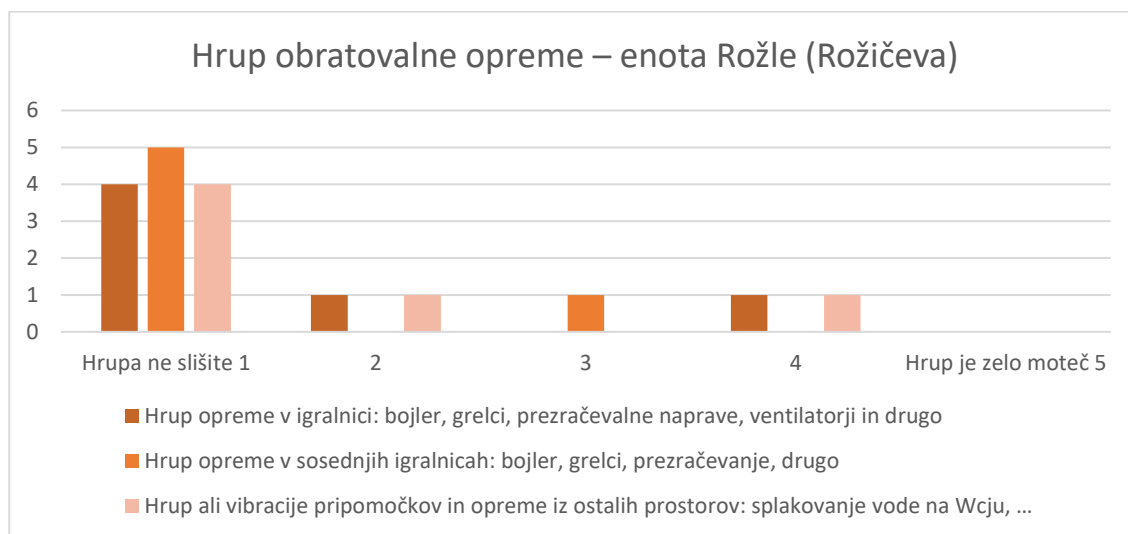
Grafikon 15: Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa) – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten)

V enoti Kekec je večina anketirancev odgovorila, da hrupa obratovalne opreme ne slišijo oziroma je ta samo malenkost moteč (grafikon 16).



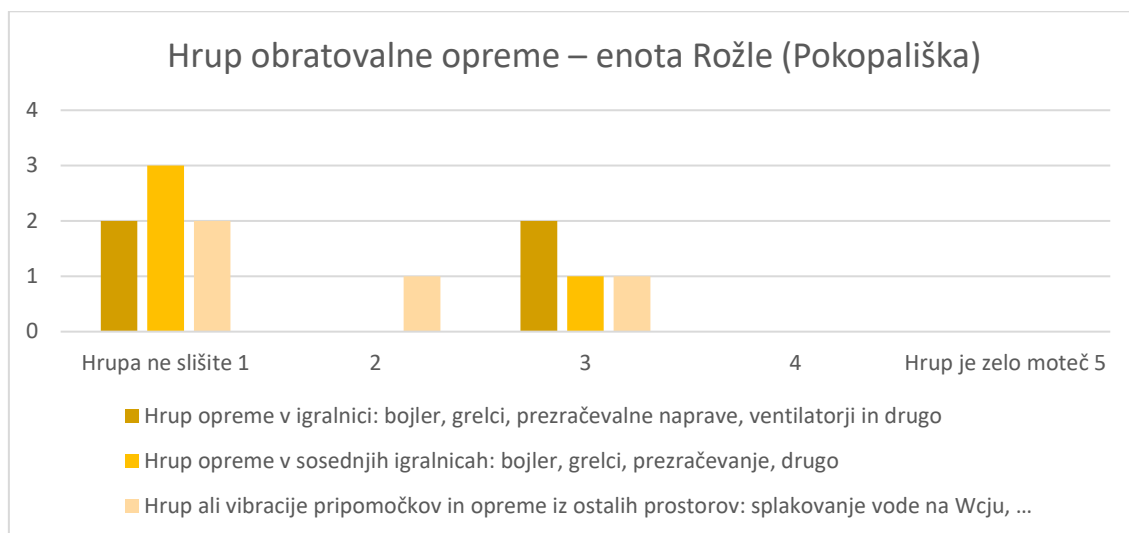
Grafikon 16: Hrup obratovalne opreme – enota Kekec (vir: lasten)

Podobno je s hrupom obratovalne opreme v enoti Rožle (Rožičeva), kjer hrupa ne sliši večina anketirancev (grafikon 17).



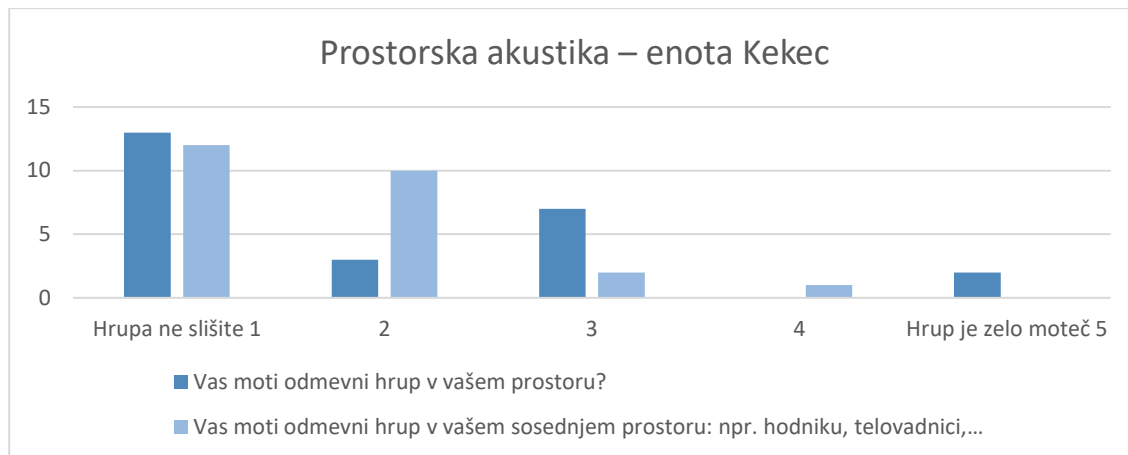
Grafikon 17: Hrup obratovalne opreme – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)

V enoti Rožle (Pokopališka) si odgovori niso tako enotni. 2 oziroma 3 anketiranci hrupa obratovalne opreme ne slišijo, 1 oziroma 2 anketiranca pa sta ocenila, da je hrup delno moteč in ga slišita. Predvidevamo, da je razlog v dejstvu, da sta v enoti dve igralnici. V pritličju je pri igralnici zelo glasna elektroomarica, medtem ko je pri igralnici v prvem nadstropju ni (grafikon 18).



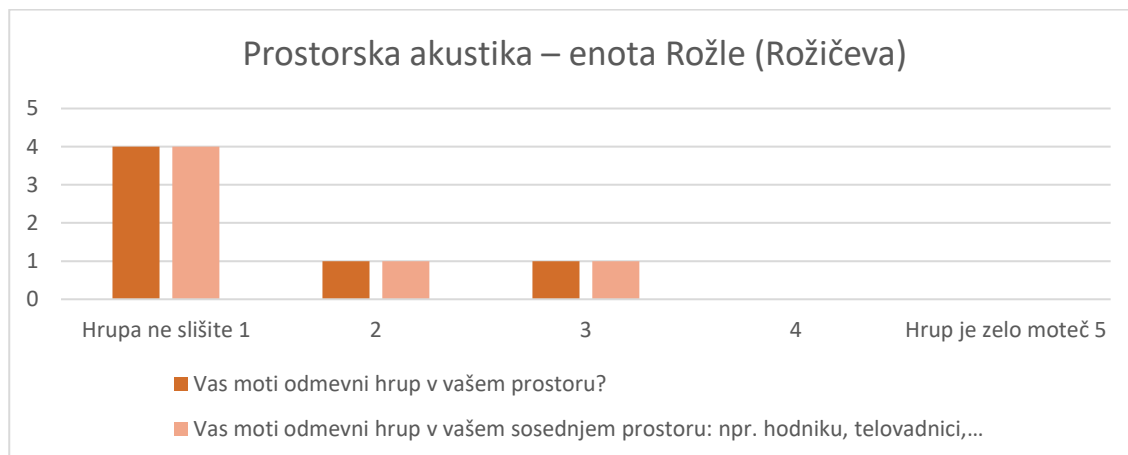
Grafikon 18: Hrup obratovalne opreme – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten)

Anketiranci v enoti Kekec ocenjujejo, da jih po večini odmevni hrup ne moti. Precej do zelo moteč je namreč samo za par anketirancev (grafikon 19).



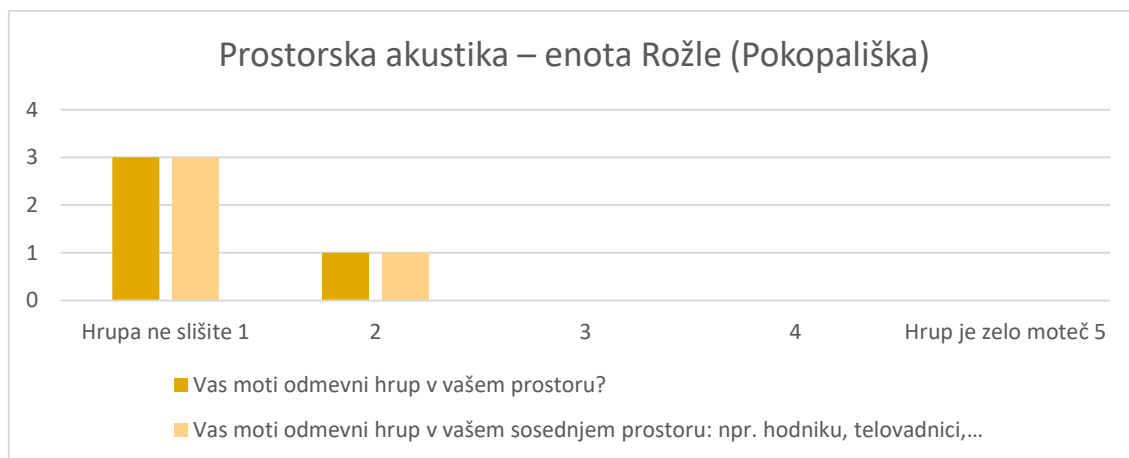
Grafikon 19: Prostorska akustika – enota Kekec (vir: lasten)

Odgovori v enoti Rožle (Rožičeva) so podobni kot v enoti Kekec. Tudi v tej enoti odmevni hrup v prostoru in iz sosednjega prostora ni moteč (grafikon 20).



Grafikon 20: Prostorska akustika – enota Rožle (Rožičeva) (vir: lasten)

Prav tako so odgovorom v enoti Kekec podobni odgovori v enoti Rožle (Pokopališka), kjer so 3 anketiranci odgovorili, da jih odmevni hrup nič ne moti, 1 anketiranca pa odmevni hrup moti le malenkost (grafikon 21).



Grafikon 21: Prostorska akustika – enota Rožle (Pokopališka) (vir: lasten)

Čeprav so bili pri meritvah izmerjeni kar visoki odmevni časi, ki bi lahko bili problematični in moteči, so anketiranci odgovorili, da jih odmevni hrup ne moti. Razlog je v tem, da so bile meritve izvedene v praznih igralnicah.

7 RAZPRAVA

Primerjava rezultatov zvočne izolirnosti zunanjih ločilnih konstrukcij, dobljenih z meritvami in izračuni na podlagi meritev, ter rezultatov, dobljenih z izračunom v programu HRUP 13, prikazuje relativno velike razlike. Predvidevamo, da so vrednosti, dobljene z meritvami, relativnejše in pravilnejše od tistih, dobljenih z modeliranjem v programu, saj na voljo niso bili točni podatki za sestave konstrukcijskih sklopov. Do podobnih ugotovitev prihaja tudi Nejc Vrhovec v svojem delu (2021). Tako so bile vrsta opeke in malte za omet, vrsta toplotnih izolacij ter zvočna izolirnost zasteklitve izbrane na podlagi informacij strokovnega sodelavca v varovanih ustanovah ter na podlagi naših predvidevanj.

Pravo nasprotje je primerjava rezultatov odmevnih časov, dobljenih z meritvami in izračuni ter simulacijo v programu ARTIE, kjer so vrednosti odmevnih časov podobne in pričakovane. Vsekakor je lažje oceniti, izbrati in modelirati prave materiale zaključnih slojev sten, tal in stropov kot sestavo materialov v notranjosti konstrukcijskih sklopov. Do manjših odstopanj sicer je prišlo, vendar ocenjujemo, da je to posledica postavitve elementov pri dejanskih meritvah in razporeditvah, ki jih upoštevajo simulacije v programih. Opazili smo, da je pri meritvah veliko vlogo igrala že postavitve miz in stolov, prav tako dejstvo, ali so bili igrače in elementi igralnice pospravljeni ali ne, ter stanje, v kakršnem je bila igralnica na dan meritev.

Zanimiva je bila subjektivna ocena problematike hrupa, ki je bila izvedena na podlagi anketiranja zaposlenih v posameznih enotah. Subjektivna ocena je pokazala sicer splošno nezadovoljstvo glede hrupa, vendar se razlogi za nezadovoljstvo po posameznih enotah močno razlikujejo.

Povezave med subjektivno oceno problematike hrupa in rezultati meritev so jasne. V enoti Rožle (Pokopališka) smo že med meritvami opazili, da je v bližini ene igralnice zelo močan vir hrupa obratovalne opreme. Tako je prikazano tudi na anketi, v kateri sta vzgojiteljici, ki delata z otroki v tej igralnici, odgovorili, da ju hrup obratovalne opreme moti. Nasprotno sta vzgojiteljici, ki delata v drugi igralnici, ki je bolj oddaljena od vira hrupa, odgovorili, da ju hrup ne moti. Zelo pomembna je sestava zaključnega sloja tal in sten, saj je od tega odvisen drugi pomembnejši vir hrupa, to je hrup kot posledica padca igrač in opreme. Tudi pri odmevnem času so pomembne razlike med igralnicami in enotami. V igralnici enote Kekec je bilo takoj opaziti, da je odmevni čas malenkost predolg, v igralnici enote Rožle (Pokopališka) pa je bila prostorska akustika odlična. Tako so ocenili tudi vzgojitelji in vzgojiteljice. Enota Rožle (Pokopališka) je bila pred kratkim celostno obnovljena. Opazno je bila pri obnovi toplotnega stavbnega ovoja in zvočne izolirnosti fasade in zasteklitve pomembna tudi prostorska akustika. Akustični paneli na stropu, blazine na spodnjem delu sten – vse to so elementi, ki pozitivno vplivajo na ugodje glede hrupa.

8 PREDLOGI UREDITVE

Zvočna zaščita stavb in prostorska akustika sta bistveni zahtevi, ki jih morajo izpolnjevati objekt kot celota in njegovi posamezni deli (Uredba 30572011; GZ 2017). Zagotavljata se v procesu korakov morfologije načrtovanja stavb (Krainer, 2002) in sta odvisni od kakovosti izvedbe posameznih faz, ki se jih izvede v procesu graditve. Te so: 1. določitev namembnosti; 2. geomorfološke, klimatske in lokacijske danosti; 3. geometrija objekta in orientacija; 4. definicija aktivnih con (prostori z namembnostjo) in zahtevanih pogojev; 5. določitev funkcionalnih con (konstrukcijski sklopi, stavbni ovoj), sestave in križanja; 6. podporni sistemi za delovanje objekta (npr. sistemi za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje, HVAC). V začetni fazi zasnove stavbe naj bo orientacija varovanih prostorov stran od hrupnih virov. Pri tlorisni zasnovi aktivnih prostorov skupaj pozicioniramo cone igranic, prav tako skupaj servisne prostore in kuhinje.

K reševanju problematike je potrebno celovito pristopiti in v zaporedju izvesti najprej primarne, nato sekundarne in kasneje terciarne ukrepe. Primarni ukrepi se izvajajo na viru hrupa. Pri tem se lahko uporabi obratovalno opremo z nižjo emisijo hrupa, ljudi se ozavešča o nižji jakosti hrupa (npr. v knjižnici ipd.). V varovanih prostorih to lahko pomeni uporabo igrač iz mehkejših materialov, ki pri padcu z višine ne povzročajo dodatnega hrupa, ter namestitve mehkih podložk pod stole in mize v prostoru.



Slika 27: Igrača iz mehkejšega materiala (vir: Google)

Sekundarni ukrepi se nanašajo na ukrepe, ki preprečujejo oziroma zmanjšujejo prenos zvoka od vira do obravnavanega prostora. Najenostavneje jih je izvesti v času projektiranja, in sicer na nivoju ustrezno zvočno izoliranih konstrukcijskih sklopov. To pomeni z masivnim gostim materialom omejevati prenos zvoka po zraku in z mehkokoličnimi materiali prenos zvoka po konstrukciji.

Za doseg optimalnih odmevnih časov v prostoru se lahko uporabi akustične panele različnih barv in oblik. Učinkovit ukrep je tudi namestitev dobro zvočno izolativne zasteklitve na transparentnem delu stavbnega ovoja.



Slika 28: Akustični paneli (Šubic, 2017)

Tretji sklop ukrepov so terciarni ukrepi, po katerih posežemo le v primeru, ko so primarni in sekundarni izčrpani. V vrtcih imajo ti zelo omejeno uporabo. Naj omenimo posebne čepke z akustičnimi filtri, ki izločijo problematične frekvence, prepuščajo pa jih za govor.

9 ZAKLJUČEK

V okviru magistrskega dela smo s študijo več primerov celovito preučili problematiko hrupa v vzgojno-varstvenih ustanovah z vidika zvočne izoliranosti zunanjih in notranjih ločilnih elementov ter prostorske akustike. S pomočjo kombinacije meritev in izračunov smo potrdili oziroma ovrgli sledeče hipoteze.

Hipoteza 1 je trdila, da zvočna izolirnost fasade ne ustreza zahtevanim vrednostim po Tehnični smernici TSG-1-005:2012 za doseg ustrezne zvočne zaščite stavb glede na zunanje obremenitve.

Hipoteza je bila za vse tri obravnavane prostore v enotah Kekec, Rožle (Rožičeva) in Rožle (Pokopališka) ovržena. Zvočna izolirnost fasade namreč po izračunih na osnovi meritev in simulacijah s programom HRUP 13 ustreza zahtevam po Tehnični smernici TSG-1-005:2012.

Hipoteza 2 se je nanašala na zvočno izolirnost notranjega ločilnega elementa.

Hipoteza 2 je bila potrjena za obravnavani prostor v enoti Rožle (Rožičeva) in obravnavani prostor v enoti Rožle (Pokopališka). V obravnavanem prostoru enote Kekec meritve niso bile izvedene. Ocenjujemo, da je zaradi lege sanitarij in posledično dvojne predelne stene zvočna izolirnost ločilnega elementa ustrezna. Poleg dobre zvočne izoliranosti ločilnih konstrukcij je pomembna tudi dobra zvočna izolirnost stavbnega pohištva. Čeprav glede na debelino predelne stene in uporabljene materiale konstrukcijskega sklopa zvočna izolirnost notranjega ločilnega elementa ustreza zahtevam, zaradi napačne izbire – slabo zvočno izolirana drsna vrata – zvočna izolirnost celotnega notranjega ločilnega elementa ni ustrezna.

Področje prostorske akustike je obravnavala hipoteza 3, ki trdi, da odmevni čas presega optimalne vrednostim po Tehnični smernici TSG-1-005:2012 za prostorsko akustiko v izbranih varovanih prostorih.

Hipoteza 3 je bila potrjena za vse obravnavane prostore enot Kekec, Rožle (Rožičeva) in Rožle (Pokopališka). V vseh treh primerih so optimalne vrednosti močno presežene.

Rezultati anket so pokazali, da zadovoljstvo zaposlenih glede zaščite stavb pred hrupom v splošnem ni ustrezno. Rezultati anket so primerljivi z objektivnimi meritvami in izračuni. Največji problem po navedbah zaposlenih predstavlja hrup pripomočkov, opreme in otrok v igralnicah. Hrup iz okolja zaposlenim ni problematičen, prav tako ne hrup iz sosednjih prostorov in hrup zaradi hoje po stopnicah ter padca igrač. Tudi odmevni čas po mnenju zaposlenih ni problematičen. Zato ocenjujemo, da je posledica splošnega nezadovoljstva glede hrupa kombinacija vseh navedenih parametrov, kjer vsak doprinese delček k splošnemu nezadovoljstvu. S tem potrjujemo hipotezo 4.

Raziskava je pokazala, da kljub temu, da so izpolnjene nekatere zahteve glede zvočne izoliranosti fasade, notranjih ločilnih elementov in obratovalne opreme, zaposleni izražajo splošno nezadovoljstvo glede zaščite pred hrupom. Ugotovili smo, da je k problematiki čezmernih ravni hrupa v vzgojno-varstvenih ustanovah zato potrebno pristopati celovito, še posebej v luči prenov in novogradenj, kjer lahko že na primarni ravni ukrepov zagotovimo primerno zvočno izolirano ter primerno akustično okolje za otroke in zaposlene.

VIRI

TSG-1-005: 2012 Tehnična smernica zaščita pred hrupom v stavbah. Republika Slovenija Ministrstvo za okolje in prostor.
https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Graditev/tsg_005_zascita_pred_hrupom.pdf (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah. Uradni list RS št. 10/12 in 61/17 – GZ, Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor 2012.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10622>
(Pridobljeno 23. 11. 2021)

Persson Wayne K, Fredriksson S, Hussain-Alkhateeb L, Gustafsson J, van Kamp I. Preschool teachers' perspective on how high noise levels at preschool affect children's behavior. *PLoS One*. 2019;14(3):e0214464. Published 2019 Mar 28. doi:10.1371/journal.pone.0214464
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6438537/> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Kemp AA, Delecrode CR, Guida HL, Ribeiro AK, Cardoso AC. Sound pressure level in a municipal preschool. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2013;17(2):196-201. doi:10.7162/S1809-97772013000200013
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4423315/> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Khajenasiri F, Zamanian A, Zamanian Z. The Effect of Exposure to High Noise Levels on the Performance and Rate of Error in Manual Activities. *Electron Physician*. 2016;8(3):2088-2093. Published 2016 Mar 25. doi:10.19082/2088
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4844473/> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Čudina, M. 2014. Tehnična akustika : merjenje, vrednotenje in zmanjševanje hrupa in vibracij / Mirko Čudina. - 22. dopolnjena izd.-Ljubljana : Fakulteta za strojništvo. Str. 3

Evidenca vzgojno-izobraževalnih zavodov in vzgojno-izobraževalnih programov. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, 2021. <https://paka3.mss.edus.si/registriweb/default.aspx>
(Pridobljeno 23. 11. 2021)

SURS, 2021. Število otrok, vpisanih v vrtce, narašča.
<https://www.stat.si/obcine/sl/Theme/Index/IzobrazevanjeVrtci> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Agencija RS za okolje. Izpostavljenost otrok povišani ravni hrupa zaradi cestnega prometa v Ljubljani. <http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/izpostavljenost-otrok-povisani-ravni-hrupa-zaradi-cestnega-prometa-v-ljubljani-0> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Arhim. Elaborat zaščite pred hrupom.
<https://www.arhim.si/s/elaborat-zascite-pred-hrupom/> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

LarsonDavis, 2021. Manual.
<http://www.larsondavis.com/products/soundlevelmeters/model831> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

SIST EN ISO 12354-3:2017, Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanosti (ISO 12354-3:2017)

ŠUBIC, Nika, KUNIČ, Roman. Računalniški program za analizo akustike notranjega okolja "ARTIE" : navodila za uporabo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2018. 29 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 8515169]

Dovjak M. 2020. Študijsko gradivo za mag. program, 2. stopnja, 2. letnik, predmet Bivalno okolje. Zvočna zaščita stavb ppt. FGG UL, Ljubljana.

Pravilnik o emisiji hrupa gospodinjskih strojev (Uradni list RS, št. 13/01 s spr.). <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV515> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Noise master active noise canceling headphones. 2021.
<http://www.technofirst.com/en/noisemaster-active-noise-cancelling-headphones/>
(Pridobljeno 23. 11. 2021)

Igrača iz mehkejšega materiala. 2021.
<https://www.amazon.com/dp/B00D7KHT86> (Pridobljeno 23. 11. 2021)

Šubic N. 2017. Izboljšanje akustične klime prostorov v vzgojno varstvenih ustanovah. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 61

Vrhovec N. 2021. Analiza vpliva različnih ravni zunanje hrupa na ravni hrupa v stavbah pri različnih sestavah stavbnega ovoja. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 42

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: Anketni vprašalnik

PRILOGA A: ANKETNI VPRAŠALNIK

VPRAŠALNIK

Namen naslednjega anonimnega vprašalnika je pridobiti vaše subjektivno mnenje o hrupu v vzgojno-varstvenih ustanovah, za potrebe izdelave zaključnega dela na magistrskem študijskem programu Stavbarstvo, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Zaželeno je, da anketo rešite elektronsko (spremenite barvo izbire/odgovora), ter mi jo posredujete na elektronski naslov jure.stamac@gmail.com.

Za dodatna vprašanja in pojasnila sem vam na voljo na telefonski številki 041 248 932 ali preko email naslova jure.stamac@gmail.com.

Že vnaprej se vam lepo zahvaljujem za vašo pomoč,
Jure Stamač, dipl. inž. grad. (UN)

1. Osebni podatki

Na začetku vas prosim, da navedete nekaj osebnih podatkov. Prosim označite odgovor.

Spol: ženska moški

Starost (let): 18-25 26-39 40-64 65 in več

Trajanje zaposlitve v vrtcu (let): 1-9 10-19 20-29 30 in več

Delo v enoti: Rožle (Rožičeva) Rožle (Pokopališka) Kekec

2. Sklop

Spodaj je naveden sklop trditev, ki se nanašajo na hrup na delovnem mestu. Vaša naloga je, da pri vsaki trditvi s pomočjo 5-stopenjske lestvice (1-hrupa ne slišite, 2-slišite hrup vendar ni moteč, 3-slišite hrup, ki je rahlo moteč, 4-slišite hrup, ki je precej moteč in 5-hrup je zelo moteč in nadležen) ovrednotite v kolikšni meri opisana trditev opisuje vašo situacijo na delovnem mestu in obkrožite številko, ki najbolj ustreza vašemu občutku ali mnenju.

Kako moteči so bili v zadnjih 12 mesecih za vas sledeči dejavniki?	Hrupa ne slišite				Hrup je zelo moteč
Vaše splošno zadovoljstvo glede zaščite pred hrupom	1	2	3	4	5
Hrup v igralnici kot posledica otrok	1	2	3	4	5
Hrup iz sosednjih prostorov (preko sten)	1	2	3	4	5
Hrup iz sosednjih prostorov (preko tal/stropa)	1	2	3	4	5

Hrup pripomočkov in igrač v igralnici	1	2	3	4	5
Hrup opreme v igralnici: bojler, grelci, prezračevalne naprave, ventilatorji ali drugo	1	2	3	4	5
Hrup pripomočkov in igrač v sosednjih igralnicah	1	2	3	4	5
Hrup opreme v sosednjih igralnicah: bojler, grelci, prezračevanje, drugo	1	2	3	4	5
Hrup ali vibracije pripomočkov in opreme iz ostalih prostorov: splakovanje vode na WC-ju, sušilnikov rok v sanitarijah, kuhinjski pripomočki ipd.	1	2	3	4	5
Hrup iz okolja, če so okna zaprta (promet, igranje otrok na igrišču, itd.)	1	2	3	4	5
Vas moti odmevni hrup v vašem prostoru?	1	2	3	4	5
Vas moti odmevni hrup v vašem sosednjem prostoru: npr. Hodniku telovadnici, jedilnici, kuhinji ipd.	1	2	3	4	5
Ali slišite hrup iz družabnih območij: trgovine, pisarne, bari, restavracije ipd.	1	2	3	4	5