



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ

м-р Марија Хаџи-Николова

**СОВРЕМЕН ПРИСТАП ВО КОНТРОЛА И УПРАВУВАЊЕ НА БУЧАВАТА ВО
УРБАНИ СРЕДИНИ**

-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-

Штип, 2013 г.

Интерен ментор: проф. д-р Борис Крстев,
редовен професор,
Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев“-Штип

Екстерен ментор: проф. д-р Љубица Тодоровска-Ажиевска,
редовен професор во пензија,
Машински факултет,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје

Членови на Комисијата за оценка и одбрана:

Претседател: проф. д-р Тодор Делипетров,
редовен професор,
Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев“- Штип

Член: проф. д-р Благој Голомеов,
редовен професор,
Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член: д-р Дејан Мираковски, доцент,
Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

Научно поле: Животна средина

Научна област: Животна средина

Рецензирани објавени научни и стручни трудови:

1. Mirakovski, Dejan and Hadzi-Nikolova, Marija and Ristic, Ivica and Despodov, Zoran and Panov, Zoran (2011), *Modeling of noise impact assessment on the aggregate surface mines*. In: Integrated International Symposium – ISTI, ORRE i IRSE, 11-15 September 2011, Zlatibor, Serbia.
2. Хаџи-Николова, Марија, Мираковски, Дејан, Донева, Николинка, Гаврилов, Тони (2011), *Фактори кои влијаат на ширењето на бучавата во животната средина*, Природни ресурси и технологии, ФПТН.
3. Hadzi-Nikolova, Marija and Mirakovski, Dejan and Ristova, Emilija and Stefanovska Ceravolo, Ljubica (2012), *Modeling and Mapping of Urban Noise Pollution with SoundPLAN Software*. International Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry MTM (Machines, Tecnologies, Materials), VI (5/2012). pp. 38-42. ISSN 1313-0226.
4. Hadzi-Nikolova, Marija and Mirakovski, Dejan and Stefanovska Ceravolo, Ljubica and Ristova, Emilija and Despodov, Zoran and Panov, Zoran (2012), *A Comparative Study of Noise Polluton Levels in Small and Large Urban Areas*. In: Urban Environmental Pollution, 17-20.06.2012, Amsterdam, The Netherlands.
5. Hadzi-Nikolova M., Mirakovski D., Ristova E., Ceravolo S. Lj., *Modeling and Mapping of urban noise pollution with SoundPLAN Software*, Trans&MOTAUTO`12, 20TH International scientific and technical conference on transport, road bulding, agriculture, hoistng&hauling and military technics and technologies, 27-29.06.2012, Varna, Bulgaria.
6. Hadzi-Nikolova, Marija and Mirakovski, Dejan and Delipetrov, Todor and Arsov, Pance (2012), *Noise Dispersion Modelling in Small Urban Areas with CUSTIC 3.2 Software*. International Journal of Emerging Technology & Advanced Engineering, 2 (12). pp. 84-88. ISSN 2250-2459.
7. Хаџи-Николова, Марија, Мираковски, Дејан, Донева, Николинка (2012), *Фреквентна анализа на бучавата*, Природни ресурси и технологии, ФПТН.
8. Hadzi-Nikolova Marija, Mirakovski Dejan, Despodov Zoran, Doneva Nikolinka, (2013), *Traffic noise in small urban areas*, Trasport & Logistics, ISSN 1451-

107X, Logistics Institute of Industry and Transport, Košice, Slovak Republic. (In Press).

9. Hadzi-Nikolova Marija, Mirakovski Dejan, Zdravkovska Milka, Angelovska Bistra, Doneva Nikolinka, (2013), *Noise Exposure of School Teachers – Exposure Levels and Health Effects*, Archives of Acoustics, ISSN 0137-5075, Indexed and abstracted (from vol. 32(1) 2007) in Science Citation Index Expanded (SciSearch) and Journal Citation Reports. Impact Factor 2011: 0.847 (In press).

Апликативни трудови:

1. Мерење и изработка на извештај за нивото на бучава во околината на термоелектрана-топлана ТЕ-ТО АД Скопје, јуни 2010.
2. Мерење и изработка на извештај за нивото на бучава во околината на Аеродромот „Александар Велики“ - Скопје, декември 2010.
3. Мерење и изработка на извештај за нивото на бучава во околината на Аеродромот „Св.Апостол Павле“ - Охрид, декември 2010.
4. Мерење, изработка на извештај за нивото на бучава во околината на Аеродромот „Александар Велики“ - Скопје и изработка на модел на дисперзија на бучавата во околината на аеродромот со SoundPLAN Software for Noise and Air Pollution Modeling, декември 2011.
5. Мерење и изработка на извештај за нивото на бучава во околината на Аеродромот „Св.Апостол Павле“ - Охрид, декември 2011.
6. Мерење на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас во околината на термоелектрана-топлана ТЕ-ТО АД Скопје во услови кога таа е во мирување и во услови кога работи, април 2012.
7. Мерење на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас во околината на вентилаторите во ПОЦ „САСА“ - Македонска Каменица и изработка на модел на дисперзија на бучавата во околината на вентилаторите и развој на можно сценарио и модел за дисперзијата на бучавата при дислокација на вентилаторите со SoundPLAN Software for Noise and Air Pollution Modeling, октомври 2012.

Голема благодарност им изразувам на моите ментори проф. д-р Борис Крстев и проф. д-р Љубица Тодоровска-Ажиевска за корисните стручни совети и сугестии при изработката на докторската дисертација.

Посебна благодарност до доц. д-р Дејан Мираковски за моралната и стручна поддршка околу осмислувањето на целокупниот концепт и насоките за изработка на докторската дисертација.

Благодарност до членовите на Комисијата за оценка и одбрана на докторската дисертација, проф. д-р Тодор Делипетров и проф. д-р Благој Голомеов, за коректниот однос, конструктивните совети и сугестии.

Благодарност до сите професори и колеги од Факултетот за природни и технички насоки кои придонесоа за успешна реализација на докторската дисертација.

Посебна благодарност до моето семејство, сопругот Стојан и синовите Горан и Филип, за нивното разбирање и несебична поддршка во текот на изработката на докторската дисертација. Благодарност до сопругот за огромната помош при реализирањето на теренските мерења.

М-р Марија Хаџи-Николова

СОВРЕМЕН ПРИСТАП ВО КОНТРОЛА И УПРАВУВАЊЕ НА БУЧАВАТА ВО УРБАНИ СРЕДИНИ

Апстракт

Во докторската дисертација е извршена идентификација и анализа на изворите на бучава во градот Штип (како репрезент за мал урбан центар со динамичен развој, чијшто модел на дисперзија на бучава може да се примени кај сите други слични урбани центри) и разработена е методологија за примена на современи технологии за контрола и управување на бучавата во урбаните средини врз основа на изработените карти на бучава и конфликтни карти на бучава. За таа цел беше извршен двегодишен мониторинг на нивото на бучава на повеќе стратешки мерни места, од кои во докторската дисертација како најрепрезентативни се прикажани резултатите од дваесет мерни места. Врз основа на податоците за постоечкото ниво на бучава во трите подрачја на градот изработени се карти на бучава (мапирање на бучавата) за секое подрачје. Картите на бучава претставуваат појдовна основа за информирање на јавноста за состојбата со нивото на бучава и за изработка на акциони планови за намалување на нивото на бучава.

Бидејќи на сите дваесет репрезентативни мерни места е утврдено надминување на дозволеното ниво на бучава согласно со Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08), посебно кај индикаторот за бучава за вознемиреност во текот на ноќта, L_n , изработени се и карти на разлика на бучава (конфликтни карти на бучава) за секое од трите подрачја и тоа посебно за дневно и ноќно ниво на бучава. Картите на разлика на бучава го прикажуваат надминувањето на постоечкото ниво на бучава во однос на дозволените гранични вредности.

Картите на бучава и конфликтните карти на бучава за трите подрачја се изработени со примена на софтверот SoundPLAN 7.1 Noise and Air Pollution Modeling Software, во рамки на кој постојат апликации за анализирање и предвидување на ширењето на звукот во зададениот модел и кој претставува лидер на полето на мапирање и моделирање на дисперзијата на бучава.

Имајќи го предвид штетното дејство на бучавата врз луѓето, неповратното оштетување на слухот, психолошките и физиолошки негативни

ефекти како резултат на изложеноста на високо ниво на бучава, извршено е мерење на персоналната изложеност на бучава на учениците, како осетлива група на население, во две основни и две средни училишта во Штип.

За регистрирање на персоналната изложеност на бучава на учениците се користени дозиметри за бучава тип ER-200D на фирмата Etymotic Research и Sound Level Dataloger на фирмата Extech.

За утврдување на нивото на позадинска бучава е извршено мерење на нивото на бучава во училниците во кои е вршено мерење на персоналната експозиција на учениците, во услови кога во нив нема настава.

Даден е детален преглед на мерките за контрола и намалување на нивото на бучава и можностите што ги нуди софтверот SoundPLAN на полето на оптимизирање на овие мерки (дизајнирање на заштитни бариери Wall Design, како и модулот за контрола на нивото на бучава од индустриски објекти - Expert System for Industrial Noise). Покрај овие мерки е даден преглед и на можностите за внатрешна звучна изолација на становите со вградување на соодветни прозорци, врати и соодветна изведба на ѕидовите и подот во зависност од вредноста на индексот на звучна изолација.

Клучни зборови: бучава, звучни бранови, дисперзија на бучавата, ниво на бучава, мерење, мапирање, карти на бучава, изложеност на бучава, мерки.

MODERN APPROACH IN MANAGEMENT AND NOISE CONTROL IN URBAN AREAS

ABSTRACT

PhD thesis presents identification and analysis of noise sources in the city of Stip (as a representative for a small urban center with a dynamic development, whose noise dispersion model can be applied in other similar urban centers). Methodology for modern technologies application in management and noise control in urban areas is developed based on generated noise maps and conflicting noise maps. For this purpose, two-year noise level monitoring on strategic measurement points was performed from which in the thesis the results of 20 measurement points as the most representative of them are shown. Using SoundPLAN Noise and Air Pollution Modeling Software, noise dispersion model (noise maps) were generated for three areas in city of Stip. Noise maps represent a basis for public informing about the situation of noise level and for development of action plans for noise level reducing.

Because noise level exceeded permissible noise level of each 20 representative measurement points in accordance to the Regulations for limits of the environmental noise levels („Official Gazette on the Republic of Macedonia" No.147/08), especially in noise indicator for night annoyance, L_n , noise difference maps (conflicting noise maps) are generated for each of the three areas separately for daily and night time noise levels. Conflicting noise maps shown the overcoming of the existing noise level above the allowable limits. Noise maps and conflicting noise maps for three areas are generated using SoundPLAN 7.1 Noise and Air Pollution Modeling Software, within exists applications for analyzing and predicting on sound dispersion in the given model and it is a leader in the field of noise mapping and modeling.

Bearing in mind the humans` harmful noise effects, irreversible hearing damage, psychological and physiological adverse effects as a result of high noise levels exposure the measurement of students' personal noise exposure as sensitive population group in two primary and two secondary schools in Stip is performed .

Students` personal noise exposure using noise dosimeters type ER-200D, Etymotic Research and Sound Level Dataloger, Extech is determined.

Background noise level in the classroom by measurements when no teaching is determined.

Detailed review on control and noise reducing measures and the possibilities offered by SoundPLAN Software in the field of optimizing of these measures (designing protective barriers with Wall Design, and Module for noise level control from industrial facilities – Expert System for Industrial Noise) is shown. Also review on the possibilities of internal sound insulation of dwellings by installing proper windows, doors and proper performance of the walls and the floor, depending on the value of the sound insulation index is shown.

Keywords: *noise, sound waves, control, management, noise dispersion, noise level, measurement, noise maps, noise exposure, measures.*

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
2. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	6
3. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЧКАТА РАБОТА	7
4. ОСНОВИ НА АКУСТИКАТА	8
4.1. Поим за звук	8
4.2. Звучен притисок	11
4.3. Перцепција на звукот	15
4.4. Брзина на звукот	16
4.5. Бранова должина, фреквенција и Бранов број	19
4.6. Енергија на звукот	20
4.7. Моќност на звукот	21
4.8. Интензитет на звукот	21
4.9. Густина на звучната енергија	23
4.10. Индекс на насоченост и фактор на насоченост на звучните бранови	25
4.11. Гласност	27
4.12. Ниво на бучава	29
4.13. Октавни појаси	29
4.14. Нормирани звучни нивоа	32
4.14.1. <i>Криви за фреквентно нормирање</i>	32
4.15. Комбинирање на звучни извори	35
4.14.2. <i>Собирање на звучни нивоа</i>	35
4.14.3. <i>Одземање на звучни нивоа</i>	36
5. ПОИМ ЗА БУЧАВА	38
5.1. Временска распределба на бучавата	39
5.2. Видови бучава	40
5.2.1. <i>Континуирана бучава</i>	40
5.2.2. <i>Дисконтинуирана бучава</i>	41
5.2.3. <i>Импулсивна бучава</i>	41
5.2.4. <i>Експлозивна бучава</i>	42
5.2.5. <i>Ниско фреквентна бучава</i>	42

5.3. Фактори кои влијаат врз дисперзијата на бучавата	43
5.3.1. Вид на изворот	44
5.3.2. Бариери	45
5.3.3. Атмосферска апсорпција	47
5.3.4. Влијание на ветарот	47
5.3.5. Влијание на температура	49
5.3.6. Влијание на земјината површина	49
5.3.7. Влијание на рефлексивната на звучните бранови	50
5.3.8. Влијание на отворени и затворени прозорци	51
5.4. Идентификација на звучните извори	52
5.5. Влијание на бучавата врз луѓето	53
5.5.1. Влијание на бучавата во зависност од јачината	56
5.5.2. Влијание на бучавата во зависност од фреквенција	57
6. РАМКОВНА ПОЛИТИКА ЗА КОНТРОЛА И УПРАВУВАЊЕ НА БУЧАВАТА ВО УРБАНИ СРЕДИНИ	58
6.1. Контрола на бучавата	61
6.2. Управување со бучавата во животната средина	62
6.3. Цел на политиката за контрола и управување на бучавата	65
6.4. Примена на политиката за контрола и управување на бучавата	65
6.5. Превенција на негативното влијание на бучавата	67
6.5.1. Избегнување на несоодветна локација на изворите на бучава	67
6.5.2. Утврдување на специфичното ниво на бучава карактеристично за нов проект	68
6.5.3. Откупување на земјиштето	71
6.6. Преглед на пристапот во спроведување на политиката за управување и контрола на бучавата во животната средина	72
6.6.1. Главни процеси вклучени во примената на политика за управување и контрола на нивото на бучава	73
6.6.2. Процес на процена и управување со влијанието на бучавата	74
6.6.3. Утврдување на специфичните нивоа на бучава	75
6.6.4. Предвидување на влијанието на изворите на бучава	76
6.6.5. Процена на веројатноста за појава на ветер и	77

температурна инверзија и зголемување на <i>влијанието на бучавата на локацијата</i>	
6.6.6. <i>Процес на преговори за условите за добивање на согласност (дозвола) за проектот</i>	78
7. НОРМИРАЊЕ НА БУЧАВАТА	79
7.1. Принципи на кои се засноваат критериумите за бучава	79
7.2. Критериуми за процена на бучавата	80
7.2.1. <i>Критериуми за вознемиреност</i>	80
7.2.2. <i>Критериуми за удобност</i>	81
7.3. Норми за бучава во животната средина	81
7.4. Фактори на модификација на изворот на бучава	85
8. МОНИТОРОНГ НА БУЧАВАТА	89
8.1. Основни принципи на мерење	93
9. РЕЗУЛТАТИ ОД МЕРЕЊЕТО НА НИВОТО НА БУЧАВА ВО ШТИП	96
9.1. Опис на мерните места	99
9.1.1. <i>Подрачје 1</i>	99
9.1.2. <i>Подрачје 2</i>	115
9.1.3. <i>Подрачје 3</i>	146
9.2. Интерпретација на резултатите од мониторингот на бучава во градот Штип	162
10. МОДЕЛИРАЊЕ И МАПИРАЊЕ НА БУЧАВАТА	165
10.1. Општ приказ на изработка на моделот и содржината на картите на бучава	169
10.1.1. <i>Моделирање на просторот</i>	170
10.2. Карта на бучава за Подрачје 1	191
10.3. Карта на бучава за Подрачје 2	193
10.4. Карта на бучава за Подрачје 3	195
10.5. Конфликтни карти на бучава за Подрачје 1	198
10.6. Конфликтни карти на бучава за Подрачје 2	200
10.7. Конфликтни карти на бучава за Подрачје 3	202
11. ПЕРСОНАЛНА ИЗЛОЖЕНОСТ НА БУЧАВА	204
11.1. Резултати од Општинско основно училиште „Ванчо Прќе“	210
11.2. Резултати од Средно општинско училиште „Славчо Стојменски“	222
11.3. Резултати од Основно општинско училиште „Тошо Арсов“	234

11.4. Резултати од Средно општинско училиште „ Јане Сандански“	246
11.5. Интерпретација на резултатите за персоналната експозиција на учениците и наставниците во основните и средни училишта	258
12. МЕРКИ ЗА КОНТРОЛА НА БУЧАВАТА ВО ЖИВОТНАТА СРЕДИНА	260
12.1. Дизајнирање на звучни бариери (сидови) со помош на софтверот SoundPLAN	265
12.2. Модул за контрола на нивото на бучава од индустриски објекти - Expert System for Industrial Noise	271
13. МЕРКИ ЗА ВНАТРЕШНА АКУСТИЧНА ИЗОЛАЦИЈА НА ПРОСТОРИИТЕ	282
13.1. Индекс на звучна изолација за различни конструкции на сид	293
13.2. Индекс на звучна изолација за различна изведба на прозорци	294
13.3. Индекс на звучна изолација за различна видови врати	295
13.4. Изолација на подот	295
13.4.1. Индекс на звучна изолација за дрвен под, R_w	298
13.4.2. Индекс на звучна изолација за лесна бетонска плоча, R_w	300
13.4.3. Индекс на звучна изолација за тешка бетонска плоча, R_w	301
14. ЗАКЛУЧОК	302
14.1. Препораки за понатамошни истражувања	305
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	307

**„ЌЕ ДОЈДЕ ДЕН КОГА БУЧАВАТА ЌЕ СТАНЕ ЕДЕН ОД ГОЛЕМИТЕ
НЕПРИЈАТЕЛИ НА ЧОВЕКОТ, ТАКА ШТО СО НЕА ЌЕ СЕ БОРИМЕ КАКО
НЕКОГАШ СО ЧУМАТА И КОЛЕРАТА“**

Роберт Кох (Robert Koch)

1. ВОВЕД

Бучавата во последните неколку децении има сè поголемо влијание врз квалитетот на живеење, како резултат на несоодветната, непланска урбанизација, интензивирање на копнениот и воздушниот сообраќај, употреба на застарени моторни возила и др. Голем број истражувања и мониторинг студии во последните децении укажуваат на бучавата како на загадување на животната средина, дел од загадувањето на воздухот, кое претставува вистинска закана за здравјето на луѓето и квалитетот на живеење [33].

Штетното дејство на бучавата било познато кај луѓето уште многу одамна, од античкиот период. Во Кина за најстрашен метод на мачење се сметал методот човекот да се лиши од мирен сон и истовремено да се изложи на многу силни звуци. Позната е изреката „Кој го навредува царот, нема да биде обесен, околу него ќе се насоберат музичари кои деноноќно ќе создаваат бучава, сè додека не падне мртов“, било запишано во древните кинески списи. Најстрашна последица од бучавата е несоницата, како резултат на што доаѓа до нарушување на активноста на централниот нервен систем (ЦНС).

Уште во средниот век луѓето имале проблеми со комуналната бучава. Во минатиот век бучавата се претворила во епидемија. Тоа го потврдува израелскиот научник Адам Алуми (Adam Alumi), пронаоѓач на апаратот што ги неутрализира шумовите. Тој изум, наречен „трето уво“ со големина од неколку милиметри, има функција на средно уво, на тој начин што ги филтрира звуците што човекот сака да ги слушне. Со помош на овој изум може слободно да се разговара дури и во дискотека или индустриски погон. Во западноевропските развиени земји „трето уво“ има иста популарност како и останатите пионерски изуми на ова поле како што е „цепниот придушувач“ на телевизорот и радиоприемниците.

Бучавата како сериозна закана и опасност по здравјето на луѓето продолжува да се зголемува и во современото општество. Процесот на забрзана индустријализација, интензивираниот сообраќај го наметнаа проблемот на предизвикување на глувост од страна на бучавата; засилената музика исто така го зема својот данок. Иако гласната музика предизвикува задоволство за многумина, прекумерната бучава која произлегува од модерната индустрија и сообраќајните средства не претставува задоволството

речиси за никого. Во современото општество мирот и тишината стануваат сè понедостижни.

Нивото на бучава, генерално, се зголемува во секоја наредна година, така што некои органи тврдат дека просечно нивото на бучава во градовите се зголемило за 1 dB годишно, за последните 30 години [40].

Зголеменото ниво на бучава и неговите негативни здравствени ефекти претставуваат проблем кој е во експанзија како во високоразвиените земји, така и во земјите во развој, во кои сè уште нема јасно дефинирани критериуми за контрола и управување на бучавата. Имено, според одредени извори, 21 милион Американци страдаат од проблеми на загуба на слухот. Приближно секој втор Американец смета дека има оштетување на слухот, а еден од три испитаници на возраст од 18 до 29 години го имаат истото мислење. Забележано е 14% зголемување на оштетувањето на слухот во споредба со 1971 година. Вкупно 20 милиони Американци се изложени на ниво на бучава кое предизвикува кардиоваскуларни проблеми и нервни растројства, а 40 милиони се изложени на ниво на бучава кое предизвикува сериозно нарушување на сонот. Извештајот на Houston Chronicle од извршеното испитување на нивото на бучава во околината на Хјустон, Тексас, покажува дека на многу места нивото на бучава е повисоко од 85 dB. Ова ниво на бучава во зависност од временската изложеност може да предизвика трајно оштетување на слухот [52].

Во Велика Британија 8,5 милиони луѓе имаат проблеми со слухот. Приговорите против зголеменото ниво на бучава се зголемиле 25 пати во периодот од 1971 до 1996 година. Бучавата од соседството претставува сериозен проблем во Велика Британија. Студијата на Royal National Institute for Deaf People покажува дека 80% од младите не се загрижени за загубата на слухот, иако реално половина од нив имаат проблеми поради слушањето гласна музика. Загуба на слухот кај младата популација како резултат на слушањето гласна музика е регистрирана и во Австралија. Испитувањата покажале дека популацијата над 30 години почнува да покажува први знаци на загуба на слухот, исти како кај оние кои се пронајдени кај популацијата над 50 години [50].

Студијата во Шкотска направена од страна на Institute of Hearing Research истакнува дека 80% од младите покажуваат први знаци на загуба на

слухот. Со зголемување на популарноста на слушање гласна музика со слушалки се зголемува бројот на млади луѓе кои имаат проблеми со слухот, многу повеќе во споредба со претходните години [52].

Во Хонг Конг е зголемена сообраќајната бучава во прв ред од тешките моторни возила и истатата предизвикува вознемиреност и сериозни нарушувања на здравјето. Компјутерските модели покажуваат дека овој проблем прогресивно се зголемува во последните години [52].

Во земјите во развој проблемот со зголеменото ниво на бучава е резултат главно на неприспособеното производството и пренаселеноста на градовите. Овие земји настојуваат да се вклучат во современите текови на технолошки и индустриски развој и нивните влади се подготвени да ја жртвуваат животната средина за интензивирање на развојот и индустријализацијата кои ќе дозволат овие земји да бидат конкуретни на светскиот пазар, запоставувајќи го притоа здравјето на населението кое е изложено на високо ниво на бучава.

Во Индија проблемот со бучавата е еден од главните проблеми на загадување, при што како посебно загрознена група на население се нагласува сообраќајната полиција која е изложена на високо ниво на бучава. Јавните површини, паркови, често се претворени во бучни места каде што се одвива некоја масовна манифестација [52].

Во Банконг, Тајланд, каде што сообраќајниот метеж е дел од секојдневието, многу тешко е да се избегне проблемот со бучавата, особено за населението кое живее покрај автопатиштата, избегнувањето на овој проблем е невозможно. Голема вознемиреност предизвикуваат и бучните бродови. Близу една третина од сообраќајната полиција во Банког има проблеми со слухот поради нивната континуирана изложеност на ниво на бучава повисоко од 70 dB. Според истиот извор, високо ниво на бучава од 68 до 106,2 dB е регистрирано и во Бангладеш, а највисокото прифатливо ниво на бучава според препораките на Светската здравствена организација изнесува 65 dB [52].

Во финансиска смисла, бучавата како специфичен вид на загадување на животната средина го чини општеството околу 0,2% до 2% од бруто домашниот производ. Дури и да се пониски овие бројки, сепак претставуваат огромен трошок [6].

Урбаната бучава потекнува од различни извори, но во прв ред тука се вбројуваат: сообраќајните средства, градежната механизација, работата на машините, апаратите во домаќинството, гласна музика и др. Поради сè поголемата концентрација на различните видови на енергија, засилено интензивирање на сообраќајот, употребата на нови моќни машини и сообраќајни средства, доаѓа до значителен пораст на нивото на бучава во урбаните средини.

Затоа, неопходно е потребно да се врши редовен мониторинг, односно мерење и следење на нивото на бучава во урбаните средини за постигнување и одржување на потребното и пропишано ниво на бучава во животната средина, согласно со Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителните индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.107/08), Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08) и Правилникот за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на Република Македонија“ бр.120/08), во дефинирани области и под различни услови, со крајна цел да се заштитат здравјето и добросостојбата на населението.

Извршените мерења служат за непречено прибирање на податоците, нивна систематизација, обработка, воспоставување на база на податоци, со можност за нивно користење, определување на таканаречени „црни точки“ и изработка на стратешки карти на бучавата за избрана урбана средина.

Имајќи го предвид штетното влијание на бучавата врз здравјето на луѓето, општа цел на политиката за управување и контрола на бучавата во урбани средини е да се задоволи потребата сите активности во општеството да бидат усогласени со желбата на населението за тивко општество [18]. Широките оперативни цели вклучуваат барања за заштита, унапредување и подобрување на квалитетот на живеење, односно потребата за еколошки одржлив развој, намалување на здравствените ризици и спречување на деградацијата на животната средина. Ваквата политика настојува да промовира еколошка добросостојба преку превенција и минимизирање на бучавата.

Со цел да се создаде научна основа за решавање на проблемот со бучавата која се вбројува во редот на негативните последици врз животната средина кои произлегуваат од техничкиот развој, а досега се нема посветено доволно внимание на овој проблем, се донесе одлука за изработка на оваа докторска дисертација со наслов „Современ пристап во контрола и управување на бучавата во урбани средини“.

Научно издржаниот пристап на докторската дисертација во решавањето на проблемите со бучавата произлегува од неопходноста за современ пристап во решавањето на проблемите поврзани со загадувањето на животната средина, во кое како специфичен вид се вбројува и бучавата, испитување и анализа на нивото на бучава во урбаната средина и изработка на стратешки карти за бучава согласно со Европската директива 2002/49/ЕС од 25 јуни 2002 година, која се однесува на процената и менаџментот на бучавата во животната средина.

Современиот пристап во контролата и управувањето на бучавата во урбаните средини е од големо значење за идентификација на изворите на бучава во урбаните средини, како и за идентификација на штетните влијанија и ефектите врз здравјето на луѓето, а согласно со ова и преземање на соодветни мерки за намалување на нивото на бучава на оние места каде што измерените нивоа на бучава ги надминуваат граничните вредности утврдени со Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина.

При изработка на докторската дисертација беа применети најновите научни сознанија од областа на инженерството на животната и работната средина, моделирањето и мапирањето на бучавата и информатичката технологија што во целост го потврдува научноистражувачкото и апликативното значење на предложената теза за изработка на докторската дисертација.

2. ЦЕЛИ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Имајќи го предвид фактот дека во Република Македонија, според расположливата литература и податоци, досега не е посветено доволно внимание на проблемот со бучавата, како дел од загадувањето на воздухот и животната средина, основна цел на докторската дисертација е да се подигне свеста за сериозната на проблемот со бучавата и ефектите од нејзиното штетното дејство врз здравјето на луѓето, бидејќи изреката на германскиот физичар Роберт Кох (Robert Koch) од крајот на 19 век денес е реалност, бидејќи навистина живееме во време во кое со бучавата треба да се бориме како некогаш со колерата и чумата.

Во оваа насока цели на истражувањето се следните:

1. Идентификација и анализа на изворите на бучава во градот Штип (како репрезент за мал урбан центар со динамичен развој, чијшто модел на дисперзија на бучава може да се примени кај сите други слични урбани центри) и идентификација и анализа на факторите што влијаат врз ширењето на бучавата преку мерење на нивото на бучава, непречено прибирање на податоците, нивна систематизација, обработка, воспоставување на база на податоци, со можност за нивно користење.

2. Моделирање и мапирање на бучавата, изработка на карти на бучавата и конфликтни карти на бучава за избраната урбана средина.

3. Изработка и верифицирање на модел за ширење на бучавата во урбаната средина која е предмет на истражување и утврдување на применливоста на ваквите модели во конкретните услови.

4. Разработка на методологија за примена на современи технологии за контрола и управување на бучавата во урбаните средини врз основа на изработените карти на бучава и конфликтни карти на бучава.

Разработениот модел на дисперзија на бучавата во урбани средини, мапирањето на бучавата и предложените мерки за контрола на нивото на бучава во урбани средини може да се користат за обука, научноистражувачки и практични цели, при што основна цел на овој труд е освен научно-апликативните да бидат постигнати и дадактички цели.

3. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЧКАТА РАБОТА

При изработката на докторската дисертација е користен методот на синтеза, односно прибирање на податоци од странска и домашна литература, од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава на повеќе мерни места во градот Штип, нивна систематизација со цел идентификација на изворите на бучава и воспоставување на база на податоци. При обработката на податоците е применет методот на анализа при утврдување на законитостите за ширење на бучавата во животната средина и анализа на факторите кои влијаат врз дисперзијата на бучавата. Компаративниот метод е користен при споредување на измереното ниво на бучава и персоналната изложеност на бучава со дозволените гранични вредности, согласно со законската и правна регулатива во Република Македонија. Методот на моделирање е користен за изработка на модел на дисперзија на бучавата во урбани средини и мапирањето на бучавата, како и експерименталниот метод при испитувањето на професионалната изложеност на бучава и утврдувањето на можните мерки за контрола и управување на бучавата во урбани средини.

4. ОСНОВИ НА АКУСТИКАТА

4.1. Поим за звук

Бучавата се дефинирана како несакан звук, звук кој пречи, иритира, па затоа карактеристиките на бучавата во суштина претставуваат карактеристики на звукот [14].

Под звук го подразбираме сето она што го слушаме и што го примаме преку органот за слух. Според физичката дефиниција, звукот претставува осцилација во гасовита, течна и тврда средина. Звукот се јавува како последица на ритмичкото движење на молекулите околу нивната рамнотежна положба. Во рамнотежната положба молекулите се враќаат по пат на меѓумолекуларните сили. Поместувањето на само една честичка се предава преку еластичните врски на соседните честички и на целата средина, при што настанува браново движење.

Звукот настанува по механички пат со удар, стругање, затегнување или при струење на течности и гасови. Тој настанува во еластична средина и се распространува од местото на настанување со одредена брзина во форма на звучни бранови и пренесува одредена енергија. Брановите коишто се простираат во правецот на движење на звукот се нарекуваат лонгитудинални бранови. Ако честичките осцилираат нормално на правецот на простирање на звукот, тогаш станува збор за трансверзални бранови. Во тврдите средини, како на пример кај плочите, стаповите и лушпите, може да се јават бранови на свивање, торзија и растегање.

Услови за постоење на звук се:

- звучен извор (механичко осцилирање на некое тело во еластична средина) и
- еластична средина (средина низ која се движи звукот).

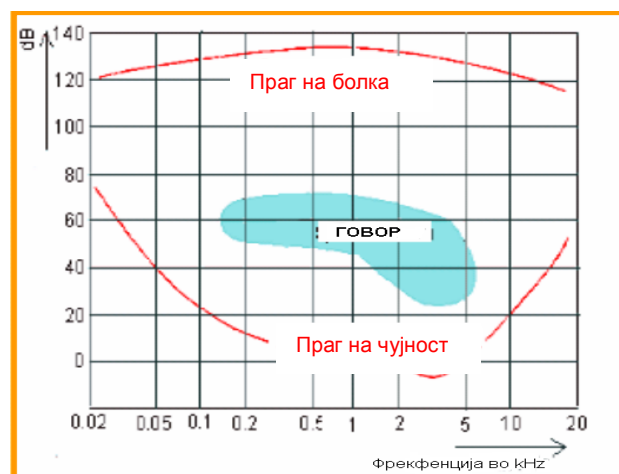
Звучен извор може да биде секое тело или механички осцилатор кој може правилно да осцилира во опсегот на фреквенцијата на звукот. Звучниот извор може да биде природен или вештачки. Природен е оној кој настанува како последица на природните појави, како што е шумолењето на водата, дождот, грмотевицата, звукот што го создава водата на водопадот и сл. Вештачки извори се оние кои доаѓаат од предметите што ги направил човекот.

Простирањето на звукот од звучниот извор е во вид на бранови, при што се формира **звучно поле**. Досегот на простирањето на звучните бранови зависи од јачината на звучниот извор и физичките карактеристики на средината низ која звукот се простира.

Човековото уво не може да ги регистрира сите звуци што настануваат во природата. Чујноста е ограничена во однос на фреквенцијата на звукот од 16 до 20.000 Hz. Увото е најосетливо на звук од 1.000 до 6.000 Hz, а максималната осетливост е на околу 4.500 Hz. Горната граница на осетливост е различна за различни луѓе. Кај постарите луѓе таа се спушта и до 5.000 Hz. Поради тоа на некои лица им пречи некој звук, други пак одвај го слушаат. Со стареењето човекот станува помалку осетлив на звуците со повисоки фреквенции.

Звукот има две значења: субјективно или психолошко и објективно или физичко. Субјективното значење на звукот е поврзано со осетот за слух. Според овие значења звукот се дели на слушен звук, инфразвук и ултразвук. Инфразвукот се наоѓа под долната слушна граница (со фреквенција помала од 16 Hz), а ултразвукот (со фреквенција поголема од 20.000 Hz) над горната слушна граница. Ултразвукот може да има многу силно механичко разорно дејство.

За да може звукот со одредена фреквенција да се слушне, потребно е да има и одреден звучен притисок. Динамичкото подрачје на увото е опфатено со горната и долна граница на слушна осетливост, а со прагот на чујност и прагот на болка е опфатена површината на слушното подрачје на увото (слика 4.1.).



Слика 4.1. Слушно подрачје на увото
Figure 4.1. Auditory ear's region

Звукот може да се дефинира и како нарушување на притисокот, кое настанува и се пренесува низ материјалот со брзина која зависи од видот на материјалот (Beranek and Ver, 1992). Звучните бранови во течности често се произведени од страна на цврсти вибрирачки површини во течности, како што е прикажано на слика 4.2. Како што вибрирачката површина се движи на десно, течности во непосредна близина на вибрирачката површина се компримира. Овој ефект на збивање (компресија) се пренесува надвор од површината која вибрира како звучен бран. Слично како што површината се движи кон лево, течности во близина на површината се разредува. Вибирањето на цврстата површина предизвикува промени на притисокот над и под вкупниот притисок на течности (атмосферски притисок, во многу случаи) кој се пренесува во околната течност.



Слика 4.2. Звучни бранови во материјалите
Figure 4.2. Sound waves in materials

Кај звукот и звучните осцилации најважни физички големини се: притисокот, брзината на звукот, брзина на осцилирање, сопствена фреквенција на осцилациите (кружна) и фреквенција на осцилациите, период на осцилациите, бранова должина, енергија на звукот, јачина на звукот и моќност (табела 4.1.).

Табела 4.1. Физички големини на звукот
Table 4.1. Physical Acoustic Quantities

Големина/Quantity	Ознака/Sign	Мерна единица/ Measurement unit
Притисок/Pressure	p	N/m^2
Брзина на звукот/Sound speed	c	m/s
Брзина на осцилирање/ Speed of oscillation	v	m/s
Сопствена фреквенција на осцилациите (кружна)/ Own oscillation frequency (circular)	ω	s^{-1}
Фреквенција на осцилациите/Frequency of oscillation	f	s^{-1}
Период на осцилациите/ Period of oscillations	T	s
Бранова должина/ Wave length	λ	m
Енергија на звукот/ Sound energy	E	$W \cdot s$
Јачина на звукот/ Sound intensity	I	W/m^2
Моќност/ Power	P	W

4.2. Звучен притисок

Звучниот притисок се дефинира како моментална разлика помеѓу локалниот притисок p и околниот (амбиентален) притисок p_0 за звучен бран кој се шири низ некој медиум. Звучниот притисок за рамнински едноставен хармониски звучен бран кој се простира во правец на позитивната x -насока може да се претстави со следната равенка:

$$p(x, t) - p_{max} = \sin(2\pi ft - kx) \quad (4.1)$$

Вредноста p_{max} претставува максимална вредност на притисокот односно амплитуда на притисокот на звучниот бран.

Инструментите за мерење на звук, како што е мерачот на звучно ниво (Sound Level Meter), вообичаено не ја мерат амплитудата на притисокот на звучниот бран, туку овие инструменти го мерат средниот звучен притисок (root-mean-square (rms)), кој е пропорционален со амплитудата. Поврзаноста помеѓу амплитудата на притисокот на бранот и средниот звучен притисок е дадена со следната равенка:

$$\text{Дефинираме променлива } \theta = 2\pi t/\tau \text{ така што } d\theta = 2\pi dt/\tau.$$

Физички вредноста на средниот звучен притисок е показател за промената на густината на звучната енергија. Математички средниот звучен притисок се пресметува како квадратен корен од звучните притисоци во секој дел од времето, а потоа со интегрирање во граници на даден временски интервал и пресметување на средната вредност од добиените резултати или едноставно како средна вредност на моменталниот звучен притисок за времетраење од еден период на осцилации.

$$p_{rms} = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T p(t)^2 dt} \quad (4.2)$$

$$(p_{rms})^2 = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau p^2(x, t) dt = \frac{(p_{max})^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2(\theta - kx) d\theta \quad (4.3)$$

По интегрирањето во равенката 4.3. се добива:

$$(p_{rms})^2 = \frac{(p_{max})^2}{2\pi} \left[\frac{1}{2}(\theta - kx) - \frac{1}{4} \sin(2\theta - 2kx) \right]_0^{2\pi} \quad (4.4)$$

$$(p_{rms})^2 = \frac{1}{2} (p_{max})^2 \quad (4.5)$$

Средниот звучен притисок е поврзан со амплитудата на притисокот за едноставен хармониски бран со следната релација:

$$p_{rms} = \frac{p_{max}}{\sqrt{2}} \quad (4.6)$$

Индексот rms вообичаено не се користи.

Диференцијалната равенка за пресметување на променливиот звучен притисок е:

$$\frac{d^2 p}{dx^2} = \frac{1}{c^2} \frac{d^2 p}{dt^2} \quad (4.7)$$

каде што: p - притисок на звукот,

c - брзина на звукот,

x - поместување на звучниот бран.

Во поголем број на случаи звучните појави се карактеризираат со периодични промени на притисокот. Решението на горната диференцијална равенка во тој случај е од обликот:

$$p_m = p_{max} \cos(\omega t \mp kx) = p_{max} \cos(\omega t - kx) + p_{max} \cos(\omega t + kx) \quad (4.8)$$

каде што: p_m е максималната вредност на притисокот,

$\omega = 2\pi f$ - сопствена кружна фреквенција,

f - фреквенцијата на периодичната промена на звукот,
 k - бранов број.

Изразот за звучен притисок може да се напише и во комплексен облик

$$\bar{p} = |\bar{p}_{max}| e^{j(\omega t \pm kx)} \quad (4.9)$$

За случај на простирање на звучен бран во отпорна средина, изразот за притисокот е:

$$p_m = e^{-\beta x} p_{max} \cos(\omega t \pm kx) \quad (4.10)$$

или во комплексен облик

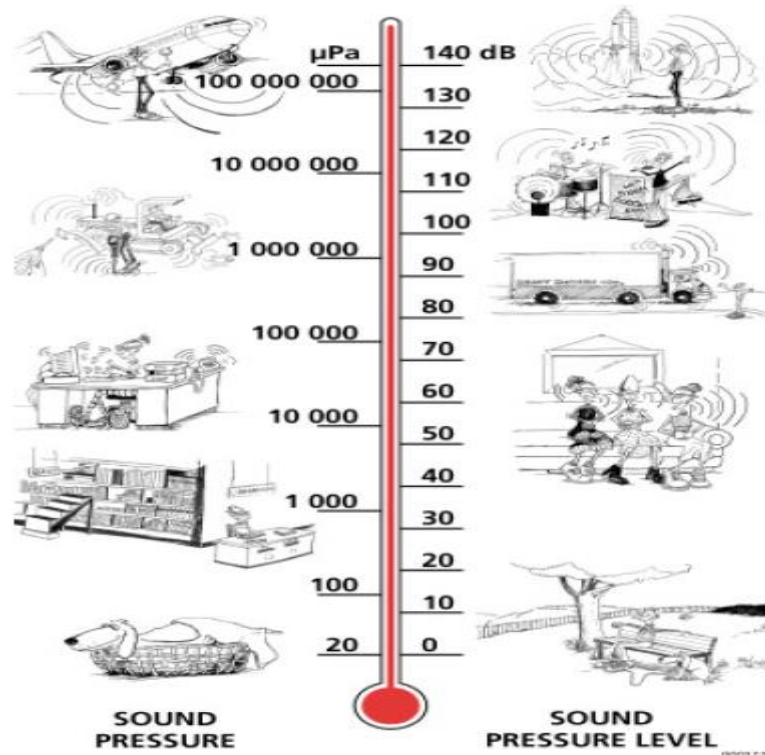
$$\bar{p} = |\bar{p}_{max}| e^{j(\omega t \pm kx)} e^{-\beta x} \quad (4.11)$$

каде што: $f(x) = e^{-\beta x}$ е функција на придушување.

Во споредба со нормалниот воздушен притисок (10^5 Pa), звучниот притисок што може да го регистрира човековото уво е многу помал и варира во граници кои се движат од околу 20 μ Pa (20×10^{-6} Pa) до 100 Pa.

Звучниот притисок од 20 μ Pa одговара на прагот на слушност кај просечен човек. Затоа се нарекува уште и праг на слушност. Звучниот притисок од приближно 100 Pa е толку гласен што предизвикува болка и затоа е наречен праг на болка.

Директна употреба на линеарните вредности (во Pa) за мерење на звучниот притисок доведува до многу големи бројки со кои тешко се менаџира. Бидејќи увото реагира логаритамски, а не линеарно на звучните дразби, попрактично е акустичните параметри да се изразат како логаритамски однос на измерената и референтната вредност. Овој логаритамски однос е наречен децибел (dB). Предноста на користење на dB може јасно да се види на сликата 4.3. Овде, линеарната скала со големи вредности на броевите е претворена во попогодна за користење и менаџирање скала од 0 dB означен како праг на слушност (20 μ Pa) до 130 dB означен како праг на болка (~ 100 Pa).



Слика 4.3. Скала на звучниот притисок изразен во Pa и во dB

Figure 4.3. Sound pressure scale expressed in Pa and dB

Децибел претставува бездимензионална единица која се користи за изразување на нивото на звучен притисок (SPL). Терминот ниво се користи за да се нагласи фактот дека се изразува логаритамски сооднос на притисоците.

$$SPL = 10 \log(p^2/p_{ref}^2) = 20 \log(p/p_{ref}) \text{ dB} \quad (4.12)$$

каде p - среден звучен притисок [N/m^2]

p_{ref} - референтен звучен притисок $2 \times 10^{-5} N/m^2$.

Мерењето на нивото на бучава, всушност, значи мерење на звукот, а терминот ниво на бучава го означува нивото на звучен притисок (SPL).

Нивото на звучен притисок ја изразува магнитудата на звучниот извор и претставува една од карактеристиките според која може да се оцени дали бучавата може да се смета за вознемирувачка. Постојат и други карактеристики кои се суштински за карактерот на бучавата и кои диктираат дали бучавата е вознемирувачка за луѓето, а тоа се фреквентниот состав на бучавата, времетраењето, присуството на чисти или краткотрајни тонови, во кој дел од денот, локацијата (активноста).

Табела 4.2. Врска помеѓу звучниот притисок и нивото на звучен притисок
 Table 4.2. Relation Between Sound Pressure and Sound Pressure Level (SPL or L_p)

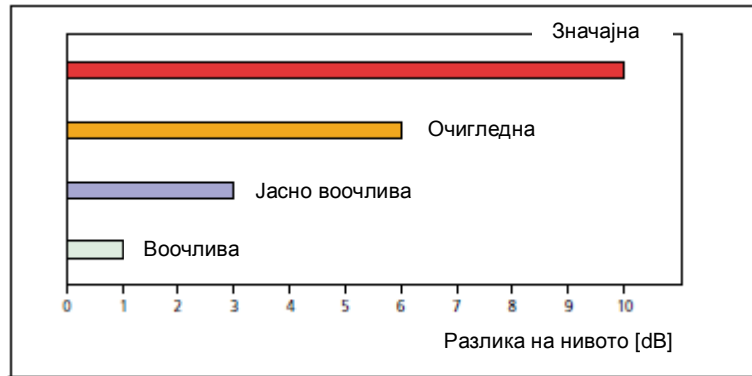
Звучен притисок/Sound pressure (p)	Ниво на звучен притисок /Sound Pressure Level (L_p)
p_{ref}	0 dB
$1.12 p_{ref}$	1 dB
$1.26 p_{ref}$	2 dB
$2 p_{ref}$	6 dB
$3.16 p_{ref}$	10 dB
$10 p_{ref}$	20 dB
$100 p_{ref}$	40 dB
$10000 p_{ref}$	80 dB
$1000000 p_{ref}$	120 dB

Горенаведените фактори укажуваат на субјективното чувство на карактерот на бучава, поради што се разработени различни шеми од страна на истражувачите, психоаналитичарите кои служат за поврзување на звучниот сигнал со нивото на вознемиреност.

4.3. Перцепција на звукот

Веќе го дефиниравме звукот како промена на притисокот која може да ја регистрира човечкото уво. Бројот на промени на притисокот во секунда се нарекува фреквенција на звукот и се мери во херци (Hz). Нормалните слушни фреквенции за здрав млад човек се движат во граници од околу 16 Hz до 20.000 Hz (20 kHz).

Во однос на нивото на звучен притисок, разбирливиот звук се движи од прагот на слушност (0 dB) до прагот на болка (130 dB). Иако зголемувањето на интензитетот од 6 dB претставува двојно зголемување на звучниот притисок, дури зголемувањето од околу 8 - 10 dB во зависност од звучната субјективност човечкото уво го доживува како двојно зголемување. Аналогно на тоа, најмалата воочлива промена, разлика која нашето уво може да ја регистрира е од 1 до 3 dB. Промената од 3 dB е јасно воочлива, промената веќе од 6 dB е очигледна и многу значајна е промената од 10 dB (слика 4.4.).



Слика 4.4. Перцепција на звукот-субјективна оценка на нивоата на звучниот притисок

Figure 4.4. Sound Perception -subjective evaluation of sound pressure levels

4.4. Брзина на звукот

Брзината на звукот зависи од средината во којашто се шири. За идеален гас, брзината на звукот е функција од апсолутна температура на гасот:

$$c = \sqrt{\gamma RT} \quad (4.13)$$

каде што:

γ – претставува количник на специфичните топлини при константен притисок и волумен $\gamma = c_p/c_v$,

R- специфична гасна константа за соодветниот гас, за воздух R= 287 J/kg·K,

T- апсолутна температура.

Брзината на звукот (c) за флуиди (течности и гасови) општо е дадена со равенката:

$$c^2 = \frac{\gamma B}{\rho} \quad (4.14)$$

каде што:

B- изотермен модул,

ρ - густина на флуидот.

Конкретно за гасовите средната брзината на звукот може да се пресмета според следната равенка:

$$c = \sqrt{\frac{p_0 \cdot \kappa}{\rho_0}} \quad (4.15)$$

каде што:

p_0 - атмосферскиот притисок,

κ - константа што се добива како однос на специфичната топлина на гасот при константен притисок и волумен,

ρ_0 - густина на гасот.

Брзината на звукот зависи од температурата и оваа зависност е дадена со равенката:

$$c = 331.4 + 0.6t \quad (4.16)$$

каде што t е температурата на гасот во Целзиусови степени. Така на температура од 20°C брзината на звукот ќе биде $c = 343,4 \text{ m/s}$, а на -20°C брзината на звукот ќе биде $c = 319,4 \text{ m/s}$.

Брзината на звукот во гасовите зависи и од влажноста на гасот. Со зголемување на влажноста на гасот брзината на звукот се намалува и најниска вредност има при влажност од 14%. При влажност поголема од 14% брзината на звукот се зголемува со зголемување на влажноста. Во подрачја со релативна влажност помала од 30% порастот на брзината на звукот е линеарен. Промената на релативната влажност на гасот не влијае многу на брзината на звукот, туку на насоката на звучните бранови при нивното ширење на големи растојанија. Над површината на водата каде што влажноста е 100 % звучните бранови се насочени нагоре [78].

Брзината на звукот при $t = 20^\circ\text{C}$ и атмосферски притисок $p_0 = 1 \text{ bar}$, за движење на некои гасови е: водород $c = 1270 \text{ m/s}$, кај кислородот $c = 317 \text{ m/s}$, а кај хелиумот $c = 971 \text{ m/s}$.

Брзината на звукот при ширење низ течна средина е дадена со изразот:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\kappa \cdot \rho_0}} \quad (4.17)$$

каде што:

κ - компресибилност на течноста,

ρ_0 - густина на течноста.

Така за вода на температура од 10°C брзината на простирање на звукот е $c = 1440 \text{ m/s}$, за глицерин на температура од 20°C , брзината на простирање на звукот е $c = 1920 \text{ m/s}$, за петролеј на температура од 15°C , брзината на простирање на звукот е $c = 1330 \text{ m/s}$.

Брзината на лонгитудиналните бранови низ цврсто неограничено изотропно тело е:

$$c = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (4.18)$$

каде што:

E - модул на Young, модул на еластичност,

ν - коефициент на Poisson за материјалот,

ρ - густина на материјалот.

Брзината на ширење на лонгитудиналните бранови во плоча е дадена со изразот:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho(1+\nu)}} \quad (4.19)$$

а низ тенки профили со кружен пресек:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (4.20)$$

Брзината на ширење на трансверзалните бранови за неограничено цврсто тело е дадена со изразот:

$$c = \sqrt{\frac{E}{2\nu(1+\nu)}} \quad (4.21)$$

Кај плочите од посебна важност се брановите на свивање. За нив брзината на ширење на звукот е:

$$c = \sqrt{\omega} \cdot \sqrt[4]{\frac{D}{m}} \quad (4.22)$$

каде што:

ω - кружна фреквенција,

m - маса на единица површина,

D - коефициент на крутост и

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (4.23)$$

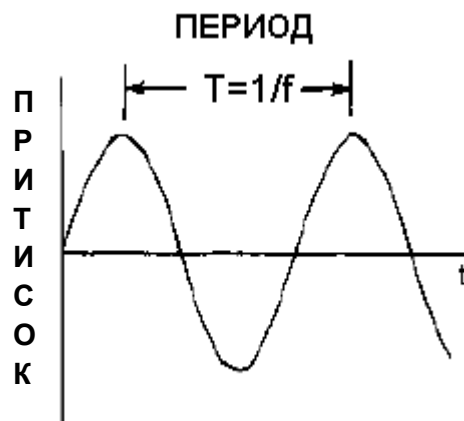
каде што:

h - дебелина на плочата.

4.5. Бранова должина, фреквенција и бранов број

Фреквенцијата (f) поврзана со едноставен хармониски бран или синусоиден бран претставува фреквенција на периодичната промена на звукот и зависи од фреквенцијата на вибрациите на изворот на звукот, а не зависи од материјалот низ кој звукот се пренесува при пренесување на звукот без расејување.

Периодот (T) за еден бран се дефинира како времетраење на еден комплетен циклус на бран, како што е прикажано на слика 4.5. Фреквенцијата е реципрочна вредност од периодот, $f = 1/T$. Единицата за фреквенцијата е херц (Hz), именувана во чест на германскиот физичар Хенрих Рудолф Херц (Heinrich Rudolph Hertz). Единицата херц е иста како единицата циклус / сек.



Слика 4.5. Период за едноставен хармониски бран
Figure 4.5. Simple Harmonic Wave Period

Брановата должина (λ) на звучните бранови е важен параметар за утврдување на однесувањето на звучните бранови. Како што е прикажано на слика 4.6., бранова должина е растојанието помеѓу два последователни врвови на бранот.



Слика 4.6. Бранова должина за едноставен хармониски бран
Figure 4.6. Wavelength of Simple Harmonic Wave

Бранова должина е растојанието меѓу две соседни точки на најголемото згуснување или најголемо разредување на средината во која се движи бранот.

Брановата должина и брзината на звук за едноставна хармонична осцилација се поврзани со равенката:

$$\lambda = c / f \quad (4.24)$$

Друг параметар кој се сретнува во анализа на звучните бранови е брановиот број (k), кој е дефиниран со равенката:

$$k = 2\pi / \lambda = 2\pi f / \lambda \quad (4.25)$$

4.6. Енергија на звукот

Со своето механичко осцилирање звучниот извор создава променлива физичка состојба околу себе-звук. За да може тоа да настане мора да се потроши енергија, која во овој случај претставува звучна енергија. Таа настанува со претворање на механичката енергија на звучниот извор во акустична. Енергијата се троши на задвижување на молекулите на елестичната средина.

Енергијата на звукот во единица волумен се нарекува просторна густина на акустичната енергија. Таа претставува збир од кинетичката E_k и потенцијалната енергија E_p : $E = E_k + E_p$.

каде што:

$$E_k = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad E_p = \frac{1}{2K} p^2 \quad (4.26)$$

при што:

v - брзина на осцилирање,

K - модул на компресија.

Ако се знае дека брзината на осцилирањето може да биде претставена како:

$$v = \frac{p}{\sqrt{K\rho}} \quad (4.27)$$

тогаш за кинетичката енергија се добива:

$$E_k = \frac{1}{2} \frac{p^2}{K} = E_p \quad (4.28)$$

па вкупната енергија е:

$$E = E_k + E_p = \frac{p^2}{c} \text{ (Ws/m}^3\text{)} \quad (4.29)$$

За волумен V вкупната енергија ќе биде:

$$E_v = V \cdot E \text{ (W} \cdot \text{s)} \quad (4.30)$$

4.7. Моќност на звукот

Звучната енергија во единица време претставува **моќност** или **снага на звукот**.

$$P = E_v / t = E \cdot V / t \text{ (W)} \quad (4.31)$$

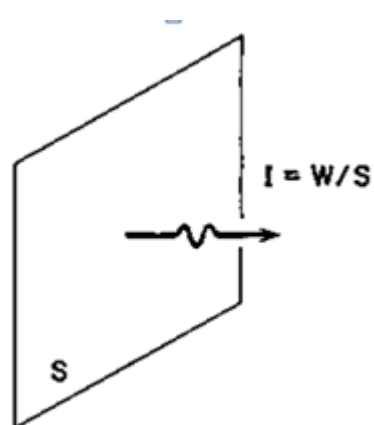
Ако звукот минува низ простор со површина A и должина L , при што се изминува патот $L = c \cdot t$ изразот за моќност на звукот може да се напише како:

$$P = E \cdot A \cdot c \quad (4.32)$$

4.8. Интензитет на звукот

Интензитетот на звукот (I) се дефинира како просечна енергија која се пренесува низ единица површина, во единица време или како акустична моќност (снага) (W) пренесена низ единица површина. Мерна единица за интензитетот на звукот е W/m^2 .

За рамнински звучни бранови како што е прикажано на слика 4.7. интензитетот на звукот е поврзан со моќноста и површината преку следната релација:

$$I = W/S \quad (4.33)$$


Слика 4.7. Интензитет на рамнински звучни бранови

Figure 4.7. Plane sound waves intensity

За сферен звучен бран (звучен бран кој се шири нерамномено во сите правци од изворот), површината низ која се пренесува звучната енергија е $4\pi r^2$

(слика 4.8), каде r е растојанието од звучниот извор, така што интензитетот е даден со равенката:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (4.34)$$



Слика 4.8. Интензитет на сферни звучни бранови
Figure 4.8. Spherical sound waves intensity

Во случај кога звукот не се емитува рамномерно од изворот, но интензитетот на звукот се менува со промена на правецот, интензитетот на звукот е даден со равенката:

$$I = \frac{Q \cdot W}{4\pi r^2} \quad (4.35)$$

Q се нарекува фактор на насоченост и претставува бездимензионална големина која зависи од правецот, насоката и фреквенцијата на звучниот бран.

Интензитетот на звукот може да се поврзе со средниот звучен притисок. Просечната звучна моќност по единица површина, во тек на еден период на звучниот бран е дадена со равенката:

$$I = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} p(x, t) \cdot u(x, t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} p(x, t) \cdot u(x, t) d\theta \quad (4.36)$$

каде што $\theta = 2\pi ft = (2\pi/\tau)t$. Ако го примениме овој израз за звучниот притисок и брзината на честичките за рамнински бран:

$$p(x, t) = \sqrt{2} p_{rms} \sin(2\pi t - kx) \quad (4.37)$$

$$u(x, t) = \left(\frac{\sqrt{2} p_{rms}}{\rho c}\right) \sin(2\pi t - kx) \quad (4.38)$$

Ако ги замениме 4.37. и 4.38. во 4.36. ќе добиеме:

$$I = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{2(p_{rms})^2}{\rho c} \sin^2(\theta - kx) d\theta \quad (4.39)$$

$$I = \frac{2(p_{rms})^2}{2\pi\rho c} \left[\frac{1}{2}(\theta - kx) - \frac{1}{4}\sin 2\theta - 2kx \right]_0^{2\pi} \quad (4.40)$$

Конечниот израз за звучниот интензитет гласи:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (4.41)$$

Овој израз за пресметување на звучниот интензитет се применува како за сферни звучни бранови, така и за несферни.

4.9. Густина на звучната енергија

Кога вршиме мерење на звукот во просторија или друг заграден простор, параметар кој е од интерес е густината на звучната енергија (D), која се дефинира како вкупна звучна енергија во единица волумен. Мерна единица за густината на звучната енергија во SI системот е J/m^3 . Вкупната звучна енергија се состои од две компоненти: кинетичката енергија која е поврзана со движењето во вибрирачкиот флуид и потенцијалната енергија поврзана со енергијата која се акумулира преку компримирањето на флуидот. Кинетичката енергија во единица волумен, нормирана за една бранова должина, може да се изрази преку брзината на честичките на звучниот бран.

$$E_k = \frac{1}{\lambda} \int_0^\lambda \rho u^2(x, t) dx = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} \rho u^2(\zeta, \theta) d\zeta \quad (4.42)$$

каде што $\zeta = k \cdot x$

Ако изразот за брзината на звукот го замениме во горната равенка за рамнински бран, за кинетичката енергија се добива изразот:

$$E_k = \frac{p^2}{2\rho \cdot c^2} \quad (4.43)$$

За сферни звучни бранови звучниот притисок и брзината на звукот не се во фаза. Кинетичката енергија за единица волумен за сферни бранови зависи од фреквенцијата (или брановиот број k) за звучен бран, како и од растојанието од звучниот извор:

$$E_k = \frac{p^2}{2\rho c^2} \left(1 + \frac{1}{k^2 r^2} \right) \quad (4.44)$$

Потенцијалната енергија исто така може да се поврзе со звучниот притисок. За рамнински звучен бран, потенцијалната енергија во единица волумен, нормирана за една бранова должина се пресметува со изразот:

$$E_p = \frac{1}{\lambda} \int_0^\lambda \frac{p^2(x,t)}{2\rho c^2} dx = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{p^2(\theta, \zeta)}{2\rho c^2} d\zeta \quad (4.45)$$

Конечниот израз за пресметување на потенцијалната енергија гласи:

$$E_p = \frac{p^2}{2\rho \cdot c^2} \quad (4.46)$$

Ако направиме споредба на равенките за пресметување на кинетичката и потенцијалната енергија ќе видиме дека за рамнински звучен бран кинетичката и потенцијалната енергија подеднакво учествуваат во вкупната енергија. Вкупната звучна енергија е половина кинетичка, половина потенцијална за рамнински звучни бранови, што не е случај кај сферните звучни бранови. За рамнински звучни бранови, густината на звучната енергија се добива со собирање на равенките за потенцијалната и кинетичката енергија при што за густината на звучната енергија се добива изразот:

$$D = \frac{p^2}{\rho \cdot c^2} \quad (4.47)$$

Ако ги споредеме изразите за интензитетот на звукот и густината на звучната енергија ќе видиме дека за рамнинските звучни бранови звучниот интензитет и густината на звучната енергија се поврзани со следната релација:

$$D = \frac{I}{c} \quad (4.48)$$

За сферни звучни бранови, густината на звучната енергија е дадена со изразот:

$$D = \frac{p^2}{\rho c^2} \left(1 + \frac{1}{2k^2 r^2} \right) \quad (4.49)$$

4.10. Индекс на насоченост и фактор на насоченост на звучните бранови

За сферните бранови акустичната енергија не се емитува подеднакво во сите правци, но сепак другите извори на звук може да бидат многу насочени. Овие насочени извори емитуваат звук со различен интензитет во различни насоки. Всушност, ако сферен извор се наоѓа во близина на подот или на ѕидот, некои звуци ќе се рефлектираат од површината и нема да има емисија во сите правци.

Факторот на насоченост (Q) се дефинира како однос на интензитетот на звучниот емитер на утврдената оска на одредено растојание од изворот и интензитетот којшто ќе биде произведен на истата локација од страна на сферен извор кој зрачи исто количество вкупна акустична енергија:

$$Q = \frac{4\pi r^2 I}{W} \quad (4.50)$$

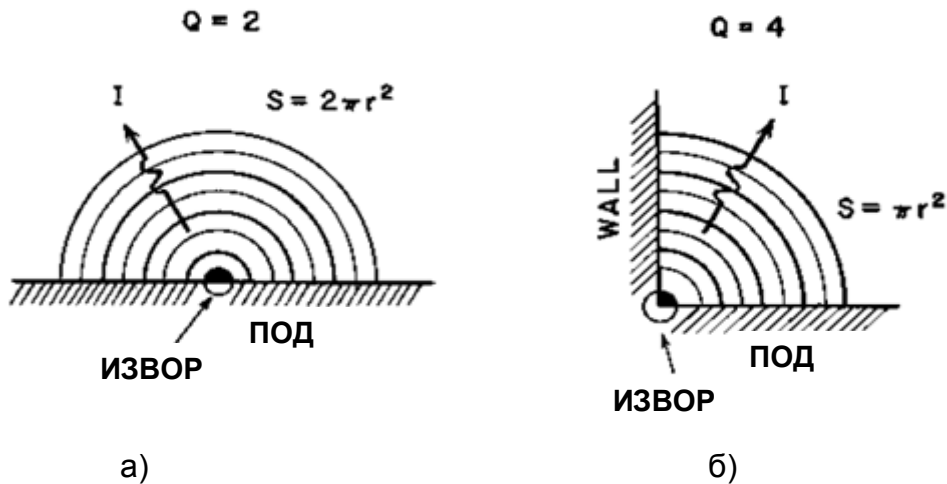
Индексот на насоченост (DI) е поврзан со факторот на насоченост со следната релација:

$$DI = 10 \log_{10}(Q) \quad (4.51)$$

За сферен извор факторот на насоченост $Q=1$, а индексот на насоченост $DI=0$.

Ако сферниот извор на звук е лоциран во близина на подот или ѕидот, како што е прикажано на слика 4.9., звукот се емитува преку хемисферната површина $S=2\pi r^2$. Во тој случај интензитетот ќе биде:

$$I = \frac{W}{2\pi r^2} = \frac{2W}{4\pi r^2} = \frac{QW}{4\pi r^2} \quad (4.52)$$



Слика 4.9. Звучниот извор во близина на површината во случајот под а) има фактор на насоченост $Q=2$ и индекс на насоченост $DI=3$, а под б) за $Q=4$, $DI=6$
 Figure 4.9. Sound source near the surface in case a) has a direction factor $Q = 2$ and orientation index $DI = 3$, and in case b) for $Q = 4$, $DI = 6$

Во овој случај факторот на насоченост $Q=2$, а за индексот на насоченост се добива:

$$DI = 10 \log_{10}(2) = 3 \quad (4.53)$$

Слично, доколку сферниот извор се наоѓа на подот близу до ѕидот, енергијата се емитира низ површината $S=\pi r^2$. Во овој случај

$$I = \frac{W}{\pi r^2} = \frac{4W}{4\pi r^2} = \frac{QW}{4\pi r^2} \quad (4.54)$$

Факторот на насоченост во овој случај $Q=4$, а индексот на насоченост $DI=6$. Тргувајќи од истото резонирање, може да покажеме дека ако сферниот извор се наоѓа во аголот меѓу два зида близу до подот, $Q=8$, $DI=9$.

Од практична гледна точка, овие резултати се многу важни затоа што ја покажуваат важноста на локацијата на звучниот извор. Ако звучниот извор се наоѓа на подот бучавата што произлегува од него е двапати поголема од бучавата што ќе ја произведува истиот извор доколку е лоциран далеку од подот.

Интензитетот на звукот од извор кој се наоѓа на подот во близина на ѕид ќе биде за четири пати поголем од интензитетот измерен кај изворот кој е лоциран далеку од рефлектирчка површина.

Опсегот на вредностите на големините, кои се користат во акустиката, како на пример акустичен притисок, интензитет, енергија и густина на енергија, е доста голем. На пример, неоштетено човечко уво може да детектира звуци со многу мал притисок, како што е 20 mPa и истото неколку минути може да издржи звуци со притисок од 20 Pa.

Како последица на овој широк спектар на вредности, се појавил интерес за развивање на мерка која би можела да ги претставува овие вредности на многу погоден начин. Покрај тоа, било констатирано дека осетливоста на човековото уво на звук зависи и од соодносот на интензитетот на два различни звуци, а не од разликата во интензитетот. Поради овие причини, била дефинирана логаритамска скала.

Во праксата се врши споредување на гореспоменатите големини измерени во една средина, со референтните кои се земени како почетни. Обично се врши логаритамско споредување, заради избегнување на големите цифри кои се јавуваат кај овие големини и со кои може лесно да се згреши.

Логаритамскиот однос на физичките големини се нарекува бел.

$$L = \log \frac{P_1}{P_0} \quad \text{или} \quad L = \log \frac{I_1}{I_0} \quad (4.55)$$

Во пракса се применува единица која е десет пати помала и се нарекува децибел.

$$L = 10 \log \frac{P_1}{P_0} \quad \text{или} \quad L = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \quad (4.56)$$

Во врска со интензитетот на звукот, со оглед на тоа што тој е пропорционален со квадратот на притисокот $I = p^2/\rho c$ се добива

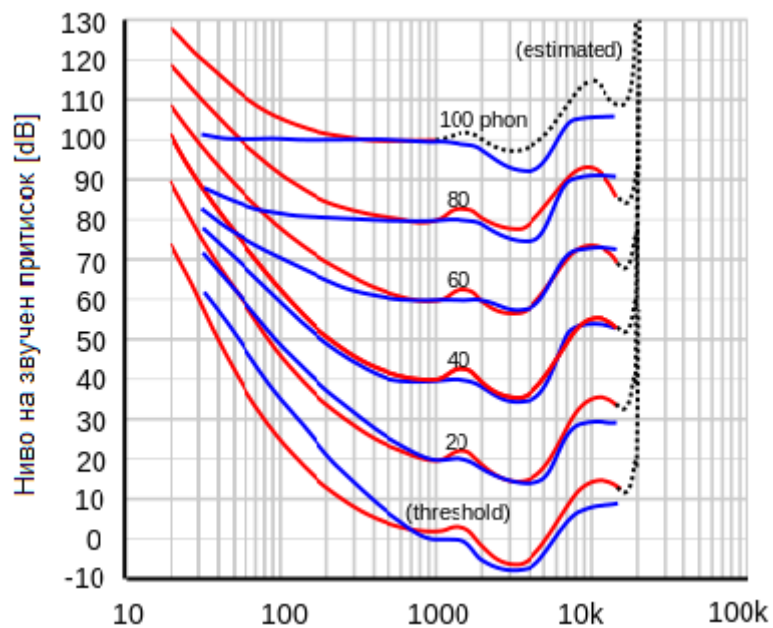
$$L = 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{\frac{p_1^2}{\rho c}}{\frac{p_0^2}{\rho c}} = 10 \log \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^2 = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \quad (4.57)$$

Индексот „1“ се однесува на големината што се мери, а индексот „0“ на референтната големина, дефинирана со стандард.

4.11. Гласност

Звучните бранови предизвикуваат вибрирање на мембраната во увото и овие вибрации се пренесуваат до внатрешното уво, а од таму звучните информации преку нервите стигнуваат до мозокот. Неоштетеното уво кај младите може да ги слушне чистите тонови со ниво на звучен притисок кое е во

функција од фреквенцијата што е прикажано на најдолната крива на сликата. Од сликата може да се види дека прагот на чујност на фреквенција од 1.000 Hz е 4 dB. Од сликата исто така може да се види дека човековото уво е многу поосетливо на звуци во фреквентен опсег од 300 до 6.000 Hz. Осетливоста опаѓа кај пониските и повисоките фреквенции. Фамилијата криви на слика 4.10 (Fletcher and Munson curves) го покажуваат нивото на звучен притисок што треба да го имаат тоновите за да имаат иста гласност како тоновите со ниво на звучен притисок на 1.000 Hz како што е прикажано на сликата.



Слика 4.10. Криви на Fletcher-Munson (Сините криви се криви на Fletcher-Munson, а црвените се контури на еднаква гласност дефинирани со ISO 226:2003)

Figure 4.10. Equal-loudness contours (red) (from ISO 226:2003 revision) Fletcher-Munson curves shown (blue) for comparison

Тонот со фреквенција од 20 Hz мора да има ниво на звучен притисок за 70 dB поголемо од тонот на 1.000 Hz за да може човекот да го регистрира тој тон. Кривите исто така ја покажуваат гласноста - субјективната интерпретација на магнитудата на звукот за чистите тонови. Единица за гласноста е фон. Според дефиницијата единицата фон е еквивалентна на нивото на звучен притисок во dB кое одговара на 20 μ Pa на еднаква гласност како тонот од 1.000 Hz.

4.12. Ниво на бучава

За да може да се изврши мерење на една физичка големина мора да постои референтната вредност во однос на која се врши споредувањето на измерената вредност. Таа референтна вредност се нарекува нулто ниво или 0 dB. Нулто ниво е усвоено за фреквенција од 1.000 Hz за која вредноста на поважните физички големини во акустиката е дадена во следната табела:

*Табела 4.3. Референтни вредности на акустичните нивоа

*Table 4.3. Reference Quantities for Acoustic Levels

Големина/Quantity	Дефиниција, dB / Definition, dB	Референтна вредност/Reference
Ниво на звучен притисок /Sound pressure level	$L_p=20\log_{10}(p/p_{ref})$	$p_{ref}=20\mu Pa$
Ниво на интензитет/ Intensity level	$L_i=10\log_{10}(I / I_{ref})$	$I_{ref}=1pW/m^2$
Ниво на моќност/ Power level	$L_w=10\log_{10}(W/ W_{ref})$	$W_{ref}=1 pW$
Ниво на енергија/ Energy level	$L_E=10\log_{10}(E/ E_{ref})$	$E_{ref}=1 pJ$
Ниво на густина на енергија/ Energy density level	$L_D=10\log_{10}(D/ D_{ref})$	$D_{ref}=1pJ/m^3$
Фреквентно ниво/ Frequency level	$L_{fr}=10\log_{10}(f/ f_{ref})$	$f_{ref}=1 Hz$

*Извор: ISO Recommendation No. 1683 and American National Standard ANSI S1.8 (1989)

4.13. Октавни појаси

Како што веќе споменавме, човечкото уво е осетливо на звуци во фреквентен опсег од околу 16Hz до 20 kHz. Поради тоа што не е практично да се измери нивото на звук на секоја од 15.984 фреквенции во овој фреквентен опсег, мерните инструменти за звук генерално вршат мерење на акустичната енергија која е вклучена во одреден опсег на фреквенции (фреквентни појаси). Човечкото уво, исто така, повеќе е осетливо на соодносот на фреквенциите, отколку на фреквентните разлики, така што фреквентните појаси обично имаат повисоки и пониски фреквенции кои се поврзани со истиот тој сооднос.

Фреквентниот интервал околу кој се направени мерењата се нарекува пропустен опсег. Пропустниот опсег може да се опише со долната фреквенција на интервалот (f_1) и со горната фреквенција на интервалот (f_2). Како стандардна вредност на фреквенцијата во октавниот појас е дефинирана

средна вредност на фреквенцијата, која претставува геометриска средина на горната и долна вредност на фреквенцијата.

Меѓународната организација за стандардизација (ISO) има утврдено два стандардни фреквентни појаси за мерење на звукот, октавен појас и 1/3 октавен појас, при што октавниот појас претставува најширок појас за фреквентна анализа. Кај 1/3 октавен појас секој опсег на фреквенции од октавниот појас е поделен на три дела. 1/3 октавен појас се користи за подетална анализа на нивото на бучава.

За октавниот појас $f_2=2f_1$ или $f_2/f_1=2$, додека кај 1/3 октавен појас важи релацијата $f_2/f_1=2^{1/3}=1.260$.

Во табела 4.4. се прикажани вредностите на долната, средната и горна фреквенција кај октавниот појас, а во табела 4.5. се прикажани вредностите за средните фреквенции во двата стандардни октавни појаси.

*Табела 4.4. Вредност на долната, средната и горна фреквенција во октавниот појас
*Table 4.4. . Value of lower, centre and upper frequency in octave band

Октавен појас, фреквенција (Hz)/Octave band, Frequency, (Hz)		
Долна, f_1 /Lower, f_1	Средна, f_0 /Centre, f_0	Горна, f_2 /Upper, f_2
11	16	22
22	31.5	44
44	63	88
88	125	177
177	250	355
355	500	710
710	1000	1420
1420	2000	2840
2840	4000	5680
5680	8000	11360
11360	16000	22720

*Извор: ANSI S1.6 (1967)

Средната фреквенција во појасот (f_0) се дефинира како геометриска средина на горната и долната фреквенција во интервалот.

$$f_0 = (f_1 \cdot f_2)^{1/2} \quad (4.58)$$

За октавниот појас поврзаноста на горната и долната фреквенција со централната е дадена со следните изрази:

$$f_1=f_0/2^{1/2} \quad \text{и} \quad f_2=2^{1/2}\cdot f_0 \quad (4.59)$$

За 1/3 октавен појас

$$f_1=f_0/2^{1/6} \quad \text{и} \quad f_2=2^{1/6}\cdot f_0 \quad (4.60)$$

Табела 4.5. Вредност на средните фреквенции во октавниот појас и 1/3 октавен појас
Table 4.5. Value of centre frequencies in octave band and one- third octave band

Средна фреквенција во октавниот појас / Centre frequency in octave band (Hz)	Средна фреквенција во 1/3 октавен појас / Centre frequency in one-third octave band (Hz)
31.5	25
	31.5
	40
63	50
	63
	80
125	100
	125
	160
250	200
	250
	315
500	400
	500
	630
1000	800
	1000
	1250
2000	1600
	2000
	2500
4000	3150
	4000
	5000
8000	6300
	8000
	10000
16000	12500
	16000
	20000

4.14. Нормирани звучни нивоа

4.14.1. *Криви за фреквентно нормирање*

Нивото на звучен притисок претставува објективна квантификација на бучавата врз основа на измерената физичка големина, звучниот притисок. Но, ефектот на бучавата врз луѓето, сепак не зависи само од нејзината големина, туку и од нејзиниот фреквентен состав, бидејќи човечкото уво не е подеднакво осетливо на сите фреквенции во слушниот опсег од 16 Hz до 20.000 Hz. Обидите да се карактеризира осетливоста на човечкото уво на различните фреквенции со субјективни методи, довеле до голем број на психоакустични податоци кои пак биле искористени за развивање и воведување на корекциони фактори на фреквенцијата. Така, бил добиен фреквентно-нормиран систем според кој човечкото уво е осетливо на одредени фреквенции. Овој систем ги претставува нивоата на бучава на начин сличен на субјективното чувство на човечкото уво.

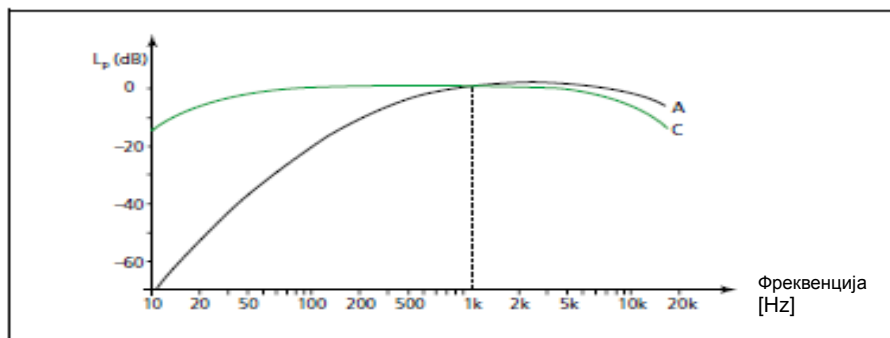
Овој посебно нормиран систем е означен како А-нормирана крива (слика 4.11. и резултатите од мерењето на нивото на бучава во овој систем се изразуваат како А-ниво на бучава во dB или dB(A). Инструментите за мерење на звук се дизајнирани така што овозможуваат звукот да помине низ електронски А-нормиран филтер, со што се добива вредност за нивото на бучава која е најблиска до одговорот на човечкото уво. А-нормираната скала дава помало значење на звуците со пониска фреквенција (под 500 Hz), а поголема тежина дава на вознемирувачките звуци со средна и висока фреквенција (500-4.000 Hz).

Во пракса граничните вредности за максимално дозволеното ниво на бучава се поставени според А-нормираната крива во dB(A). Како алтернативна нормирана скала (крива) била развиена С-нормираната скала (крива) (слика 4.11.) која соодветствува со одговорот на погласни и типично пониско-фреквентни извори на звук, како што се експлозиите.

А-нормираните измерени вредности за нивото на бучава претставуваат наједноставен и најчесто корисен систем за процена на нивото на бучава. А-нормираното ниво на бучава најмногу соодветствува на одговорот на човечкото уво на бучава, но не дава било каква информација за различните фреквенциски компоненти на одредено А-нормирано ниво на бучава.

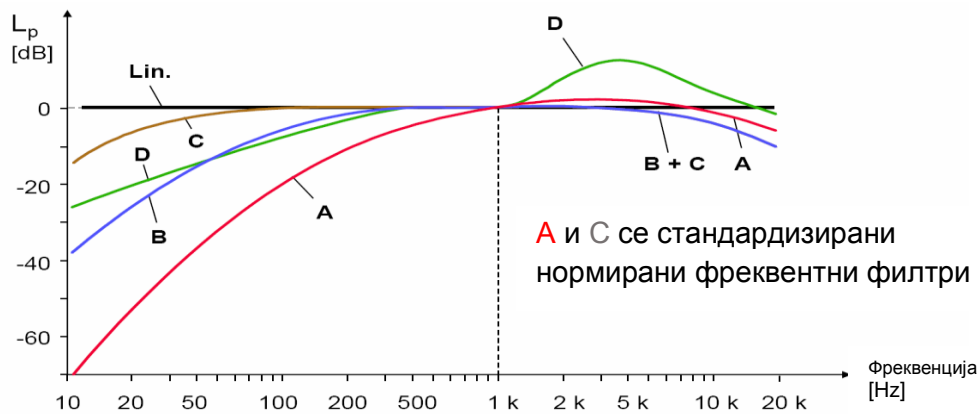
Информациите за фреквентниот состав на бучавата се мошне корисни при изборот и дизајнирањето на системите за контрола на нивото на бучава. Бидејќи апсорпционите материјали и другите системи за контрола на нивото на бучава поседуваат различни својства во слабеењето на нивото на бучава на различни фреквенции, изборот на соодветни материјали и системи за контрола на нивото на бучава мора да се заснова на фреквентната анализа на изворот на бучава. При фреквентната анализа на нивото на бучава мерните инструменти вршат поделба на фреквентниот спектар на бучава во одделни фреквенции кои се составен дел од двата стандардни фреквентни октавни појаси.

Нивото на звучен притисок заедно со податоците од фреквентната анализа овозможува да се идентификуваат доминантните фреквенции на звукот и да се избераат согласно со тоа соодветни материјали за контрола на бучавата.



Слика 4.11. A-нормирана крива, C-нормирана крива
Figure 4.11. A- weighting curve, C-weighting curve

Повеќето инструменти за мерење на звучното ниво имаат три нормирани нивоа, познати како A, B и C (ANSI S1.4, 1971), (слика 4.12) односно мерењето на нивото на бучава се врши исклучително со помош на една од трите, A, B, C-нормирани криви, но најчесто користени се A и C нормираните криви, D кривата се препорачува за мониторинг на бучавата кај млазните авиони.



Слика 4.12. Нормирани криви
Figure 4.12. Weighting curves

Корекцијата направена со помош на нормираните криви грубо го апроксимира осетот за вознемирување од бучава и претставува некое приближување до она што човекот би го констатирал при проценување на бучавата. А - нормираната крива одговара на осетливоста на човечкото уво на ниво на звучен притисок од 40 dB за сите фреквенции. В - нормираната крива одговара на осетливост на човековото уво на ниво на звучен притисок од 70 dB за сите фреквенции. С - нормираната крива е приближно израмнета, константна за сите фреквенции во опсегот помеѓу 63 Hz и 4.000 Hz.

В- нормираната крива ретко се користи. А-нормираното ниво широко се користи како единствена мерка за можни оштетувања на слухот, вознемиреност предизвикана од бучава, согласно со различните регулативи за бучава. Звучното ниво измерено според А-нормирана крива се бележи со L_A и мерната единица се бележи како dB(A).

Имајќи предвид дека А-нормираната крива или A(dB)-вреднувањето најблиску одговара до одговорот на човечкото уво, во табела 4.6 се прикажани А-нормираните корекции на вредноста на нивото на бучава во 1/3 октавен појас dB(A).

Табела.4.6. А-нормирани корекции на вредноста на нивото на бучава во 1/3 октавен појас dB(A)

Table 4.6. A-weighting correction on noise level value in one-third octave band

Фреквен- ција/ Frequency (Hz)	А-нормирана корекција / A- weighting correction dB(A)	Фреквен- ција/ Frequency (Hz)	А-нормирана корекција/ A- weighting correction dB(A)	Фреквен- ција/ Frequenc y (Hz)	А-нормирана корекција / A- weighting correction dB(A)
10	-70.4	160	-13.4	2500	1.3
12.5	-63.4	200	-10.9	3150	1.2
16	-56.7	250	-8.6	4000	1.0
20	-50.5	315	-6.6	5000	0.5
25	-44.7	400	-4.8	6300	-0.1
31.5	-39.4	500	-3.2	8000	-1.1
40	-34.6	630	-1.9	10000	-2.5
50	-30.2	800	-0.8	12500	-4.3
63	-26.2	1000	0.0	16000	-6.6
80	-22.5	1250	0.6	20000	-9.3
100	-19.1	1600	1.0		
125	-16.1	2000	1.2		

4.15. Комбинирање на звучни извори

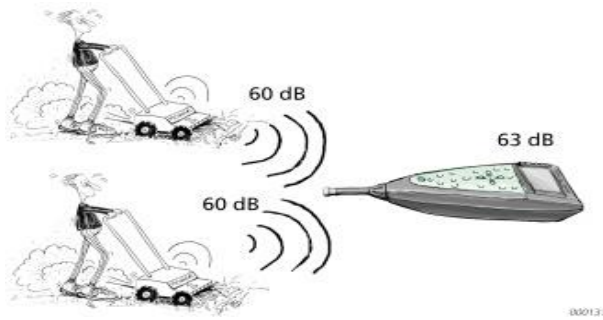
4.15.1. Собирање на звучни нивоа

Ако нивото на бучава од два или од повеќе извори на звук се мери поединечно, а сакаме да го дознаеме комбинираното ниво на звучен притисок на звучните извори, звучните нивоа мора да се соберат. Сепак, поради фактот што dB е логаритамска вредност тоа не може да се направи со едноставно собирање на звучните нивоа.

Еден начин да се соберат добиените вредности во dB е да се претворат поедините вредности од dB во линеарни вредности, да се соберат тие заедно, и повторно да се претворат назад во dB со користење на следнава равенка:

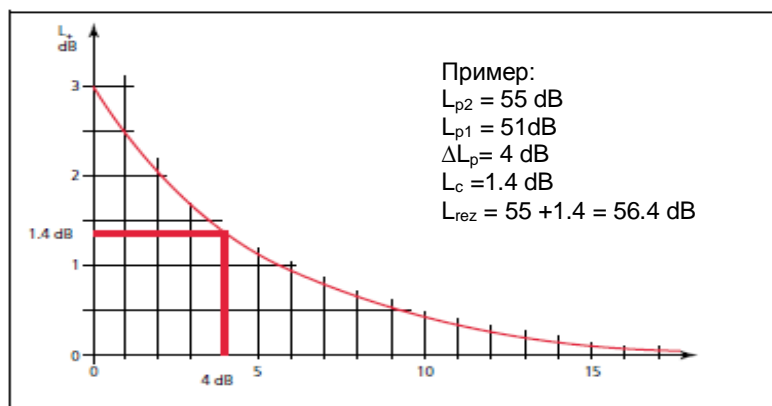
$$L_{presult} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right) \quad (4.61)$$

На овој начин за збирното ниво на бучава од два одделни звучни извори со звучно ниво од 60 dB ќе се добие вредност од 63 dB (слика 4.13.).



Слика 4.13. Собирање на звучни нивоа
Figure 4.13. Adding sound levels

Поедноставен начин е со користење на кривата прикажана на сликата 4.14. и со следната постапка:



Слика 4.14. Крива за определување на збирното звучно ниво
Figure 4.14. Curve for determining sum sound level

1. Се мери нивото на звучен притисок (SPL) за секој извор на бучава посебно (L_{p1} , L_{p2}).
2. Се пресметува разликата (ΔL) помеѓу двете измерени нивоа на звучен притисок ($L_{p2} - L_{p1}$).
3. Вредноста на пресметаната разлика се наоѓа на апцисната оска на графиконот. Се повлекува нагоре додека не се пресече со кривата, а потоа се повлекува хоризонтална линија до ординатната оска на лево.
4. Вредноста што се добива од ординатната оска L се собира со вредноста на звучното ниво од посилниот звучен извор, (L_{p2}). Така се добива збирот на звучните нивоа од двата звучни извори.
5. Ако постојат три или повеќе извори на бучава, чекорите 1 до 4 треба да се повторат со користење на сумата добиена за првите два извори и SPL за секој дополнителен извор.

Од слика 4.14. се гледа дека разликата на звучните нивоа од $\Delta L = 0$ одговара на состојбата прикажана на претходната илустрација каде што вредноста од 3 dB е додадена на звучното ниво предизвикано од едниот извор. Ако разликата меѓу двете нивоа на звучен притисок е поголема од 10 dB, вредноста која се додава може да биде занемарена и отфрлена, бидејќи е многу мала.

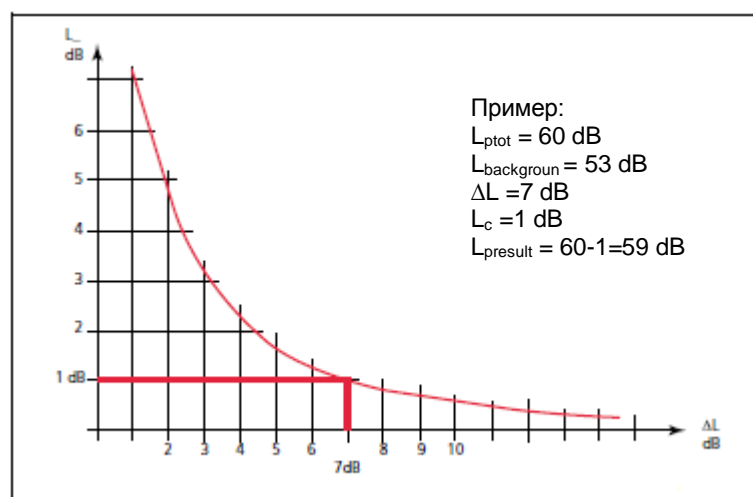
4.15.2. Одземање на звучни нивоа

Понекогаш е потребно да се одземе бучавата во позадината од вкупниот звучен притисок SPL.

Корекцијата на вкупното звучно ниво за бучавата во позадината може да се направи со одземање на бучавата од позадината ($L_{pbackground}$) од вкупното ниво на бучава (L_{ptot}) со користење на следнава равенка или со кривата на слика:

$$L_{presult} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{ptot}}{10}} - 10^{\frac{L_{pbackground}}{10}} \right) \quad (4.62)$$

Ако ΔL е помалку од 3 dB, позадинската бучава е премногу висока за точна евиденција и точното ниво на бучава не може да се најде сè додека бучавата во позадина не се намали. Ако, од друга страна, разликата е поголема од 10 dB, позадинската бучава може да се игнорира.



Слика 4.15. Крива која се користи за одземање на звучни нивоа
 Figure 4.15. Curve used for subtraction sound levels

5. ПОИМ ЗА БУЧАВА

Бучавата претставува браново пренесување на звукот настанат со осцилација на се она што не опкружува. Бучава во животната средина е бучава предизвикана од несакан или штетен надворешен звук создаден од човековите активности којшто е наметнат од блиската средина и предизвикува непријатност и вознемирување, вклучувајќи ја и бучавата емитувана од сообраќајни средства, патен, железнички и воздушен сообраќај и од места на индустриска активност, како што се оние дефинирани во поглавје 10 од Законот за животна средина („Службен весник на РМ“ бр.53/05, 123/12) кое се однесува на интегрирани еколошки дозволи за работење на инсталациите кои што влијаат врз животната средина.

За разлика од пријатниот звук, како бучава го означуваме оној звук кој на човекот и неговото здравје и околината дејствува непријатно и штетно. Бучавата обично се дефинира како несакан, непожелен звук кој смета, иритира, вознемирува или е штетен за човекот. Границата која звукот го разграничува од бучавата е доста растеглива и субјективна и најчесто се класифицира според квалитетот, а потоа според интензитетот. Бучавата понекогаш е малку субјективна, бидејќи за едно лице одреден звук може да претставува бучава, а за друго лице не.

Физички бучавата претставува комплекс од звучни бранови односно мешавина на различни звуци со различен број на треперења во одредено време и може да се дефинира како еден вид на непожелна звучна појава. Бучавата предизвикува непријатност па дури и болка.

Непријатност од бучава значи вознемиреност предизвикана од емисија на звук кој е чест и/или долготраен, создаден во определно време и место, а кој ги попречува или влијае на вообичаената активност и работа, концентрација, одморот и спиење на луѓето [84].

Вознемиреност од бучава значи степенот на вознемиреност на населението од бучава определена со помош на теренски премери или увиди [84].

Извор на бучава е градба, постројка, опрема, инсталација, уред, средство и апарат кој со работа/дејност или употреба предизвикува постојана или повремена бучава, бучна активност од луѓе и животни, вклучувајќи ги градежните

активности, како и други активности од кои се шири и/или врши емисија на звук во средината [84].

Имисија на звук е вкупно ниво на звук на местото на приемање, кој го сочинува основното ниво и ниво од одредени извори [84].

Имисија на бучава е ниво на бучава на одредено место во надворешната средина, кое е произлезено од емисија на еден или повеќе извори на бучава (во натамошниот текст: ниво на бучава) и се изразува во децибели dB [84].

5.1. Временска распределба на бучавата

Покрај магнитудата и фреквенцијата, друга значајна карактеристика на бучавата е и нејзината временска распределба. Нивото на бучава се менува во тек на времето. Посебно значаен параметар за избор на соодветна контрола на бучавата во затворен простор е параметарот т.н. reverberation time (RT). RT во определен простор се дефинира како време потребно нивото на бучава да се намали на 60 dB. Вообичана опрема која е потребна за определување на RT со цел контрола на бучавата се состои од извор на импулсивен звук, инструмент за мерење на нивото на бучава и уред за снимање. RT се пресметува од кривата на опаѓање на звукот врз основа на измерените вредности.

Временската распределба на бучавата е особено корисна за утврдување и изразување на изложеноста на бучава во урбаните средини, каде што нивото на бучава е доста променливо во текот на 24 часа. Еден начин за процена на временски променливиот карактер на бучавата е изразување на нивото на бучава како L_x , каде што x е максимален процент од времето во кое што измереното ниво на бучава е надминато. Така L_1 означува ниво на бучава кое е надминато само во 1% од времето на мерење, што одговара на највисокото ниво на бучава. Од друга страна L_{90} означува ниво на бучава кое е надминато во 90% од времето на мерење и одговара на т.н background или позадинска бучава. L_{50} ја означува средната вредност на измереното ниво на бучава [40].

Друг начин за изразување на временски променливиот карактер на комуналната бучава е еквивалентното звучно ниво L_{eq} . Математичка дефиниција на еквивалентното звучно ниво L_{eq} во временскиот интервал t_1 - t_2 гласи:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_{ref}^2(t)} dt \right] \quad (5.1)$$

каде што:

$p(t)$ - временски променлив A-нормиран звучен притисок во N/m^2

p_{ref} - референтен среден звучен притисок од $2 \times 10^{-5} N/m^2$.

5.2. Видови бучава

Во зависност од изворот на бучава, бучавата може да се подели во две групи:

- Бучава од природни извори;
- Бучава од извори кои ги создал човекот.

Бучава од природни извори подразбира бучава која се јавува во природата како резултат на физичко-хемиските промени во атмосферата, метеоролошките промени како на пр. грмотевици, ветрови, шумолење на реките и др. Оваа бучава не влијае штетно врз здравјето на луѓето.

Бучава од извори кои ги создал човекот е всушност онаа бучава со која тој се среќава секој ден и која може да влијае штетно врз него. Оваа бучава уште се дели на :

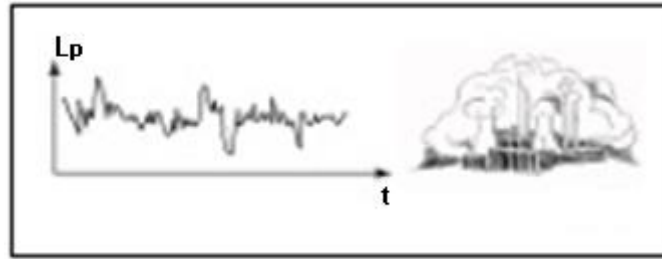
- Бучава во работната средина;
- Бучава во животната средина.

Во зависност од карактерот, односно времетраењето, бучавата се дели на :

1. Континуирана,
2. Дисконтинуирана,
3. Импулсивна,
4. Експлозивна.

5.2.1. Континуирана бучава

Континуирана бучава е бучава која настанува при емитирање на еден или повеќе звучни извори, а чиј интензитет не покажува значајни отстапувања и го зафаќа целиот акустичен спектар. За овој вид на бучава доволно е мерење од само неколку минути со рачна опрема за да се утврди нивото на бучава. Ако се слушаат тонови или ниски фреквенции може да се измери фреквентниот спектар за документацијата и понатамошните дополнителни анализи.

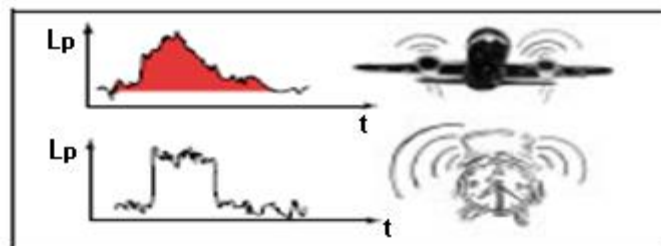


Слика 5.1. Континуирана бучава
Figure 5.1. Continuous noise

5.2.2. Дисконтинуирана бучава

Дисконтинуирана бучава е бучавата која настанува од повеќе звучни извори со емитурање на звучни бранови во различни временски интервали (циклуси) и го зафаќа целиот акустичен спектар [6].

Кога машините работат во циклуси, или кога ќе помине некој автомобил или авион, нивото на бучава се зголемува и намалува забрзано. За секој циклус на звучен извор од машините, нивото на бучава може да се мери само како за континуирана бучава. Сепак, траење на циклусот мора да биде забележано. Поминувањето на автомобилот или авионот се нарекува настан. При мерењето на бучавата на некој настан, се мери нивото на звучен притисок, со комбинирање на нивото и времетраењето на секој поединечен настан. Максималното ниво на звучен притисок исто така може да се искористи. Може да се изврши мерење на звучното ниво за голем број на слични настани за да се воспостави сигурно просечно ниво на звучен притисок.

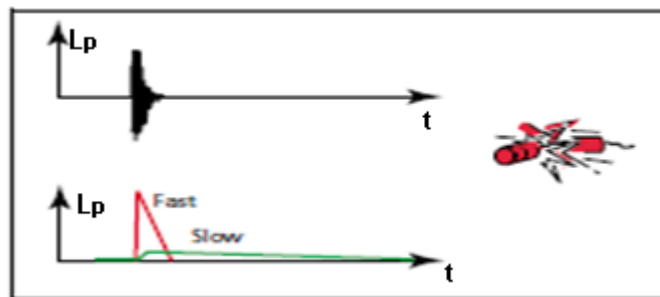


Слика 5.2 Дисконтинуирана бучава
Figure 5.2. Discontinuous noise

5.2.3. Импулсивна бучава

Импулсивна бучава е бучава со висок интензитет која се создава при работење на машини, апарати или орудија и се карактеризира со тоа што брзо

настанува, најчесто опфаќа тесно фреквентно подрачје што ја прави мошне опасна за органот за слух. Тоа е бучава која потекнува од влијанието на експлозии, или при работа на ударните преси или истрел. Таа е краткотрајна и нагла, а нејзината зачудувачка сила предизвикува многу поголеми проблеми отколку што би се очекувало при едноставното мерење на звучното ниво на притисок. За мерење на импулсивната бучава може да се користи, разликата помеѓу параметарот кој брзо реагира и параметарот кој бавно реагира (како што е прикажано на графиконот на слика 5.3). Повторувањето на постапката (број на импулси во секунда, минута, час или ден), исто така, треба да биде документирано [6].



Слика 5.3. Импулсивна бучава
Figure 5.3. Impulsive noise

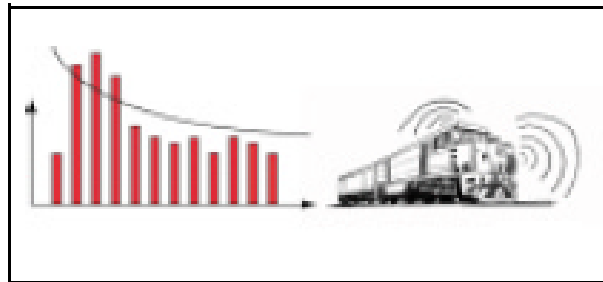
5.2.4. Експлозивна бучава

Експлозивна бучава е бучавата која настанува и се создава како последица на пукот од огнено оружје, експлозивни материи, огномети и дејствува на два брана, воздушен (ударен) и звучен [6].

5.2.5. Ниско фреквентна бучава

Ниско фреквентната бучава има значајна акустична енергија во фреквентен опсег од 8 до 100 Hz. Бучавата од овој вид е типична за тешките моторни возила, погонските механизми на возовите, бродовите и електраните, а шумот е тешко да се пригуши и се шири лесно во сите правци, така што може да се слушне на голема оддалеченост од изворот. Бучавата со ниска фреквенција многу повеќе вознемирува за разлика од бучавата која се добива со A-нормираната крива при мерење на нивото на звучен притисок. Разликата меѓу нивото добиено со A и C-нормираните криви може да покаже дали има проблем

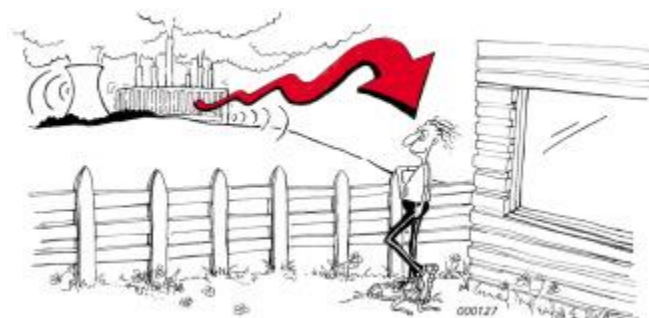
со ниско фреквентна бучава. За да се пресмета чујноста на ниско фреквентните компоненти на бучава, фреквентниот спектар се мери и се споредува со прагот на слушност. Инфразукот има фреквентен спектар со изразени компоненти под 20 Hz. Овие звуци повеќе се перципираат како притисок, а не како звук. Оценката на инфразукот се уште е во фаза на експериментирање и не е во моментот опфатена со меѓународните стандарди [6].



Слика 5.4. Графички приказ на ниско фреквентна бучава
Figure 5.4. Graphic review of low- frequency noise

5.3. Фактори кои влијаат врз дисперзијата на бучавата

Колкаво е нивото на бучава на која е изложен човекот од одреден звучен извор многу зависи од фактот колкава е оддалеченоста од звучниот извор, дали постојат бариери на патот на ширењето на бучавата и дали приемникот се наоѓа пред бариерата или зад неа. Многу други фактори влијаат врз нивото на бучава, а резултатите од мерењето може да варираат од десетици децибели за многу сличен извор на бучава. За да се објасни како се јавува оваа разлика, треба да се разгледа како бучавата се емитува од изворот, како таа патува низ воздухот, и како пристигнува кај приемникот.



Слика 5.5. Патека на ширење на бучавата
Figure 5.5. Noise propagation path

Најважни фактори кои влијаат на дисперзијата на бучавата се:

- Видот на изворот (точкаст или линиски),
- Оддалеченост од изворот,
- Атмосферската апсорпција,
- Ветарот,
- Температурата и температурниот градиент,
- Пречки, како што се бариери и згради,
- Земјина апсорпција,
- Рефлексија,
- Влажност,
- Врнежите.

За да се дојде до репрезентативен резултат при мерењето или пресметката, сите овие фактори мора да бидат земени предвид. Прописите често ги утврдуваат потребните услови за секој од овие фактори.

5.3.1. Вид на изворот

5.3.1.1. Точкаст извор

Ако димензиите на звучниот извор се мали во споредба со оддалеченоста на слушателот (приемникот на звук), тогаш велиме дека станува збор за точкаст извор на бучава. Звучната енергија се шири наоколу сферично, така што нивото на звучен притисок е исто за сите точки кои се наоѓаат на исто растојание од изворот, а се намалува за 6 dB со удвојување на растојанието. Ова важи доколку пригушувањето од страна на земјата и воздухот значително слабо влијаат на нивото на бучава.



Слика 5.6. Машината за косење претставува точкаст извор
Figure 5.6. Mower is a point source

За точкастиот извор кој има ниво на звучна енергија L_w , кој е лоциран во близина на земјиштето, нивото на звучен притисок L_p на растојание $r(m)$ од изворот може да се пресмета според равенката:

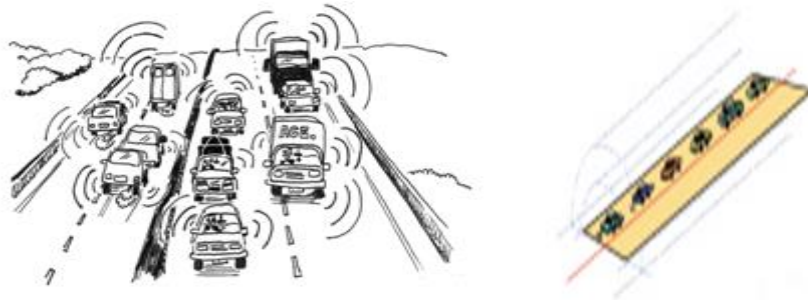
$$L_p = L_w - 20 \log_{10}(r) - 8 \text{ dB} \quad (5.2)$$

5.3.1.2. Линиски извор

Ако изворот емитува бучава која е тесно насочена во еден правец и е многу долг во однос на растојанието до слушателот, велиме дека станува збор за линиски извор на бучава. Тоа може да биде единствен извор, како што е турбулентното струење на флуид во долга цевка или тој може да биде составен од многу точкести извори кои работат истовремено, како што е колона на автомобили на прометна сообраќајница.

Звучното ниво се шири наоколу цилиндрично, па нивото на звучен притисок е исто во сите точки кои се на исто растојание од линијата, а се намалува за 3 dB со удвојување на растојанието. Ова важи доколку пригушувањето од страна на земјата и воздухот значително слабо влијаат на нивото на бучава. За линиски извор на бучава со ниво на звучна енергија по метар (L_w / m), кој се наоѓа близу до земјата, нивото на звучен притисок (L_p) на било кое растојание (r , во m) од звучниот извор може да се пресмета со равенката:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10}(r) - 5 \text{ dB} \quad (5.3)$$



Слика 5.7. Сообраќајница како линиски извор на бучава
Figure 5.7. Stream of vehicles on a busy road is line source

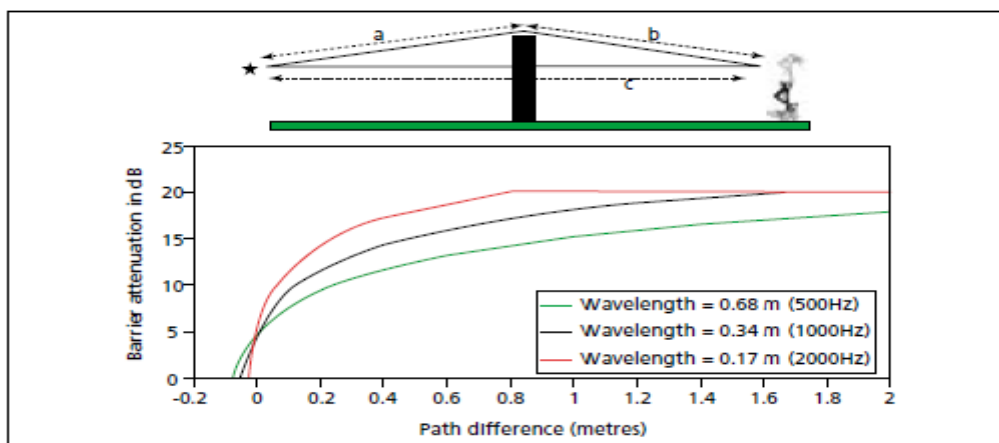
5.3.2. Бариери

Намалувањето на бучавата со помош на поставување на бариери зависи од два фактори:

1. Раликата помеѓу патеката на звучниот бран кој минува низ бариерата, споредено со директното пренесување на звукот до приемникот ($a+b-c$, на дијаграмот).

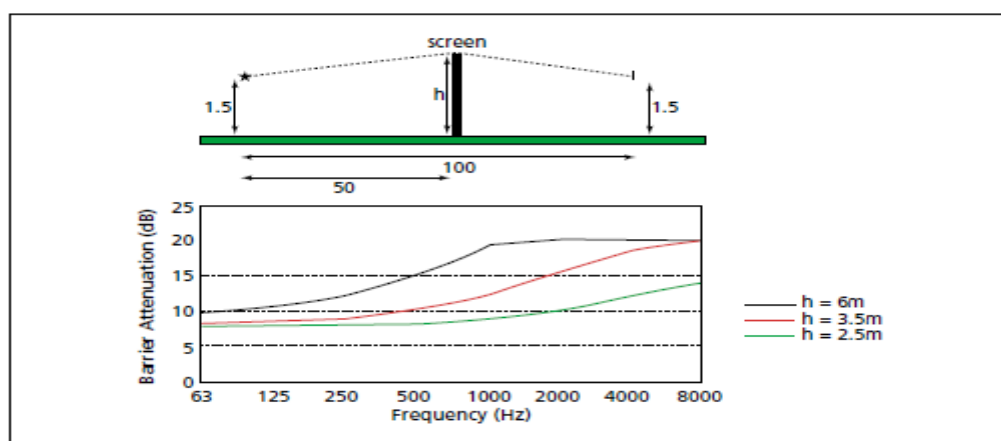
2. Фреквентниот состав на бучавата.

Комбинирианиот ефект од овие два фактори е прикажан на дијаграмот на слика 5.8. Од него може да се види дека нискофреквентната бучава потешко може да се намали со користење на бариери.



Слика 5.8. Намалување на бучавата со помош на поставување на бариери
Figure 5.8. Noise reduction caused by a barrier

На слика 5.9 е прикажано намалувањето на бучавата со помош на бариери, во зависност од висината на бариерата. Намалувањето на бучавата со помош на бариери е многу поефикасно кога бариерата се наоѓа поблиску до звучниот извор или до приемникот.



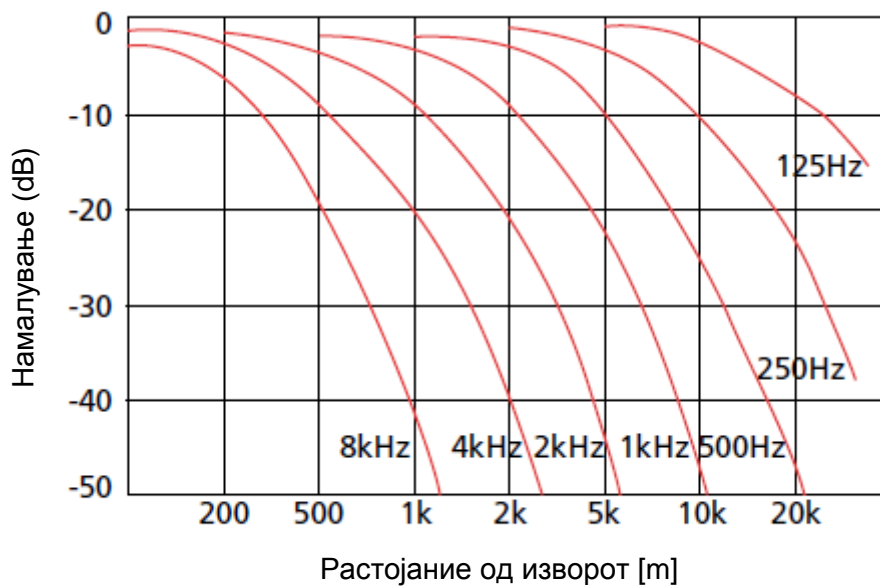
Слика 5.9. Намалување на бучавата со помош на бариери, во зависност од висината на бариерата
Figure 5.9. Noise reduction as a function of barrier height

5.3.3. Атмосферска апсорпција

Намалувањето на бучавата како резултат на атмосферската апсорпција претставува комплексна тема. Намалувањето на бучавата при нејзиното минување низ воздухот зависи од повеќе фактори вклучувајќи ги:

- Растојанието од изворот,
- Фреквентниот состав на бучавата,
- Амбиенталната температура,
- Релативната влажност,
- Амбиенталниот притисок.

Од дијаграмот прикажан на слика 5.10 може да се види дека првите два фактори (растојанието од изворот и фреквентниот состав на бучавата) се највлијателни. Може да резимираме, дека ниско фреквентната бучава не се добро пригушува од страна на атмосферската апсорпција.



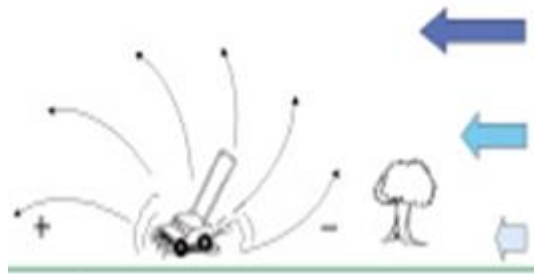
Слика 5.10 Влијание на растојанието од изворот врз атмосферската апсорпција на бучавата

Figure 5.10 Influence of distance from source on the atmospheric noise attenuation

5.3.4. Влијание на ветерот

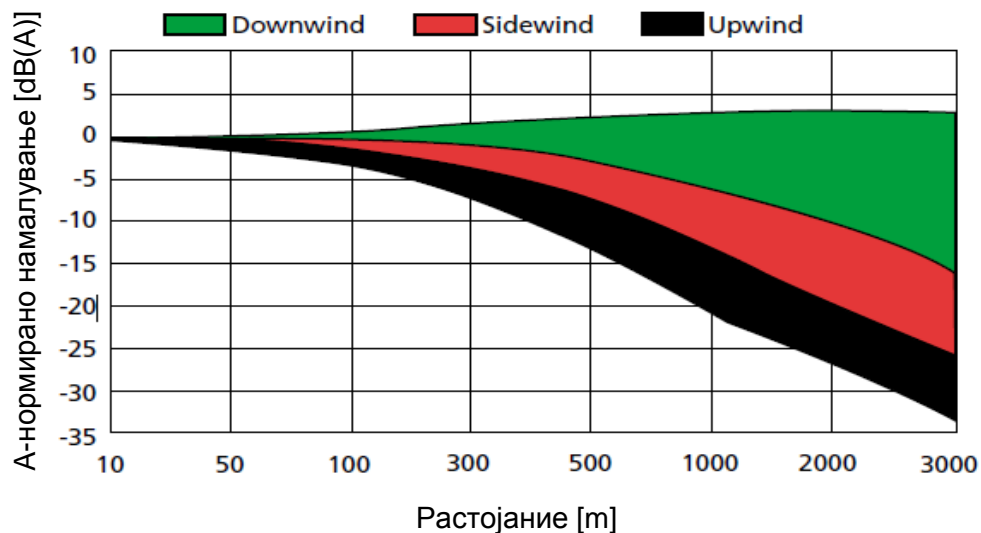
Брзината на ветерот се зголемува со надморската височина, со што се менува патеката на звукот со „фокус“ на правецот на ветар и се прави „сенка“ на страната на изворот која е спротивно од правецот на ветерот и затоа е потребно мерењето на бучавата да биде во правец на ветерот (слика 5.11).

Имено, на кратки растојанија, до 50 метри, ветарот има мало влијание врз измереното ниво на звукот. За подолги растојанија, влијанието на ветрот станува значително поголемо.



Слика 5.11. Мерење во правец на ветарот
Figure 5.11. Downwind measurement is preferred

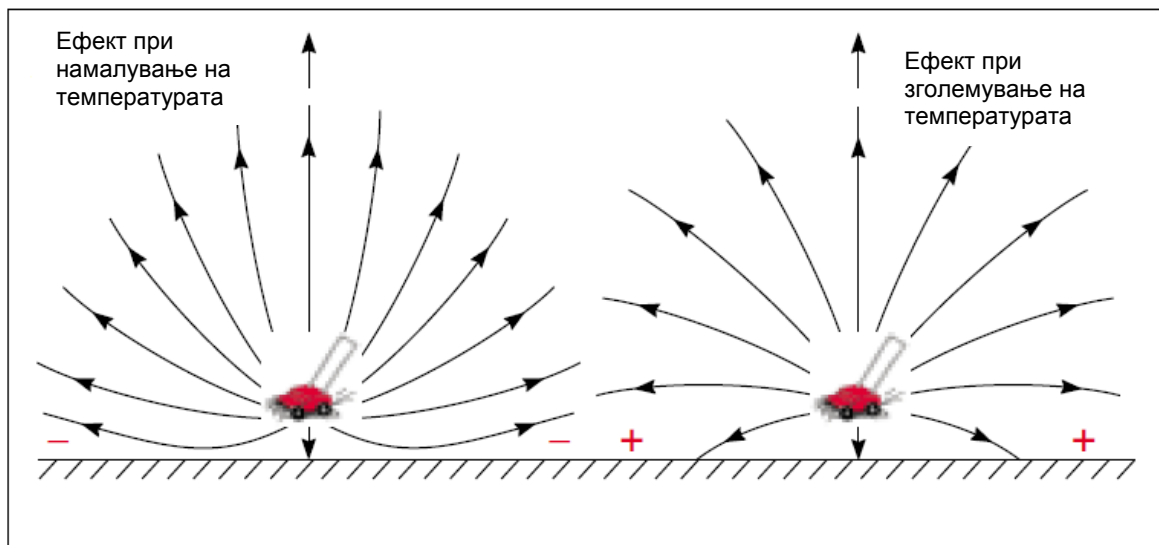
Мерење во правец на ветарот, може да доведе до зголемување на звучното ниво за неколку dB, во зависност од брзината на ветарот. Но, при мерење спротивно од правецот на ветарот или од страна на ветар, нивото на бучава може да падне за повеќе од 20 dB (слика 5.12), во зависност од брзината на ветарот и далечината. Ова е причината што најпожелно мерење е во правец на ветарот - девијацијата е помала и добиениот резултат е, исто така, конзервативен.



Слика 5.12 Влијание на ветарот врз намалување на нивото на бучава
Figure 5.12. Wind impact on the noise level reduction

5.3.5. Влијание на температура

Температурниот градиент создава ефекти слични на оние на градиентот на ветарот, со таа разлика што ова влијание на температурата е подеднакво во сите правци од изворот. Доколку станува збор за сончев ден без ветар, температурата се намалува со надморската височина, правејќи ефект на „сенка“ на звукот. Во ведра ноќ, температурата може да се зголеми со надморската височина (температурна инверзија), што доведува до „фокусирање“ на звукот на површината.

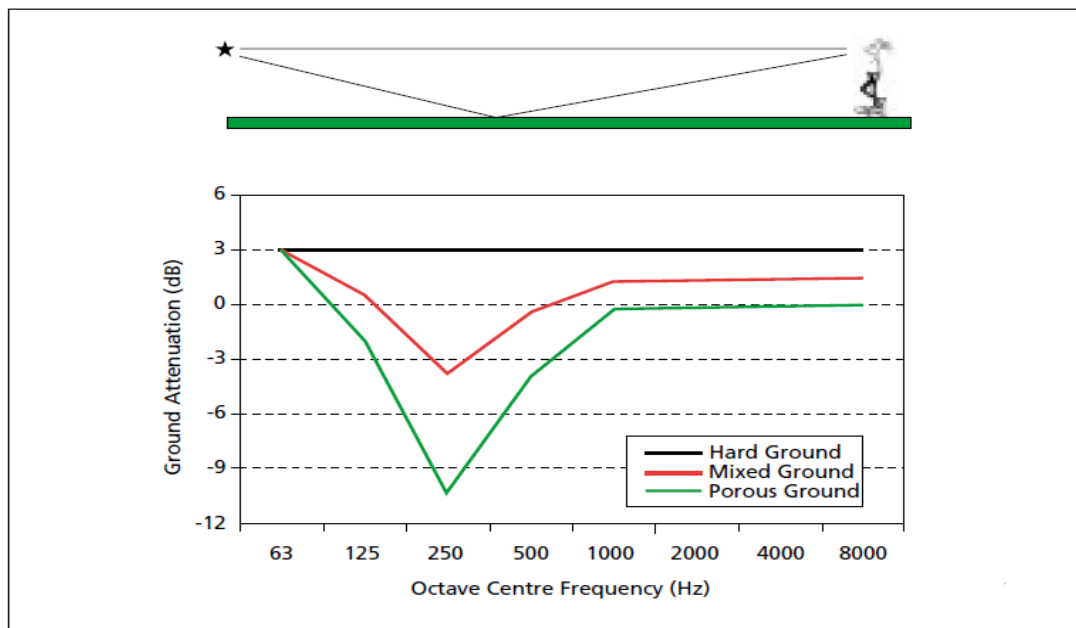


Слика 5.13 Влијание на температурата врз нивото на бучава
Figure 5.13. Temperature impact on the noise level

5.3.6. Влијание на земјината површина

Звучниот бран кој се рефлектира од земјата интерферира со звучниот бран кој директно се пренесува. Ефектот на влијание на земјината површина се разликува за акустично „тврди“ (на пример, бетон или вода), меки (на пример, трева, дрвја или растенијата) и мешани површини. Пригушувањето на звукот од страна на земјата често се пресметува во фреквентните појаси за да се земе во предвид фреквентниот состав на изворот на бучава и видот на теренот помеѓу изворот и приемникот. Врнежите може да влијаат врз ефектот на пригушување од страна на земјата. Снегот, на пример, може да допринесе за значително слабеење, а исто така може да предизвика висок, позитивен температурен

градиент. Според прописите мерење во услови кога има врнежи треба да се избегнува.



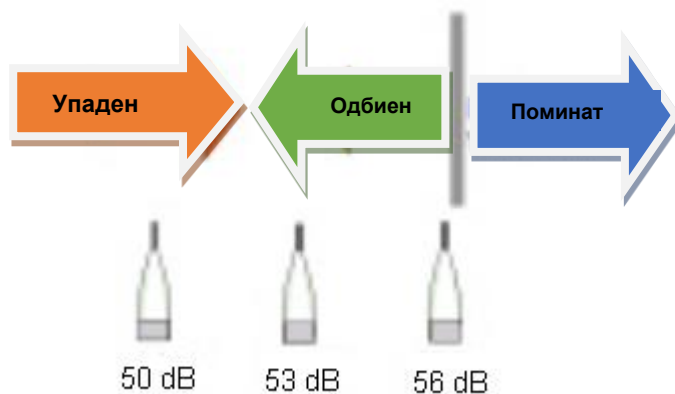
Слика 5.14. Влијание на површината на растојание 100 m помеѓу изворот и приемникот. Изворот и приемникот се на висина 2 m

Figure 5.14. Impact of ground surface at 100m distance between source and receiver. Source and receiver height 2m

5.3.7. Влијание на рефлексивната на звучните бранови

Кога звучниот бран удира во површината, дел од неговата акустична енергија се рефлектира од неа, дел се пренесува преку површината и еден дел се апсорбира од нејзина страна. Ако делот кој се апсорбира и пренесува е мал, како што е обично случај кај зградите, значи дека поголем дел од звучната енергија се рефлектира од површината и за таквата површина велиме дека е акустично крута. Во тој случај нивото на звучен притисок во близина на површината е резултат на директната емисија од изворот и на звукот кој доаѓа од рефлектираните звучни бранови.

Вообичаено, на ниво од 0.5 m на обичен сид звучното ниво е 3 dB (A) повисоко споредено со нивото доколку нема сид. Затоа прописите бараат мерењата да не се вршат во близина на сидна површина со цел да се исклучи влијанието на ефектот на рефлексивна врз добиените резултати (т.н. слободни теренски услови).

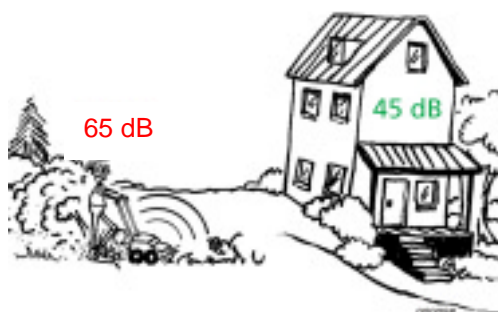


Слика 5.15. Влијание на рефлексивата на звучниот бран
 Figure 5.15. Reflection impact on the sound wave

5.3.8. Влијание на отворени и затворени прозорци

Кога се дома, некои луѓе сакаат да ги држат своите прозорци затворени - поради климатските услови или традиција. Вознемирувачката бучава во животната средина тогаш се пригушува од страна на зградата, и обично ова намалување изнесува 20 - 25 dB (слика 5.16) и е познато како фасадна звучна изолација. Прозорците обично се акустично слаби точки, но тоа може да се подобри со посебен дизајн.

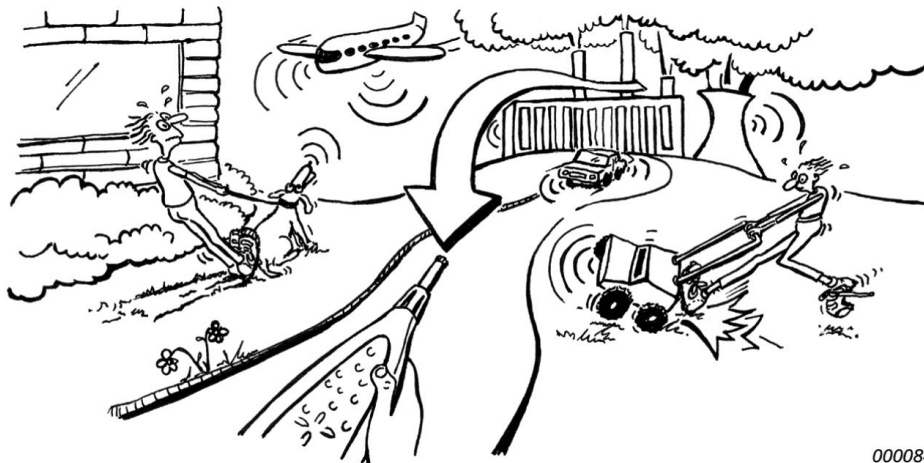
Во други земји и со други климатски услови, луѓето се навикнати да ги држат прозорците отворени и во тој случај се доживува целосниот ефект на комуналната бучава. Прописите за бучава во животната средина, според тоа, мора да го земат во предвид и начинот на кој се изградени становите и начинот на кој тие се користат.



Слика 5.16 Влијание на отворените и затворени прозорци
 Figure 5.16. Open and close windows impact

5.4. Идентификација на звучните извори

Процената на бучава општо земено се однесува на процената на влијанието на бучавата од еден специфичен извор, на пример, бучава која потекнува од одредена индустриска постројка и ова не е секогаш лесна задача. Практично во секоја средина, голем број на различни извори придонесуваат за амбиенталната бучава во одредена точка.



Слика 5.17. Различни извори на бучава во животната средина
Figure 5.17. Different environmental noise sources

Амбиентална бучава е бучава која претставува комбинација од повеќе извори - бучава од индустриските постројки, сообраќајна бучава, песната на птиците, шумолењето на водата, итн.

Специфична бучава е бучава од изворот кој се испитува. Специфичната бучава е една компонента на амбиенталната бучава и може да се идентификува и поврзе со одреден извор.

Разликата помеѓу амбиенталната и специфичната бучава претставува т.н. останата бучава и таа всушност претставува амбиентална бучава, без специфичната бучава. Останатата бучава е бучава која останала во дадена точка под одредени услови кога бучавата од специфичниот извор е потисната.

Оваа терминологија потекнува и е во согласност со ISO 1996 и е најчесто користена. Терминот бучава од позадина (background бучава, кој не се користи во ISO 1996) е исто така еден воопштен вообичаен израз, но тој не треба да се поистоветува со т.н. останата бучава. Терминот background бучава понекогаш се користи за звучното ниво кога се мери на одреден специфичен извор кој не е разбирлив за човековото уво, а понекогаш тој термин се употребува за

вредноста на поедини параметари на бучава, како L_{90} (ниво кое е надминато 90% од времето на мерење).

Во контекст на планирање на градбите, терминот почетна бучава се користи за означување на бучава во одреден момент пред да се случи некоја промена, на пример, работа на некој индустриски објект или изградба на бариери.

За проценка на специфичната бучава се користат различни методи. Овие методи можат да бидат многу ригорозни, како што е затворање на специфичниот произведен погон (индустриска постројка), преку изолирање на останатата бучава, па се до употреба на софистицирани системи кои вклучуваат истовремено и корелациско мерење во неколку точки кои се во близина и други кои се подалеку од изворот.

5.5. Влијание на бучавата врз луѓето

Бучавата директно влијае врз органот за слух и освен што предизвикува оштетување кај него, влијае и на пореметувањата на ЦНС при што се јавува раздрозливост, депресија, пореметување во метаболизмот, психоневротски пореметувања, намалување на концентрацијата и работната способност.

Заради сличните ефекти врз човековото здравје и како последица на дејствувањето на осцилациите, во последно време се јавува едно ново истражувачко подрачје кое го проучува множеството сложени проблеми во врска со влијанието на вибрациите и бучавата врз човекот и заштитата од нив. Бучавата како неделлив дел од современиот живот врши постојана агресија врз човечкиот организам, а особено врз органот за слух, како специфична последица, како и на функционирањето на останатите органи и системи кои се означуваат како неспецифични. Загрижува фактот што покрај порастот на бучавата се јавува и пораст на временската дистрибуција на бучава која се создава надвор од работното место. Времето за одмор и за опоравување на слухот станува се пократко што е од фундаментално значење за функцијата и оштеувањето на слухот, а исто така и за сите останати влијанија на бучавата врз организмот.

Бучавата врз човекот дејствува така што ги пореметува психолошките и физиолошки процеси во организмот [47].

Влијанието, па според тоа и патолошките и физиолошките реакции на човековиот организам на бучава се бројни и можат да се поделат и систематизираат на повеќе начини.

Многу автори влијанието на бучавата го делат на:

- Аудитивно,
- Психолошко.
- Физиолошко

Аудитивно : Се должи на долготрајно изложување на бучава каде што постои опасност од акустични трауми односно трајно оштетување на слухот и губење на слушната осетливост кој што губиток може да биде делумен: наглувост (или ограничена наглувост на одредено фреквентно подрачје) или трајно оштетување: глувост. До губење на слушната осетливост не доаѓа подеднакво на сите фреквенции, туку најпрво на фреквенциите повисоки од 4000 Hz, надвор од подрачјето на најголема слушна осетливост од 1000-4000 Hz. Тоа е примарна акустичка траума. Бидејќи секојдневното говорно комуницирање е во фреквентен опсег од 1000-3000 Hz, после една година изложеност на бучава, човекот субјективно не чувствува оштетување на слухот и изјавува дека добро го слуша соговорникот. При понатамошно изложување на бучавата губитокот на слухот се појавува на фреквенција под 3000 Hz односно во говорното подрачје на фреквенцијата (секундарна акустична траума).

Психолошко: психолошкото влијание се манифестира во облик на одвртаност на вниманието од предметот на работата, чувство на пречки, односно, непријатност, психичка напнатост или внатрешен немир, вознемиреност, невротични симптоми, општа раздразливост, агресивност и склоност кон конфликти, нерасположеност, чувство на премореност, главоболка, пореметување на сонот. Психолошките пореметувања зависат од индивидуалната осетливост. На различни луѓе бучавата различно им делува (кај повеќето доаѓа до привикнување на бучавата), а исто така психолошките пореметувања зависат и од значењето на звучните информации кои се содржани во бучавата . Овие симптоми се изразени на почетокот на работата, односно при самата појава на бучава отколку после извесно време, кога доаѓа до субјективно привикнување на бучавата и кога бучавата ја произведува некој друг.

Физиолошко : а) влијание на кардиоваскуларниот систем: тахикардија, пораст на артерискиот крвен притисок поради вазоконстракција, и б) влијание на гастроинтестиналниот систем: губење на апетит, зголемување на перисталтика и секреција.

Аудитивните нарушувања се дијагностицираат со испитување на слушната осетливост со аудио-метар. При аудиометријата испитаникот седи во звучно изолирана кабина со слушалки на ушите. Испитувачот комуницира со испитаникот преку слушалките, а испитаникот со испитувачот со движења со рацете. Генераторот на тонот произведува тон со одредена фреквенција одејќи од понизок кон повисок интензитет, а испитаникот треба да даде знак со раката кога прв пат ќе го слушне тој звук на слушалките. После тоа, испитувачот го запишува во аудиограмот интензитетот на звукот на кој што при дадена фреквенција за конкретниот испитаник се утврдува прагот на чујност. Во аудиограмот нормалниот слух е означен со права линија, а губитокот на слушната осетливост претставува разлика во dB помеѓу очекуваната и регистрираната слушна осетливост. На слика 5.18 е прикажан аудиограм кој укажува на прогресивно губење на слухот под дејство на бучава.



Слика 5.18. Аудиограм
Figure 5.18. Audiogram

Психолошкото влијание на бучавата не може точно да се дефинира ниту да се измери со инструментални методи, туку истото се оценува врз основа на

реакциите на луѓето кои различно се манифестираат и тесно се поврзани со нервниот систем и психичката состојба на човекот.

Бучавата го попречува нормалното извршување на работите, досадува и вознемирува. Карактеристично за психолошкото влијание на бучавата е тоа што истиот шум различни луѓе различно го чувствуваат, односно за некои еден ист шум претставува бучава, други го чувствуваат како пријатен шум или поднослива бучава.

Физиолошкото дејство на бучавата врз човекот е многу сложено поради функционалната поврзаност и сложеноста на органите. Влијанието на бучавата врз човекот и органите на негово тело се прикажува од аспект на спектарот.

Така, бучавата од слушниот спектар (16-20 000 Hz) дејствува на повеќе органи во човечкиот организам и тоа врз: ЦНС, гласот и говорот, кардиоваскуларниот систем, жлездите со внатрешно лачење, системот за рамнотежа, органот за вид, и др.

Инфразвукот се јавува релативно често во природата и не предизвикува оштетување на здравјето на луѓето. Одредени знаци на манифестација како резултат на влијанието на инфразвукот се нестабилност во движењето, вртоглавица и намалена концентрација. Сите овие појави се краткотрајни и многу бргу исчезнуваат веднаш по престанок на инфразвукот.

Ултразвукот тешко се пренесува низ воздухот, а многу полесно низ течности и тврди тела. Ултразвукот може да предизвика пореметување на рамнотежата, главоболки, вртоглавица, поспаност, несоница, раздразливост и др.

5.5.1. Влијание на бучавата во зависност од јачината

Дејството на бучавата врз човечкиот организам во зависност од јачината според Fletcher-Munson е класифицирано во четири степени и тоа:

- Подрачјето опфатено помеѓу кривите од 0 и 30 фони се смета за апсолутно безопасно подрачје.
- Прв степен на дејството на бучавата е опфатен помеѓу кривите од 30-60 фони каде што се чувствува психичко дејство на бучавата
- Втор степен од 60-90 фони каде покрај психичкото дејство настануваат промени и во вегетативниот нервен систем. Во овој случај се

појавува емоционално психолошко дејство кое се изразува во форма на душевен замор.

- Трет степен од 90-120 фони предизвикува брзи физички и вегетативни реакции и го загрозува органот за слух, предизвикува заболувања на срцето и крвните садови, се чувствува жед и се јавуваат потешкотии при голтањето.

- Четврт степен на бучавата е опфатен во подрачјето со интензитет поголем од 120 фони при што се јавуваат промените од трет степен во поизразена форма, вклучувајќи го и оштетувањето на кожата, слузокожата и нервните завршетоци.

5.5.2. Влијание на бучавата во зависност од фреквенцијата

Слушниот апарат на човекот може да ги прими фреквенциите од 16-20 000 Hz. Границите на фреквентна осетливост се поместуваат во зависност од возраста на единката и нејзината физиолошка состојба на органот за слух.

Фреквенциите од 1-5 kHz ги чувствуваат коските и мускулите.

Фреквенциите од 4-8 kHz предизвикуваат пречки во сопствените рефлексии. Ако дејството на овие фреквенции е подолго од два часа доаѓа до нарушување на крвниот притисок и зголемување на пулсот како и намалување на острината на видот.

Фреквенциите од 1000-8000 Hz ги напаѓаат осетливите нервни завршетоци на кожата и слузокожата и ги загрозуват сите делови на внатрешното уво.

6. РАМКОВНА ПОЛИТИКА ЗА КОНТРОЛА И УПРАВУВАЊЕ НА БУЧАВАТА ВО УРБАНИ СРЕДИНИ

Со подобрување на животниот стандард на луѓето и развојот на техниката и технологијата градовите се развија во големи и индустриски центри. Со ваквата урбанизација градовите се судрија со проблемот на бучавата во животната средина. Ова особено важи за урбаните средини каде комуналната бучава како загадувач на животната средина е присутна 24 часа. Неконтролираното ширење на градовите доведува до појава на населби блиску до индустриските објекти или аеродромите, со што се создаваат т.н. мешовити зони.

Комуналната бучава настанува од повеќе причини:

- Бучава од станбените објекти;
- Бучава од блиските индустриски објекти;
- Сообраќајна бучава.

Бучавата во станбените објекти настанува како последица на:

- Бучава од домашни електрични апарати;
- Говор на луѓето во станот;
- Бучава од соседните станови;
- Бучава која доаѓа од улиците;
- Бучава од инсталациите во објектот каде што се наоѓа станот.

Бучавата од електричните апарати во домаќинството и говорот на луѓето во станот не е од таков карактер да има штетно влијание на човекот. Звучите во овој случај се доста тивки, со исклучок на некои апарати како што се правосмукалки, миксери кои се употребуваат релативно кратко време и овозможуваат бучавата која ја произведуваат да не дојде до границата на иритабилност.

Бучавата од соседните станови исто така не претставува проблем, бидејќи таа се јавува ретко и постои начин да се спречи.

Уличната бучава во урбаните средини претставува голем проблем, а се јавува како резултат на:

- Бучава од товаране и истоваране на стока во блиските трговски објекти;

- Бучава од блиските објекти од типот на кафулиња, ресторани, музички клубови;

- Бучава од градежните машини кои изведуваат градежни работи.

Овие извори на бучава се различно застапени во урбаните средини, при што евидентно е поголемо присуство на бучава во центарот на урбаната средина во однос на приградските населби.

Бучавата од пешаците на улица која се јавува во централните градски подрачја и трговски центри кога бројот на пешаци е голем. Оваа бучава е константна, обично се јавува само во текот на денот и луѓето на неа се навикнуваат.

Бучавата од блиските објекти од типот на кафулиња, ресторани и музички клубови денес претставува проблем во урбаната средина. Трговските центри обично се градат во средина на една населба обиколена со станбени објекти од повеќе катови. Тоа доведува до заробување на звукот, негово ограничено движење, што создава можност за суперпонирање и појава на бучава со поголем интензитет. Оваа бучава посебно е непријатна во ноќните часови, затоа што таквите објекти се активни токму во овој период.

Бучавата од блиските индустриски објекти може да биде многу непријатна ако се работи за метална или текстилна индустрија. Бучавата од индустриските објекти се шири во сите правци, а може да биде намалена ако наиде на препрека. Во случај да нема препреки се шири слободно, при тоа се одредуваат четири зони со различно ниво на бучава. Секоја од зоните обележани како А, В, С, D [78] се протега кружно околу објектот. Зоната D претставува зона на силна бучава и е на растојание околу 60 m од индустрискиот објект. Зоната С се протега на растојание од 60-250 m и во неа бучавата е помала, а зоната А е зона која не е загрозувана од бучава и таа се наоѓа на најголемо растојание од објектот.

Сообраќајната бучава се вбројува во групата на загадувачи на животната средина. Сообраќајот претставува главен извор на бучава и тој учествува со околу 80% од бучавата како фактор кој ја загадува животната средина. Зголемувањето на бројот на автомобили што го наметнува современото темпо на животот доведува до појава на зголемена бучава.

Причини за појава на зголемена сообраќајна бучава се:

- Зголемен број на моторни возила, учесници во сообраќајот;
- Неисправност на моторните возила, учесници во сообраќајот;

- Состојбите на коловозот;
- Односот сообраќајница-станбен објект.

Зголемувањето на бучавата во урбаните средини е сосема нормална појава со зголемувањето на бројот на моторните возила. Учеството на неисправни и стари возила во сообраќајот е причина за појава на зголемена сообраќајна бучава. Денес автомобилската индустрија посветува поголемо внимание на проектирањето и производство на сообраќајни средства кои ќе создаваат помала бучава. Особено внимание се посветува на намалувањето на бучавата во патничката кабина, во која насока се постигнати добри резултати. Но, бучавата која од возилото се пренесува на околината сеуште не е решена во задоволителна мерка. Посебно големи загадувачи на околината се старите и неисправни моторни возила. Во нашата земја поради нискиот животен стандард се користат возила со старост над десет години кај кои експлоатациониот век е при крај и кои претставуваат загадувачи на околината од повеќе аспекти.

Негативните ефекти кои ги предизвикува бучавата во општеството се забележани во литературата од страна на повеќе автори (Berglund & Lindvall, eds, 1995). Негативните ефекти на бучавата може да бидат директни (загуба на слухот, пречки во говорот, пречки и пореметување на сонот), индиректни или секундарни ефекти, како што се долгорочните ефекти врз физичкото и менталното здравје, како резултат на долгорочната вознемиреност од изложеноста на бучава и пролонгираното нарушување на сонот. Имајќи предвид дека Светската здравствена организација (WHO 1947) го дефинира здравјето како целосна физичка, ментална и социјална благосостојба, а не само како отсуство на болест, јасна е заложбата на заедницата во контролата и управувањето на бучавата во животната средина. Индиректното штетно влијание на бучавата врз здравјето, Job(1996) го истакнува како веројатна причина за реакцијата на заедницата, во насока на преземање на соодветни мерки за нејзина контрола. Општа цел е да се задоволи потребата сите активности во општеството да бидат усогласени со желбата на населението за тивко општество. Широките оперативни цели вклучуваат барања за заштита, унапредување и подобрување на квалитетот на живеење, односно потребата за еколошки одржлив развој, намалување на здравствените ризици и спречување на деградацијата на животната средина. Ваквата политика настојува да

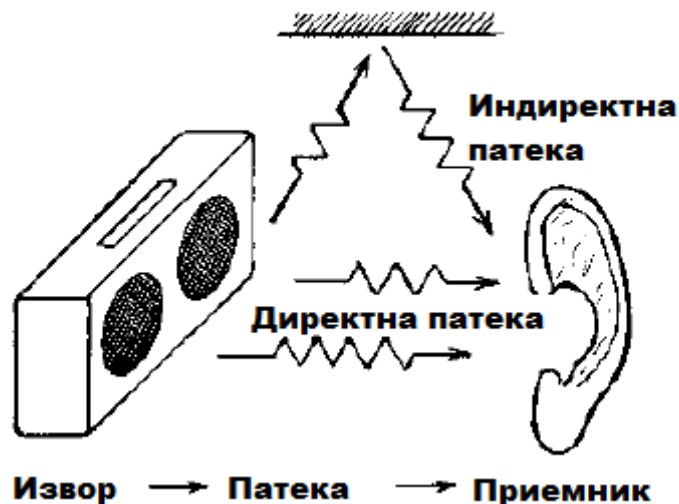
промовира еколошка добросостојба преку спречување и минимизирање на бучавата.

6.1. Контрола на бучавата

Во секој систем за контрола на бучавата постојат три основни елементи како што е покажано на слика 6.1. Тоа се:

1. Извор на звук
2. Патека по која се пренесува звукот
3. Приемник на звук (Faulkner, 1976).

Со други зборови кажано, секој проблем со бучавата може да биде разрешен во однос на изворот на звук, во однос на патот на пренесување (кој може да биде директен или индиректен) или во однос на приемникот. Целта на повеќето програми за контрола на бучавата е да се намали нивото на бучава кај приемникот. Ова може да се оствари со правење измени (модификации) на изворот, на патеката, или на приемникот или со било која комбинација од овие елементи. Во смисла на најголема ефикасност и прифатливост, искуството става акцент на модификација на изворот пред било каква модификација на преносната патека или на приемникот.



Слика 6.1. Три основни елементи во системот за контрола на бучавата
Figure 6.1. Three basic elements in noise control system

Во некои случаи секако дека може да постојат неколку извори на звук, различни патеки по кои звукот се пренесува и повеќе од еден приемник, но во основа принципите на контрола на бучавата остануваат исти како и кај повеќето

едноставни случаи. Патеката по која се пренесува звукот може да биде индиректна, кога на пример звукот на патот до лицето-приемник се рефлектира од ѕидовите на просторијата. Важно за инженерот кој е задолжен за контрола на бучавата кога размислува за решение за проблемот со бучавата е да ги идентификува сите можни акустична патеки.

Приемник во системот за контрола на бучавата е обично човечкото уво. Важно за акустичниот дизајнер во било кој проект за контрола на бучавата е да го прецизира начинот, видот на оштетување кое може да го претрпи приемникот. Целта на постапката за контрола на бучавата може да биде спречување на губењето на слухот, овозможување на ефективна комуникација или да се намали бучавата, со цел жителите во околината каде има прекумерно ниво на бучава да не бидат интензивно вознемирени со звукот кој се емитува од страна на изворот. Инженерскиот пристап е често различен во секој од овие случаи.

Кога станува збор за бучава во животната средина намалувањето на бучавта на местото на приемникот подразбира преземање на следните мерки:

- Соодветен избор на локација на приемникот, односно на станбените објекти и простории;
- Примена на архитектонски решенија;
- Звучна изолација на приемникот и акустична обработка на просторот.

6.2. Управување со бучавата во животната средина

Програмите за заштита од бучава се разликуваат од земја до земја. Законските барања не се идентични, техниките и методите за заштита се разликуваат, и политичкиот фокус варира. Сепак, има заеднички аспекти во работата на сите еколошки служби на полето на заштитата од бучава, а тоа се [18]:

- Планирање на развојот на новите станбени објекти, индустриски објекти, патишта, аеродроми, итн;
- Разгледување на жалбите од граѓаните, и давање соодветен одговор на истите во текот на процесот на планирање или потоа;

- Оценување на усогласеноста / неусогласеноста на изворите на бучава (индустриски постројки, аеродроми, патишта, железнички пруги и слично) со прописите и законодавството (слика 6.2).



Слика 6.2. Илустрација на процесот на управување на бучавата во животната средина

Figure 6.2. Illustration of environmental noise management process

Во било која од овие главни области на работа, органите надлежни за решавање на прашањата поврзани со бучавата во животната средина може да нарачаат да се извршат одредени работи, вклучувајќи:

- Мониторинг на нивото на бучава,
- Процена на бучавата од одредени, специфични извори,
- Пресметување на очекуваните нивоа на бучава,
- Мапирање на нивоата на бучава
- Подготовка на извештаи за граѓаните или носителите на одлуки
- Прибирање и архивирање на податоците
- Преземање соодветни акции како експерти од оваа област

Со оглед на степенот и значењето на бучавата како специфичен вид на загадување се бара овие задачи да бидат исполнети, на соодветно ниво на

разбирање на прашањата што се бара, не само од експерти кои работат во областа, туку и од оние кои донесуваат одлуки и од граѓаните.

Специфични цели на политиката за управување и контрола на бучавата во животната средина се:

- Воспоставување на критериуми за граничните, максимално дозволени вредности на бучава во животната средина, како истата не би влијаела штетно врз здравјето на луѓето и да овозможи планско користење на земјиштето;

- Овие критериуми за максимално дозволени (гранични) вредности на бучавата во животната средина да се користат како основа при реализирањето на нов проект и од нив да произлезат специфичните нивоа на бучава за конкретниот проект.

- Промовирање на унифицирани методи за мерење и процена на влијанието на бучавата, вклучувајќи ја и постапката за оцена на метеоролошките услови.

- Утврдување на мерки за ублажување и намалување на ефектите од штетното влијание на бучавата;

- Обезбедување на формален процес за утврдување на остварливи и разумни ограничувања на нивото на бучава и усогласување на влијанието на бучавата со економските, социјалните и еколошките аспекти на индустрискиот и вкупниот општествен развој.

- Извршување на функции кои се однесуваат на превенција, минимизирање и контрола на бучавата во животната средина.

Одговорноста за спроведување на политиката подразбира:

- Правилно урбанистичко планирање при кое треба да се земат предвид можните влијанија на бучавата во раната фаза на планирање, така што некомпатибилните активности соодветно ќе бидат лоцирани и навреме спречени.

- Препознавање на важноста за соодветна одалеченост на изворите на бучава од резиденцијалните објекти. Од посебно значење е сознанието дека еднаш воспоставените мерки за намалување на штетното влијание на бучавата на самиот почеток уште во фазата на планирање, подоцна може да бидат ограничени од страна на можностите за нивно спроведување и нивната цена на чинење.

- Улогата на одделението за урбанистичко планирање и надлежните органи од областа на заштитата на животната средина е заедничко дејствување на полето на утврдување на критериумите за граничните, максимално дозволени вредности на бучава во животната средина, како истата не би влијаела штетно врз здравјето на луѓето и овозможување на планско користење на земјиштето;

- Заедничко разгледување на можните проблеми со бучавата во фаза на планирање на проектот од страна на предлагачите и менаџерите на некој нов објект (проект) кој претставува потенцијален извор на бучава и директна контрола на влијанието на бучавата со соодветно комбинирање на алатките за управување со бучавата и инженерското дизајнирање на изворот на бучава.

6.3. Цел на политиката за контрола и управување на бучавата

Политиката за контрола и управување на бучавата во животната средина посебно е насочена кон процена на нивото на бучава од индустриските извори, сообраќајниците, градежни активности кои се опфатени во Законот за заштита на бучава во животната средина (член 8), како општи извори на бучава. Локалната влада претставува независен регулатор на нивото на бучава со предлагање и усвојување на соодветна правна регулатива така што има дискреционо право да одлучува за нивото на бучава во рамки на својата одговорност. Политиката за контрола и управување на бучавата е дизајнирана за големи и комплексни извори на бучава и со неа се утврдуваат и прецизираат процедурите за мониторинг и процена на влијанието на бучавата но, овие процедури не може секогаш да се применуваат кај изворите на бучава за кои се однесуваат. Во таков случај, локалните општински власти треба да воспостават политика која ќе помогне во рамки на нивната надлежност за локалното просторно планирање преку донесување на локални еколошки акциони планови [18].

6.4. Примена на политиката за контрола и управување на бучавата

Процената на влијанието на бучавата претставува сложен и субјективен процес, поради што не може да се посматра изолирано од останатите општествени и економски активности и аспекти на развој. Политиката за

контрола и управување на бучавата предлага процеси со кои ќе помогне во воспоставување остварлива и разумна рамнотежа помеѓу сите извори на бучава (индустриските активности, сообраќајот) и заштитата на заедницата од несаканите (високи) нивоа на бучава.

Контролата и управувањето на бучавата во животната средина ги вклучува следните чекори:

1. Утврдување на специфичното ниво на бучава (индикаторите за бучава за вознемиреност и удобност за ден-вечер-ноќ) за соодветното подрачје (за конкретниот проект).

2. Мерење и утврдување на постоечкото ниво на позадинска и амбиентална бучава.

3. Кога со новиот проект се очекува создавање на повисоко ниво на бучава од утврдените гранични вредности треба да се изврши прилагодување (корекција) на очекуваното ниво на бучава.

4. Предвидување или мерење на нивото на бучава од планираниот проект земајќи го предвид влијанието на метеоролошките параметри (брзина на ветер, температурна инверзија).

5. Споредба на предвиденото или измерено ниво на бучава со специфичното ниво на бучава карактеристично за планираниот проект и процената на влијанието од него.

6. Земање предвид на можните и реални стратегии за ублажување, во случај на надминување на нивото на бучава карактеристично за планираниот проект.

7. Преговори помеѓу надлежните органи и предлагачите на проектот и помеѓу заедницата и предлагачите со цел процена на економските, социјални и еколошки трошоци и придобивките од предложените мерки против штетното влијание на бучавата.

8. Надлежните органи ги поставуваат законски усогласените нивоа на бучава кои ги рефлектираат можните и утврдени гранични вредности на нивото на бучава за планираниот проект.

9. Мониторинг на нивото на бучава во животната средина од планираниот проект за утврдување на неговата усогласеност со утврдените дозволени вредности и услови.

6.5. Превенција на негативното влијание на бучавата

6.5.1. Избегнување на несоодветна локација на изворите на бучава

Правилното просторно планирање на земјиштето и на новите проекти може да ги спречат потенцијалните проблеми со бучавата во животната средина. Оваа политика треба да се применува при разгледување на влијанието на предложените или одобрени проекти кои претставуваат потенцијални извори на бучава во близина на веќе постоечки извори на бучава или во непосредна близина на подрачја осетливи на бучава (училишта, болници, подрачја за туризам и рекреација). Воспоставените критериуми за нивото на бучава во прв план може да помогнат да се идентификуваат подрачјата каде што е тешко, а понекогаш и невозможно да се избегнат влијанијата на бучавата, а со тоа ќе ни помогнат и во процесот на донесување на одлуки за користењето на земјиштето согласно со зоните дефинирани во (Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина, („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08). Овие критериуми може исто така да се искористат и за идентификување на потребата за планирање и утврдување на мерки за намалување на нивото на бучава и за управување со односот помеѓу активностите кои создаваат бучава и подрачјата осетливи на бучава.

Стратегиите кои може да се користат при планирањето на нови проекти вклучуваат:

- Разгледување на можните влијанија на бучавата при просторното планирање на новите проекти и преземање на соодветни мерки како што се:
 - Просторно одвојување на бучните активности од подрачјата осетливи на бучава преку искористување на земјиштето за лоцирање на помалку осетливи на бучава активности (подрачја за рекреација и сл) во областите со високо ниво на бучава.
 - Искористување на предноста на сите природни топографски карактеристики кои може да се искористат за намалување на влијанието на бучавата при просторното планирање на земјиштето.
 - Распределба на земјиштето со која би се зголемиле површините заштитени од бучава.
 - Искористување на повеќекатните згради како бариери за заштита од бучавата. Зградите кои се користат како бариери треба да имаат вклучено во

својот дизајн принципи за намалување на нивото на бучава, за обезбедување на соодветни внатрешни услови.

- Соодветно дизајнирање на зградите, со цел намалување на влијанието на бучавата како што се:

- Примена на принципите на акустичен дизајн при просторното планирање на земјиштето преку испитување на неговата погодност за искористување како можна бариера, ѕидови или огради за намалување на нивото на бучава.

- Во близина на изворите на бучава лоцирање на објекти кои не се осетливи на бучава (народни кујни, магацини, авто-перални и сл).

- Минимизирање на големината и бројот на прозорци ориентирани кон изворите на бучава.

- Замена на конвенционалните коси покриви со рамни покриви со подигнати парапети.

- Користење на градежниот објект за заштита на отворените области.

- Користење на добри градежни изолациони техники кај вратите и прозорците кои се изложени на бучава (добри изолациони врати, подебело прозорско стакло, двојно застаклување на прозорците и сл.)

Исто така од посебно значење е постоењето на механизам за постојано информирање на јавноста за постоечкото влијание на бучавата, со цел нивно преселување во помирни области и избегнување на нереалните очекувања во областите кои се изложени на високо ниво на бучава.

6.5.2. Утврдување на специфичното ниво на бучава карактеристично за нов проект

За поедини проекти се поставуваат построги критериуми за вознемиреност и удобност при утврдување на специфичното ниво на бучава за тој проект. Генерално критериумите за вознемиреност за нивото на бучава важат за сите нови индустриски капацитети се додека подрачјето не почне да станува развиено како резултат на зголеменото ниво на бучава. Од ова ниво понатаму критериумите за удобност се применуваат како прифатливи критериуми. Кога постојат проекти за повеќе нови индустриски капацитети треба да важат подеднакви критериуми за секој нов предложен индустриски капацитет.

Изворот на бучава може да поседува карактеристики кои го зголемуваат неговото вознемирувачко дејство како што се: тонот, импулсите, нискофреквентната бучава и дисконтинуираната бучава. Кога имаме таков извор на бучава треба да се направи прилагодување (корекција) на нивото на изворот на бучава добиено во фазата на процена, пред истото да се спореди со специфичното ниво на бучава за проектот за одредување на дополнителната вознемиреност предизвикана од поедините горе споменати карактеристики на изворот.

При процена на влијанието на бучавата, специфичните нивоа на бучава за даден проект се очекува да бидат определени под одредени климатски услови карактеристични за дадената област. Овие услови може да вклучуваат мирно, ветровито време и температурна инверзија. Во тој случај политиката за управување и контрола на бучавата се однесува на намалување на зголеменото ниво на бучава како резултат на температурната инверзија и влијанието на ветерот.

Политиката за управување и контрола на бучавата ја поставува следната процедура за процена на температурната инверзија:

- Се прави скрининг тест за да се идентификува дали секоја понатамошна процена на влијанието на метеоролошките параметри е оправдана.
- Ако се утврди дека метеоролошките параметри имаат значително влијание, предлагачот може да ги користи стандардните (постоечки) метеоролошки податоци за предвидување на зголеменото ниво на бучава. Овие основни метеоролошки податоци за секоја област се познати, така што потенцијалните трошоци за мониторинг на овие параметри може да бидат избегнати.
- Алтернативно, предлагачот може да ги отфрли овие постоечки метеоролошки податоци и да изврши мерење на метеоролошките параметри.
- Зголеменото ниво на бучава тогаш се предвидува со користење на утврдените метеоролошки параметри со мерењето.

Оваа постапка се базира на претходно изработена обемна студија за преваленција на температурна инверзија и на податоците добиени од теренот. Нивото на бучава под постоечките метеоролошки услови проценето за секој приемник потоа се споредува со нивото на бучава карактеристично за дадениот

проект со цел да се утврди дали метеоролошките услови имаат значително влијание.

Ветерот може исто така значително да допринесе за зголемување на нивото на бучава која се емитува од даден извор, во правец на ветерот. Политиката одредува процедура за процена на значењето на ефектите од ветерот и стандардната брзина на ветерот се користи при процената, кога ќе се покаже дека овие ефекти имаат големо влијание.

Кога е утврдено влијанието на бучавата, менаџерите на изворот на бучава треба да настојуваат да ги задоволат критериумите со примена на разумни и изводливи мерки за намалување на нивото на бучава. Кога велиме изводливи се мисли на инженерски размислувања (од инженерски аспект) кои практично може да бидат направени, а разумни се мисли на примена на правната регулатива при донесувањето на одлука, земајќи ги предвид следните фактори:

- Придобивки од намалувањето на нивото на бучава (за колку dB е намалено нивото на бучава, бројот на луѓе кои се заштитени);
- Цената на намалувањето - цената на намалувањето, наспроти добиените придобивки;
- Мислењето (погледот) на заедницата - естетското влијание и желбите на заедницата;
- Нивото на бучава за дадената област – постоечкото и идните нивоа и промените на нивото на бучава.

Доколку и по примената на сите практично изводливи и разумни мерки за намалување на нивото на бучава резултантното ниво на бучава ги надминува проектираните специфични нивоа на бучава, тогаш (останатото) ниво треба да биде избалансирано со општествените и економските придобивки кои произлегуваат од изворот на бучава. Овој процес на преговори е во прилог на директните консултации кои обично се случуваат во текот на процесот на процена на влијанието меѓу предлагачот и заедницата.

При утврдувањето на граничните вредности на нивото на бучава, надлежните органи треба да размислат за техничката, практична изводливост на мерките за ублажување, колку треба да изнесува намалувањето на нивото на бучава според предвидувањата, барањата и погледите кон проблемот со бучавата на заедницата, придобивките кои произлегуваат од воведувањето на мерките за ублажување и трошоците за постигнување на специфичните

проектирани нивоа на бучава кои се препорачуваат, заедно со еколошките последици од надминувањето на специфичните нивоа на бучава, карактеристични за проектот. Важно е да се има предвид дека специфичните нивоа на бучава предвидени со проектот не треба директно да се усвојат, без разгледување и земање предвид на останатите фактори.

6.5.3. Откупување на земјиштето

Критериумите за бучава не се утврдуваат со цел да се откупи земјиштето и обештети населението кое живее во близина. Како што претходно наведовме тие се дизајнирани да го заштитат населението од вознемирувачкото ниво на бучава и да се зачуваат пријатни услови, удобност, и развива и унапредува процесот на примена на сите практично изводливи и економски разумни мерки за избегнување и намалување на вознемирувачкото ниво на бучава. За постигнување на овие цели, утврдувањето на критериумите за бучава треба да се заснова на идентификување на нејвисокото (а, не средното, просечно) ниво на влијание. Треба да се настојува тие да го намалат ризикот на население кое е многу вознемирено од бучава на помалку од 10%, и тоа во 90% од времето (L_{90}). Решавањето на проблемот со бучавата преку откуп на земјиштето и обештетување на населението се разгледува како последна можност (мерка која се презема во крајна линија). Кога се користи оваа мерка, потребно е да се добие согласност од органите задолжени за просторно планирање на земјиштето, односно да се утврдат условите за откупување на земјиштето.

Одлуката за откуп на земјиштето кога проектираните нивоа на бучава се многу високи и не може да се намалат зависи од повеќе фактори, а бучавата е само еден од нив. Во некои случаи, недостатоците во една област може да се компензираат со добивање придобивки во друга област. Утврдувањето и мерењето на сите релевантни фактори е улога на ситемот за планирање.

Различните проценети нивоа на бучава околу индустриските извори на бучава може да се опишат како зони на афектација кои предизвикуваат вознемиреност. Во рамки на овие зони може да се наоѓаат многу помали затворени области кои се поблиску до изворот каде што влијанието е поголемо и каде што е оправдано откупувањето на станбените згради.

Доколку бучавата од индустриските објекти е доволно висока, така што може значително да го промени карактерот на областа и/или има влијание врз

здравјето на луѓето, тогаш откупот на земјиштето може да се разгледува како варијанта. Откупот на земјиштето е поретко применуван практичен пристап во поразвиените подрачја.

Мониторингот на нивото на бучава во животната средина како резултат на брзиот индустриски напредок, зголемување на бројот на сообраќајни средства, со цел утврдување на нивната усогласеност со граничните вредности во правната регулатива е од посебно значење за соодветно менаџирање со изворите на бучава.

6.6. Преглед на пристапот во спроведување на политиката за управување и контрола на бучавата во животната средина

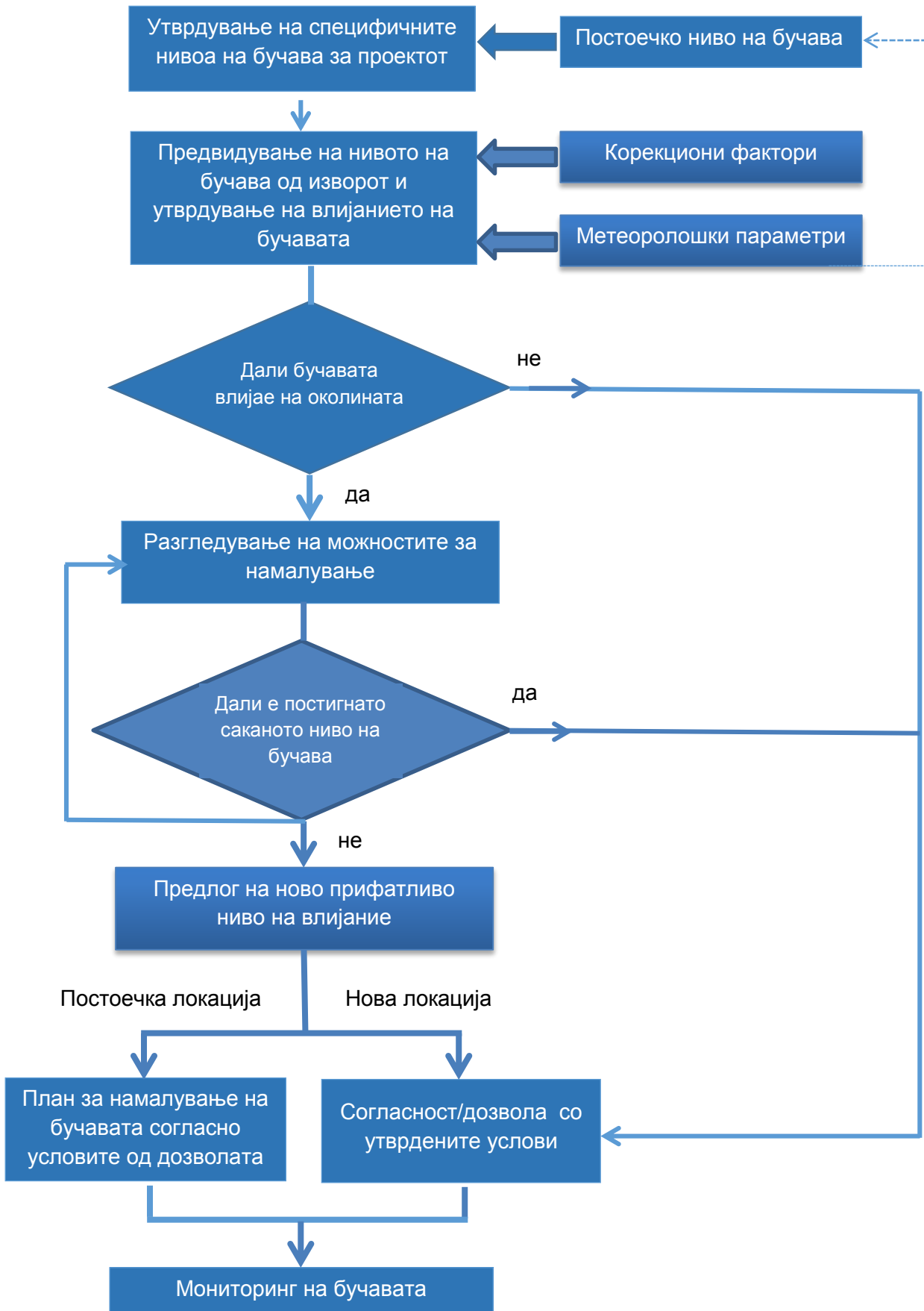
Дијаграмот 6.6.1 дава преглед на главните процеси вклучени во примената на политиката за управување и контрола на нивото на бучава. Блок-дијаграмите од 6.6.2 - 6.6.6 претставуваат чекор-по-чекор водич за функционирањето на оваа политика, со референци за релевантните делови од политиката [18].

6.6.1. Главни процеси вклучени во примената на политиката за управување и контрола на нивото на бучава

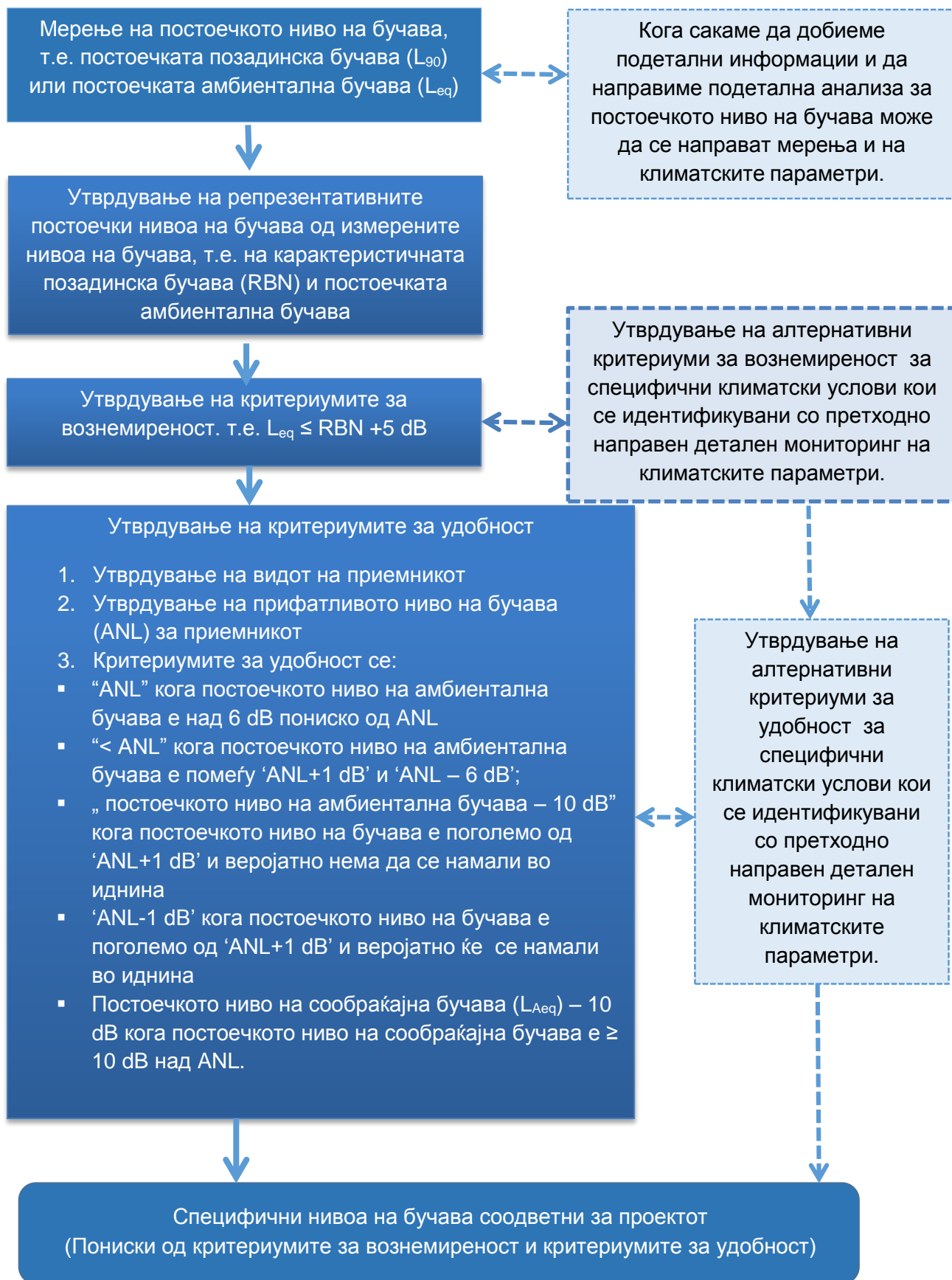
Специфични нивоа на бучава за проектот



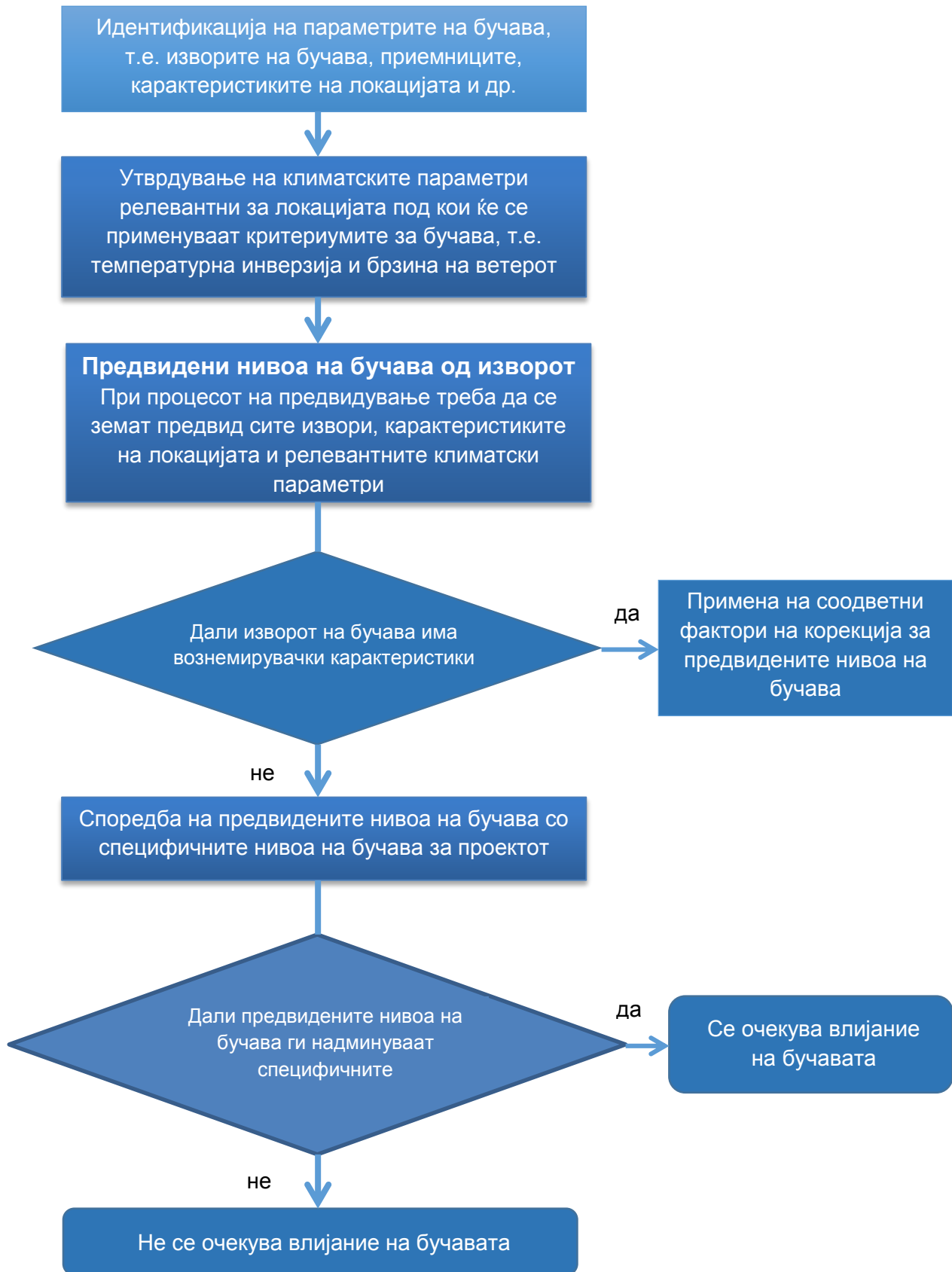
6.6.2. Процес на процена и управување со влијанието на бучавата



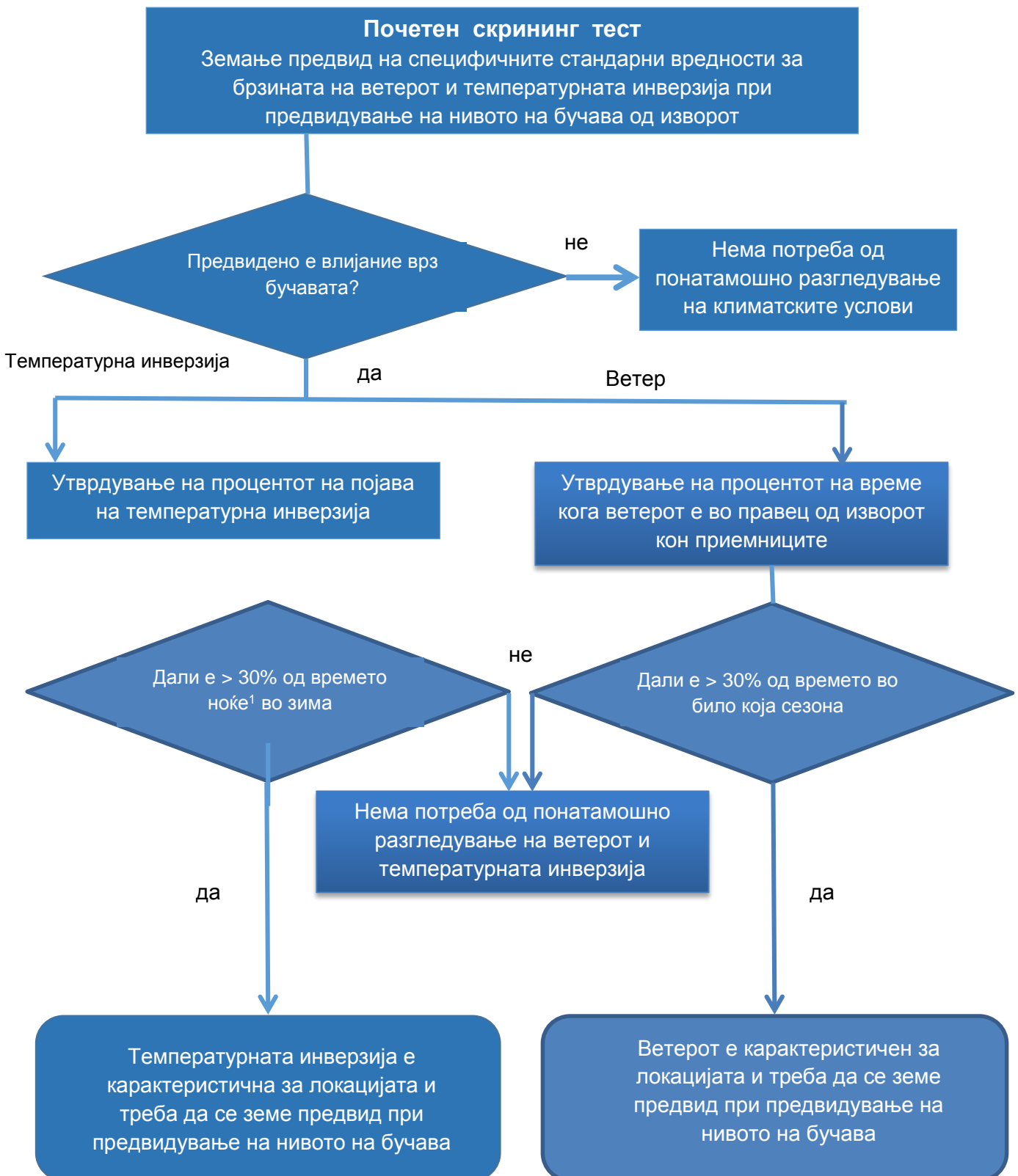
6.6.3. Утврдување на специфичните нивоа на бучава



6.6.4. Предвидување на влијанието на изворите на бучава

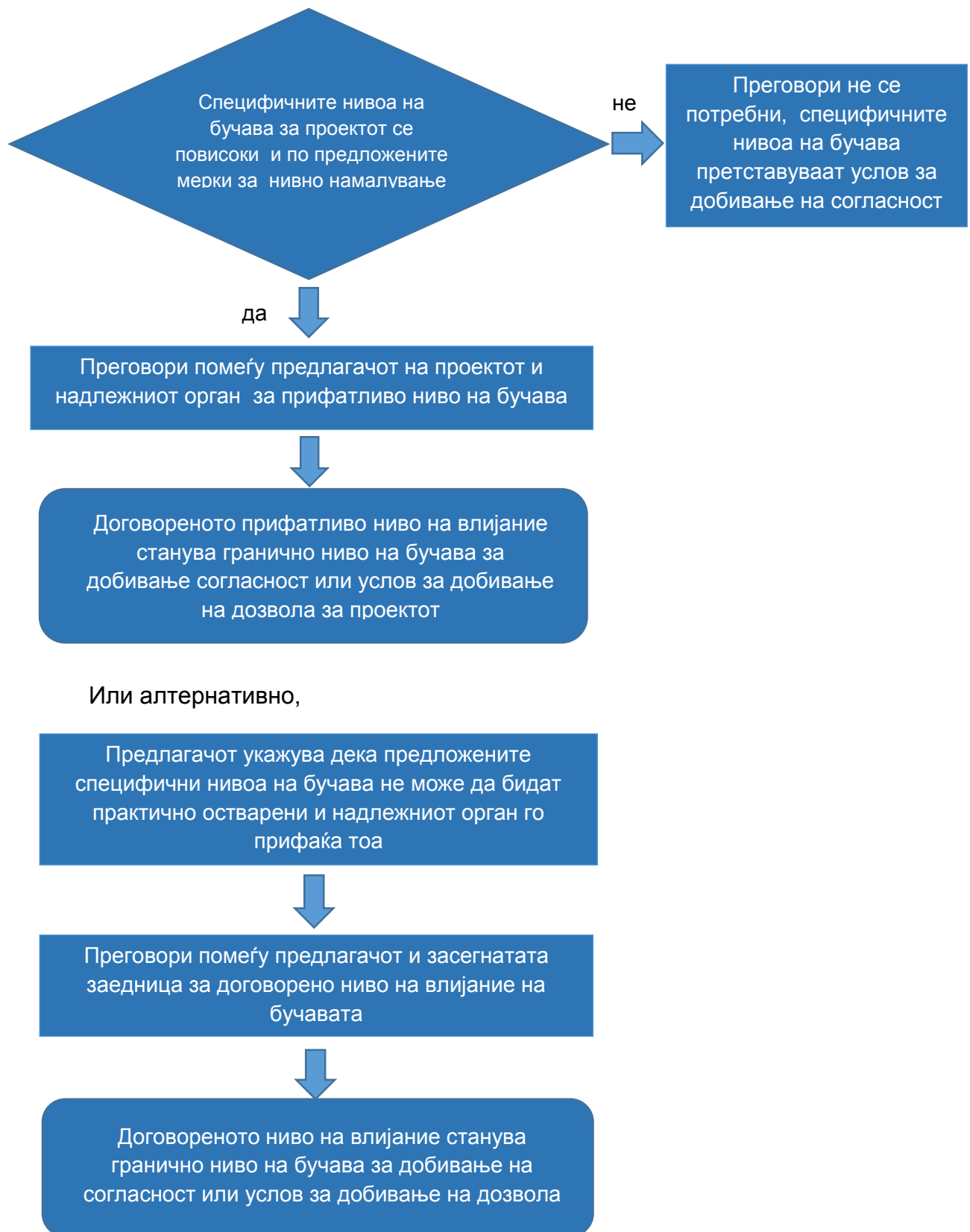


6.6.5. Процена на веројатноста за појава на ветер и температурна инверзија и зголемување на влијанието на бучавата на локацијата



¹Ноќта се смета во период од 19:00 до 07:00 часот

6.6.6. Процес на преговори за условите за добивање на согласност (дозвола)
за проектот



7. НОРМИРАЊЕ НА БУЧАВАТА

Нормирањето на бучавата подразбира препораки за големината на нивото на бучава пропишани со законски акти, кои се формирани така што ќе овозможат престој во работната и животната средина без опасност по здравјето на луѓето.

Препораките за нормирање на дозволеното ниво на бучава и критериумите кои треба да се применуваат се со цел да се изврши проценка на штетното дејство во однос на:

- заштита на потребната разбирливост на говорот и други корисни звучни информации во услови на зголемена бучава;
- заштита од психофизиолошкото дејство на бучавата за време на работата и за време на одморот.

Нормите на бучава се однесуваат на:

- норми за индустриска бучава;
- норми за бучава во животната средина.

7.1. Принципи на кои се засноваат критериумите за бучава

Критериумите за дозволеното ниво на бучава кои се поставени за одделни извори на бучава претставуваат најдобри алатки за планирање. Тие не се задолжителни и нивната примена при утврдување на нивото на бучава од планираниот проект не е определена само од усогласеноста со критериумите за бучава, туку мора да се земат предвид и бројни други фактори (економски, еколошки и социјални). Критериумите помагаат да се утврдат условите за добивање на дозвола, согласност за реализација на проектот, бидејќи тие обезбедуваат информации за потенцијалните ефекти на нивото на бучава во животната средина поврзани со планираниот проект. Во рамки на заедницата некои луѓе реагираат на високото ниво на бучава, а други пак го прифаќаат фактот дека живеат во бучна средина (пример во близина на голема индустриска постројка, главни сообраќајници, аеродроми).

Постапките за процена на нивото на бучава во рамки на политиката за управување и контрола на бучавата во животната средина може да се применат во кој било од следните три случаи:

- процена на влијанието на новиот проект, на пример (нов индустриски објект, сообраќајница) во близина на постоечката резиденцијална околина;
- модификација на постоечкиот проект и неговото влијание (на пример, поголема оддалеченост на сообраќајницата, проширување на постоечките индустриски капацитети, наместо изградба на нови);
- бучава поврзана со постоечкиот проект [18].

Примена на критериумите кај постоечките извори на бучава се врши во случај на позначајна модификација кај постоечките извори или во случај на поплаки од околното население. Во случај на примена на политиката кај веќе постоечки извори на бучава треба да се има предвид фактот дека можните и прифатливи мерки за ублажување на постоечките извори на бучава се далеку поограничени од мерките кои може да се применат кај новите проекти. Внимателното разгледување на влијанието на бучавата и можните и прифатливи мерки за ублажување кај постоечките извори на бучава може да резултира со критериуми за повисоки нивоа на бучава од дозволените гранични вредности.

При процена на проекти предложени како зелени (неразвиени) површини, политиката дозволува контролирано зголемување над нивоата на позадинската бучава преку соодветно просторно планирање на земјиштето.

7.2. Критериуми за процена на бучавата

Политиката за управување и контрола на бучавата во животната средина поставува два посебни критериуми за бучава за остварување на целите за намалување на влијанието на бучавата во животната средина: едниот ја зема предвид вознемиреноста од бучавата, а другиот води сметка за заштита на удобноста при одредено користење на земјиштето.

7.2.1. Критериуми за вознемиреност

За да се процени вознемиреноста треба да се измери нивото на позадинска бучава и нејзиното влијание врз вкупното ниво на бучава. Критериумите за вознемирувачкото дејство на бучавата во суштина значат

дека еквивалентното континуирано ниво на бучава на изворот не треба да биде повисоко од 5 dB од измереното ниво на позадинска бучава.

7.2.2. Критериуми за удобност

Процената на удобноста се заснова на критериумите за бучава специфични за користење на земјиштето и придружните активности. Овие критериуми се однесуваат само на индустриската бучава, не ја вклучуваат бучавата од патниот и железничкиот сообраќај и комуналната бучава. За процена на удобноста треба да се измери постоечкото ниво на бучава од индустриските извори. Доколку постоечкото ниво на бучава се приближува до граничните вредности (вредностите на критериумите), тогаш нивото на бучава од новите индустриски капацитети треба да биде така дизајнирано што кумулативниот ефект не произведува ниво на бучава кое значително ги надминува критериумите.

7.3. Норми за бучава во животната средина

Формирањето, спроведувањето и почитувањето на нормативните акти во врска со комуналната бучава е процес кој се случува во последните неколку децении. Тоа се појавило како потреба кога се согледало сè поголемото загадување од бучавата, надвор од работното место, во домовите, местата за одмор и рекреација, културните центри и сл.

Нормирањето на бучавата во урбаните средини се врши со оглед на нејзиното психолошко влијание врз луѓето. Со оглед на тоа што психичката реакција на едно нарушување на нормалната животна средина е различно кај различни луѓе и пред сè зависи од психичката стабилност на личноста. Формирањето на нормите за комунална бучава е многу сложено. Како критериуми се усвоени оптималните реакции од испитаниците подложени на разни типови на загадување.

Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина, („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08) во однос на дозволеното ниво на бучава, урбаните средини се делат на четири подрачја, дадени во табела 7.1.

Табела 7.1. Поделба на урбаните средини
Table 7.1. Urban areas divide

Подрачје диференцирано според степенот на заштита од бучава / An area defined in accordance with the level of noise protection	Ниво на бучава изразена во dBA/ Noise level in dB(A)		
	L _д	L _в	L _н
Подрачје од прв степен / First level area	50	50	40
Подрачје од втор степен/ Second level area	55	55	45
Подрачје од трет степен/ Third level area	60	60	55
Подрачје од четврт степен/ Fourth level area	70	70	60

Подрачје од I степен на заштита од бучава е подрачје наменето за туризам и рекреација, подрачје во непосредна близина на здравствени установи за болничко лекување и подрачје на национални паркови или природни резервати.

Подрачје од II степен на заштита од бучава е подрачје кое е примарно наменето за престој, односно станбен реон, подрачје во околина на објекти наменети за воспитна и образовна дејност, објекти за социјална заштита наменети за сместување на деца и стари и лица и објекти за примарна здравствена заштита; подрачје на игралишта и јавни паркови, јавни зеленила и рекреациски површини и подрачја на локални паркови.

Подрачје од III степен на заштита од бучава е подрачје каде што е дозволен зафат во околината, во кое помалку ќе смета предизвикувањето на бучава, односно трговско-деловно подрачје, станбено подрачје, кое истовремено е наменето за престој, односно во кое има објекти во кои има заштитени простории, занаетчиски и слични дејности на производство (мешано подрачје), подрачје наменето за земјоделска дејност и јавни центри, каде што се вршат управни, трговски, услужни или угостителски дејности.

Подрачје од IV степен на заштита од бучава е подрачје каде што се дозволени зафати во околината, кои може да предизвикаат пречење со бучава, подрачје без станови, наменето за индустриски или занаетчиски или други слични производствени дејности, транспортни дејности, дејности за складирање и сервисни дејности, како и комунални дејности, кои создаваат поголема бучава.

Граничните вредности за нивото на бучавата во реони надвор од урбанизираните локации се дадени во табела 7.2.

Табела. 7.2. Гранични вредности за нивото на бучавата во реони надвор од урбанизираны локации

Table. 7.2. Limits of noise level in areas outside urbanized sites

Видови реони / Types of areas	Ниво на бучава изразено во dB(A) / Noise level in dB(A)		
	L _д	L _в	L _н
Реони изложени на интензивен патен сообраќај/ Areas exposed to intensive road traffic	60	55	50
Реони изложени на интензивен железнички сообраќај / Areas exposed to intensive railway traffic	65	60	55
Реони изложени на авионски сообраќај /Areas exposed to air traffic	65	65	55
Реони со интензивна индустриска активност/ Areas with an intensive industrial activity	70	70	70
Тивки реони надвор од агломерациите/ Quite areas outside agglomerations	40	35	35

Граничните вредности за нивото на бучава што се создава при одржување на јавни приредби, јавни собири или други јавни настани проследени со употреба на звучни и други уреди кои доведуваат до зголемување на бучавата не треба да надминува 85dB(A) (L_{Aeq}, T<85 dB(A)), а максималното ниво на бучава не треба да надминува 110dB(A) (L_{Amax}<110 dB(A)), без оглед на времетраењето на настанот.

Граничната вредност на нивото на бучава при јавни обраќања, односно при употреба на звучни уреди за обраќање кон луѓето во затворени објекти или на отворено не треба да надминува 85dB(A) (L_{Aeq}, T<85dB(A)), а максималното ниво на бучава не треба да надминува 110dB(A) (L_{Amax}, T<110dB(A)). Граничната вредност на нивото на бучава при изведување огномети или употреба на огнено оружје не треба да надминува 140dB(A) (SEL<140dB(A)).

Граничните вредности за нивото на основните индикатори за бучава внатре во просториите каде што престојуваат луѓето, а особено каде што престојуваат осетливите групи на население, како и заради заштита од несакани ефекти по здравјето, се дадени во табела 7.3.

Табела 7.3. Гранични вредности за нивото на основните индикатори за бучава внатре во просториите каде што престојуваат луѓето

Table 7.3. Limits for the level of basic noise indicators inside the dwelling premises

Видови на простории / Tip of premises	Ниво на бучава изразено во dB(A) / Noise level in dB(A)		
	L _d	L _v	L _n
Болничка соба, единици за интензивна нега, операциони сали/Hospital rooms, intensive care units, operation halls	30	30	30
Простории во станбени објекти, простории за одмор на деца, спални соби во домови за стари лица и пензионери, хотелски соби/Residential object premises, children rest premises, geriatrics bedrooms, hotel rooms	35	35	30
Ординации во здравствени установи, сали за конференции, киносали, театарски и концертни сали/Healthcare institution surgery, conference halls, cinema halls, theatre and concert halls	40	40	35
Училници, читални, амфитеатри, предавални, простории за научноистражувачка работа/Classrooms, study halls, premises for scientific-research work	40	40	40
Работни простории во административни згради, канцеларии/Work premises in administrative buildings, offices	50	50	50
Фоаје на театри и кина, фризерски и козметички салони, ресторани, слаткарници/Theatre and cinema lobby, hairdresser and beauty shop, restaurants, cake shops	55	55	55

Нормирањето на бучавата во урбаните средини се врши со оглед на нејзиното психолошко влијание врз луѓето. Со оглед на тоа што психичката реакција на едно нарушување на нормалната животна средина е различно кај различни луѓе и пред сè зависи од психичката стабилност на индивидуите. Формирањето на нормите за комунална бучава е доста сложен процес. Како критериуми се усвоени оптималните реакции од испитаниците подложени на разни типови на загадување од бучава.

7.4. Фактори на модификација на изворот на бучава

Кога изворот на бучава има одредени карактеристики, како што се тоналитет, импулсивност, дисконтинуираност, нерегуларност или доминираат нискофреквентни звуци, познати како модифицирачки фактори, докажано е дека таквиот извор на бучава може да предизвика поголема вознемиреност споредено со друг извор кој емитура исто ниво на бучава. Кај ваквите извори на бучава кај кои се присутни некои од гореспоенатите модифицирачки фактори треба да се изврши соодветна корекција на нивото на бучава присутно кај приемникот пред да се споредат со критериумите за вознемиреност и критериумите за удобност, за да се земе предвид дополнителната вознемиреност која ја предизвикуваат овие извори на бучава кај приемниците.

Овие фактори на корекција кои се карактеристични за тонална, импулсивна, дисконтинуирана и нискофреквентна бучава (20 Hz - 250 Hz) треба да се додадат на измерените или предвидени нивоа на бучава кај приемникот, пред да се споредат со соодветните критериуми и истите се прикажани во табела факторот на корекција се бележи со K_i .

Тонална бучава е бучава што содржи забележливи, јасно видливи, истакнати фреквенции карактеристични за одреден простор.

Нискофреквентна бучава е бучава што во фреквентниот спектар содржи поголем дел на компоненти во нискофреквентниот опсег (20 Hz - 250 Hz).

Импулсивна бучава е бучава што има изразни краткотрајни пикови во нивото во посматраниот период или серија последователни пикови.

Дисконтинуирана бучава е бучава кај која нивото одеднаш паѓа во однос на позадинската бучава и тоа неколку пати во тек на посматраниот период, со забележлива промена на нивото на бучава од најмалку 5 dB.

Факторите на корекција прикажани во табела 7.4. се преземени од странски искуства и пракса, кои се применуваат во Австралија и се резултат на долгогодишни испитувања и користење на соодветна литература.

Приспособување (корекција) за времетраењето, се применува кога поединечен настан на бучава континуирано се јавува најмалку два и пол часа во тек на 24-часовен период. Кај овој вид на корекција прифатливото ниво на бучава се зголемува за соодветна вредност на факторот на корекција прикажана во табела 7.4. Ова приспособување (корекција) е дизајнирано со

цел да се земат предвид невообичаените и еднократни настани и не се однесува на вообичаено високи нивоа на бучава кои се присутни почесто во тек на 24-часовен период.

Максимално приспособување (корекција) се применува кај критериумите или измереното ниво на бучава кај кое се присутни два или повеќе модифицирачки фактори. Максималната корекција изнесува 10 dB(A) во случај кога бучавата содржи два или повеќе модифицирачки фактори.

Критериум/ Criterion	Споредба / Compare	
	Измерено или предвидено / Measured or Predicted	Вредност на критериумот/ Criterion Value
Вознемиреност / Intrusiveness	$L_{Aeq} + K_i$	Карактеристична позадинска бучава плус 5/ Rating background level plus 5
Удобност / Amenity	$L_{Aeq} + K_i$	Прифатливо ниво на бучава/ Acceptable noise level

Табела 7.4. Корекции на модифицирачкиот фактор
Table 7.4. Modifying factor corrections

Фактор/ Factor	Процена/ Мерење/ Assessment/ measurement	Кога се применува/ When to apply	Корекција/ Correction	Коментари/ Comments
Тонална бучава/ Tonal noise	1/3 или 1/1 октавна анализа/ One-third octave or narrow band analysis	Нивото на бучава во 1/3 октавен појас го надминува нивото на соседните појасни граници од двете страни за: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 dB и повеќе ако централната фреквенција во појасот содржи тонови над 400 Hz ▪ 8 dB и повеќе ако централната фреквенција во појасот содржи тонови помеѓу 160- 400 Hz 	5 dB	Тесно појасната фреквентна анализа се врши кога сакаме да добиеме подетални информации за изворот на бучава

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15 dB и повеќе ако централната фреквенција во појасот содржи тонови пониски од 160 Hz 		
Нискофреквент на бучава/Low frequency noise	Мерење на С-нормирано и А-нормирано ниво на бучава/ Measurement of C-weighted and A-weighted level	Мерење на С-нормирано и А-нормирано ниво на бучава истовремено. Корекција се врши доколку разликата помеѓу двете измерени нивоа изнесува 15 dB или повеќе	5 dB	С-нормираната крива е дизајнирана и одговара, почувствителна е за ниско фреквентна бучава
Импулсивна бучава/ Impulsive noise	А-нормиран брз одговор и импулсивен одговор/ A-weighted fast response and impulse response	Доколку разликата на А-нормираното максимално измерено ниво на бучава помеѓу брзиот одговор и импулсивниот одговор е поголема од 2 dB	Како корекција се применува разликата во измерените нивоа на бучава, максимум до 5 dB	Се карактеризира со краткотрајно (за време од 35 ms) зголемување на нивото на бучава и време на опаѓање од 1.5 s
Дисконтинуирана бучава/ Intermittent noise	Субјективна процена/ Subjectively assessed	Нивото на бучава варира за повеќе од 5dB	5 dB	Корекцијата се применува само за ноќниот период
Времетраење/ Duration	Поединечен настан на бучава може да биде присутен од 1,5 min до 2,5 часа	Еден ваков настан во тек на 24-часовен период	0-20 dB	Прифатливото ниво на бучава може да се зголеми со соодветен фактор на корекција во зависност од времетраењето на бучавата (табела 7.5.)
Максимална корекција/ Maximum correction	Се однесува на секој поединечен фактор	Кога се присутни два или повеќе модифицирачки фактори	Макс. корекција од 10 dB	

Табела 7.5. Корекции за времетраење
 Table 7.5. Duration corrections

Времетраење на бучавата (еднаш во 24 часа) / Duration of noise (one event in any 24 hour period)	Зголемување на прифатливото ниво на бучава кај приемникот, dB(A) / Increase in acceptable noise level at receptor, dB(A)	
	Ден и вечер/ Day and evening (07:00-23:00)	Ноќ / Night (23:00-07:00)
1 - 2,5 часа / 1.0 to 2.5 hours	2	/
15 мин. – 1 час/ 15 minutes to 1 hour	5	/
6 мин. – 15 мин./ 6 minutes to 15 minutes	7	2
1,5 мин. – 6 мин./ 1.5 minutes to 6 minutes	15	5
Помалку од 1,5 минута/ less than 1.5 minutes	20	10

8. МОНИТОРИНГ НА БУЧАВАТА

Мониторинг на бучавата е систематизирано мерење, следење и контрола на состојбите на бучавата во медиумите и областите на животната средина.

Целта на мониторингот на бучавата е воспоставување на единство и стандарди во создавањето и функционирањето на системите за мониторинг и контрола и одржување на сеопфатна база на податоци потребни за преглед и управување со состојбите со бучавата преку:

- систематско следење, набљудување, мерење и оценување на состојбата со бучавата и влијанието на промените во областа на бучавата;
- идентификација, планирање и распределба на изворите на бучава;
- процена на штетните ефекти врз здравјето на луѓето и животната средина од создадената бучава;
- утврдување и предлагање на мерки за подобрување на состојбите со бучавата и
- користење на други методи за утврдување, оценување и унапредување на состојбата на бучавата, особено со моделирање и идентификацијата.

Најефикасен мониторинг на нивото на бучава во животната средина се врши со поставување на фиксни мерни станици на одделни фреквентни делови во урбаните средини кои вршат 24-часовно континуирано регистрирање на нивото на бучава (слика 8.1.). Во Република Македонија нема вакви мерни станици за континуиран 24-часовен мониторинг на нивото на бучава.



Слика 8.1. Станица за мониторинг на нивото на бучава во животната средина
Figure 8.1. Environmental Noise Monitoring Terminal--Type NM2000- RStech Limited

Мерењето и следењето на бучавата се потребни за постигнување и одржување на нивоа на бучава во животната средина во дефинирани области и под различни услови, со крајна цел да се заштитат здравјето и добросостојбата на населението. Како една од негативните последици врз животната средина како резултат на технолошкиот развој, таа најчесто е предизвикана од сообраќајните средства и машините кои се користат во производните процеси.

Мерењата кои се вршат од страна на овластените институции се наменети за да може да се обезбеди непречено:

- прибирање на податоците;
- систематизација на податоците;
- обработка на податоците;
- воспоставување на база на податоци, со можност за нивно користење;
- определување на таканаречени „црни точки“.

Сите претходни активности се преземаат со цел:

- обезбедување достапност до јасни, разбирливи и пристапни информации за бучавата во животната средина за јавноста;
- определување на изложеноста на бучава во животната средина, преку нанесување на бучавата на стратешки карти;
- обезбедување основа за развивање на мерки за намалување на бучавата што ја емитуваат поголемите извори, особено патните и железничките превозни средства и инфраструктура, авионите, опремата што се користи на отворен простор и во индустријата и мобилната машинерија;
- спречување и намалување на бучавата во животната средина онаму каде што е неопходно, а особено онаму каде што нивоата на изложеност можат да предизвикаат штетни ефекти врз здравјето на луѓето и да се зачува квалитетот на бучавата во животната средина онаму каде што е тој добар;
- едуцирање на населението, особено младата популација околу проблемите со бучавата;
- добивање брзи и лесно достапни информации за нивоата на бучава;

- обезбедување потребни податоци кои треба да се испраќаат до Комисијата на ЕУ и останатите тела на ЕУ.

Во основа постојат две методи за мерење на бучавата:

- субјективна,
- објективна.

Со субјективниот начин на мерење се определува степенот на јачина на бучавата и пречките што таа ги создава. Субјективното мерење на бучавата подразбира директно реагирање на човекот на физичката состојба во средината во којашто се јавува бучавата со одредени карактеристики. Субјективните мерни методи се базираат на статистички податоци добиени со испитување на голема група испитаници.

Под објективен начин на мерење се подразбира одредување и следење на физичките параметри на бучава, релевантни за состојбата на средината во која се јавува бучавата. Кај овој начин на мерење, влијанието на човечкиот фактор во процесот на мерење е минимално. Податокот до кој најчесто се доаѓа и се користи при објективните мерења е вкупно ниво на бучава:

$$L = 10 \log \frac{I_{i=1}^n}{I_0} \text{ (dB)} \quad (8.1)$$

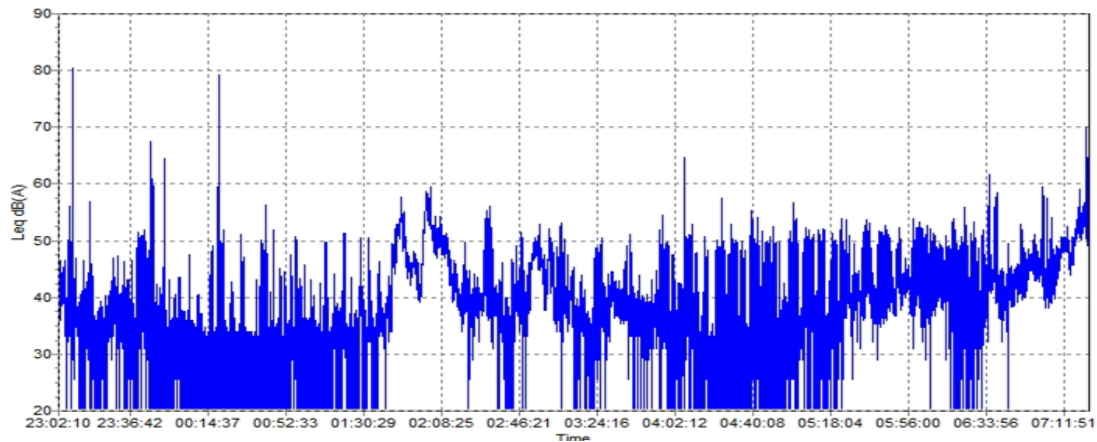
Многу често нивото на бучава варира во тек на време, па поради тоа воведен е поимот еквивалентно ниво на бучава:

$$L_{eq} = 10 \log t_{i=1}^n 10 \frac{I_i}{I_0} \text{ (dB)} \quad (8.2)$$

каде што: t_i е делот од вкупното посматрано време во кој е застапено константно ниво на бучава.

Процентата на флукуирачкото ниво на бучава значи добивање на вредност за ниво што е на едноставен начин, кажано просечно ниво. Еквивалентното континуирано ниво на звукот, L_{eq} , претставува основен просечен параметар. Еквивалентно ниво на бучава, L_{eq} , е ниво кое е стабилно за време на периодот на мерењето и го претставува количеството на енергија присутно во измереното, флукуирачко ниво на звучен притисок. L_{eq} се мери директно со помош на интегриран мерач на нивото на звук. L_{eq} е мерка за просечната, средна енергија во различните звучни нивоа (слика 8.2.). Тоа не е директна мерка за вознемирувањето. Опсежни истражувања, сепак, покажале дека L_{eq} е многу добро поврзано со вознемирувањето. Сепак, очигледно е дека

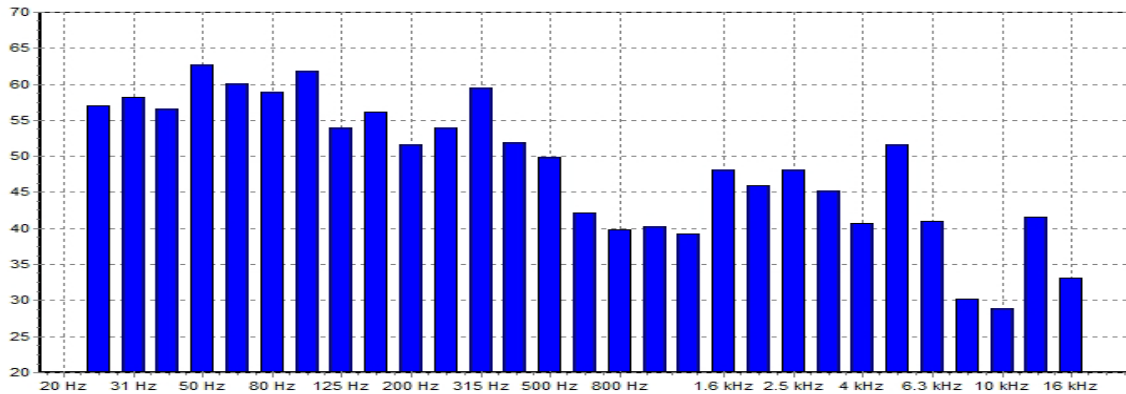
прифатливо ниво на бучава во среда попладне може да биде вознемирувачко во недела изутрина.



Слика 8.2. Еквивалентно ниво на бучава (L_{eq})

Figure 8.2. Equivalent noise level (L_{eq})

Еквивалентното ниво на бучава L_{eq} или, подобро, L_{Aeq} (A-нормирано еквивалентно континуирано звучно ниво) е најважниот параметар кој се мери со помош на мерачот на звучно ниво. Широкопојасните мерења, односно мерења кои го покриваат целиот слушен, разбирлив, фреквентен опсег, се вршат со користење на A - нормирана крива при процената на бучавата во животната средина. Бучавата која вклучува одредени различни тонови, на пример, бучавата од вентилаторите, компресори, генерално е далеку по вознемирувачка за разлика од другите видови на бучава. Овој вознемирувачки фактор не се зема предвид при широкопојасното мерење. Спектралната анализа е потребна за да се процени вознемиреноста. Чистите тонови можат да се проценат субјективно, затоа што човечкото уво е добро во детектирањето на тонови. Прописите често бараат објективно мерење на тонската содржина. Во практика, тоа се прави со помош на 1/3-октавна анализа (слика 8.3.) или теснопојасна анализа (FFT - Fast Fourier Transform).



Слика 8.3. 1/3-октавна анализа или теснопојасна анализа

Figure 8.3. One-third octave analysis or narrowband analysis

Основни големини кои се мерат кај бучавата се: звучниот притисок, интензитетот на звук, амплитудниот спектар и временските промени.

8.1. Основни принципи на мерење

За да биде мерењето правилно извршено треба да се спроведат следните основни фази:

- контрола и калибрација на мерните инструменти пред секое мерење;
- контрола на системот за напојување со електрична енергија;
- избор на локација на која ќе се постави мерниот инструмент, која мора да е во согласност со пропишаните критериуми за тоа;
- дефинирање на бројот на мерења, времетраењето на мерењата и паузата помеѓу нив;
- дефинирање на начинот на обработка на измерените големини;
- земање предвид на влијанието на човечкиот фактор при изведување на мерењето.

При мерењето треба да се нагласи дека вообичаено е да се вршат барем три истородни мерења на една физичка појава. Колку бројот на мерења на иста физичка големина е поголем толку резултатите од различните мерења се блиски. Резултатите кои отстапуваат се отфрлаат. При мерењето многу е важно да се внимава на условите во кои се врши мерењето. Имено, условите на секое следно мерење на една иста физичка големина мора да се исти или приближно исти.

Објективните мерења на нивоата на бучава се незаменлив дел од секоја програма за заштита на животната средина од бучава. Нивоата на бучава во животната средина, во голема мера се разликуваат - најчесто станува збор за импулсивна бучава, но понекогаш може да содржи чисти тонови. Покрај тоа, честопати се јавуваат пречки поради присуство на случајни (непостојани) извори на бучава - било да е тоа лаење на кучиња, прелети на авиони или деца како си играат - мора и овие извори да бидат земени предвид на еден или друг начин.

Вообичаена пракса е пред и по секоја серија на мерења да се изврши калибрирање на мерачот на звучно ниво, со помош на специјален за таа намена акустичен калибратор.



Слика 8.4. Звучен калибратор Cirrus CR:515
Figure 8.4. Acoustic calibrator Cirrus CR:515

Калибрацијата, всушност, значи проверка на чувствителност на инструментот на една специфична фреквенција и звучно ниво (најчесто на 1 kHz и 94 dB). Некои мислат дека ова не е потребно бидејќи state-of-the-art инструментите и микрофоните не се многу чувствителни на температурата, статичкиот воздушен притисок или влажноста. Иако ова важи и за висококвалитетните инструменти, податоците за калибрацијата секогаш треба да бидат прикажани во конечниот извештај од мерењата од три причини:

1. Калибрацијата потврдува дека извршените мерења се веродостојни. Каква било грешка кај инструментот се открива и исправа на самото место.
2. Податоците за калибрацијата се бараат од страна на законодавството и стандардите.
3. Екстремните услови во животната средина може да влијаат на резултатите.

Законодавството (со правилник) одредува каде мерењата треба да се направат, односно на која висина, бидејќи бучавата варира на различни височини над нивото на земјата и на која оддалеченост од фасадите и препреките треба да биде поставен микрофонот. Овие барања при мерењето на нивото на бучава мора да бидат задоволени и применети.

Ова значи дека мерењата треба да се вршат:

- далеку од фасади,
- далеку од препреки,
- во правец на ветарот,
- во услови без голема влажност со брзина на ветарот помала од 5 m/s,
- микрофонот да биде поставен 1.2-1.5 m над земјината површина.

Понекогаш, кога условите го налагаат тоа, мерењата може да се извршат и во близина на фасада (фактор на корекција) или останати специфични висини (во ЕУ за стандардна висина е усвоена висината од 4 m).

9. РЕЗУЛТАТИ ОД МЕРЕЊЕТО НА НИВОТО НА БУЧАВА ВО ШТИП

Со цел идентификација на изворите на бучава и утврдување на нивото на бучава во пофреквентните делови од градот, извршено е мерење на нивото на бучава на повеќе мерни места. Резултатите прикажани подолу произлегуваат од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава во овие делови од градот, имајќи предвид дека бучавата е променлива во тек на времето и во различни годишни времења, во зависност од метеоролошките услови.

Мерењата на нивото на бучава се извршени во 1/3 фреквентен октавен појас со фонометар CR: 831C мерно куќиште СК:250 (слика 9.1.). Инструментот согласно со IEC 61762 е инструмент класа 1. Сетот е опремен со data logger, а податоците се обработени и синтетизирани со специјализиран софтвер Deaf Defier© Casella Int.



Слика 9.1. Мереен инструмент со кој се извршени мерењата на бучава
Figure 9.1. Sound Level Meter for noise measurements

На секое мерно место е извршено мерење на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас согласно препораките ISO 1996-2:1987. Мерењата се вршени на висина од 1,5 m во близина на зградите на најизложената фасада кон изворот на бучава на оддалеченост од 3,5 m од ѕидовите на објектите и другите рефлектирачки површини.

Податоците од мерењето на бучавата добиени пред фасада или друг рефлектирачки објект треба да бидат коригирани за 3 dB(A) за да се исклучи рефлектирачкиот звук.

За сите мерни точки е извршена софтверска корекција на податоците на еквивалентна висина од 4 m. Фреквентната анализа овозможува добивање на детални информации за изворот на звукот и се добива увид во застапеноста на одделни фреквенции, дали се наоѓаат во слушниот спектар на човекот.

Податоците од мерењата се логирани на интервал од 1 s за целиот период на мерење и истите се обработувани со специјализиран софтвер Deaf Defier 3 од Cirrus Research Plc. Version 3.3.04.

Мерењата на нивото на бучава се извршени согласно со одредбите од:

- Законот за заштита од бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.79/07),
- Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителните индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.107/08),
- Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08) и
- Правилникот за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на Република Македонија“ бр.120/08).

Со мерењата директно се утврдени следниве индикатори:

$L_{eq,24h}$ (еквивалентно ниво на бучава) е индикатор за бучавата пресметан од измерените нивоа на бучава во еден временски интервал (во конкретниот случај за период од 24 часа).

L_d (L) (индикатор за бучава за вознемиреност во текот на денот) или дневно ниво на бучава кое претставува А-долготрајно просечно еквивалентно ниво на звук дефинирано во ISO 1996-2:1987;

L_b (L_e) (индикатор за бучава за вознемиреност во текот на вечерта) или вечерно ниво на бучава кое претставува А-долготрајно просечно еквивалентно ниво на звук дефинирано во ISO 1996-2:1987;

L_n (L_n) (индикатор за бучава за вознемиреност преку ноќ) или ноќно ниво на бучава кое претставува А-долготрајно просечно еквивалентно ниво на звук дефинирано во ISO 1996-2:1987;

L_{1.0} – ниво на бучава кое е надминато само во 1% од времето на мерење, што одговара на највисокото ниво на бучава;

L_{10.0} - ниво на бучава кое е надминато во 10% од временскиот интервал на мерење;

L_{50.0} - ниво на бучава кое е надминато во 50% од временскиот интервал на мерење и ја означува средната вредност на измереното ниво на бучава;

L_{90.0} - ниво на бучава кое е надминато во 90% од времето на мерење и одговара на т.н. background или позадинска бучава;

L_{95.0} - ниво на бучава кое е надминато во 95% од временскиот интервал на мерење.

Од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава во Штип се прикажани резултатите од дваесет мерни места, поделени во три подрачја (зони) и за секое од овие подрачја е изработена карта на бучава со помош на SoundPLAN 7.1. Noise and Air Pollution Modeling Software.

9.1. Опис на мерните места

9.1.1. Подрачје 1

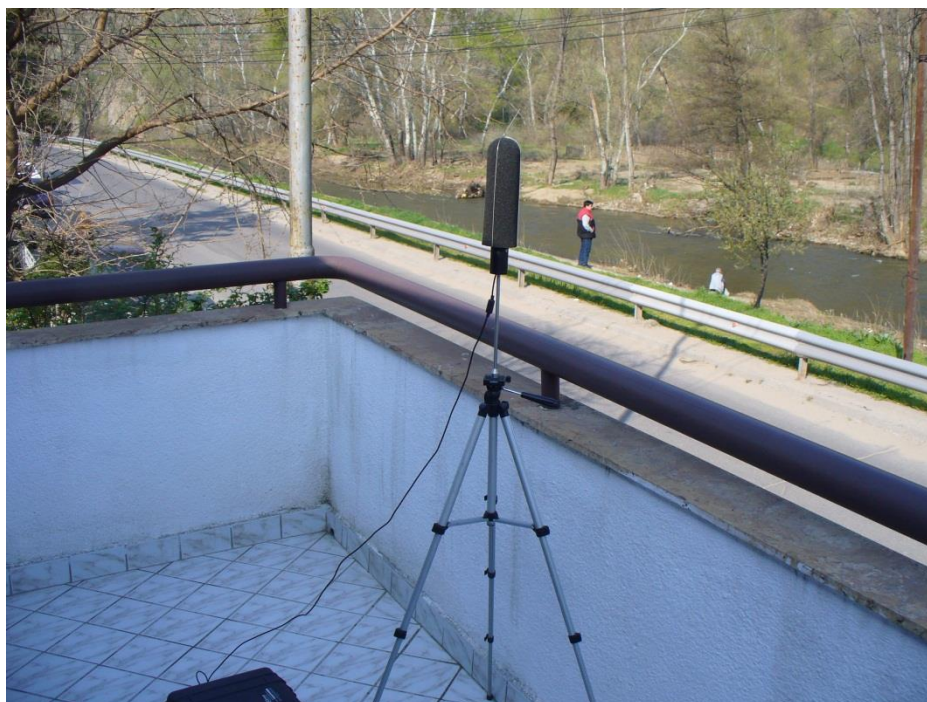
Мерните места се дефинирани во согласност со Правилникот за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на Република Македонија“ бр.120/08 - член 6, став 2). Во подрачје 1 се опфатени мерните места 1, 2, 3, 4 и 5 (слика 9.2.) кои се наоѓаат од влезот на градот кај Ново Село до мостот кај гимназијата „Славчо Стојмански“. Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08), овие мерни места се во подрачје од II степен на заштита.



Слика 9.2. Локација на мерните места 1, 2, 3, 4, 5
Figure 9.2. Location on measurement points 1, 2, 3, 4, 5

Координати на мерните места/ Coordinates on measurement points					
Мерно место	1	2	3	4	5
X	7598760.59	7599151.37	7599372.04	7599434.51	7599414.22
Y	4622512.10	4622468.84	4622492.50	4622465.25	4622563.70

МЕРНО МЕСТО 1- Ул., „Димитар Влахов“ бр.58 а, Ново Село

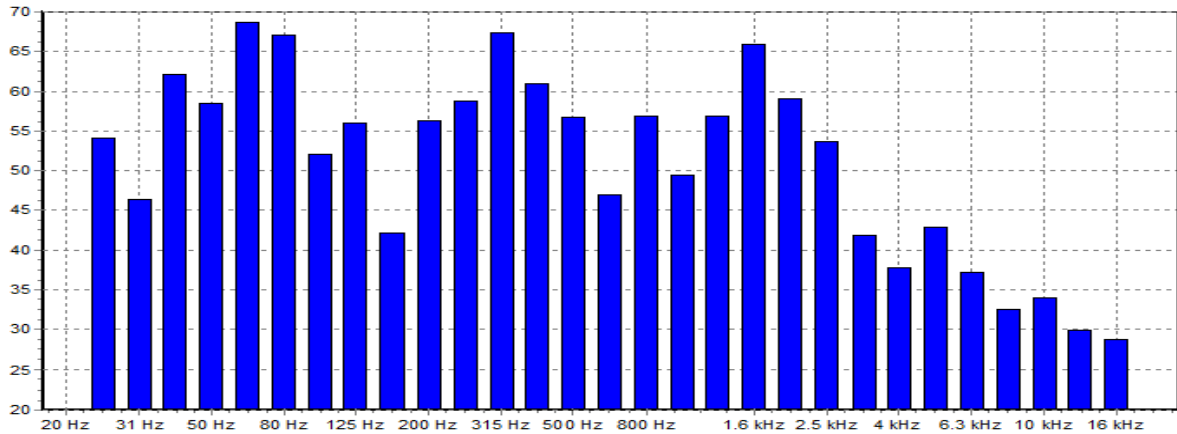


Слика 9.3. Мерно место 1
Figure 9.3.Measurement point 1

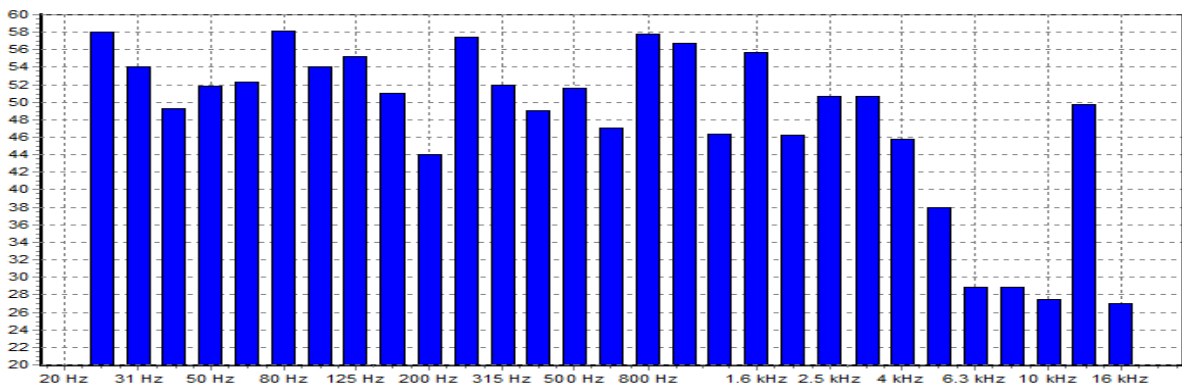
Табела 9.1. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.1. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 1 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	64,8		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	64,6	55	
$L_B (L_e)$	63,4	55	
$L_H (L_n)$	60,2	45	
$L_{1.0}$	69.8		
$L_{10.0}$	68.5		
$L_{50.0}$	55.8		
$L_{90.0}$	54.7		
$L_{95.0}$	54.3		

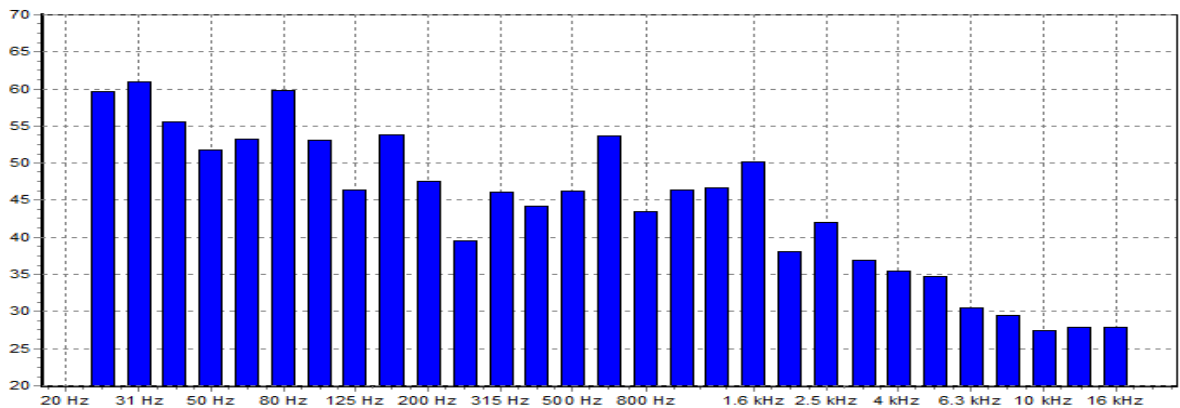
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 1



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

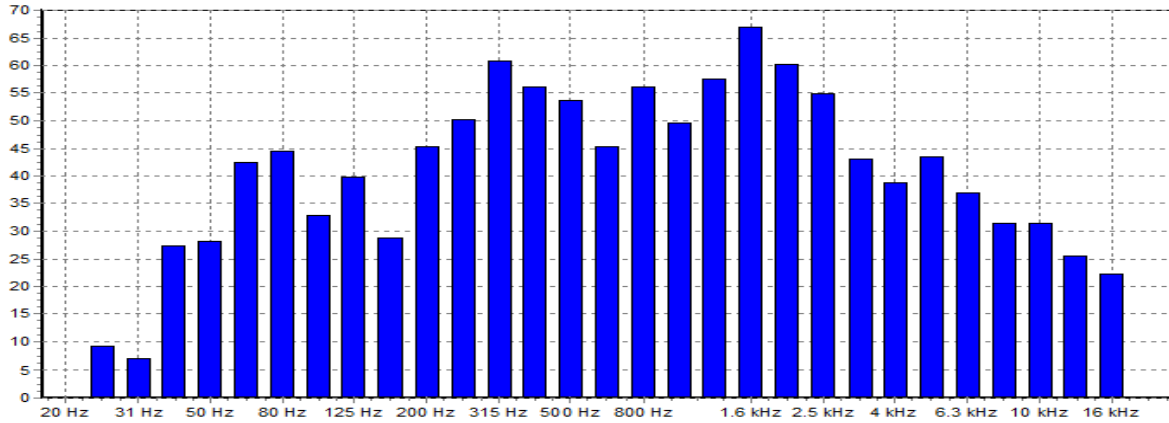


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

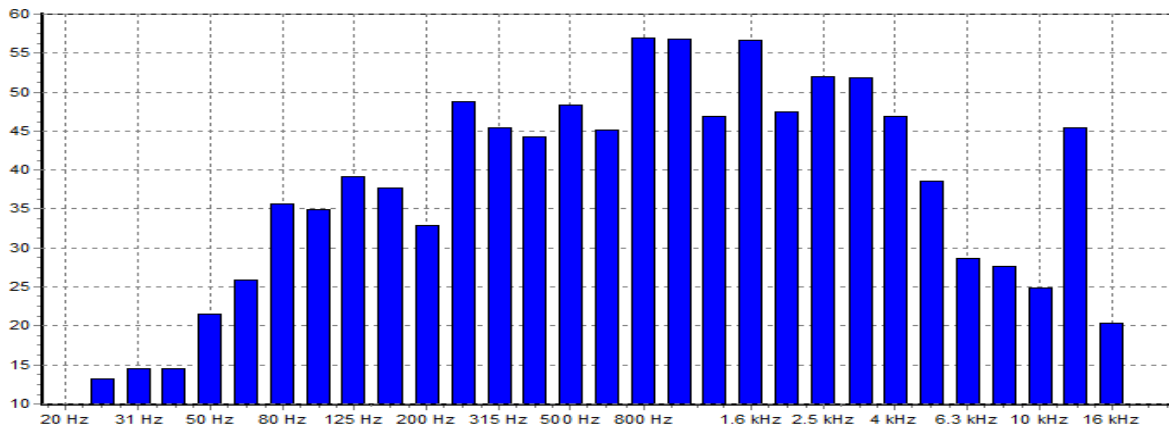


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

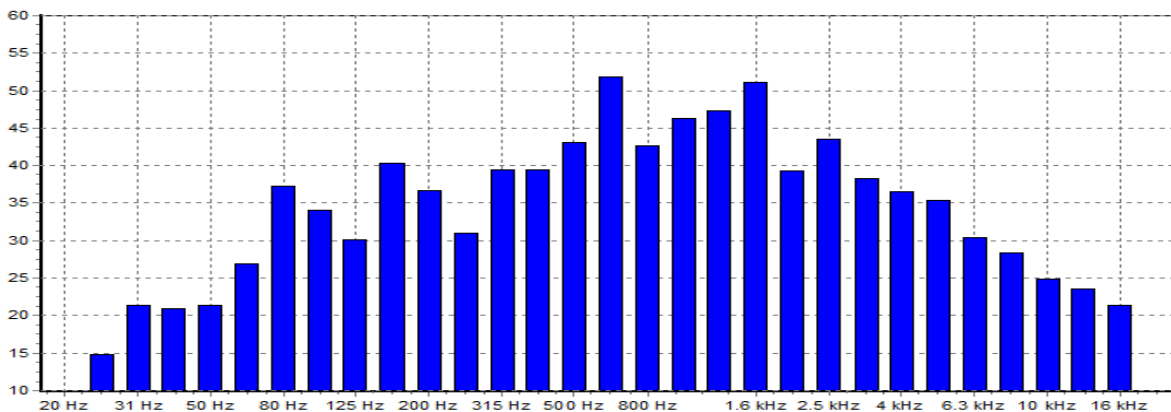
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 1- според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

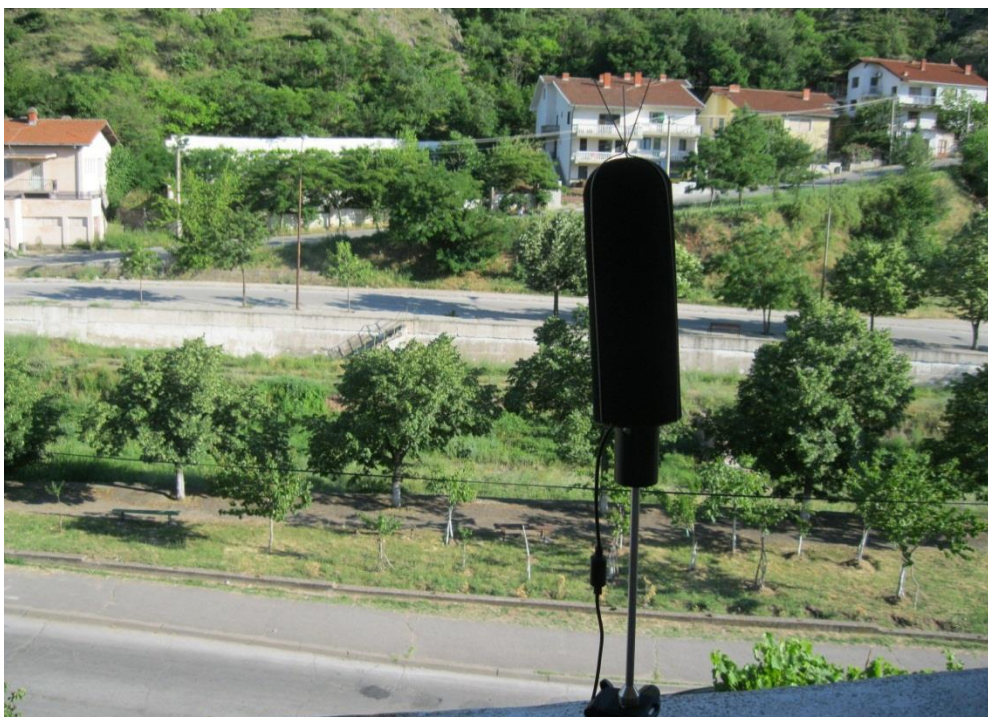


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 2 - Ул. „Кеј Димитар Влахов“ бр.21

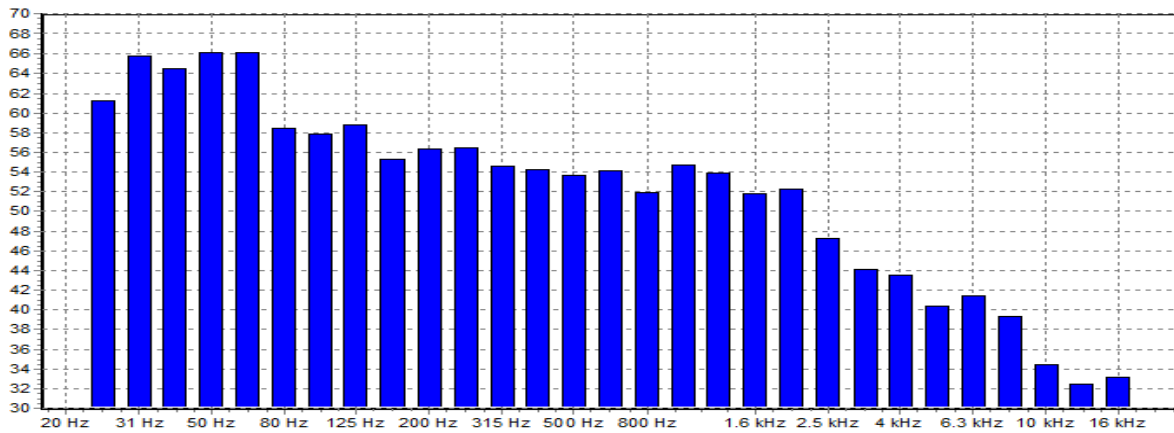


Слика 9.4. Мерно место 2
Figure 9.4. Measurement point 2

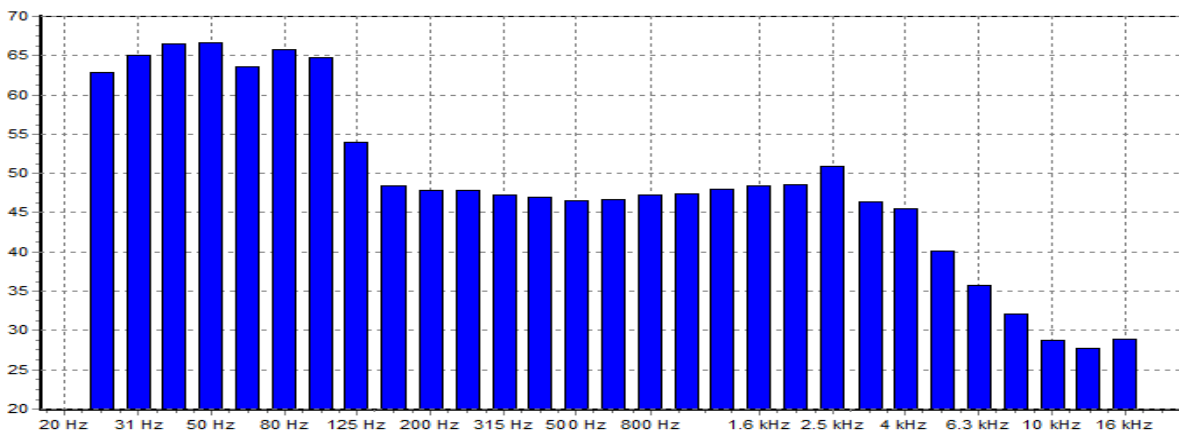
Табела 9.2. Измерени вредности на мерно место 2 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.2. Measured values on measurement point 2 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	61,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08)/ According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	61,2	55	
$L_B (L_e)$	60,9	55	
$L_H (L_n)$	62,5	45	
$L_{1.0}$	65.8		
$L_{10.0}$	64.4		
$L_{50.0}$	54.8		
$L_{90.0}$	53.7		
$L_{95.0}$	53.2		

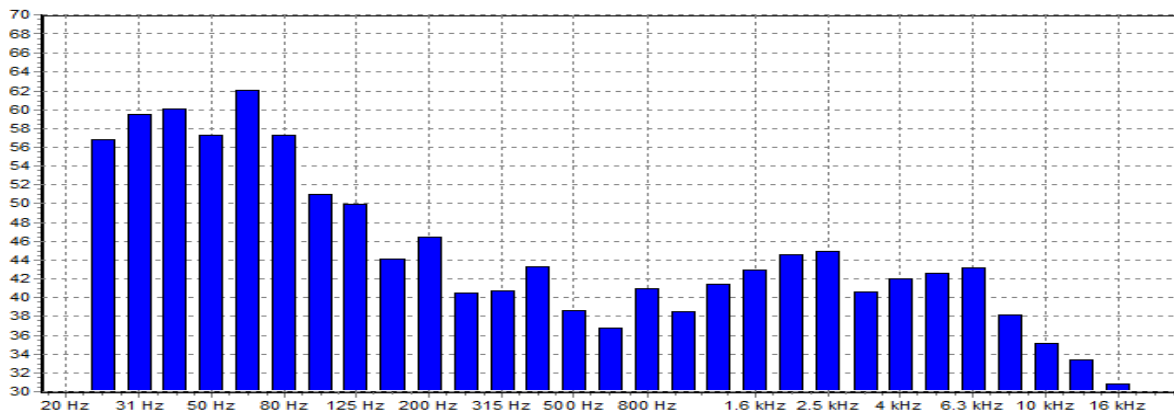
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

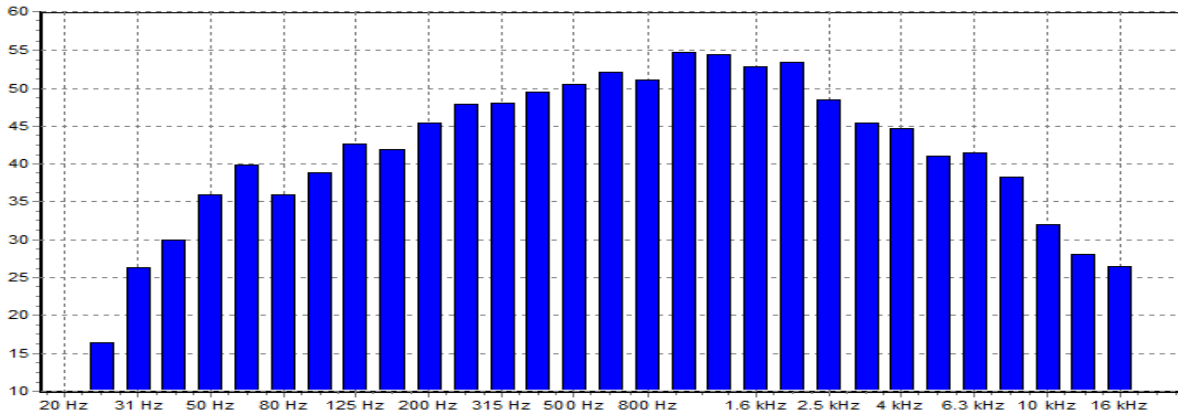


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

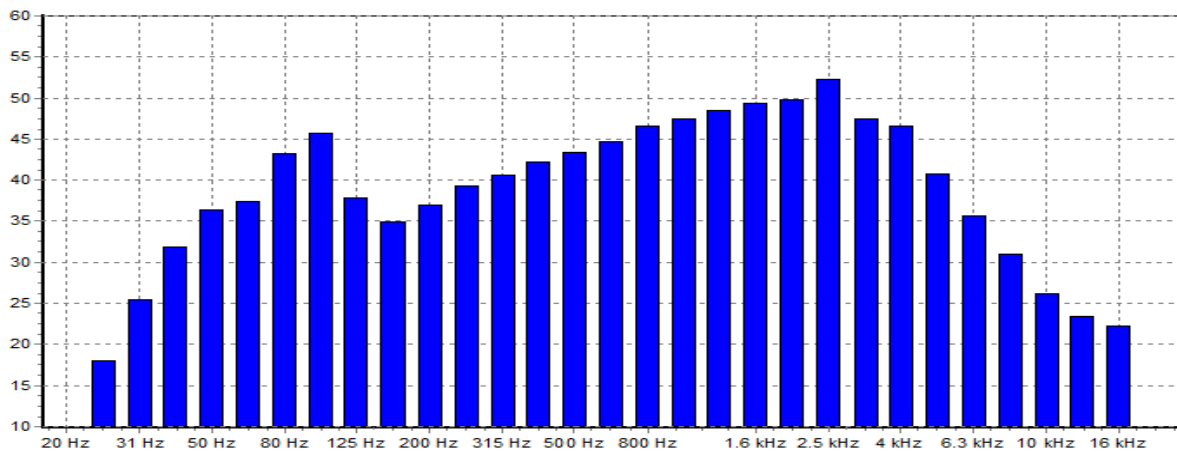


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

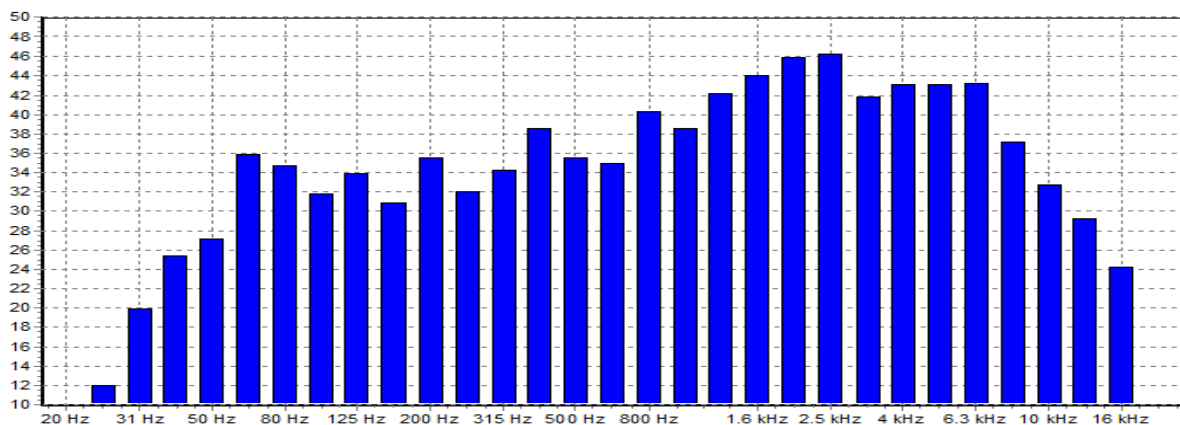
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 2 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

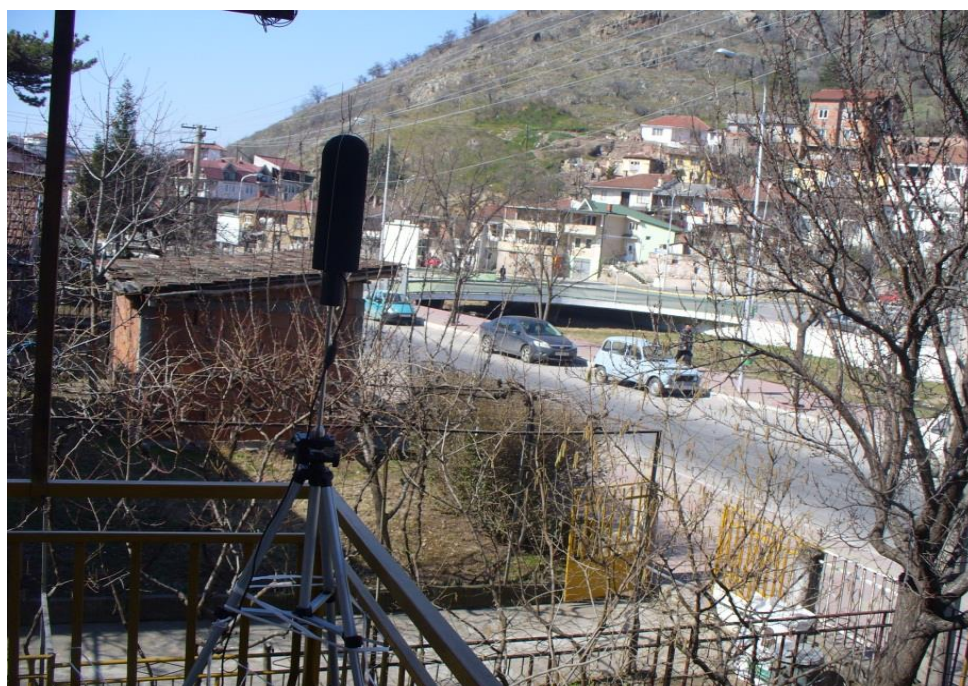


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 3 – Ул. „Васил Главинов“ бр.16 а (спроти црквата „Св.Никола“)

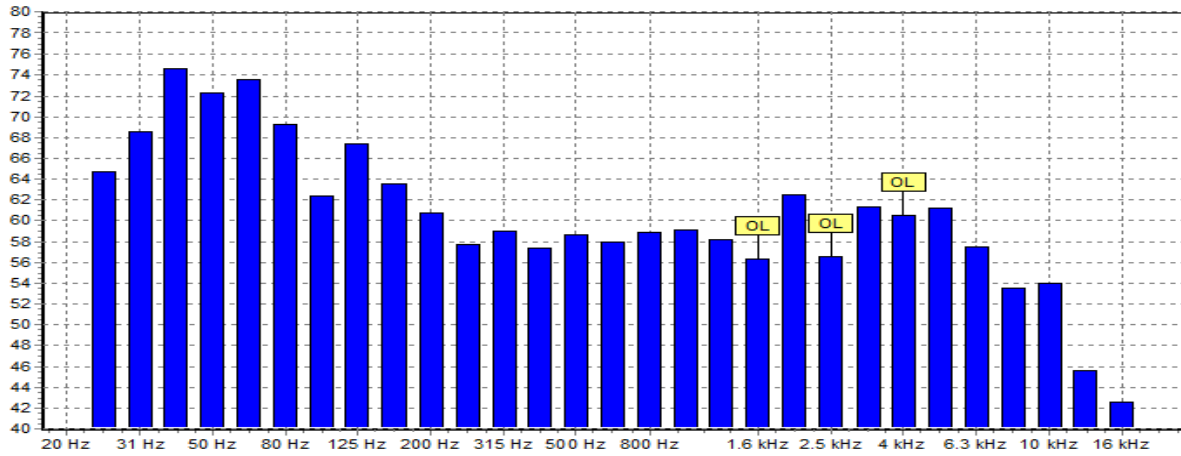


Слика 9.5. Мерно место 3
Figure 9.5. Measurement point 3

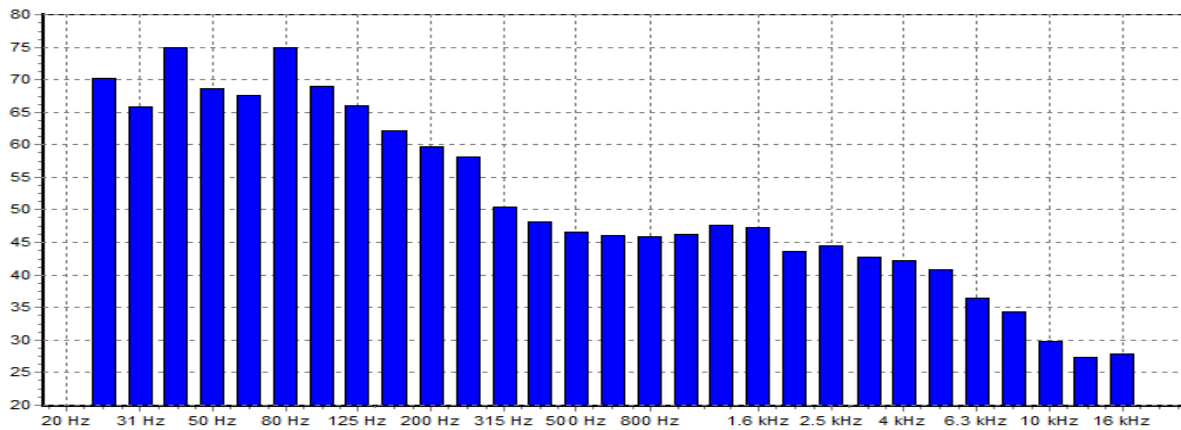
Табела 9.3. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.3. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	61,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	66,2	55	
$L_B (L_e)$	60,5	55	
$L_H (L_n)$	61,4	45	
$L_{1.0}$	72.1		
$L_{10.0}$	63.9		
$L_{50.0}$	53.8		
$L_{90.0}$	42.7		
$L_{95.0}$	40.4		

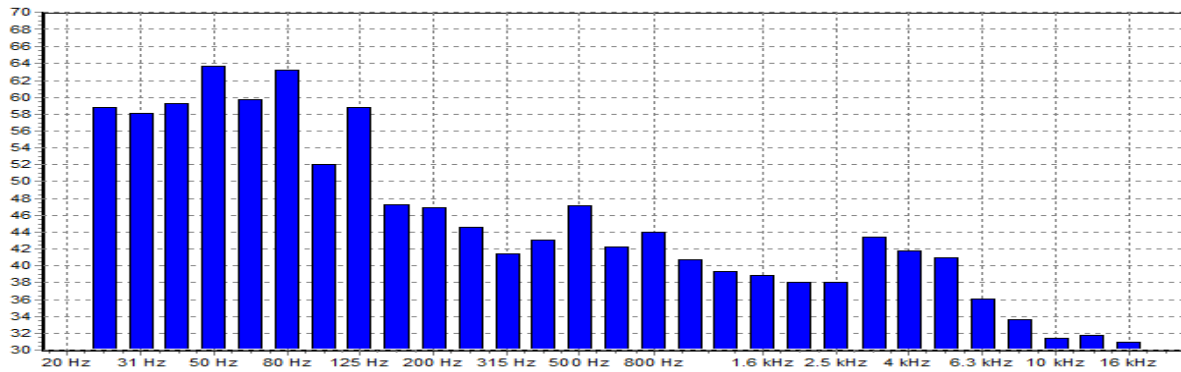
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

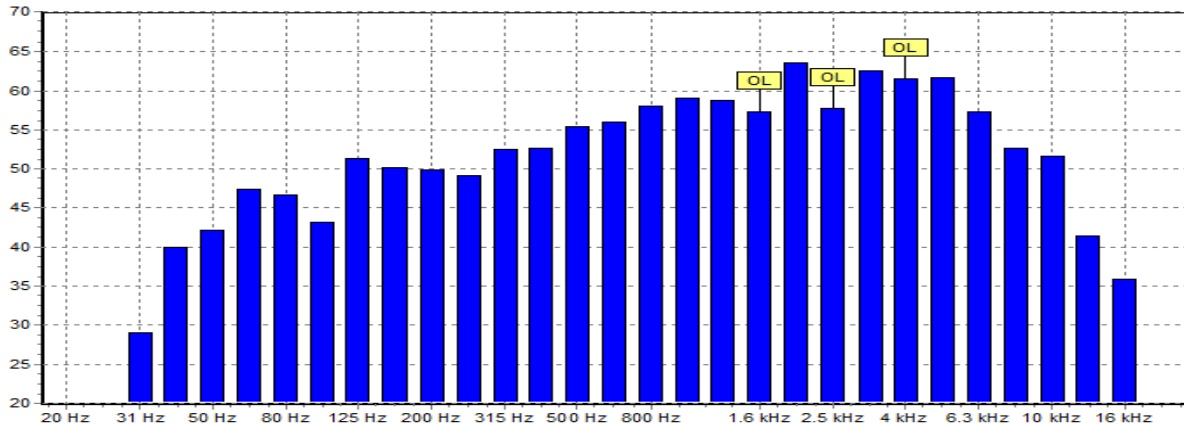


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

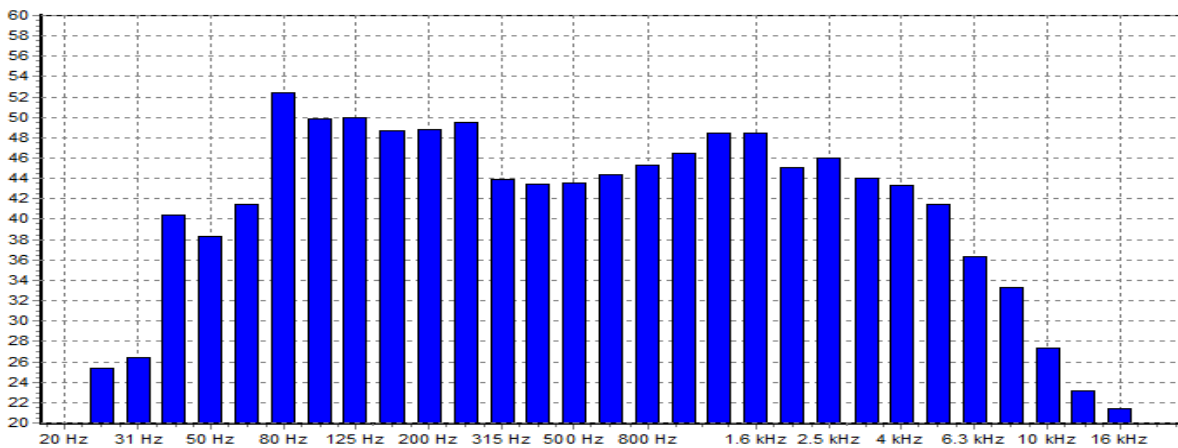


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

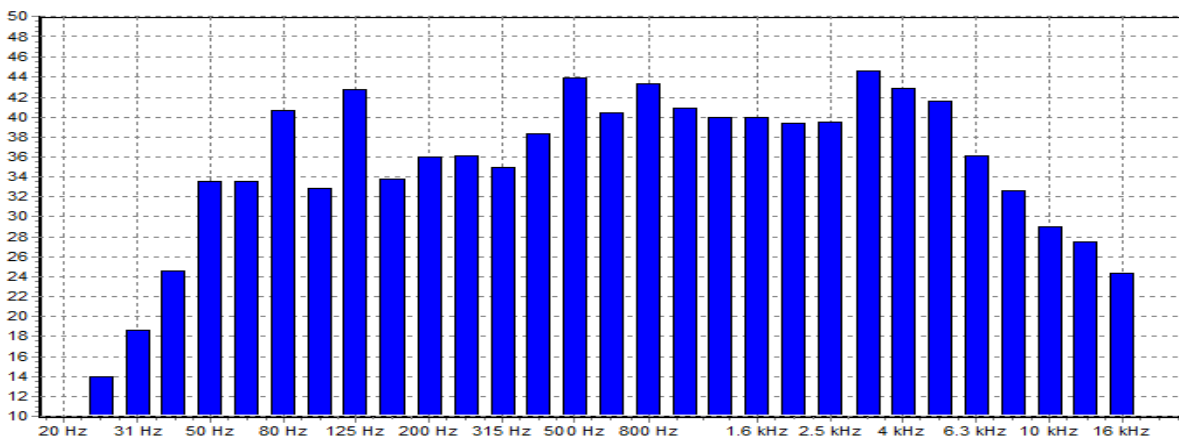
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 3 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на нојна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 4 - Ул. „Васил Главинов“ бр.15 (проектантско биро)

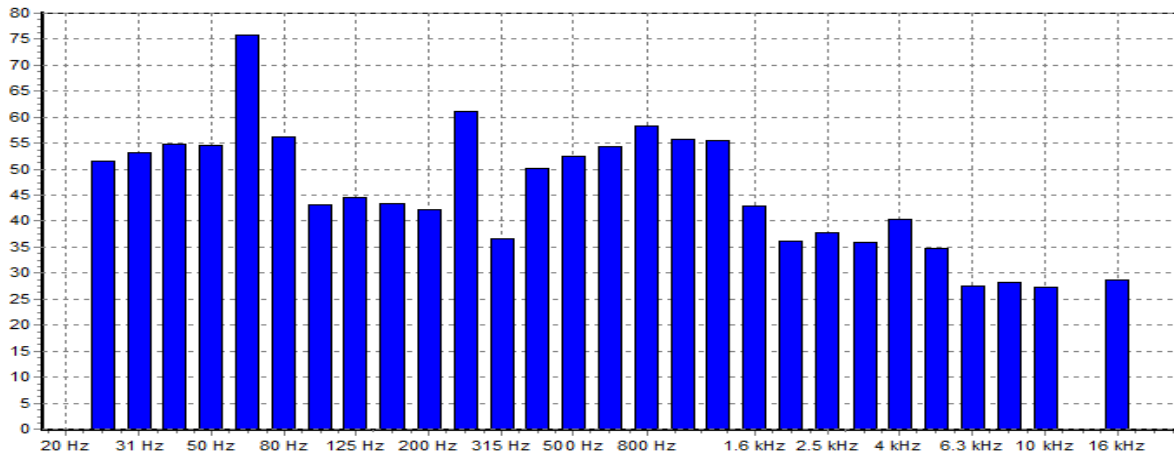


Слика 9.6. Мерно место 4
Figure 9.6. Measurement point 4

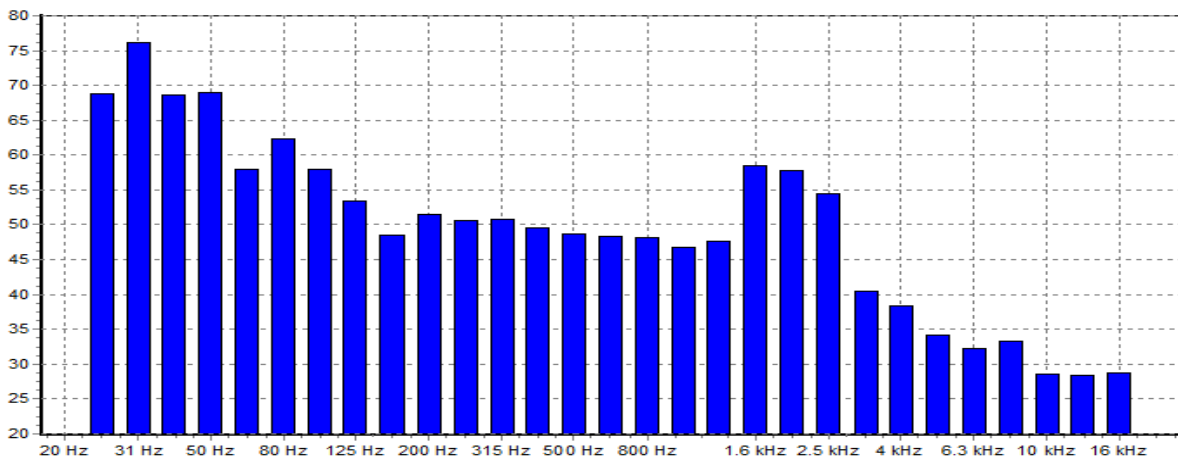
Табела 9.4. Измерени вредности на мерно место 4 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.4. Measured values on measurement point 4 (continuous period >24h)

Мерно место 4 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 4 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	63,3		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) /According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	66,7	55	
$L_B (L_e)$	62,5	55	
$L_H (L_n)$	61,7	45	
$L_{1.0}$	74.1		
$L_{10.0}$	64.7		
$L_{50.0}$	54.9		
$L_{90.0}$	43.2		
$L_{95.0}$	41.5		

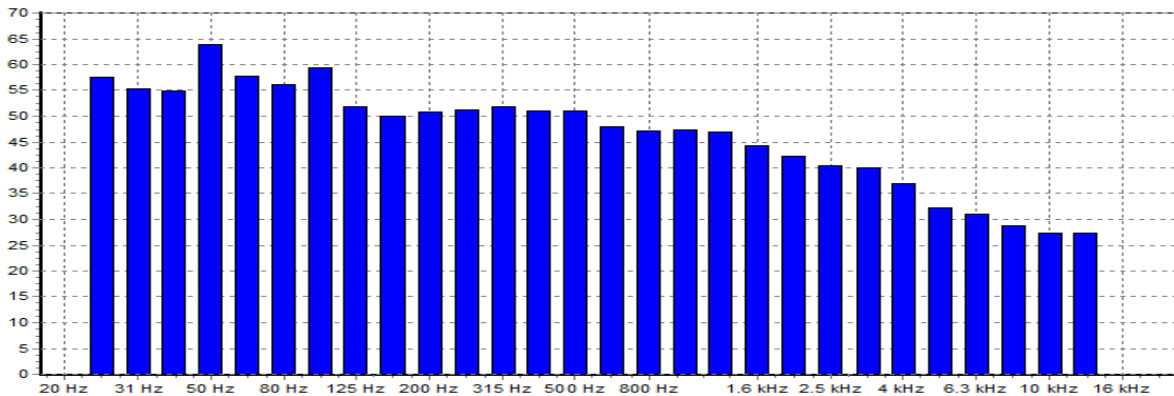
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 4



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

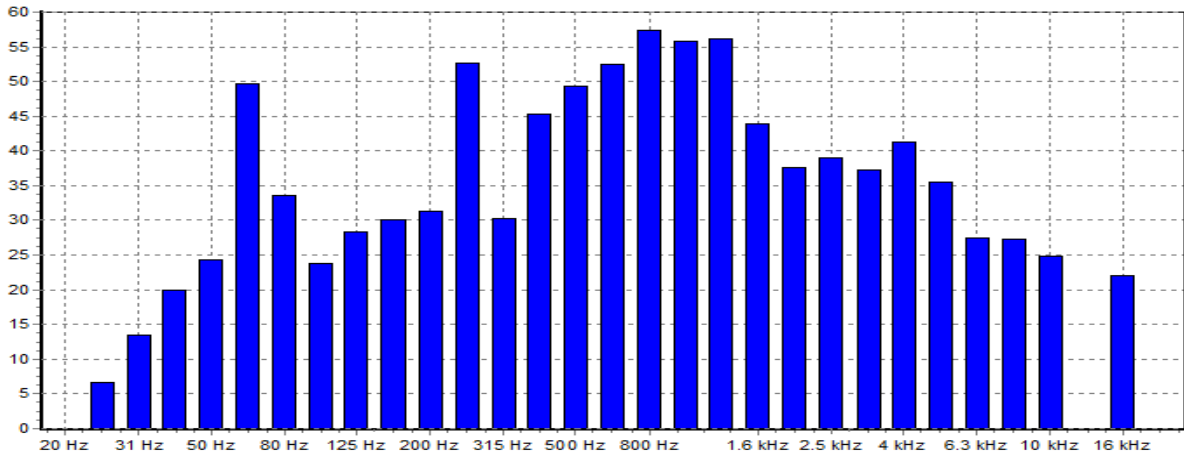


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

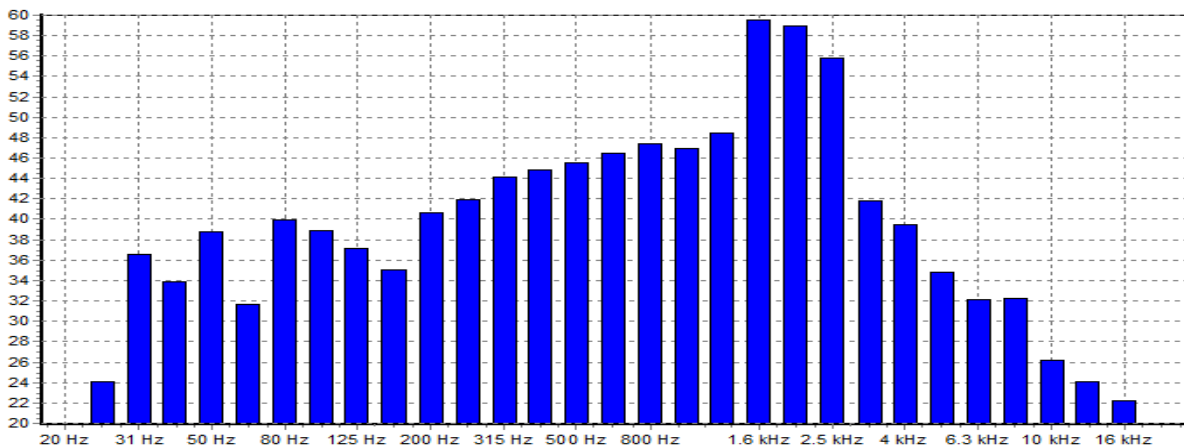


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

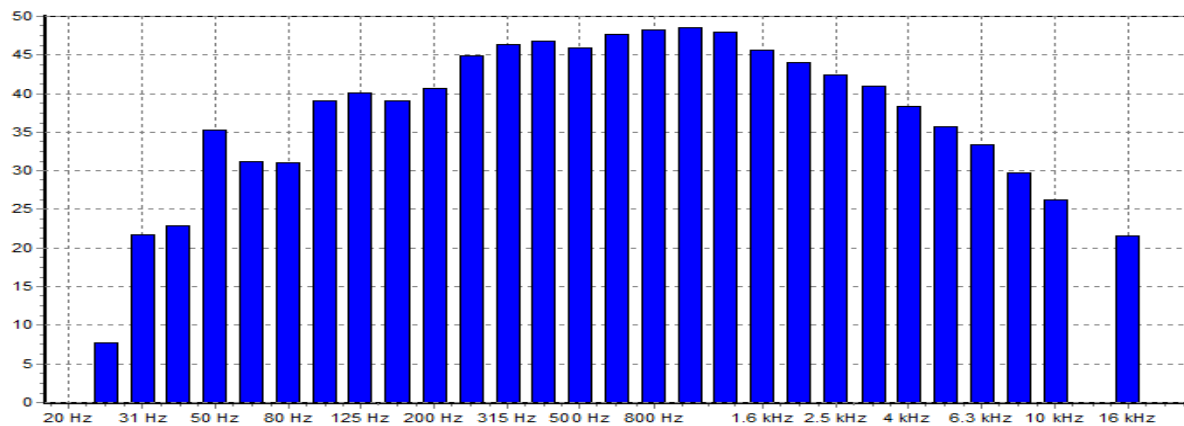
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 4 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 5 - Ул. „Плошад Тошо Арсов“ бр. 26в на терасата на Музејот во Штип

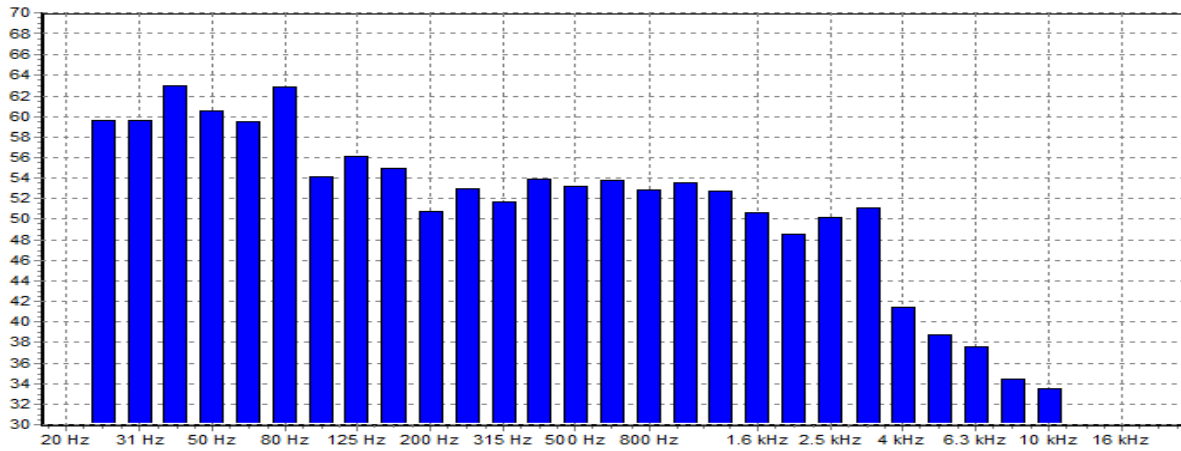


Слика 9.7. Мерно место 5
Figure 9.7. Measurement point 5

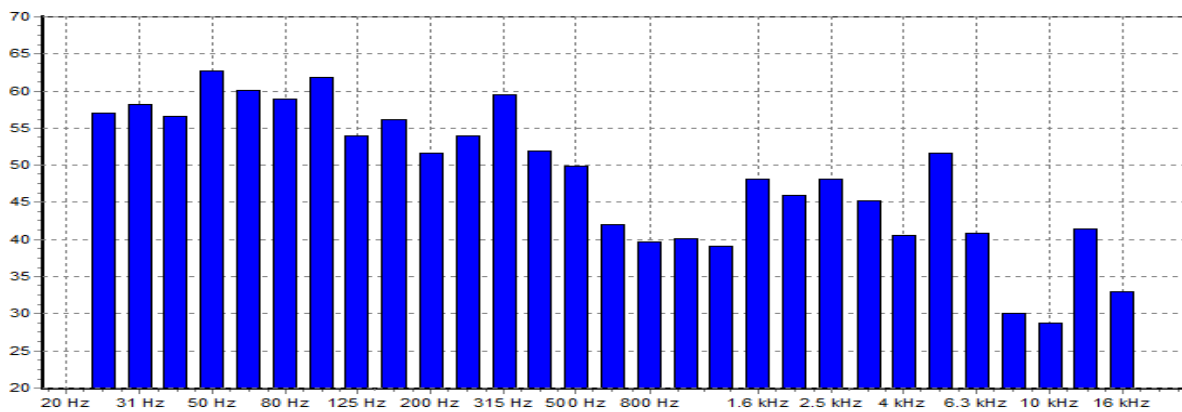
Табела 9.5. Измерени вредности на мерно место 5 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.5. Measured values on measurement point 5 (continuous period >24h)

Мерно место 5 (подрачје од II степен на заштита од бучава Measurement point 5 (area of II degree on noise protection))			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	59,7		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	60,1	55	
$L_B (L_e)$	58,6	55	
$L_N (L_n)$	55,8	45	
$L_{1.0}$	68,9		
$L_{10.0}$	61,9		
$L_{50.0}$	54,8		
$L_{90.0}$	47,1		
$L_{95.0}$	44,9		

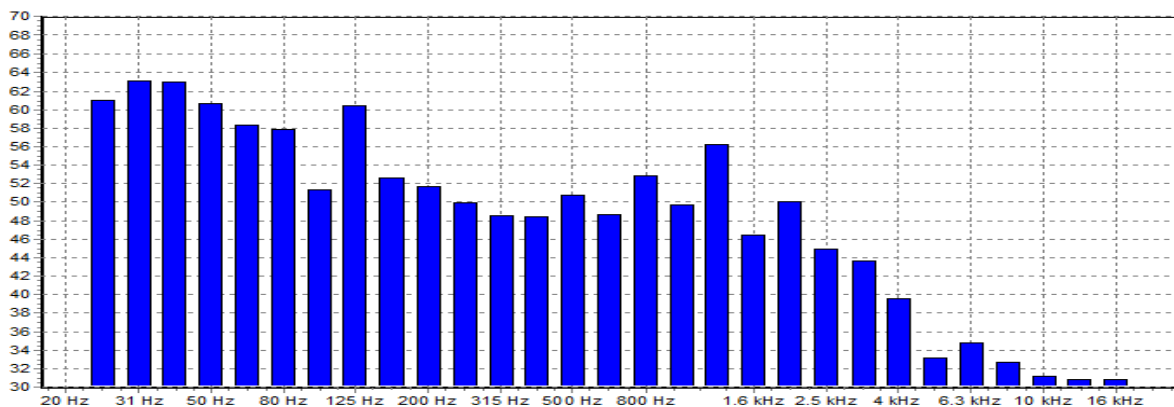
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 5



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

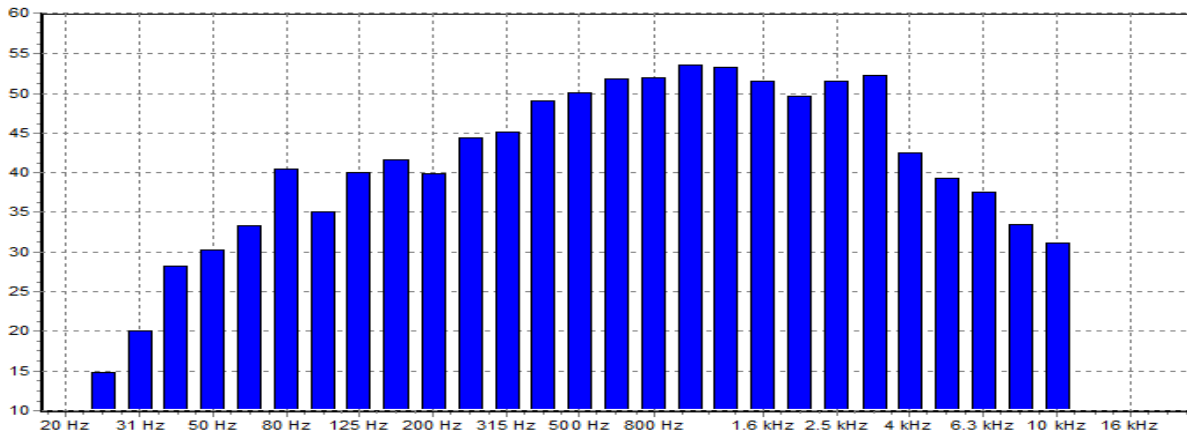


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

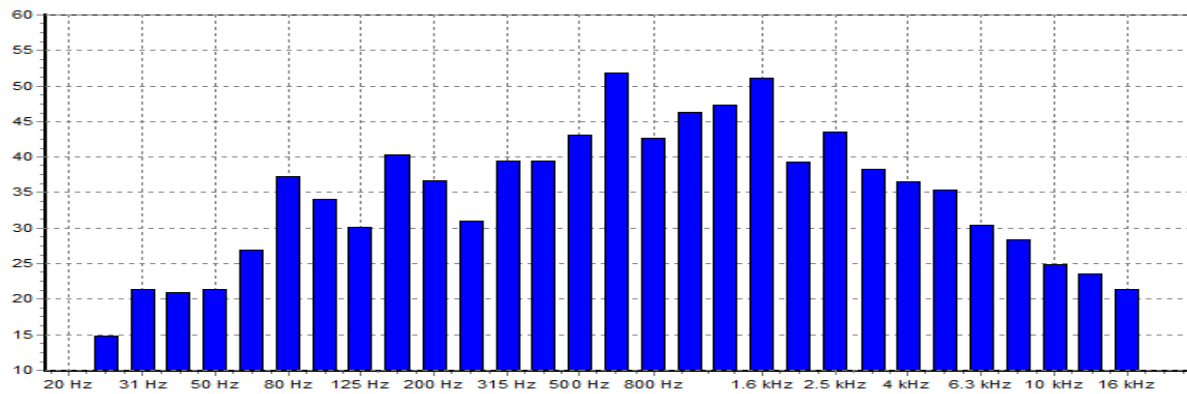


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

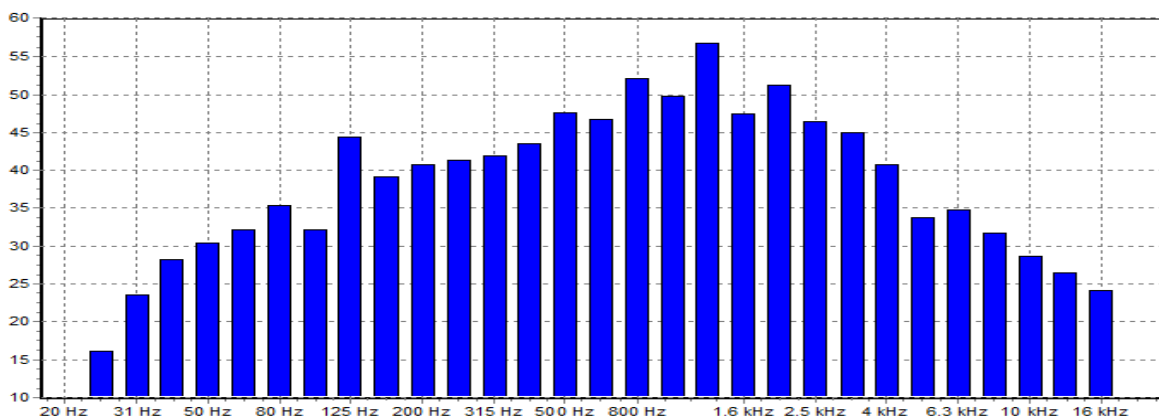
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 5 поред А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

9.1.2. Подрачје 2

Второто подрачје е во продолжение на првото и го опфаќа реонот од мостот кај гимназијата „Славчо Стојменски“ до населбата Пролет. Во ова подрачје се опфатени целосно сообраќајниците „Генерал Михајло Апостолски“, „Ванчо Прќе“ и „Ѓорче Петров“, имајќи предвид дека главен извор на бучавата во централното градско подрачје се токму сообраќајните средства. Второто подрачје опфаќа десет мерни места прикажани на слика 9.8.



Слика 9.8. Локација на мерните места 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Figure 9.8. Location of measurement points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

	Координати на мерните места/ Coordinates of measurement points				
Мерно место	1	2	3	4	5
X	7599653.09	7599745.01	7599845.25	7599991.61	7600008.73
Y	4622612.07	4622684.47	4622737.44	4622727.48	4622805.65
Мерно место	6	7	8	9	10
X	7600218.29	7599896.39	7599776.49	7599627.94	7599504.45
Y	4622645.18	4622827.32	4622790.40	4622691.46	4622690.26

МЕРНО МЕСТО 1 - Ул. „Кеј Маршал Тито“ бб (Техномаркет)

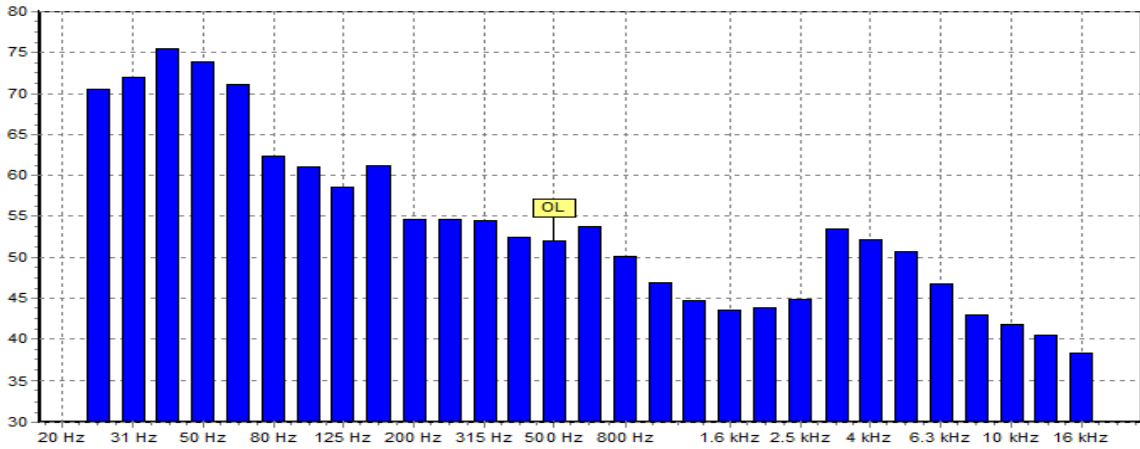


Слика 9.9. Мерно место 1
Figure 9.9. Measurement point 1

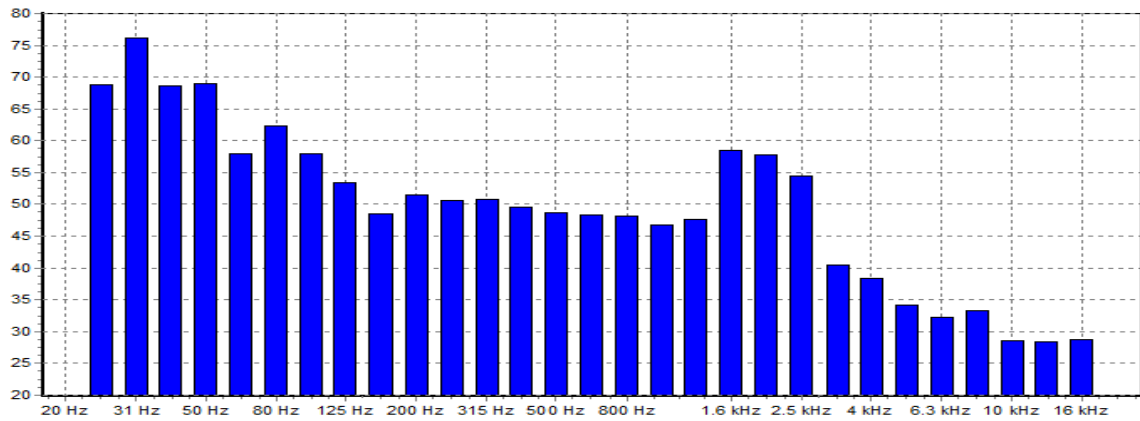
Табела 9.6. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.6. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 1 (area of II degree for noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	65,3		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	66,4	55	
$L_B (L_e)$	65,1	55	
$L_H (L_n)$	64,8	45	
$L_{1.0}$	73,2		
$L_{10.0}$	67,7		
$L_{50.0}$	59,2		
$L_{90.0}$	47,8		
$L_{95.0}$	44,4		

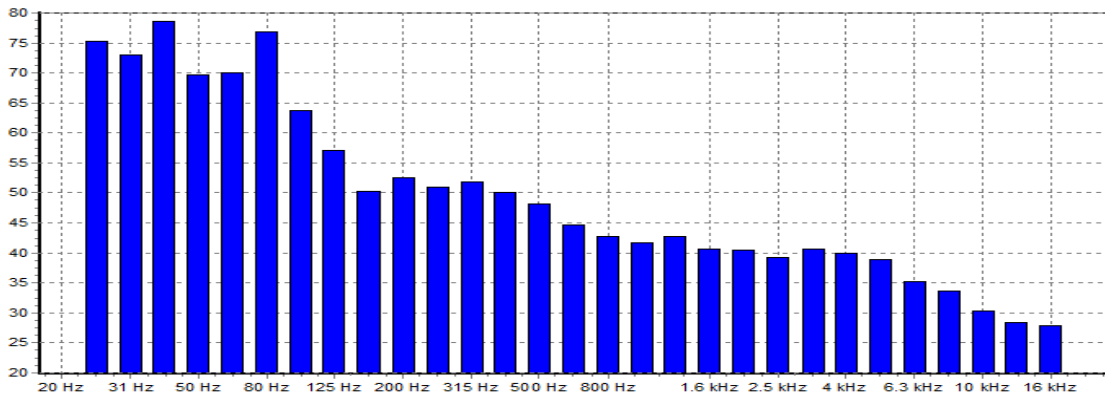
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 1



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

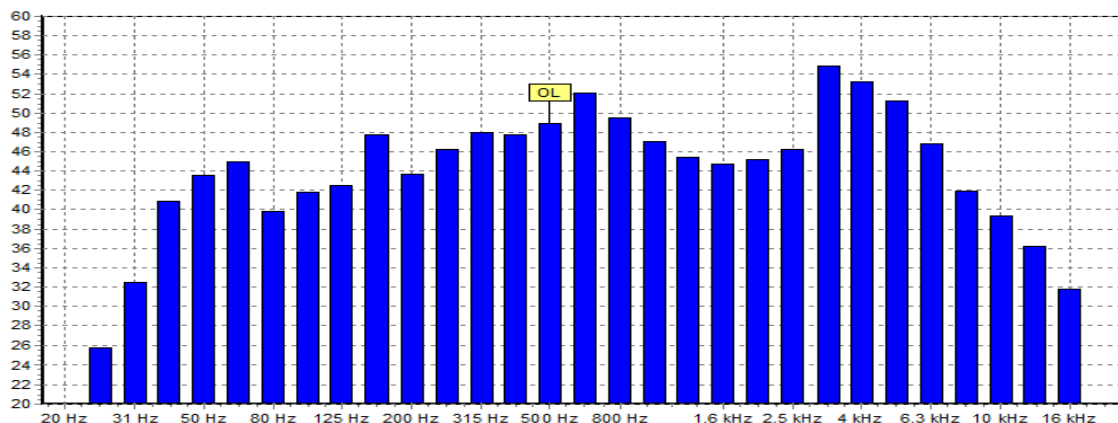


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

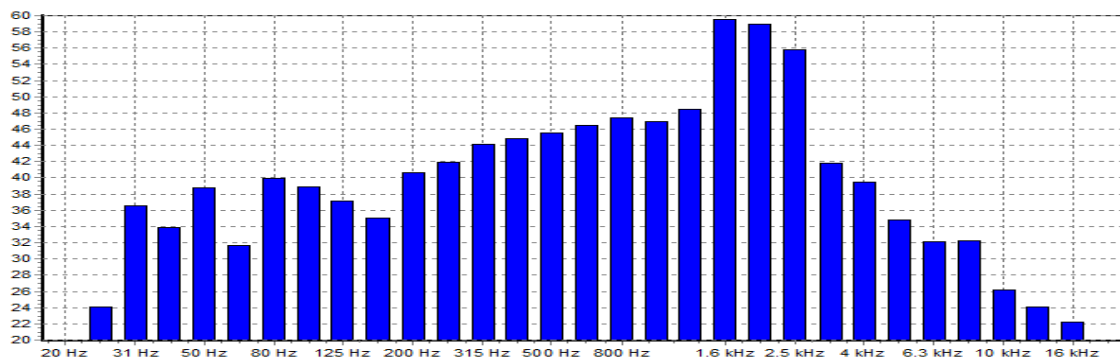


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

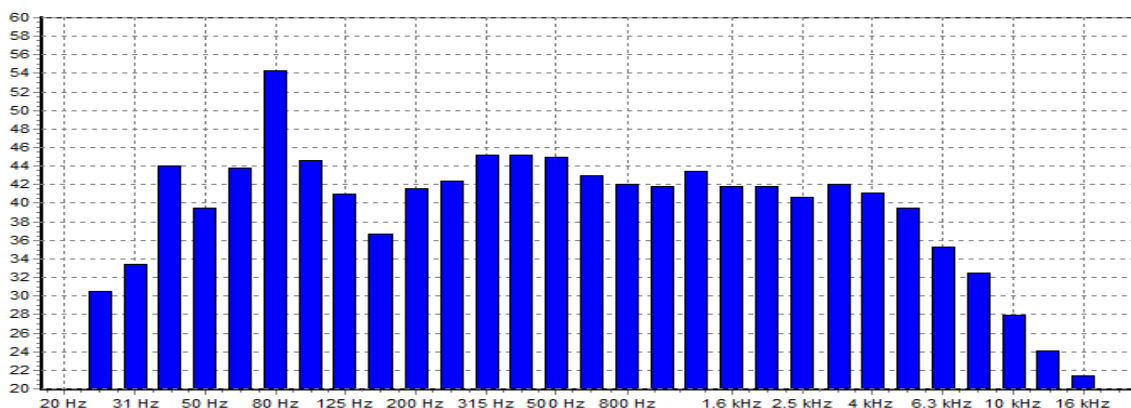
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 1 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 2 - Ул. „Плоштад Слобода“ бб

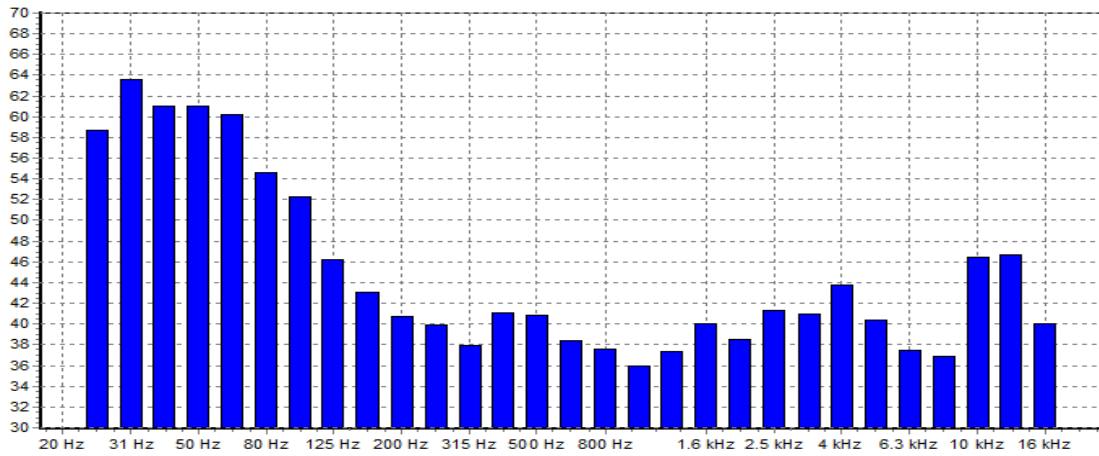


Слика 9.10. Мерно место 2
Figure 9.10. Measurement point 2

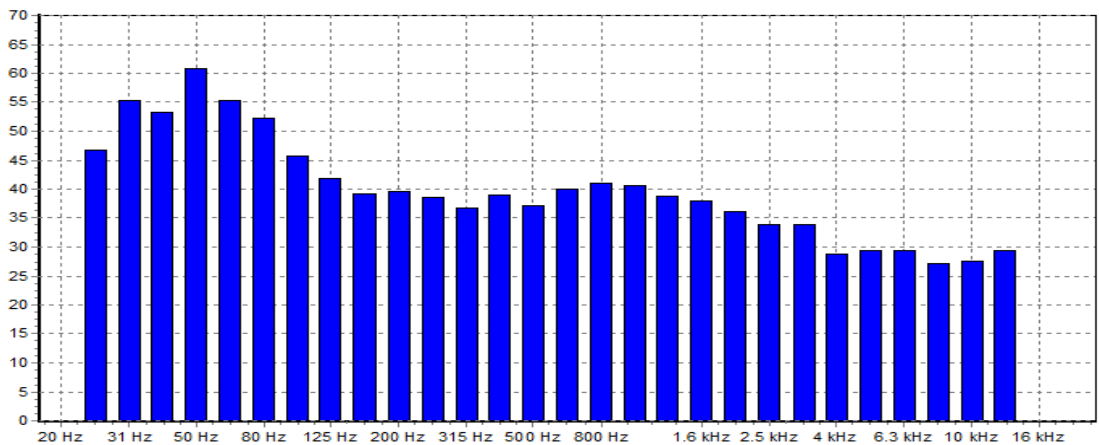
Табела 9.7. Измерени вредности на мерно место 2 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.7. Measured values on measurement point 2 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	61,6		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) /According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	61,4	55	
$L_B (L_e)$	60,1	55	
$L_H (L_n)$	59,8	45	
$L_{1.0}$	73,1		
$L_{10.0}$	66,6		
$L_{50.0}$	58,5		
$L_{90.0}$	48,4		
$L_{95.0}$	44,4		

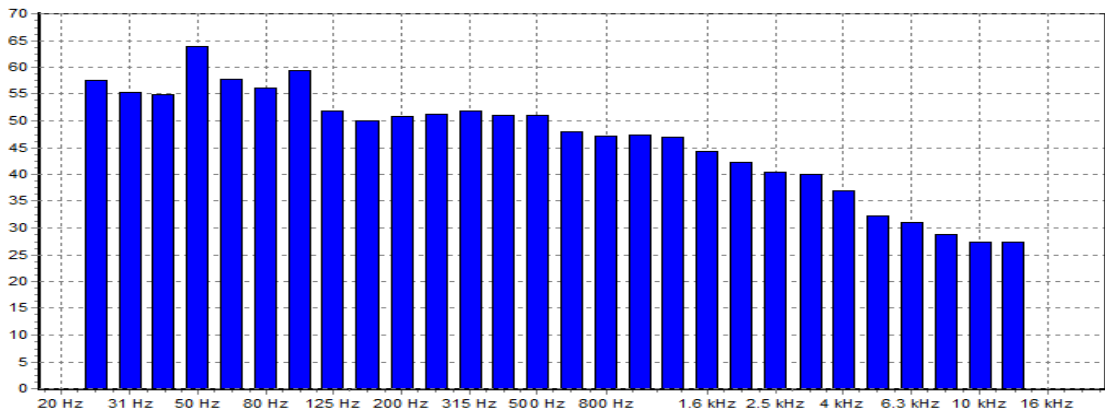
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

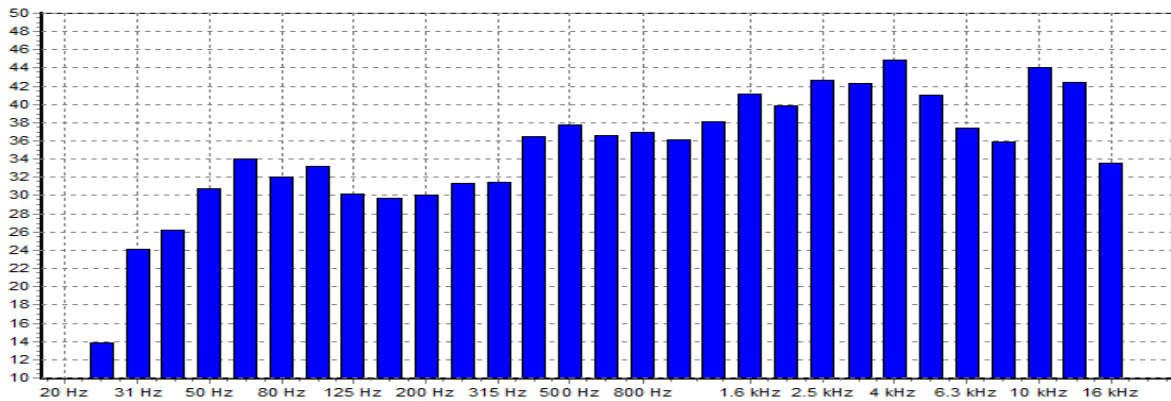


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

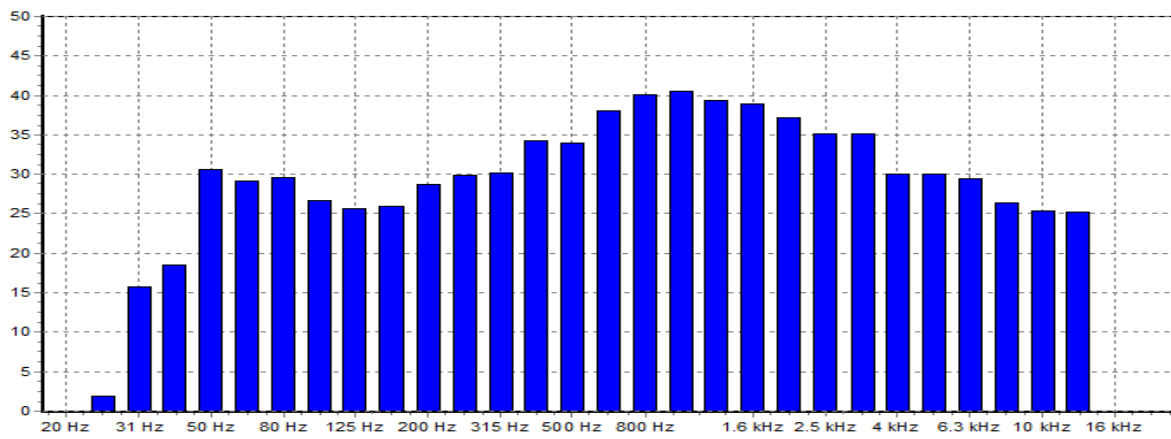


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

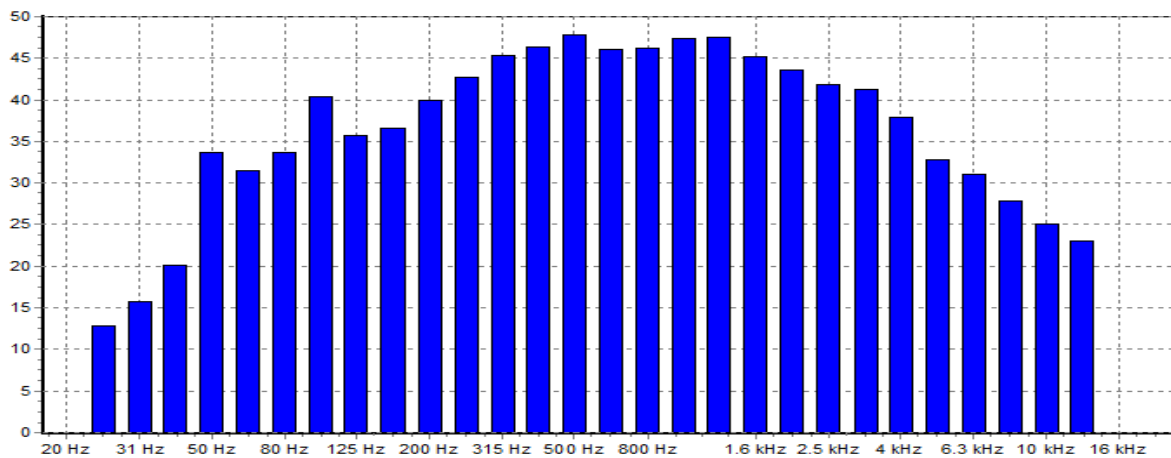
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 2 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 3 – Ул. „Јосиф Ковачев“ бр.8 (Стопанска банка)

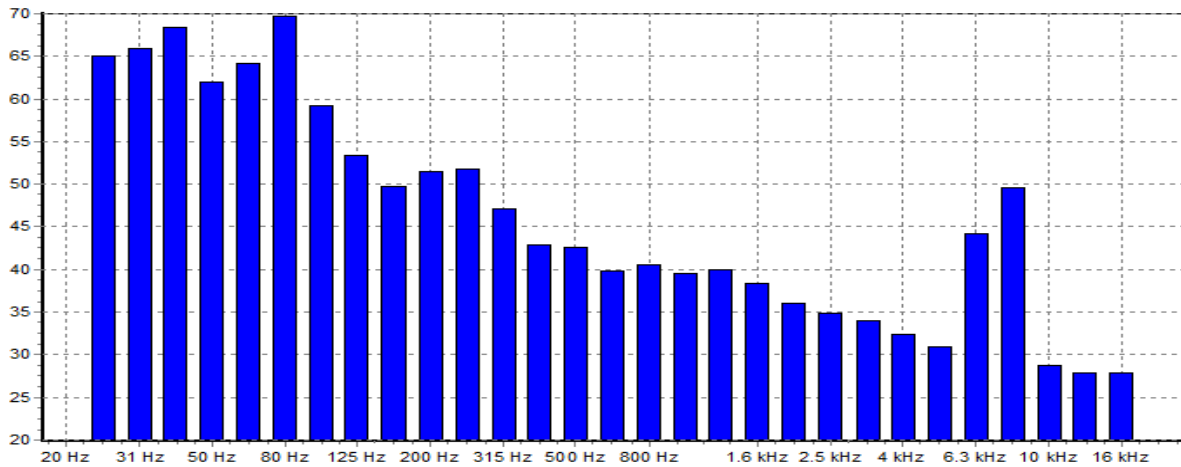


Слика 9.11. Мерно место 3
Figure 9.11. Measurement point 3

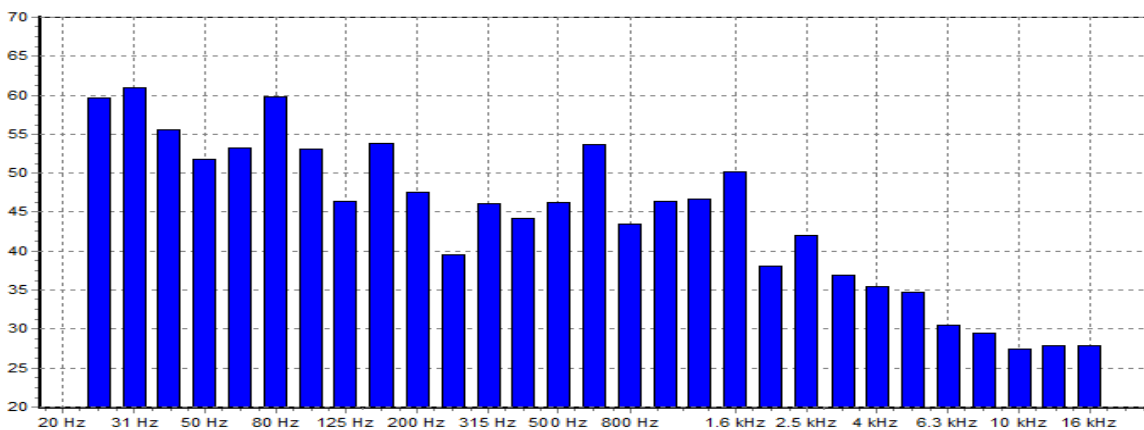
Табела 9.8. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.8. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree for noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	61,3		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	62,7	55	
$L_B (L_e)$	60,3	55	
$L_N (L_n)$	58,8	45	
$L_{1.0}$	70,3		
$L_{10.0}$	65,7		
$L_{50.0}$	61,5		
$L_{90.0}$	43,4		
$L_{95.0}$	38,6		

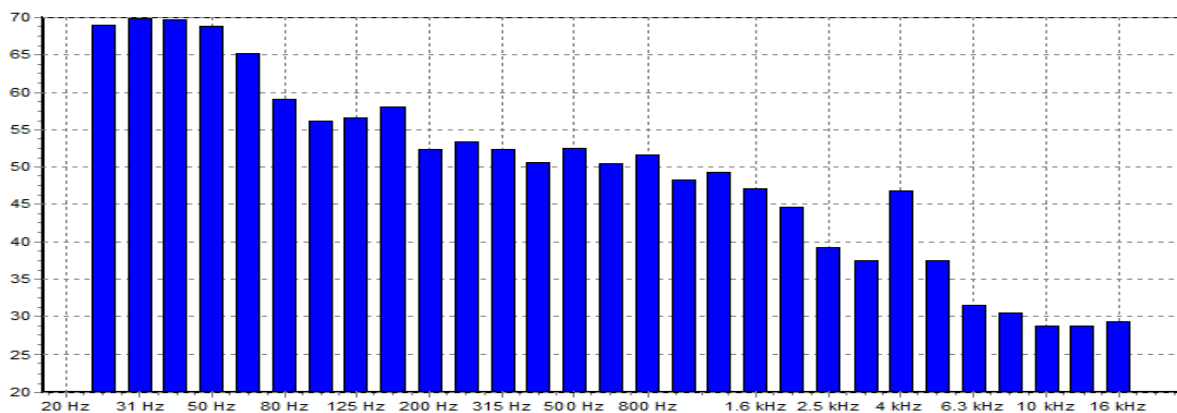
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

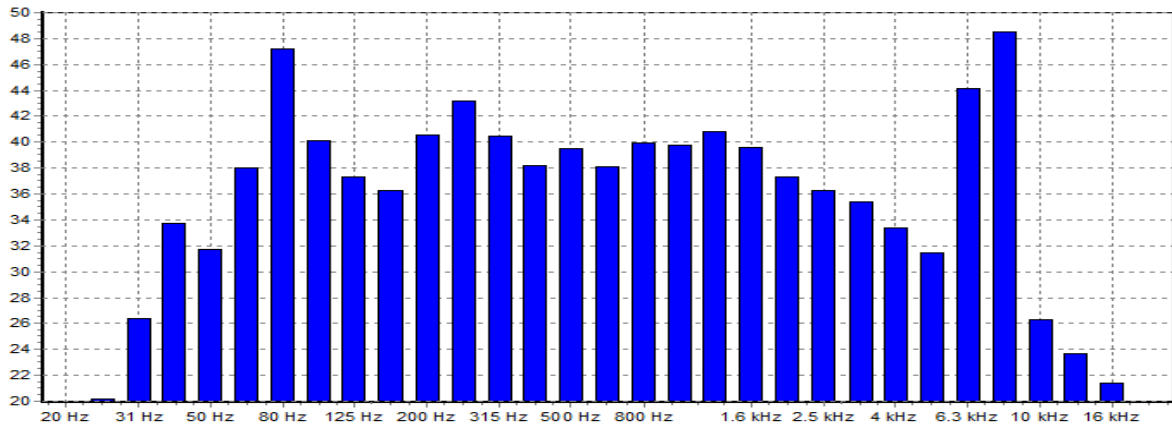


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

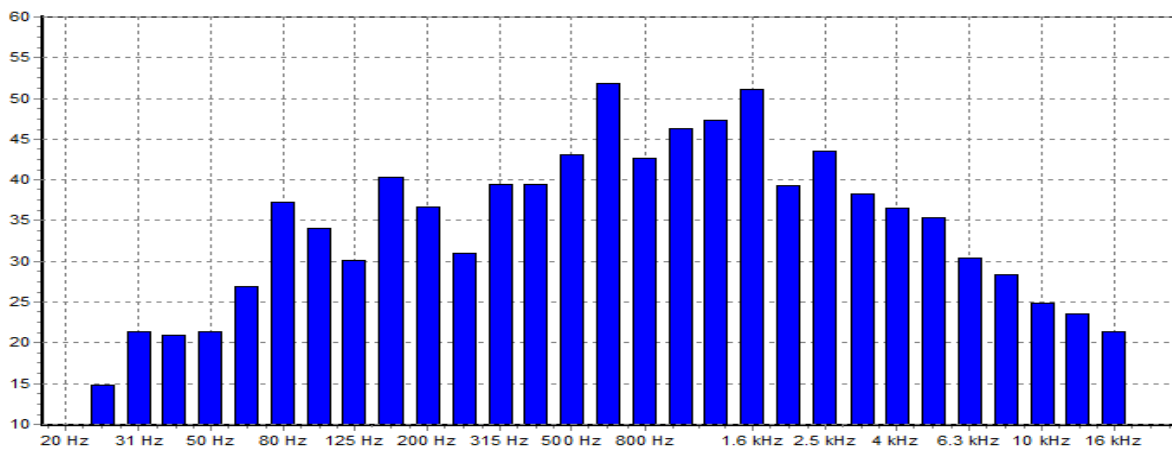


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

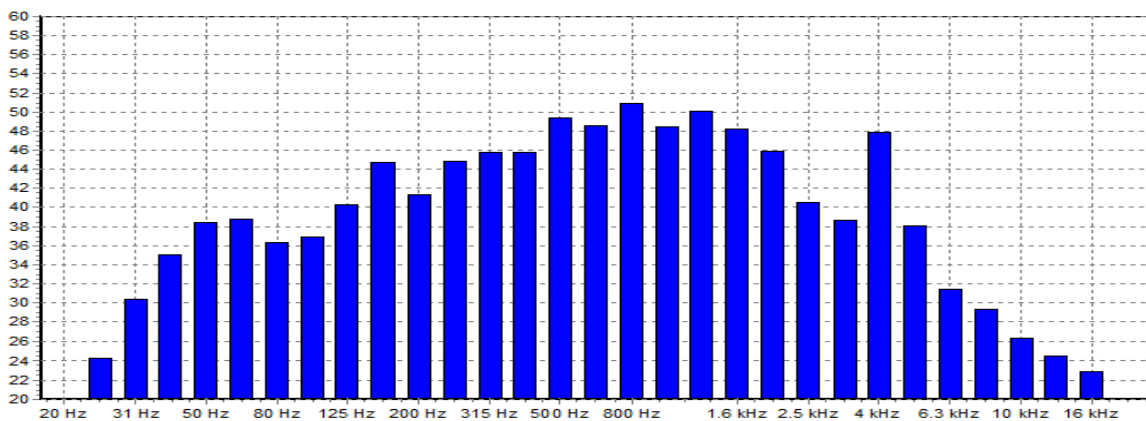
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 3 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 4 - Ул. „Генерал Михајло Апостолски“ бб (Ординација „Д-р Маролов“)

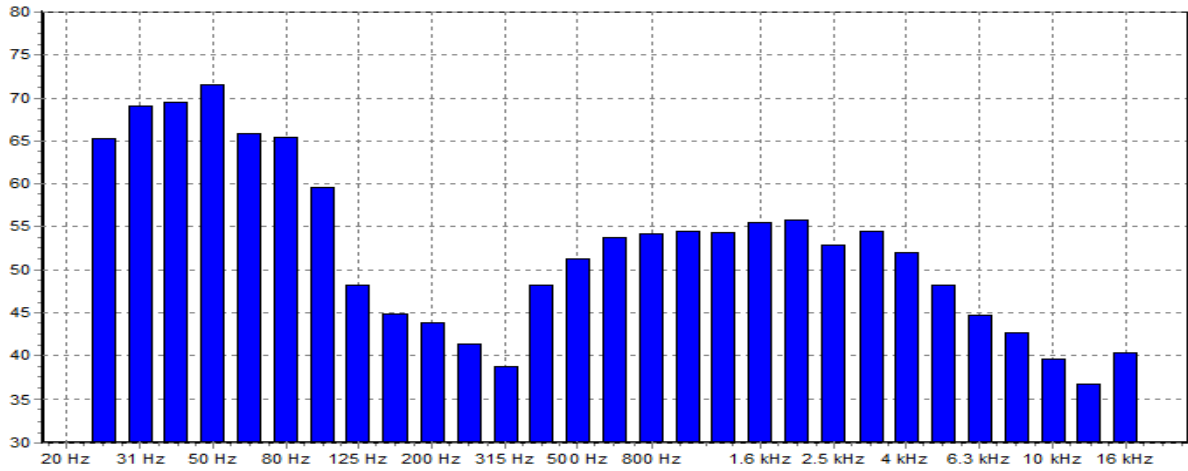


Слика 9.12. Мерно место 4
Figure 9.12. Measurement point 4

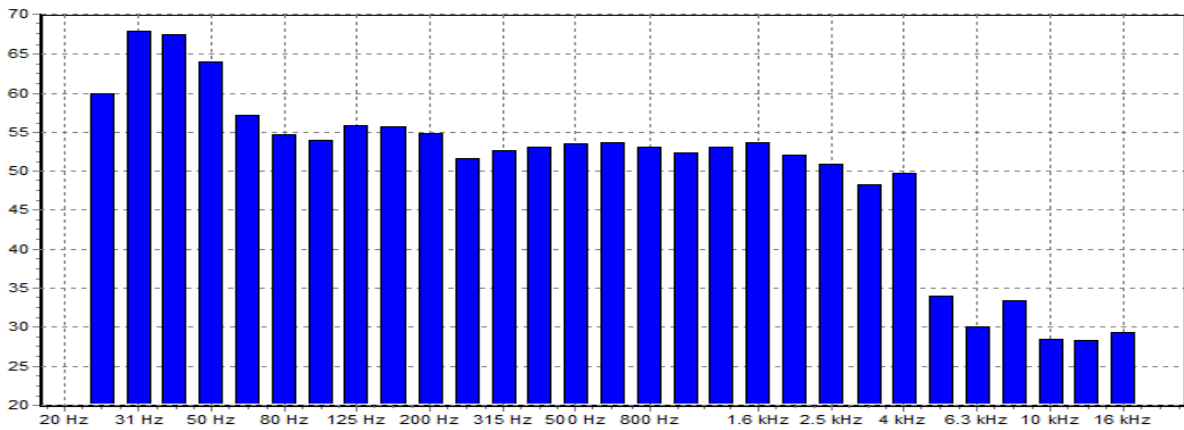
Табела 9.9. Измерени вредности на мерно место 4 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.9. Measured values on measurement point 4 (continuous period >24h)

Мерно место 4 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 4 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	62,9		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	63,9	55	
$L_B (L_e)$	62,8	55	
$L_H (L_n)$	60,1	45	
$L_{1.0}$	73,1		
$L_{10.0}$	66,6		
$L_{50.0}$	58,5		
$L_{90.0}$	44,8		
$L_{95.0}$	42,6		

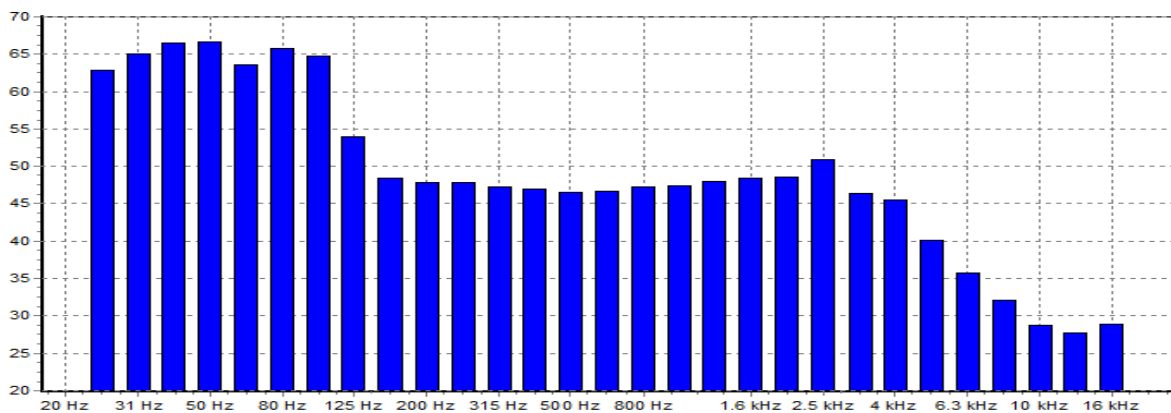
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 4



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

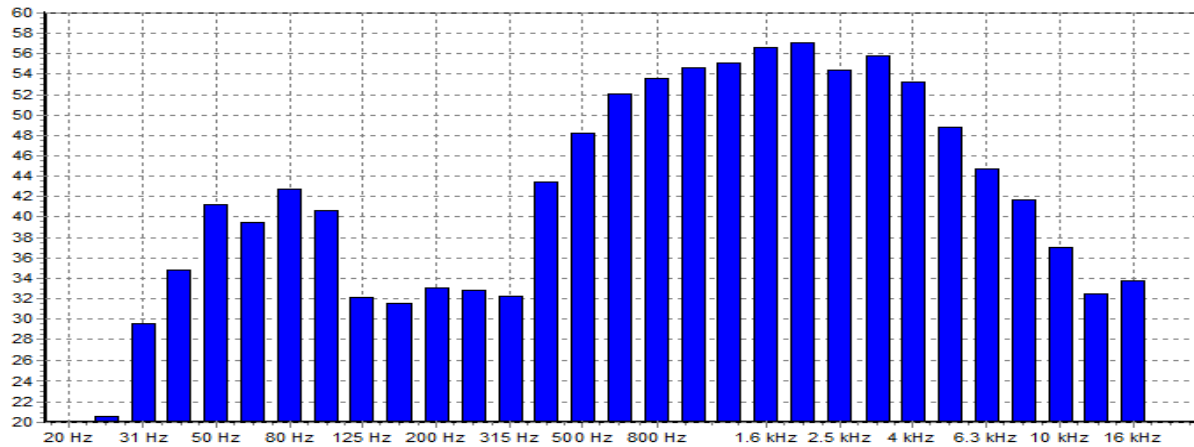


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

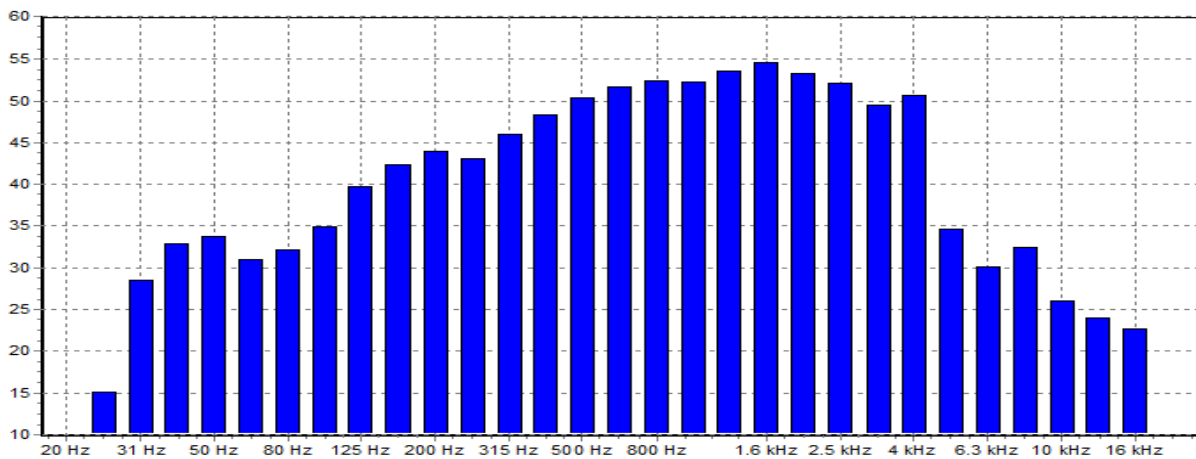


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

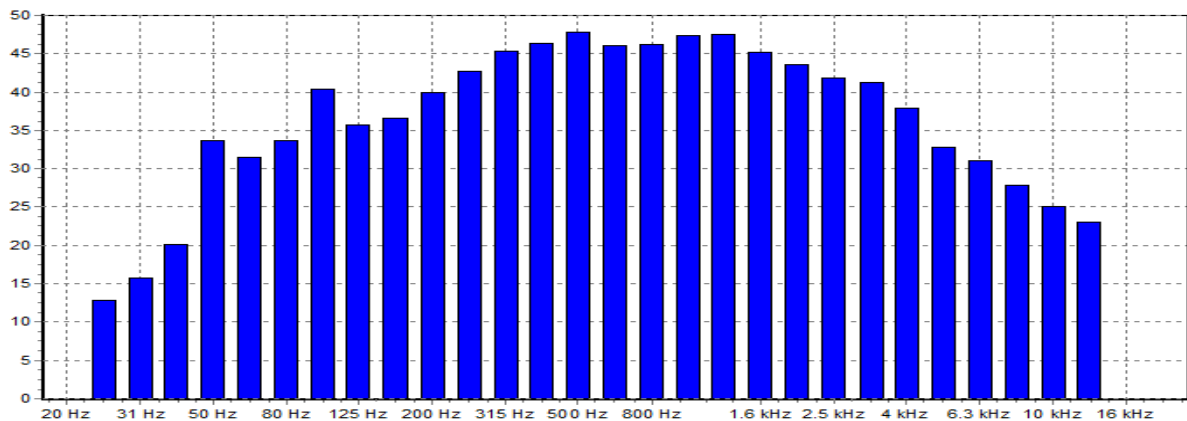
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 4 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 5 – Ул. „Маршал Тито“ бр.40 (Хотел „Гарни“)

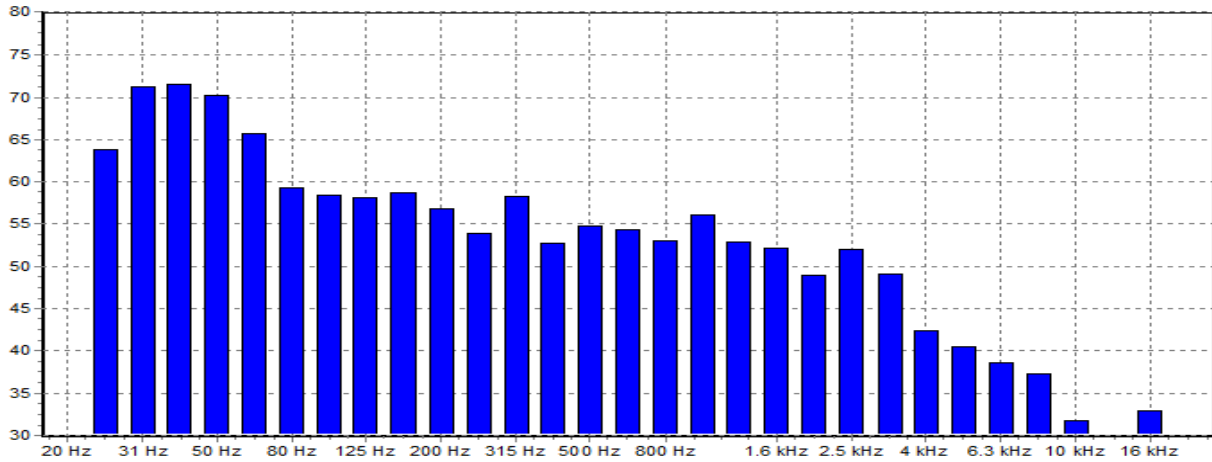


Слика 9.13. Мерно место 5
Figure 9.13. Measurement point 5

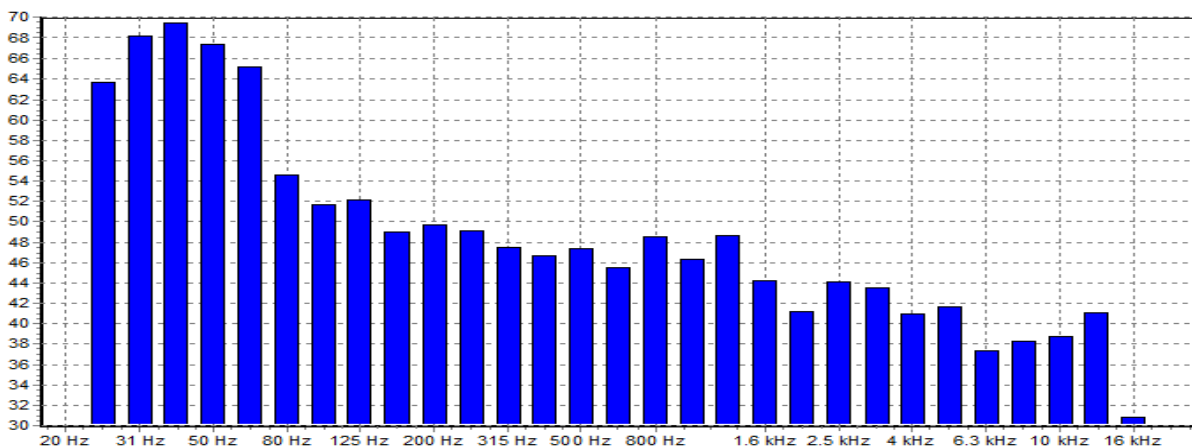
Табела 9.10. Измерени вредности на мерно место 5 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.10. Measured values on measurement point 5 (continuous period >24h)

Мерно место 5 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 5 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	61.0		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	60.1	55	
$L_B (L_e)$	59.8	55	
$L_H (L_n)$	62.7	45	
$L_{1.0}$	69.1		
$L_{10.0}$	64.3		
$L_{50.0}$	59.6		
$L_{90.0}$	51.7		
$L_{95.0}$	48.2		

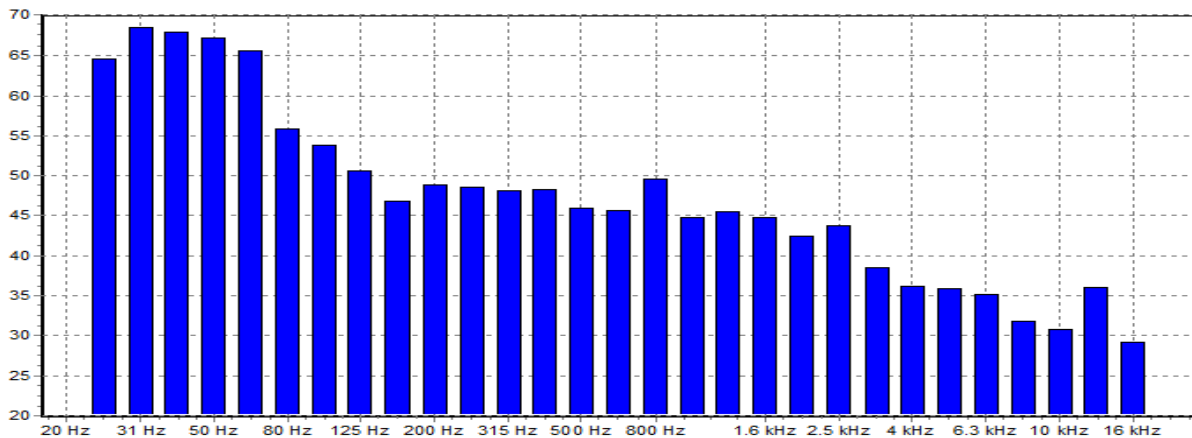
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 5



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

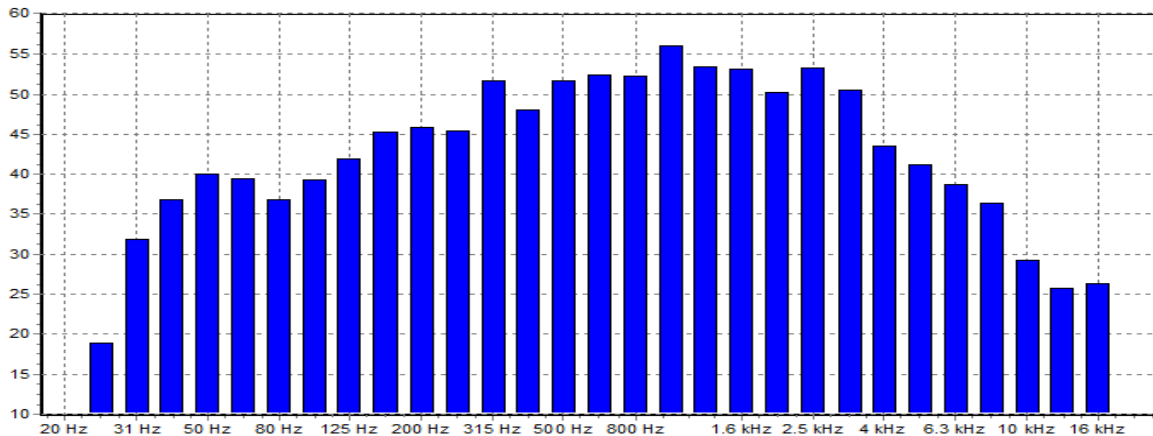


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

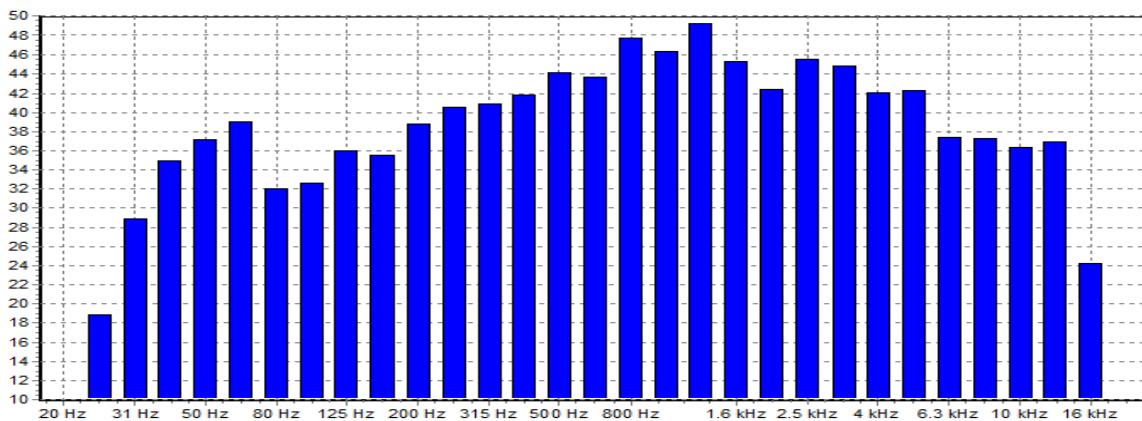


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

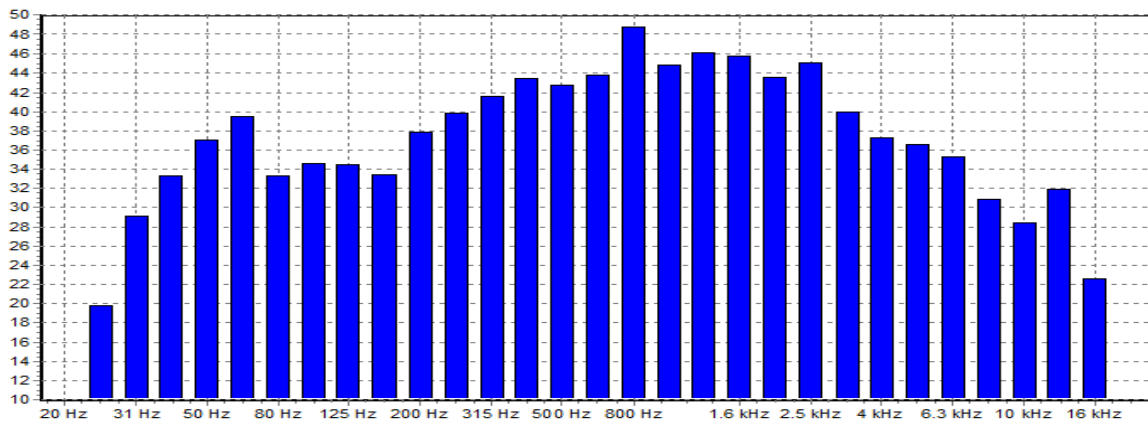
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 5 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 6 - Ул. „Генерал Михајло Апостолски“ бр. 26в

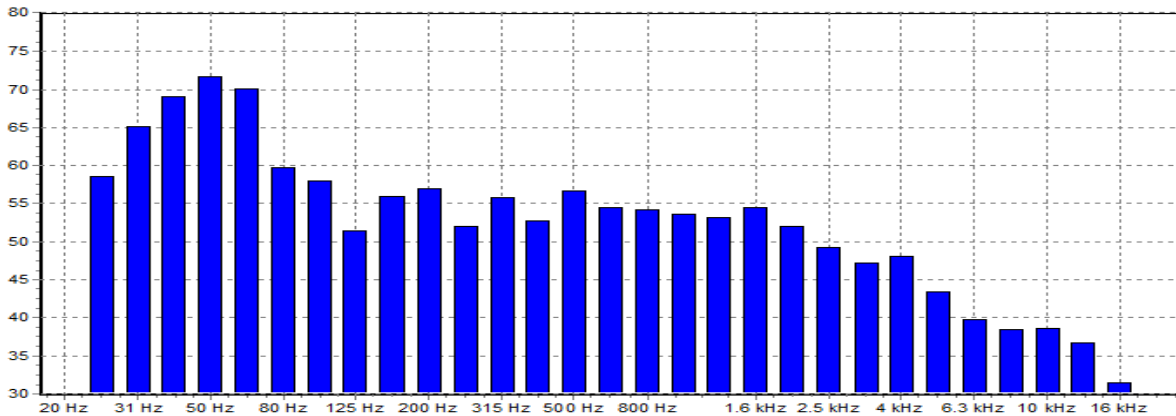


Слика 9.14. Мерно место 6
Figure 9.14. Measurement point 6

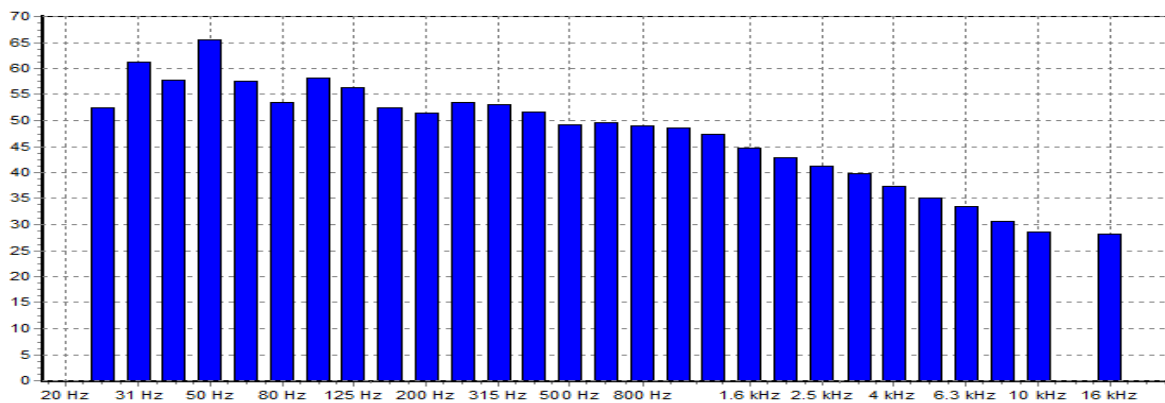
Табела 9.11. Измерени вредности на мерно место 6 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.11. Measured values on measurement point 6 (continuous period >24h)

Мерно место 6 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 6 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$			Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	62,0	55	
$L_B (L_e)$	61,3	55	
$L_H (L_n)$	65,8	45	
$L_{1.0}$	75,0		
$L_{10.0}$	66,2		
$L_{50.0}$	57,7		
$L_{90.0}$	47,6		
$L_{95.0}$	45,2		

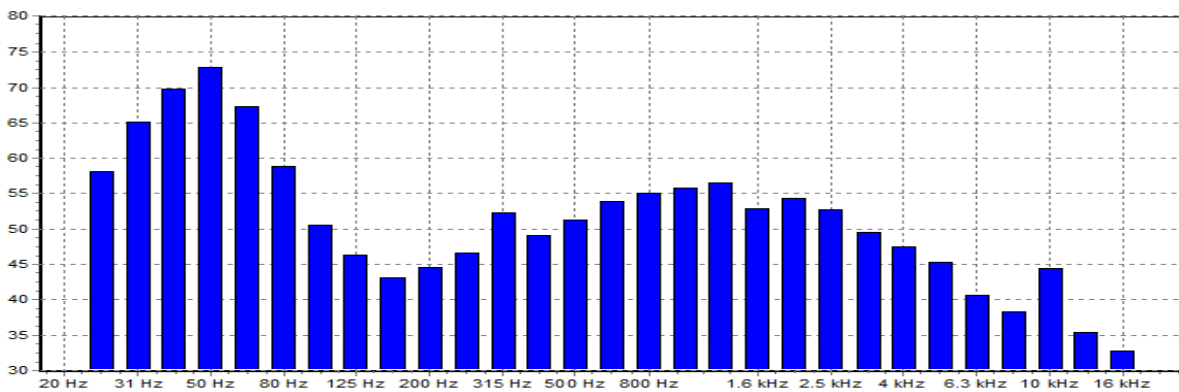
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 6



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

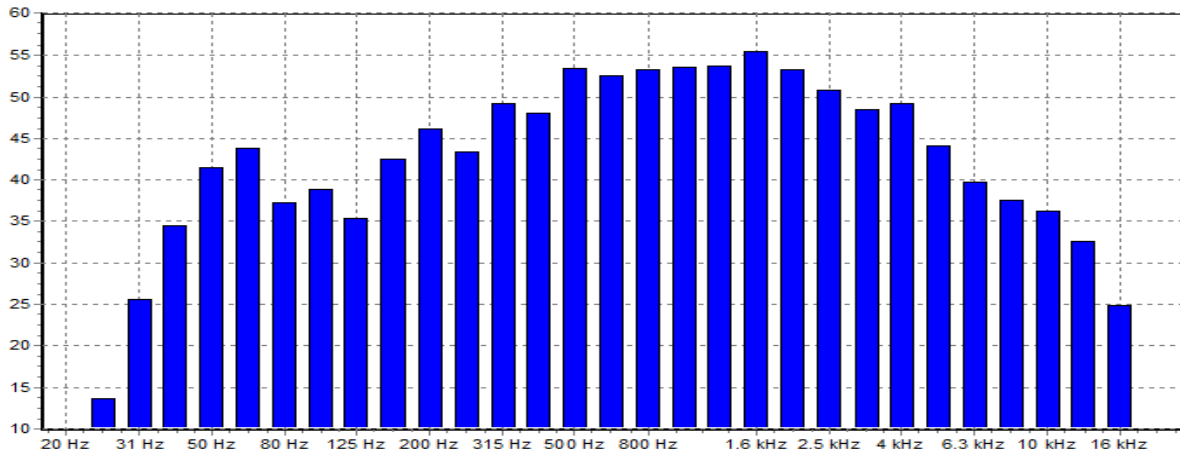


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

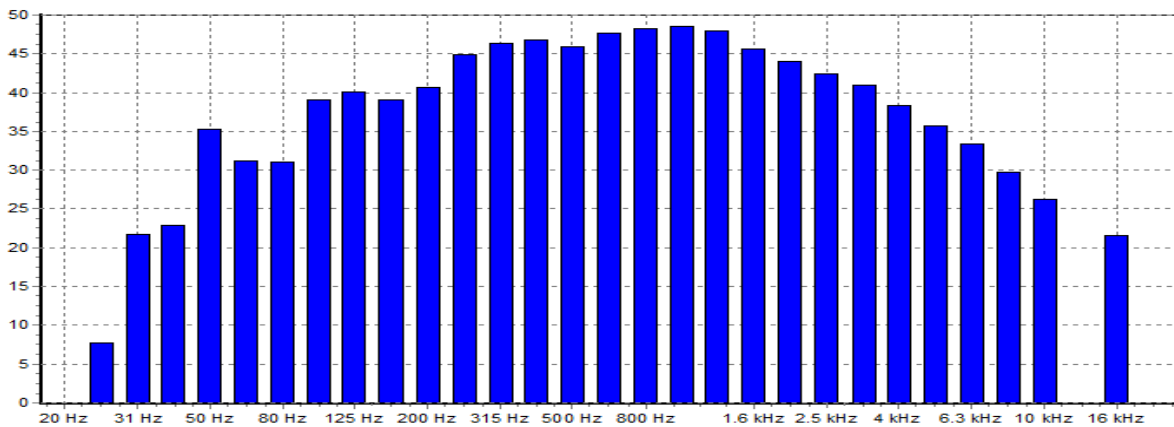


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

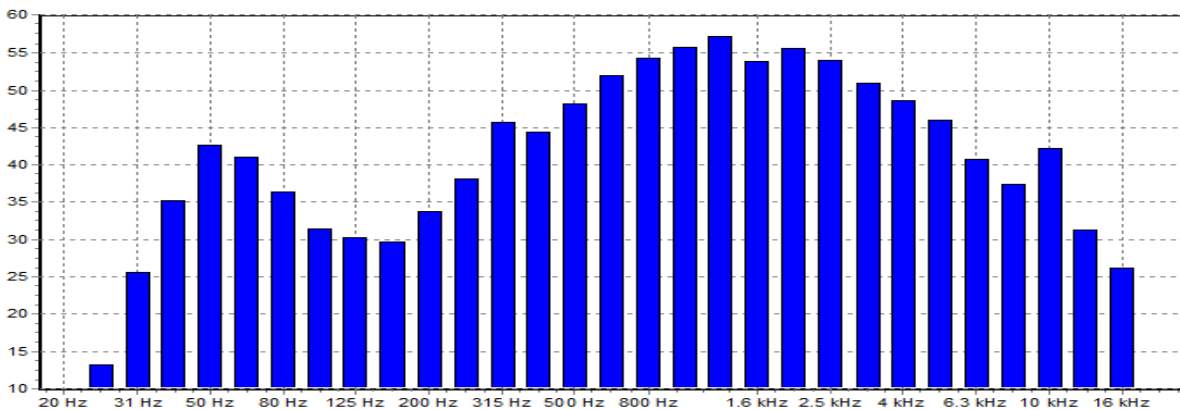
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 6 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 7 - Ул. „Ванчо Прќе“ бр. Д2-А/2

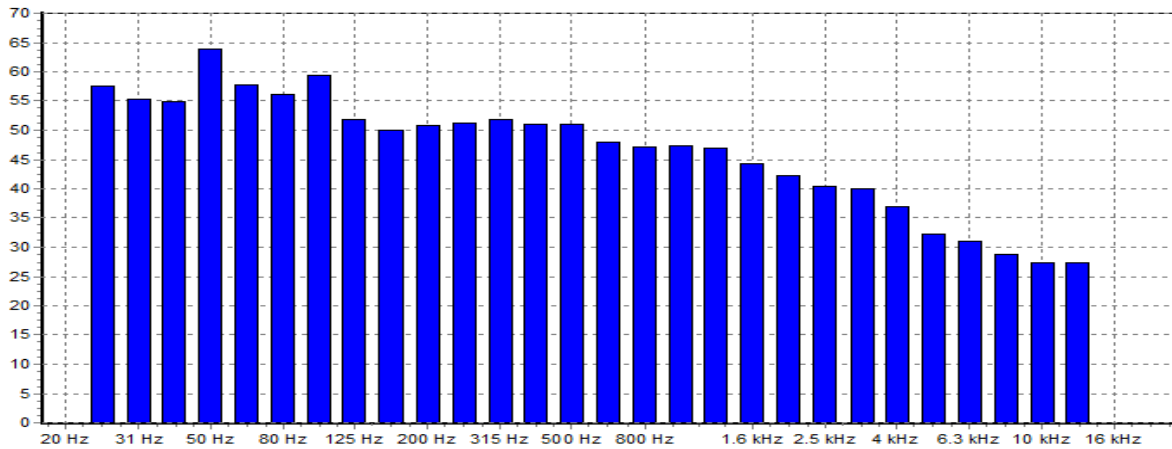


Слика 9.15. Мерно место 7
Figure 9.15. Measurement point 7

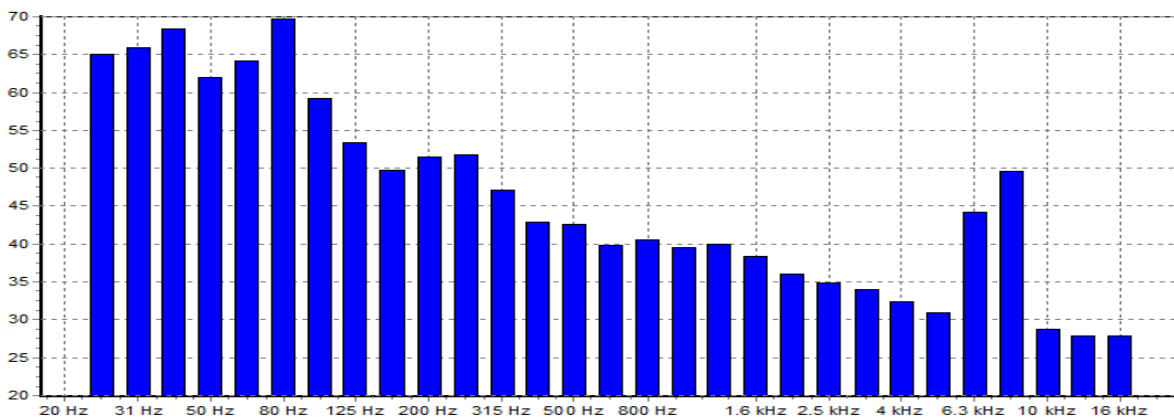
Табела 9.12. Измерени вредности на мерно место 7 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.12. Measured values on measurement point 7 (continuous period >24h)

Мерно место 7 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 7 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	56,6		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	58,4	55	
$L_B (L_e)$	59,3	55	
$L_H (L_n)$	52,3	45	
$L_{1.0}$	67,9		
$L_{10.0}$	61,3		
$L_{50.0}$	54,3		
$L_{90.0}$	42,3		
$L_{95.0}$	40,2		

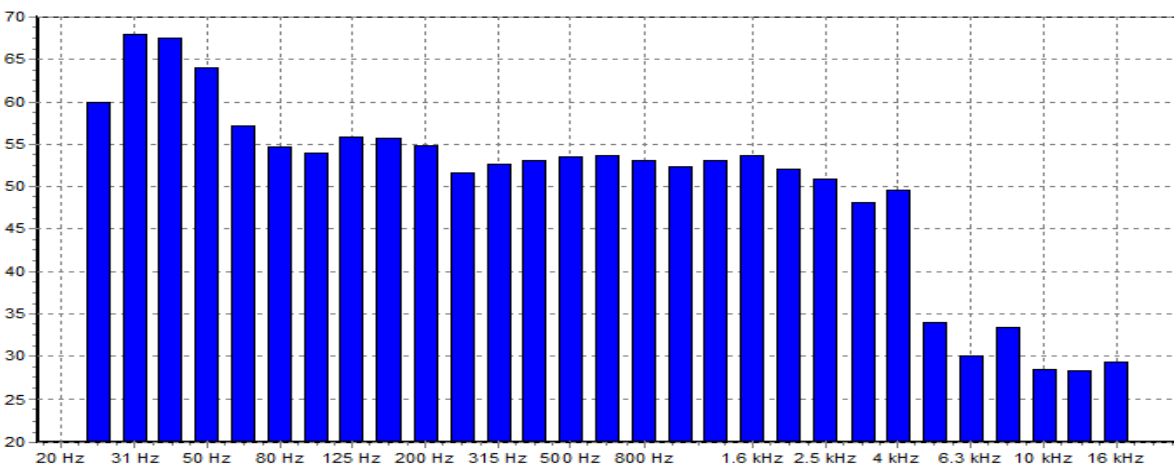
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 7



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

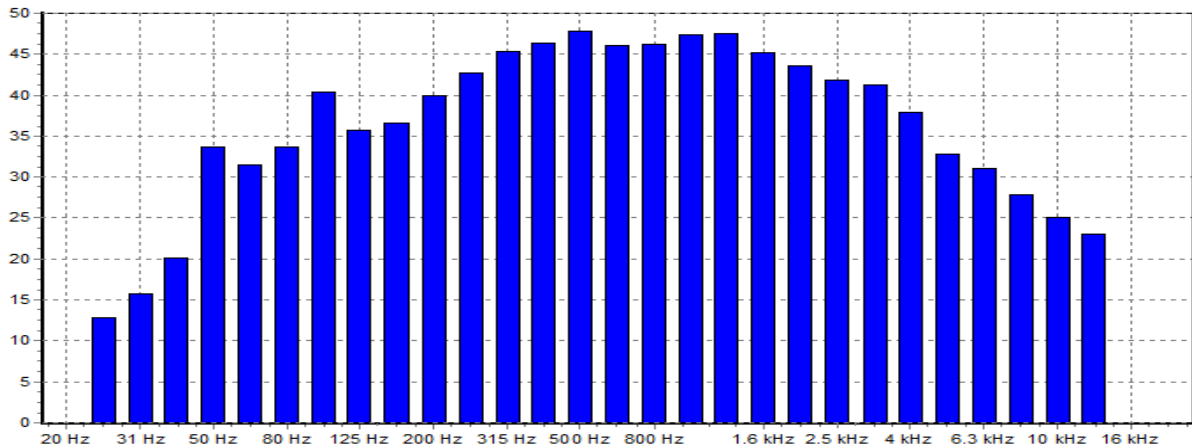


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

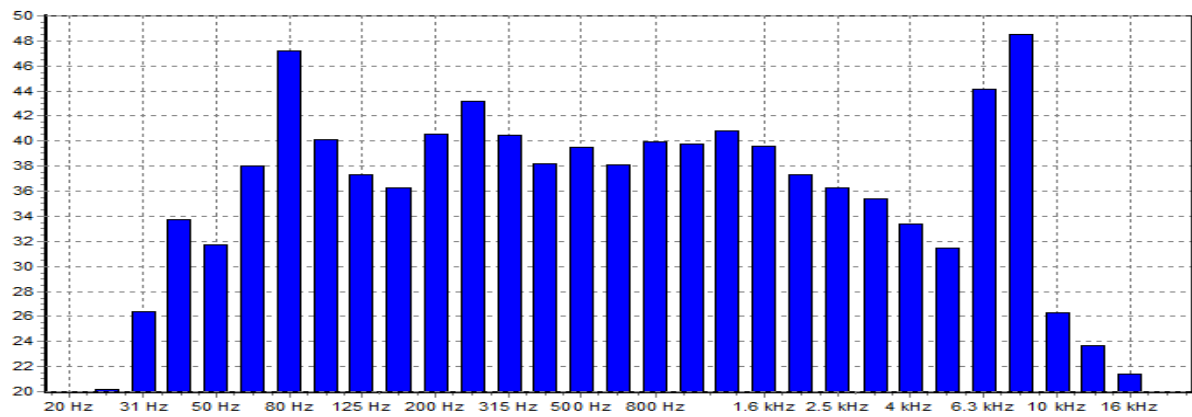


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

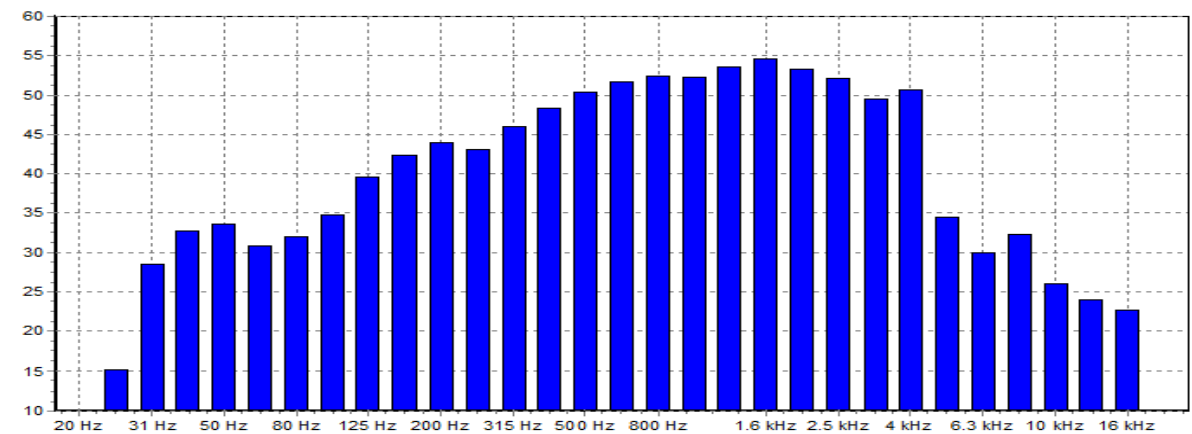
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 7 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 8 - Ул. „Горче Петров“ бр.4/6

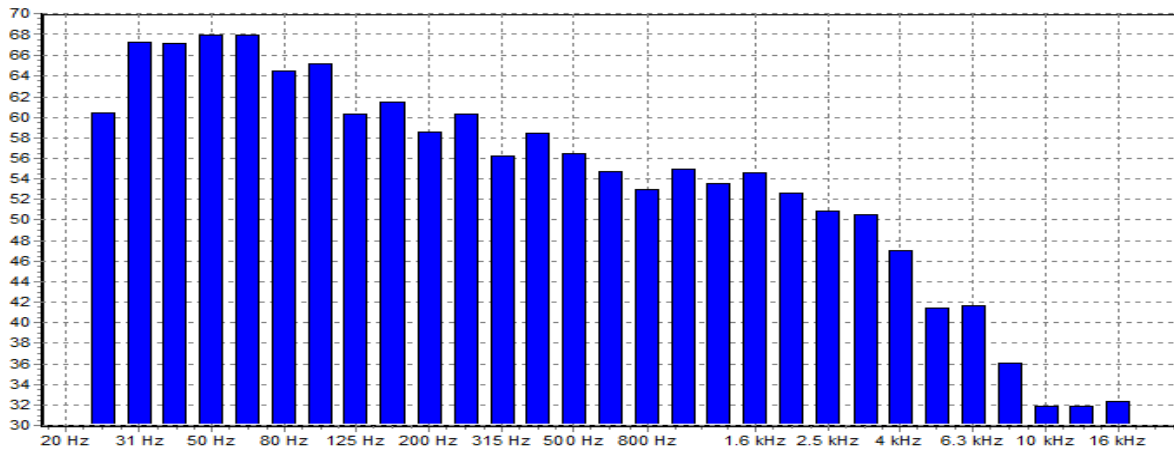


Слика 9.16. Мерно место 8
Figure 9.16. Measurement point 8

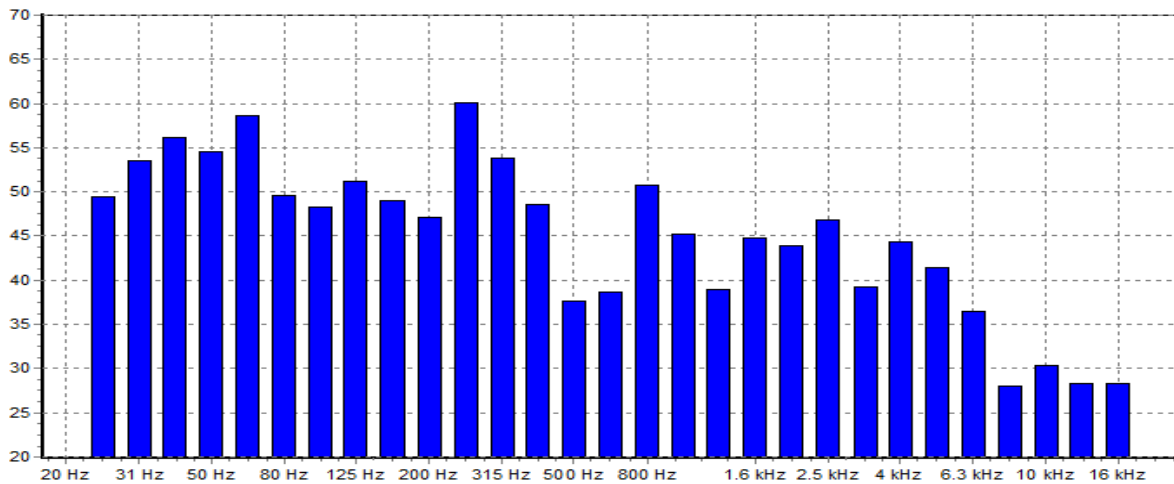
Табела 9.13. Измерени вредности на мерно место 8 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.13. Measured values on measurement point 8 (continuous period >24h)

Мерно место 8 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 8 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	62,6		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	63,8	55	
$L_B (L_e)$	60,3	55	
$L_H (L_n)$	61,8	45	
$L_{1.0}$	69,8		
$L_{10.0}$	64,0		
$L_{50.0}$	58,6		
$L_{90.0}$	47,2		
$L_{95.0}$	42,6		

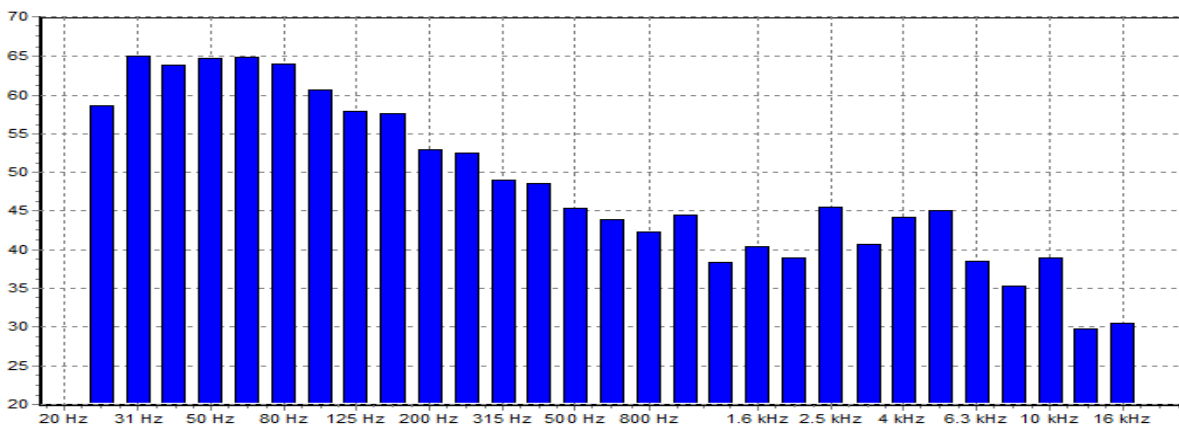
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 8



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

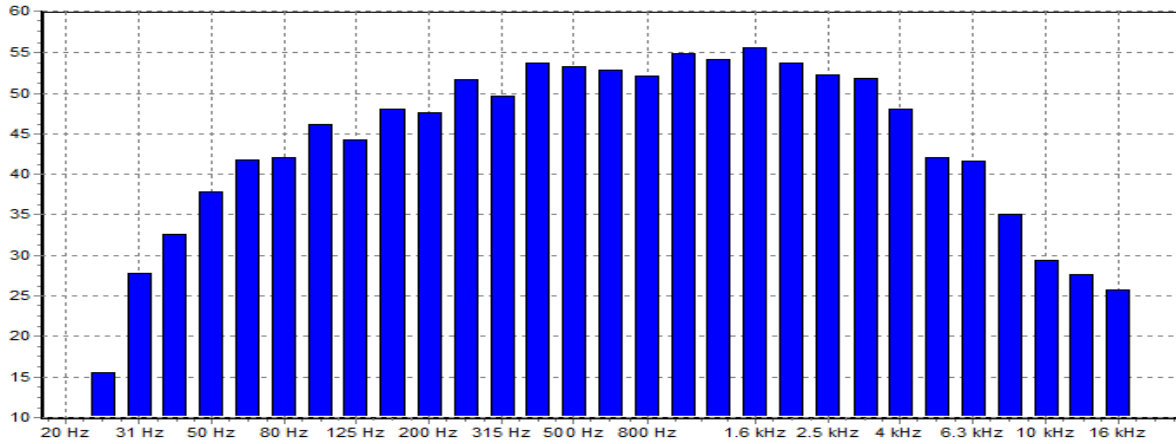


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

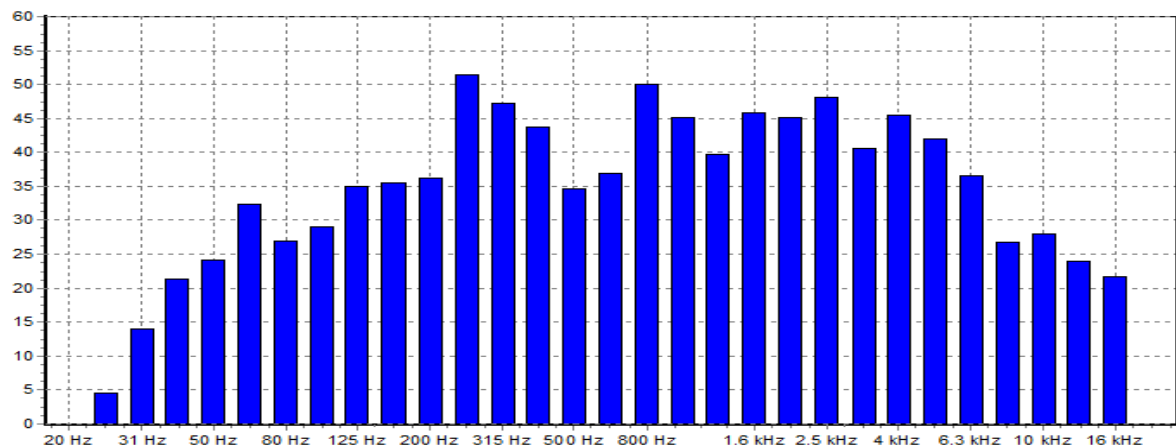


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

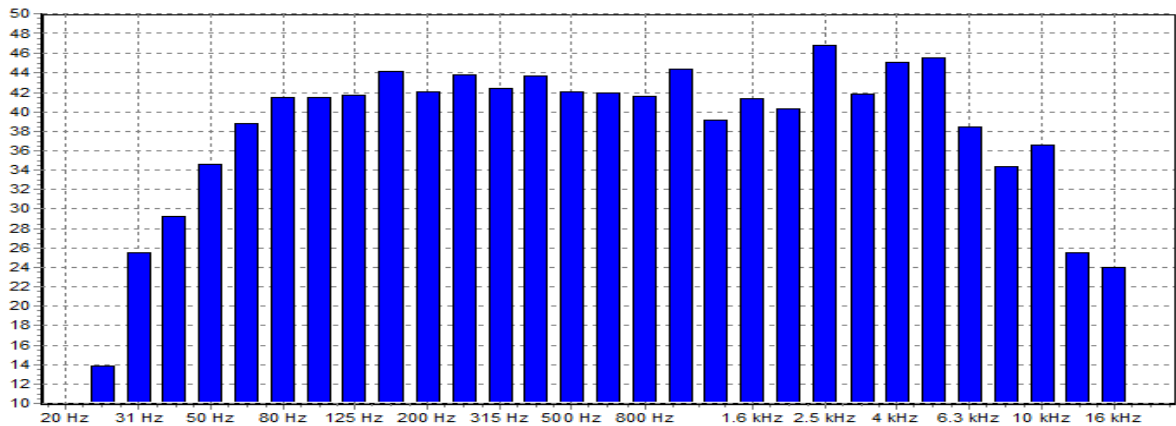
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 8 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

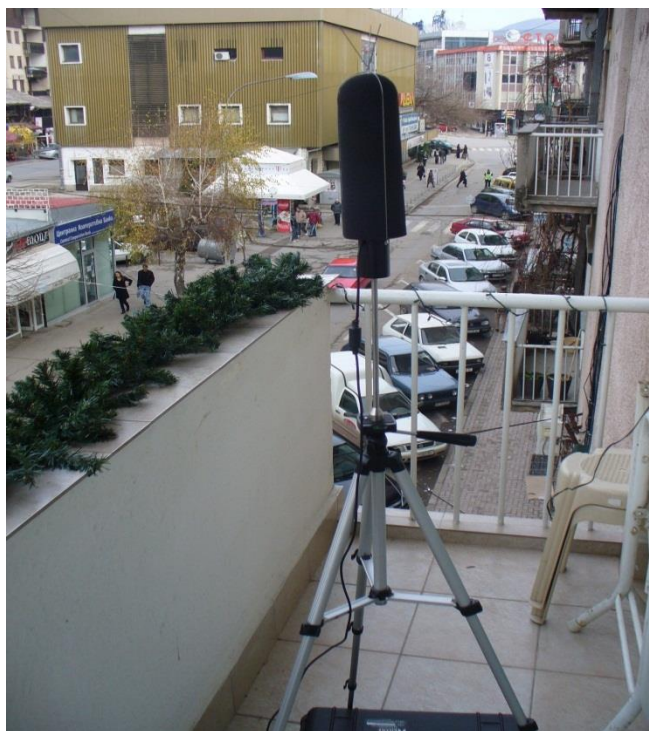


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 – 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 9 - Ул. „Ванчо Прќе“ бр.50/3

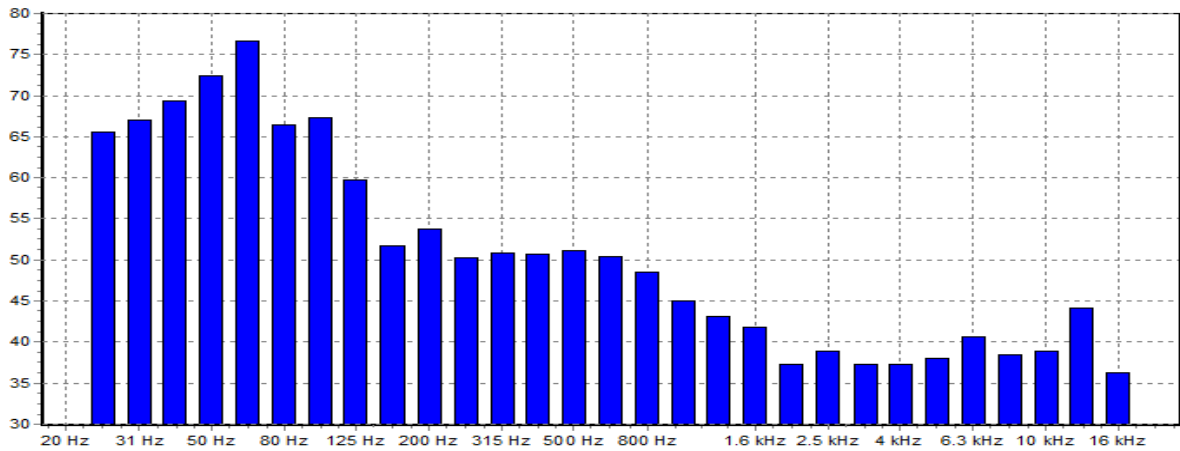


Слика 9.17. Мерно место 9
Figure 9.17. Measurement point 9

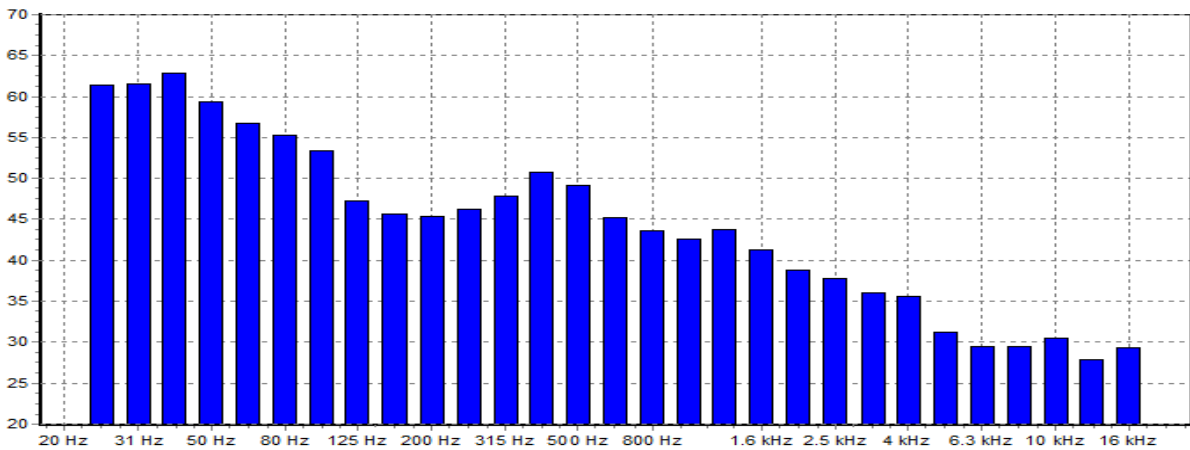
Табела 9.14. Измерени вредности на мерно место 9 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.14. Measured values on measurement point 9 (continuous period >24h)

Мерно место 10 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 10 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	62,1		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	63,7	55	
$L_B (L_e)$	60,7	55	
$L_H (L_n)$	57,7	45	
$L_{1.0}$	69,4		
$L_{10.0}$	64,4		
$L_{50.0}$	58,3		
$L_{90.0}$	45,6		
$L_{95.0}$	43,3		

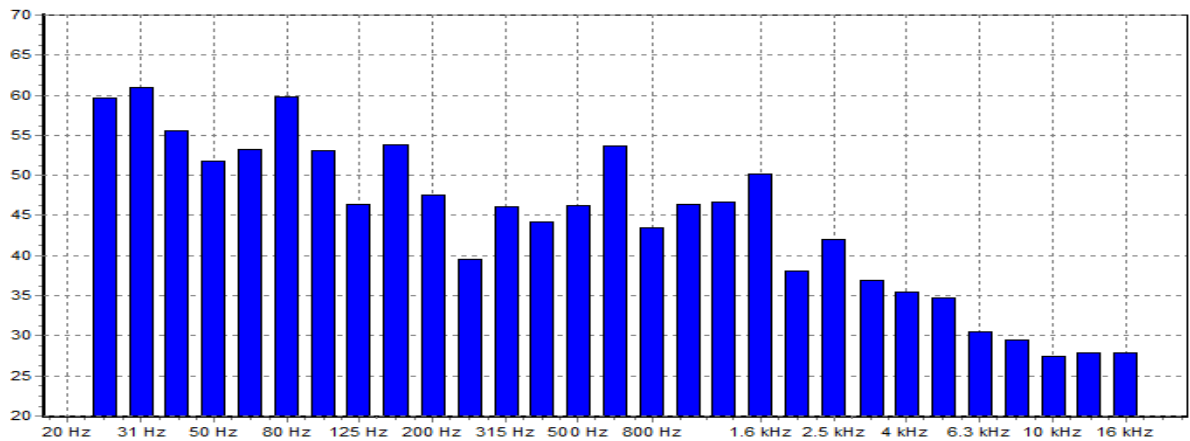
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 9



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

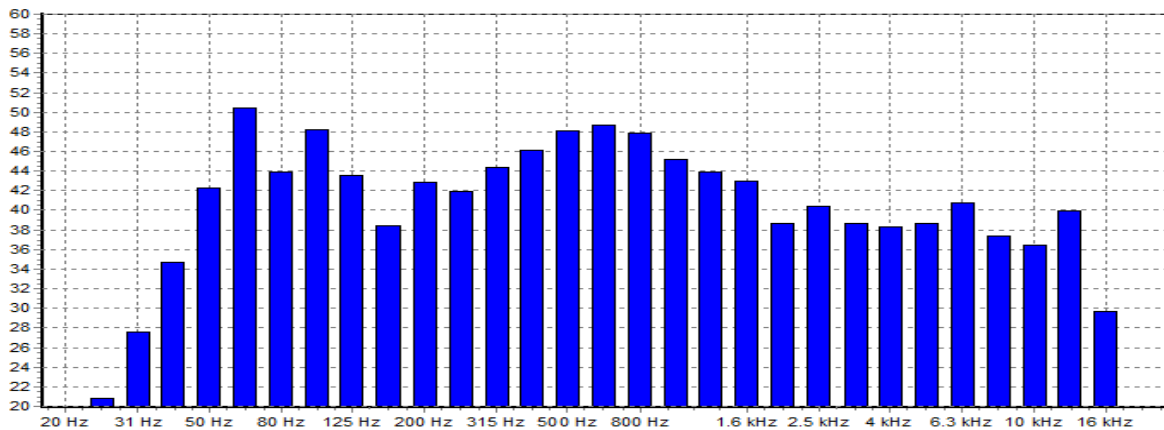


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

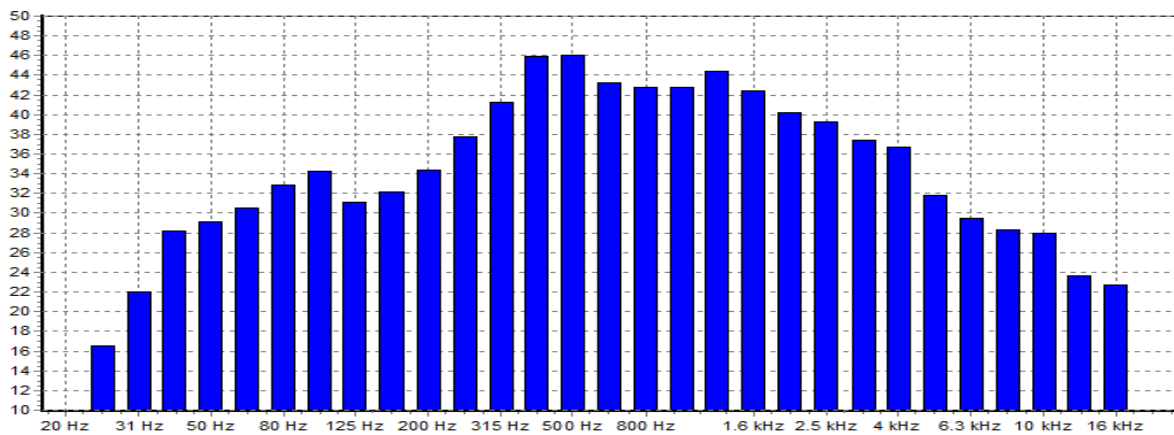


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

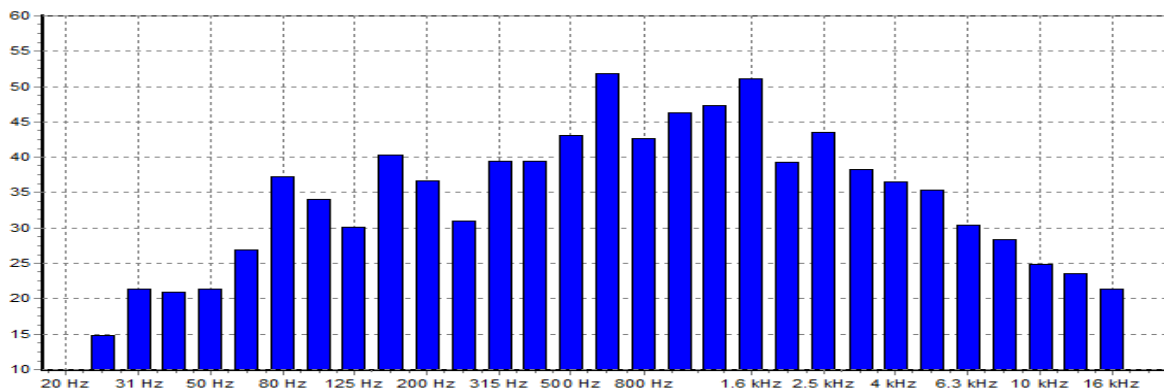
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 9 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 10 - Ул. „Ванчо Прќе“ бр. 2 (еднонасочна улица во централно градско подрачје)

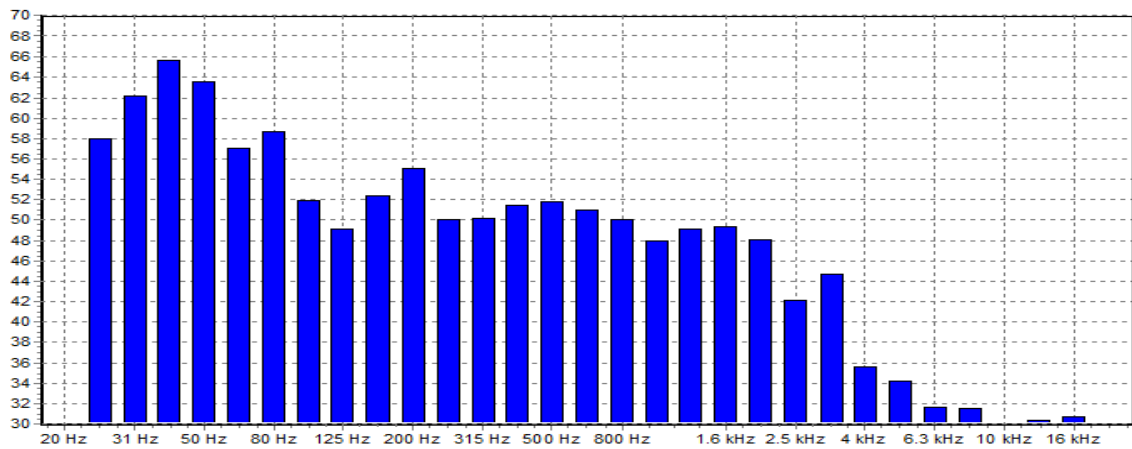


Слика 9.18. Мерно место 10
Figure 9.18. Measurement point 10

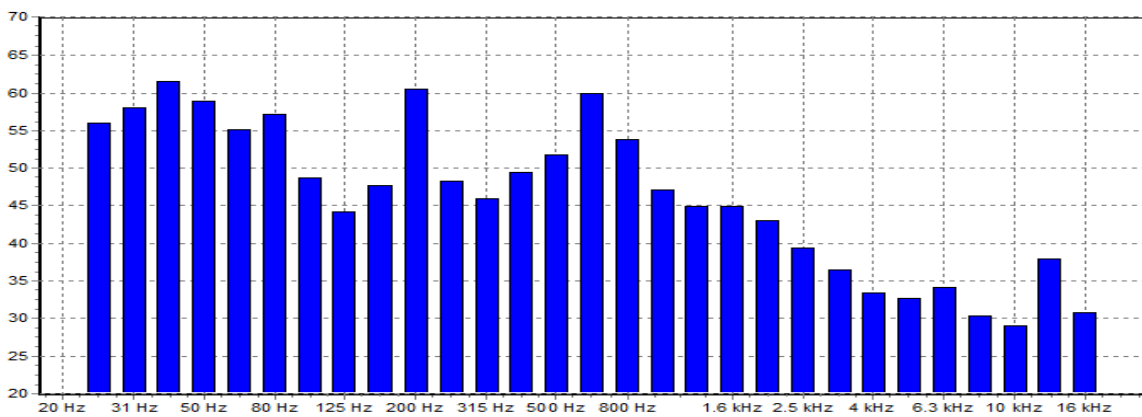
Табела 9.15. Измерени вредности на мерно место 10 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.15. Measured values on measurement point 10 (continuous period >24h)

Мерно место 10 (подрачје од II степен на заштита од бучава) /Measurement point 10 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	57,6		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) /According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	57,1	55	
$L_B (L_e)$	58,2	55	
$L_H (L_n)$	54,8	45	
$L_{1.0}$	66,6		
$L_{10.0}$	59,4		
$L_{50.0}$	53,9		
$L_{90.0}$	46,3		
$L_{95.0}$	42,7		

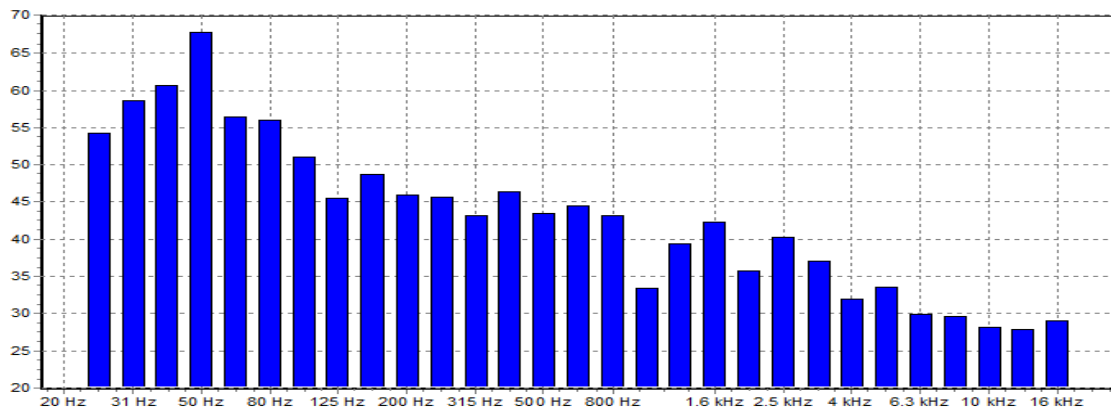
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 10



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

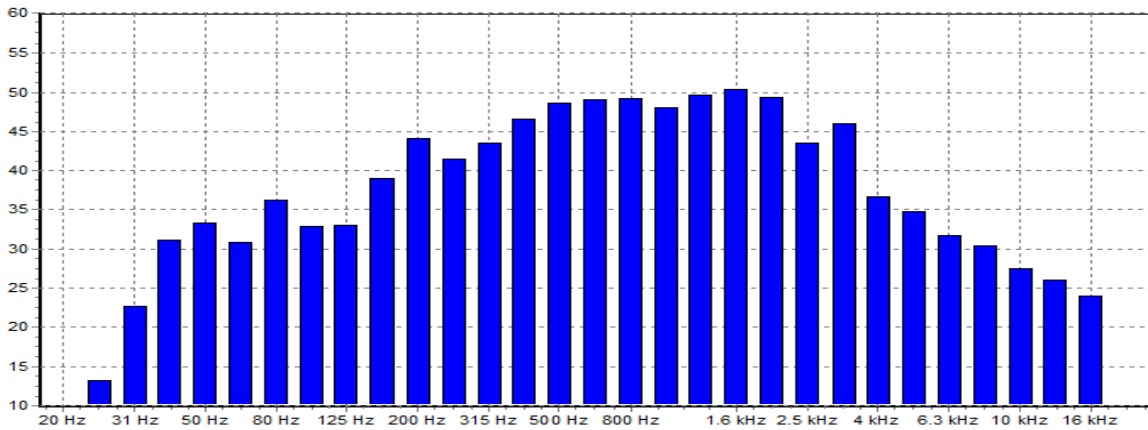


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

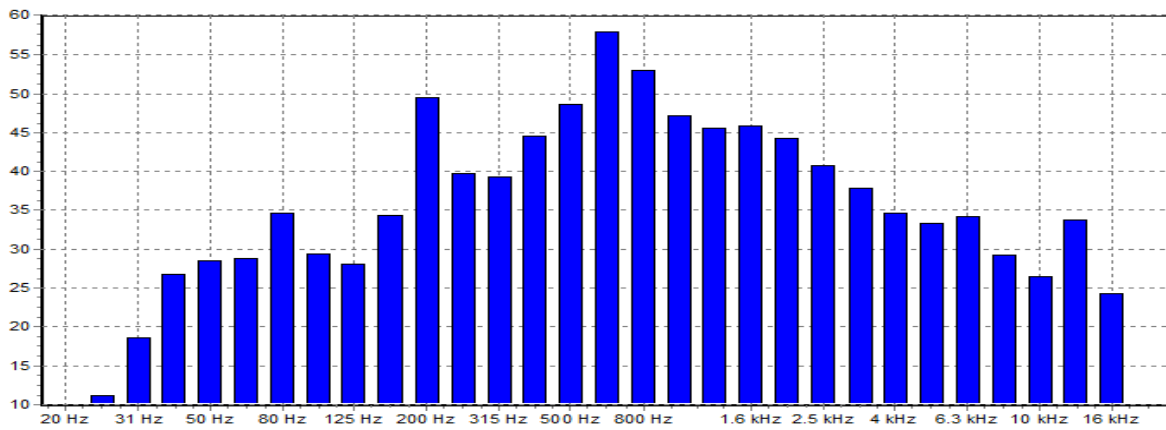


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

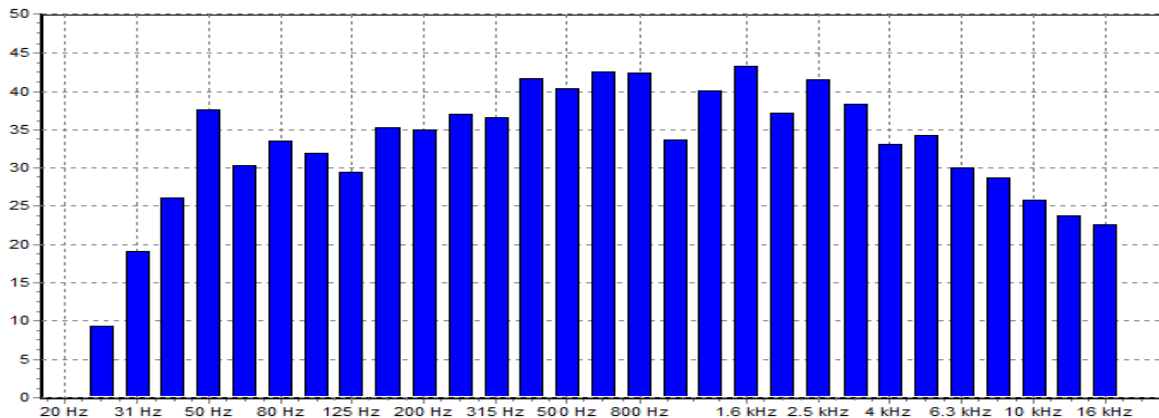
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 10 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

9.1.3. Подрачје 3

Третото подрачје го опфаќа Булеварот „Партизанска“ од крстосницата кај Дулјето и улицата „Сремски фронт“. Ова подрачје опфаќа пет мерни места прикажани на слика 9.19.



Слика 9.19. Локација на мерните места 1, 2, 3, 4, 5 во подрачје 3
Figure 9.19. Location of measurement points 1, 2, 3, 4, 5 in area 3

Координати на мерните места/Coordinates of measurement points					
Мерно МЕСТО	1	2	3	4	5
X	7599772.05	7599802.89	7599971.61	7600028.64	7600209.10
Y	4623357.17	4623549.47	4623634.84	4623864.16	4624002.75

МЕРНО МЕСТО 1 - Булевар „Партизанска“ бр. 4



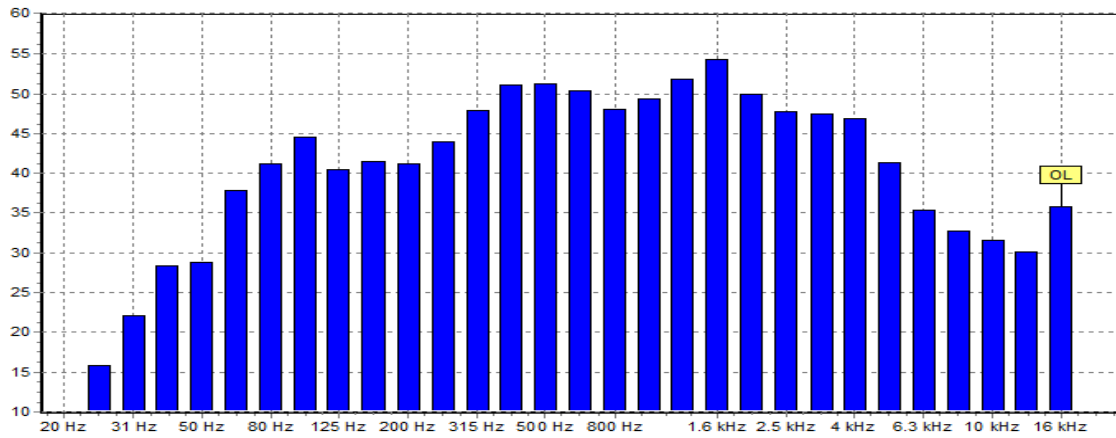
Слика 9.20. Мерно место 1
Figure 9.20. Measurement point 1

Табела 9.16. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.16. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

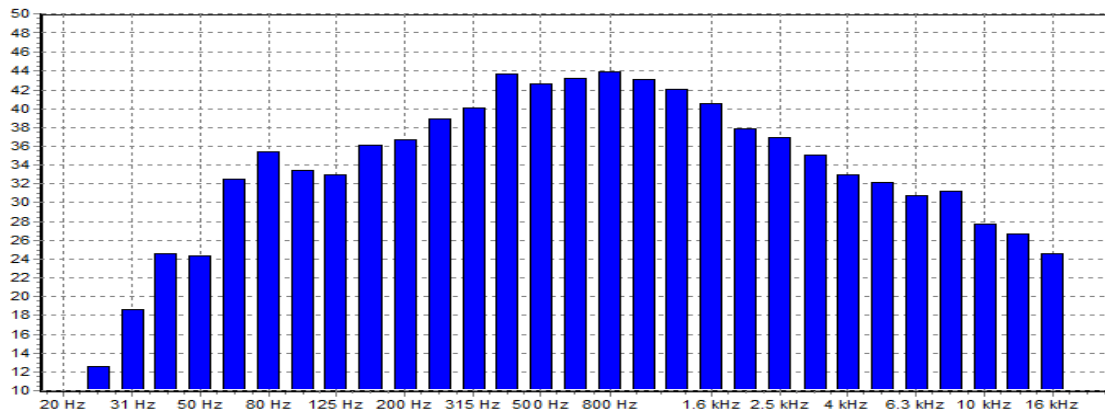
Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) /Measurement point 1 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	60,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) /According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	59,6	60	
$L_B (L_e)$	57,5	60	
$L_H (L_n)$	63,4	55	
$L_{1.0}$	70,2		
$L_{10.0}$	60,8		
$L_{50.0}$	55,8		
$L_{90.0}$	46,2		
$L_{95.0}$	43,5		

Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

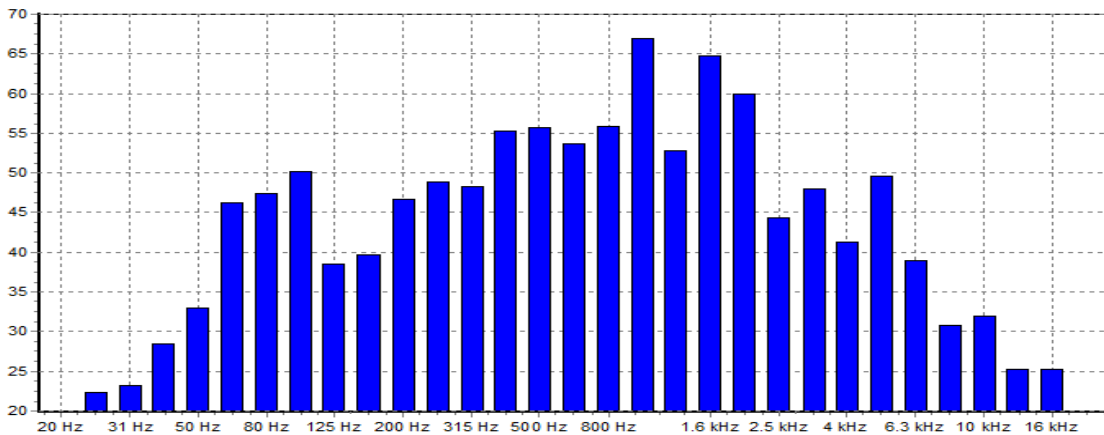
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 1 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 2 – Ул. „Сремски фронт“ бр.4 (спроти „Базалт“).

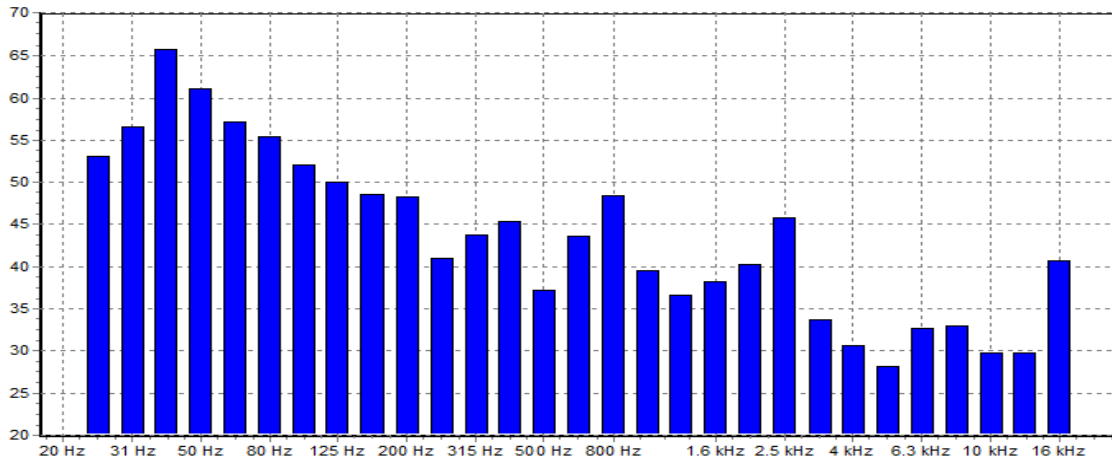


Слика 9.21. Мерно место 2
Figure 9.21. Measurement point 2

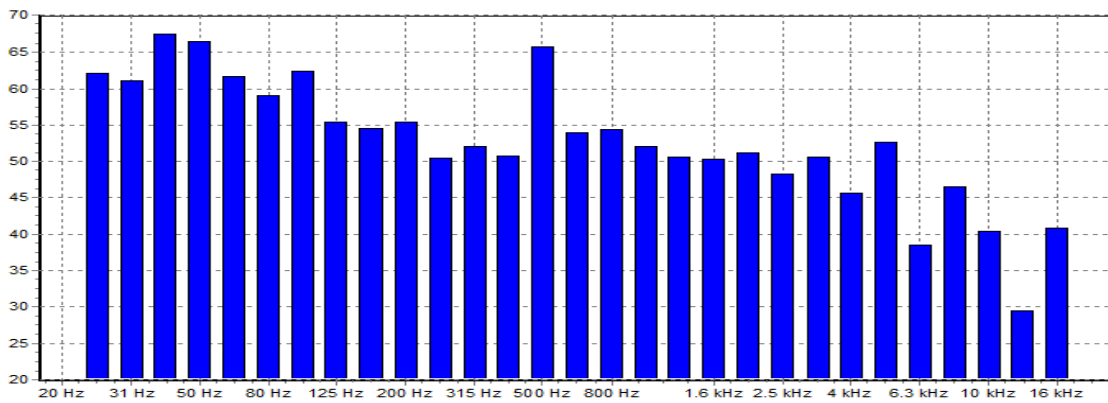
Табела 9.17. Измерени вредности на мерно место 2 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.17. Measured values on measurement point 2 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	59,9		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	60,2	55	
$L_B (L_e)$	60,9	55	
$L_H (L_n)$	59,8	45	
$L_{1.0}$	69,8		
$L_{10.0}$	65,0		
$L_{50.0}$	58,2		
$L_{90.0}$	41,1		
$L_{95.0}$	35,4		

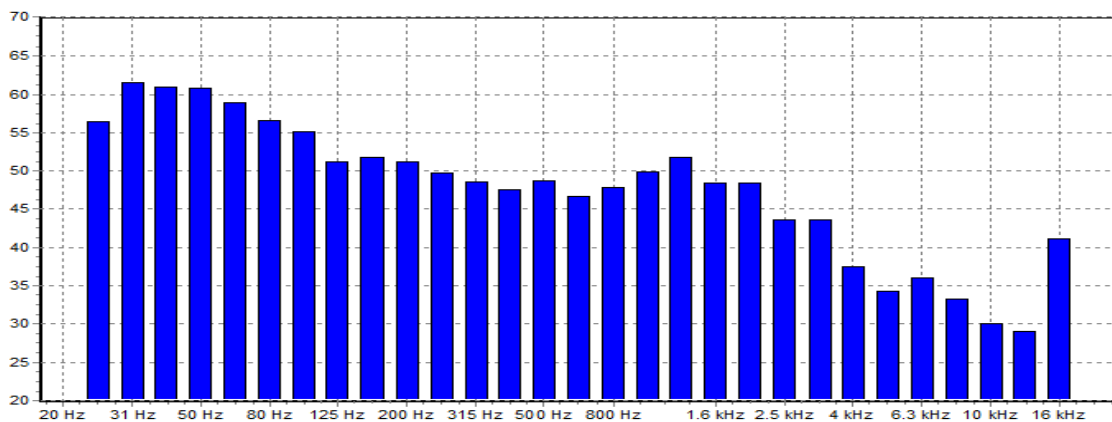
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

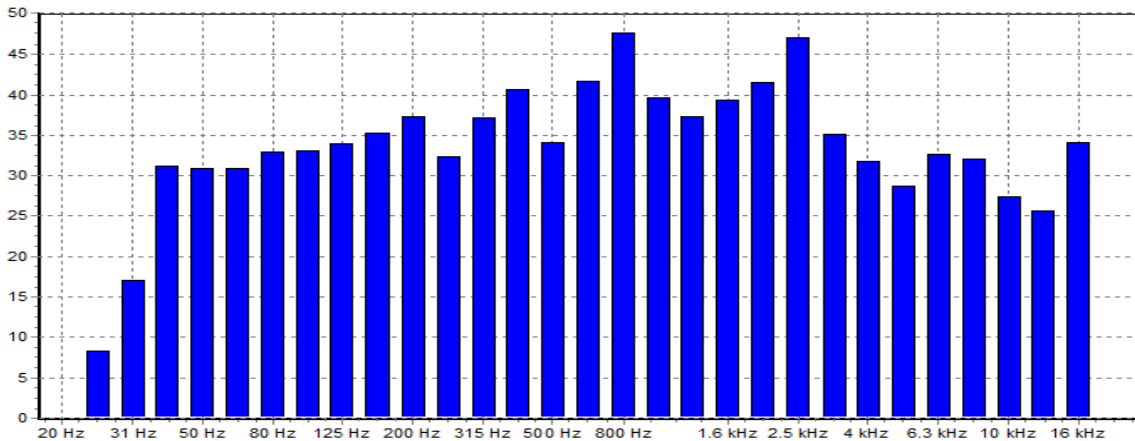


Графички приказ на вечерна бучава (L_B) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

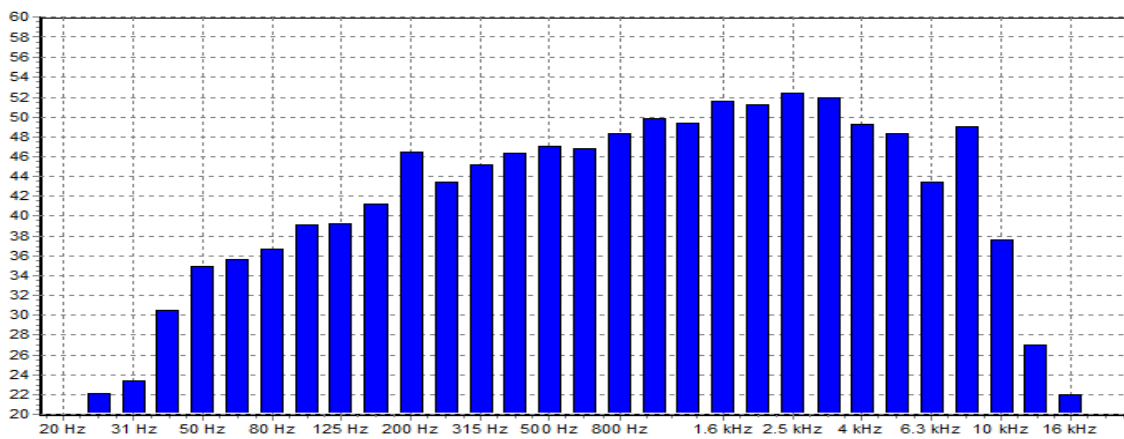


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

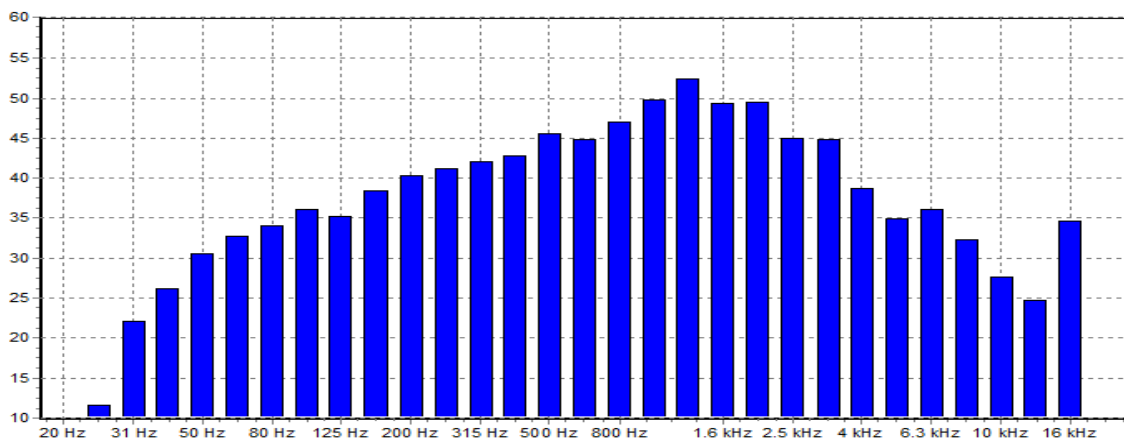
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 2 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 3 - Ул. Сремски фронт“ бр.12/12

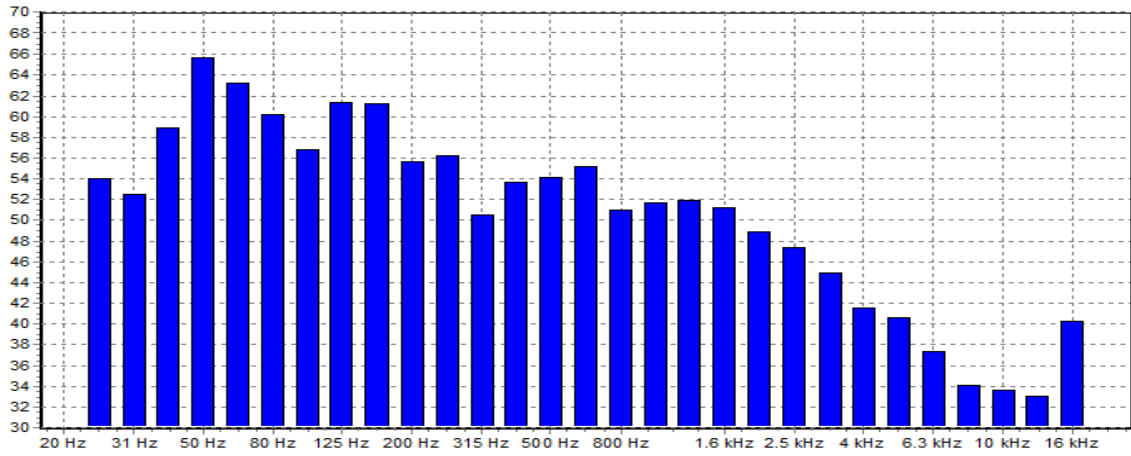


Слика 9.22. Мерно место 3
Figure 9.22. Measurement point 3

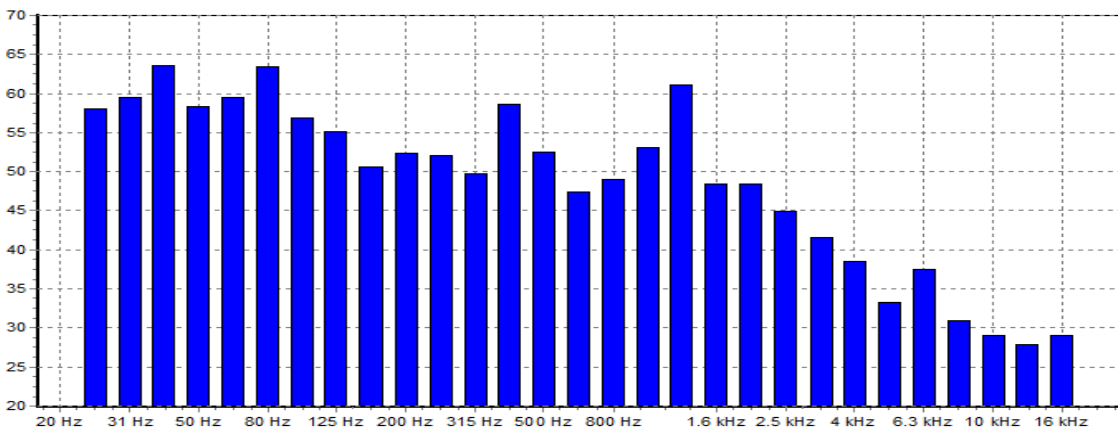
Табела 9.18. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.18. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	60,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	63,8	55	
$L_B (L_e)$	59,4	55	
$L_H (L_n)$	57,3	45	
$L_{1.0}$	72,5		
$L_{10.0}$	64,4		
$L_{50.0}$	57,5		
$L_{90.0}$	46,6		
$L_{95.0}$	42,0		

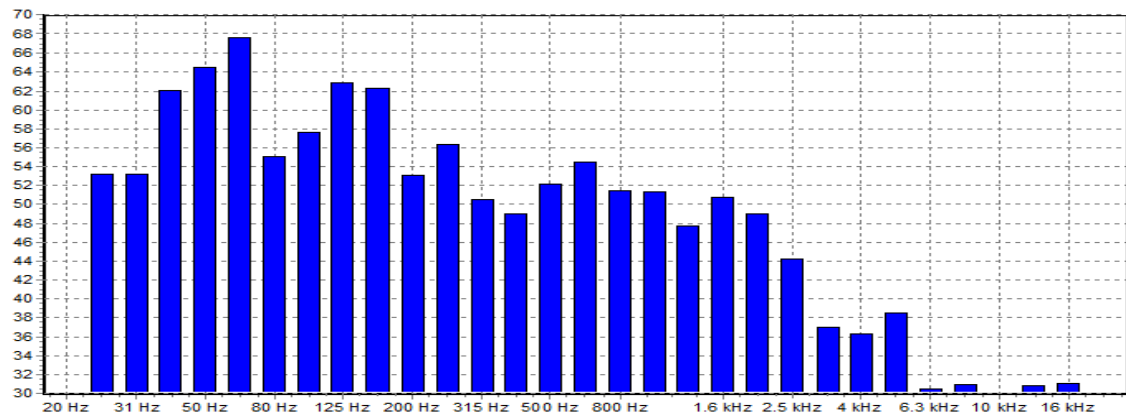
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

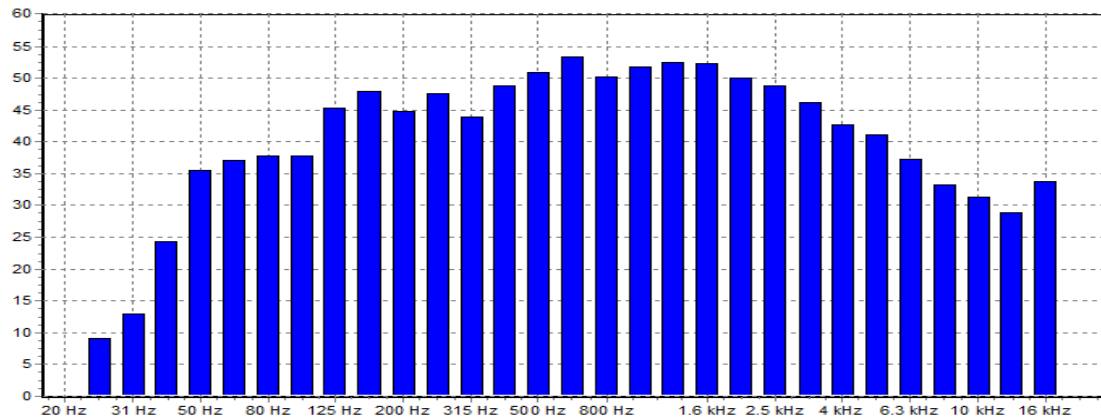


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

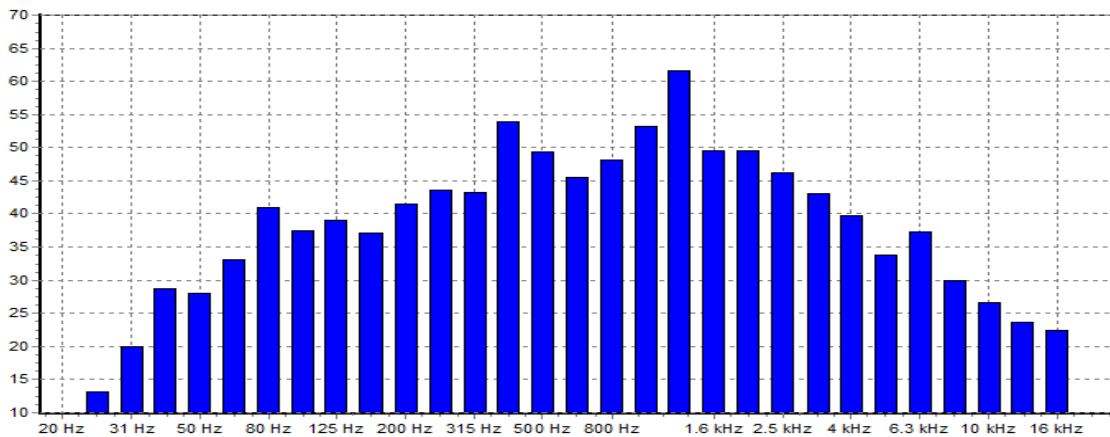


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот

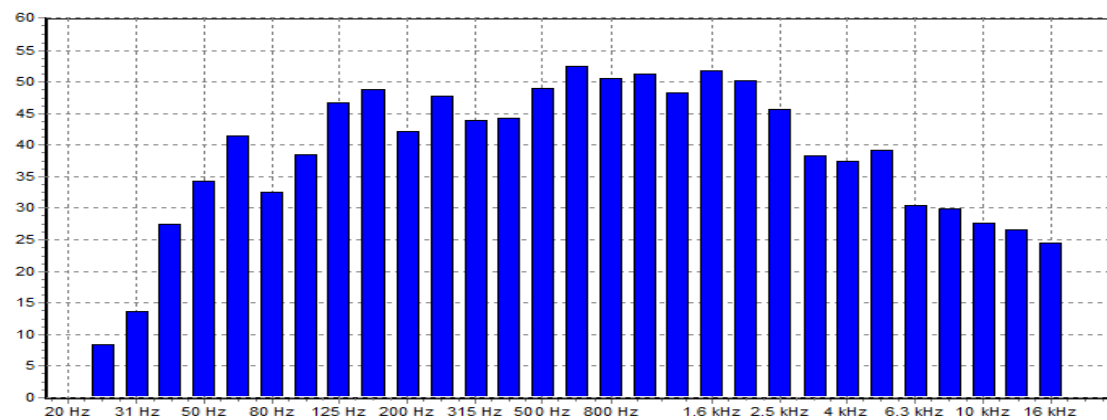
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am
 Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 3 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 4 - Ул. „Сремски фронт“ бр. 18

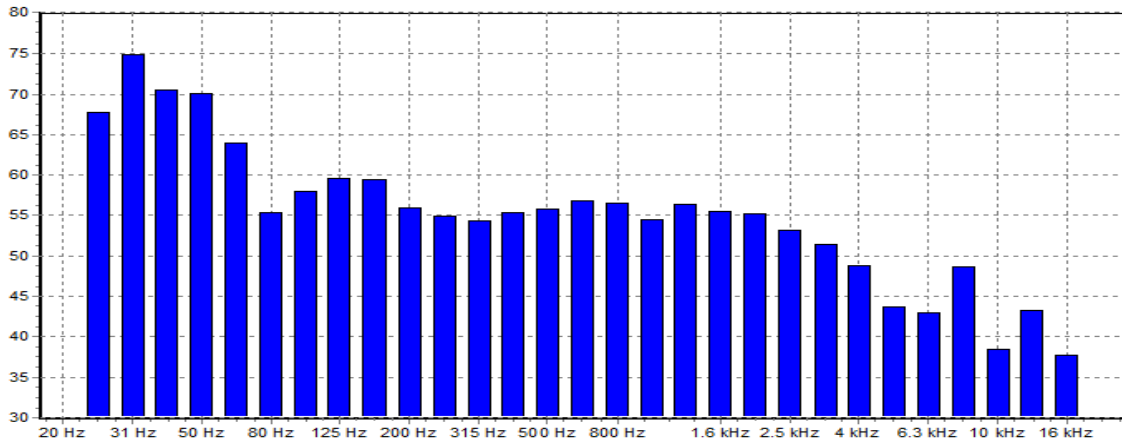


Слика 9.23. Мерно место 4
Figure 9.23. Measurement point 4

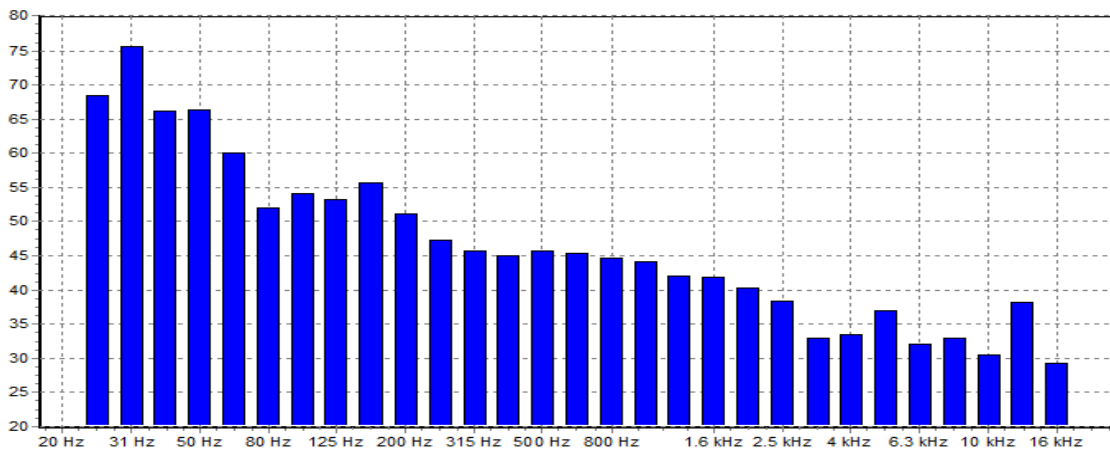
Табела 9.19. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.19. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 4 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 4 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	60,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	62,6	55	
$L_B (L_e)$	59,7	55	
$L_H (L_n)$	59,8	45	
$L_{1.0}$	70,2		
$L_{10.0}$	64,6		
$L_{50.0}$	61,7		
$L_{90.0}$	42,4		
$L_{95.0}$	38,7		

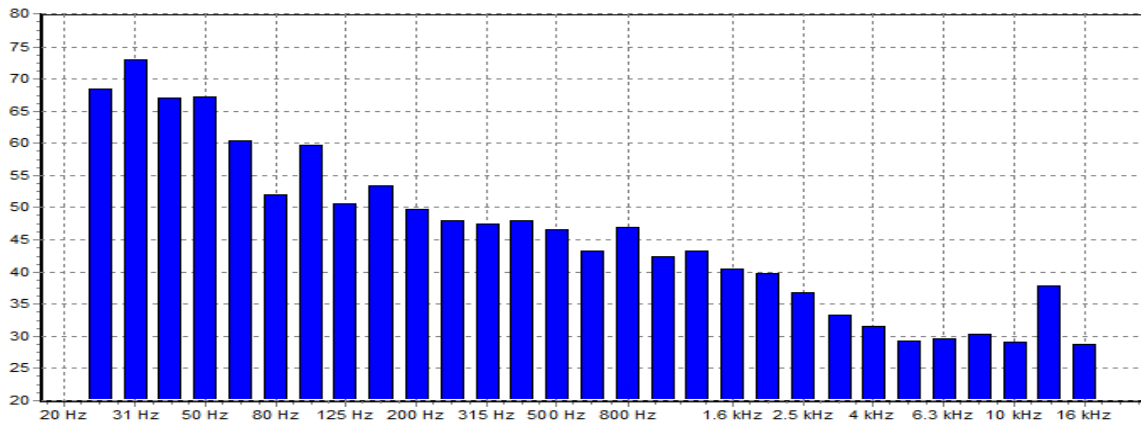
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 4



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

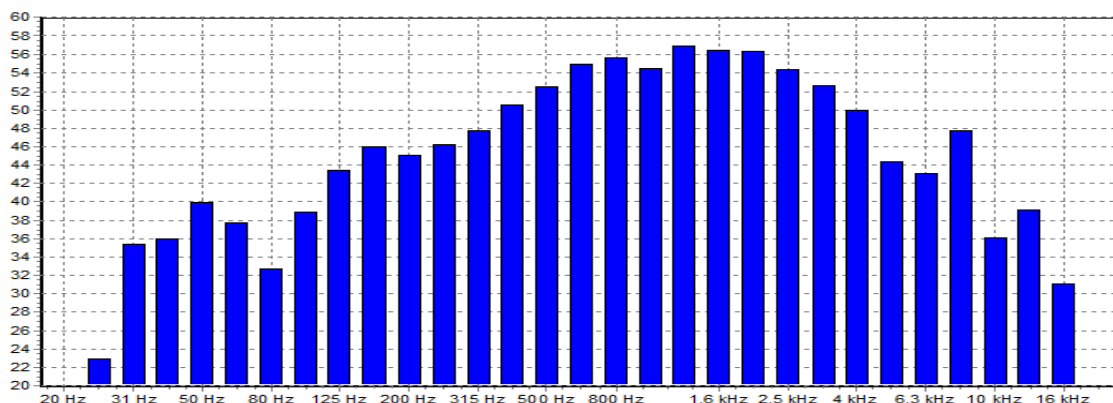


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

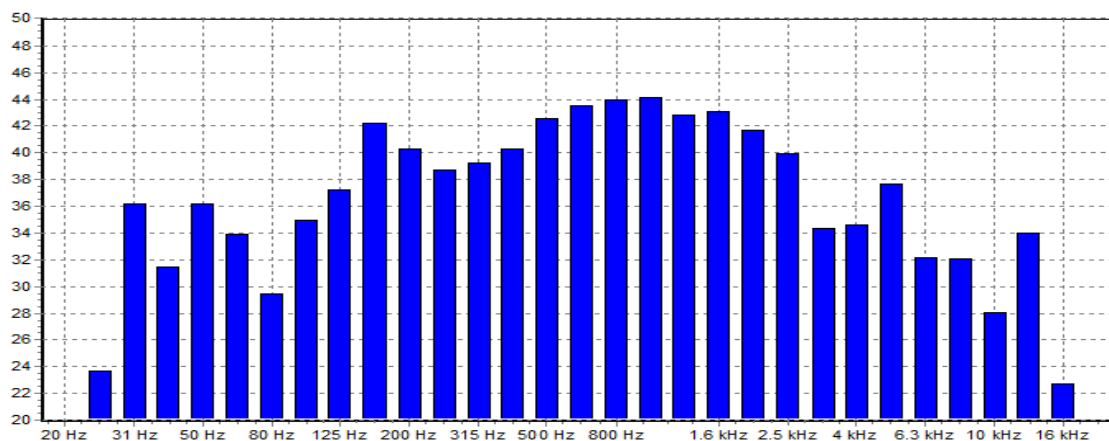


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

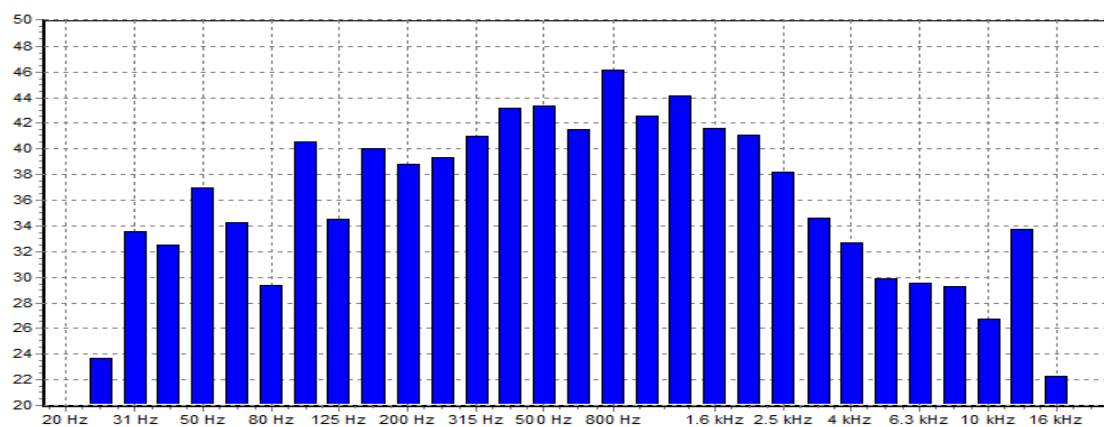
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 4 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

МЕРНО МЕСТО 5 - Ул. „Сремски фронт“ бр. 26/в

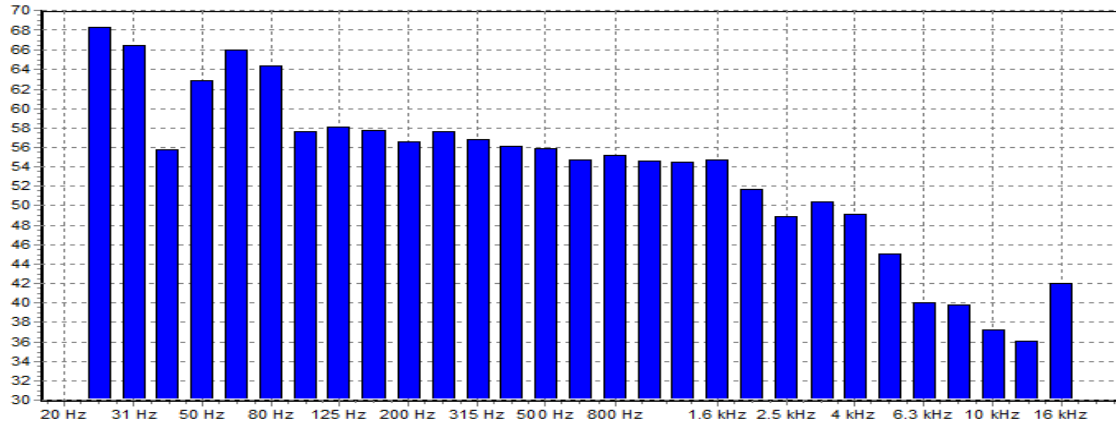


Слика 9.24. Мерно место 5
Figure 9.24. Measurement point 5

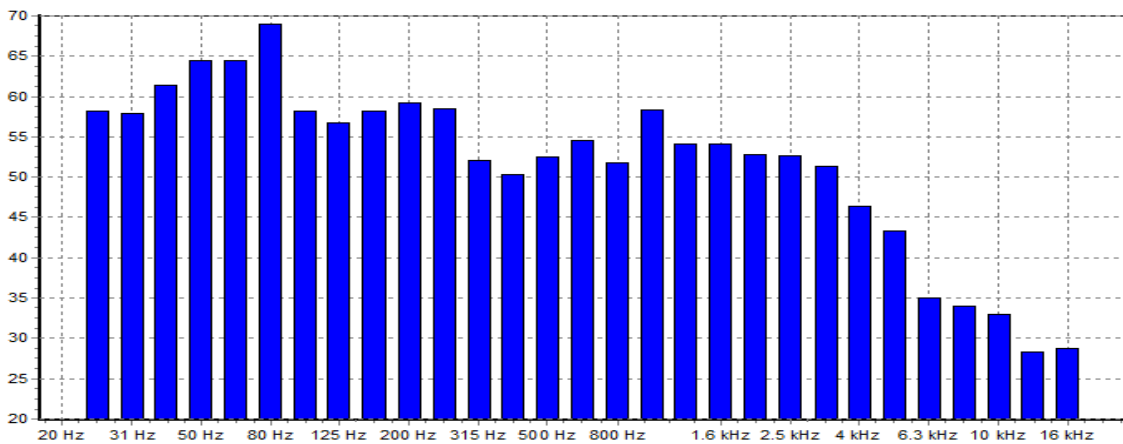
Табела 9.20. Измерени вредности на мерно место 5 (непрекинато мерење >24h)
Table 9.20. Measured values on measurement point 5 (continuous period >24h)

Мерно место 5 (подрачје од II степен на заштита од бучава) /Measurement point 5 (area of II degree for noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	62,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	62,0	55	
$L_B (L_e)$	62,4	55	
$L_H (L_n)$	64,3	45	
$L_{1.0}$	72,7		
$L_{10.0}$	66,1		
$L_{50.0}$	60,2		
$L_{90.0}$	49,8		
$L_{95.0}$	46,4		

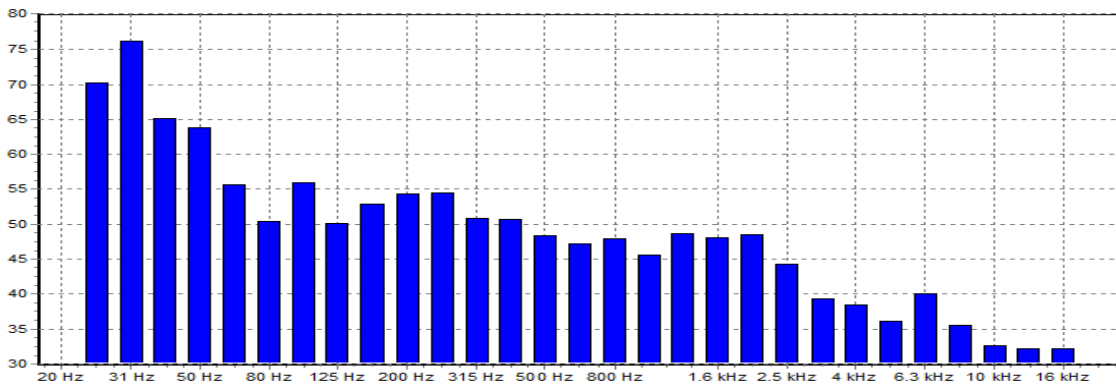
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 5



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm

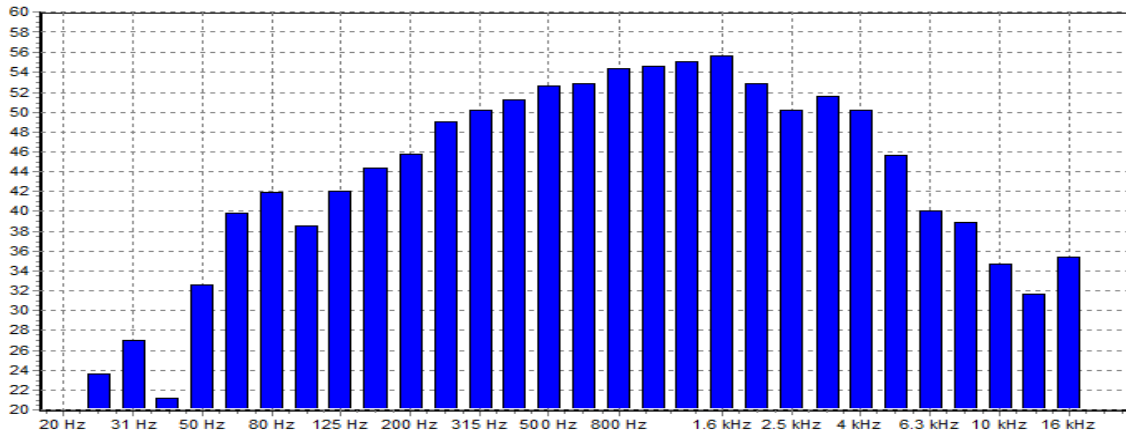


Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm

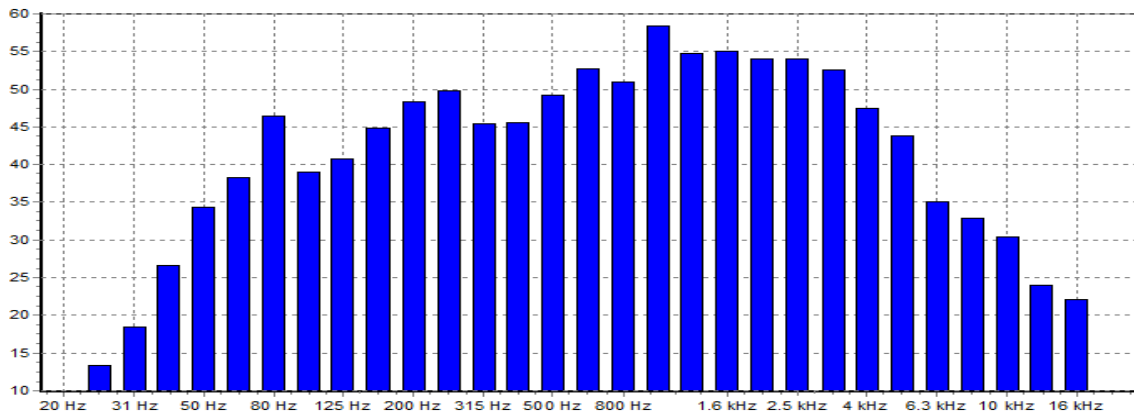


Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

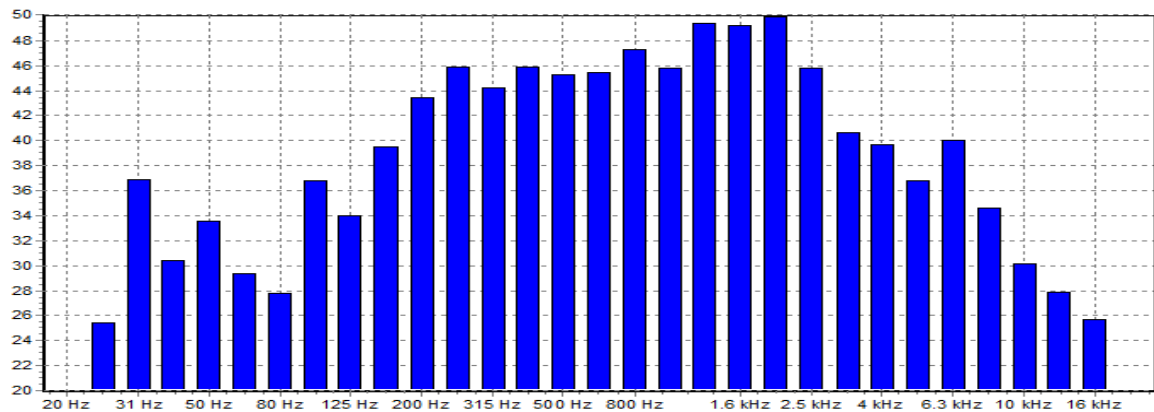
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
 фреквентен октавен појас на мерно место 5 според А-нормирана крива



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
 Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
 Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
 Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

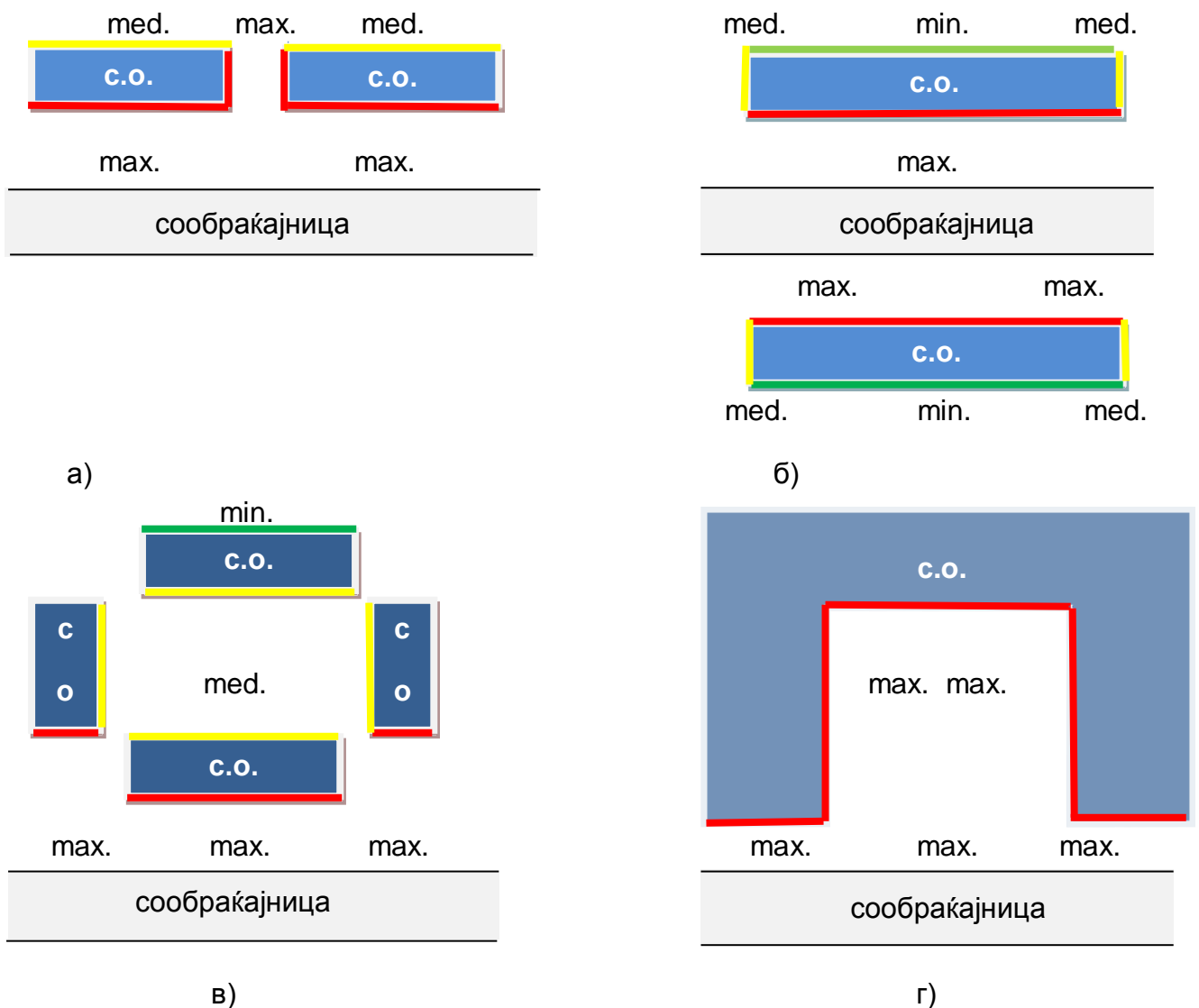
9.2. Интерпретација на резултатите од мониторингот на бучава во градот Штип

Резултатите од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас во градот Штип покажуваат дека нивото на бучава на најизложените фасади на сите мерни места во овие три подрачја ги надминува граничните вредности за сите три индикатори за вознемиреност од бучава, L_d , L_v , L_n согласно со Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08). Надминувањето на дозволеното ниво на бучава кај индикаторите за дневно и вечерно ниво на бучава во просек се движи од 5 до 7 dB, за сите мерни места. Драстично повисоко ниво на бучава во однос на граничните дозволени вредности има кај индикаторот за вознемиреност за ноќна бучава, кое надминување во просек изнесува од 12 до 15 dB, а на одделни мерни места дури и до 18 dB (мерно место 2 во Подрачје 1, мерните места 1 и 5 во Подрачје 2 и мерните места 1 и 5 во Подрачје 3). Најголемо надминување на дозволеното ноќно ниво на бучава е регистрирано на мерно место 6 во Подрачје 2 дури за 20 dB. Надминувањето на граничните вредности на нивото на бучава кај сите три индикатори за вознемиреност од бучава најдобро може да се види на изработените карти на разлика на бучава (конфликтни карти) за дневно и ноќно ниво на бучава (поглавје 10).

Графичкиот приказ на резултатите од извршеното мерење во 1/3 октавен појас според А-нормираната крива, која е најблиска до одговорот на човечкото уво, покажува дека нивото на бучава во фреквентен опсег од 500 до 6.000 Hz, во кој човековото уво е најосетливо во просек се движат од 50 до 55 Hz, на одделни мерни места и до 60 dB, што значи дека станува збор за средно фреквентна бучава на која човековото уво е најосетливо и која поради тоа има штетно влијание врз здравјето на луѓето. Човековото уво е многу помалку осетливо на нискофреквентна и високофреквентна бучава (табела 4.6.).

Главен извор на бучава во сите три подрачја е сообраќајот, зголемениот број на возила, оштетените коловози, неприспособената брзина на движење особено во ноќните часови, застарениот возен парк, околните кафе-барови и трговско-деловни објекти. Високото ниво на бучава се должи на непосредната близина на резиденцијалните објекти до сообраќајниците, имајќи ја предвид фасадната изложеност на станбените објекти кон сообраќајниците (слика

9.21.). На слика 9.21. се прикажани неколку диспозиции на сообраќајниците во однос на станбените објекти и нивото на бучавата со кое се загрозени фасадите во зависност од нивната изложеност кон сообраќајницата [26]. Очигледно е дека фасадите на станбените објекти кои се поставени паралелно со сообраќајницата се најмногу изложени на бучава (обоени со црвено), а фасадите на станбените објекти кои се подалеку од сообраќајницата се изложени соодветно на пониско ниво на сообраќајна бучава (средната фасадна изложеност означена со жолто и минимална со зелено). Во просторот меѓу станбените објекти можна е појава на суперпонирање на звучните бранови и појава на поголема бучава, особено ако станува збор за висококатници.



Слика 9.21. Фасадна изложеност на бучава на станбените објекти

Figure 9.21. Façade Noise exposure on residential objects

Измереното ниво на бучава кај приемниците доведува до нарушување на нивниот мир, согласно со Одлуката за утврдување во кои случаи и под кои услови се смета дека е нарушен мирот на граѓаните од штетна бучава („Сл.весник на РМ“ бр.1/09). Според оваа Одлука мирот на граѓаните е нарушен кога граничните вредности за основните индикатори за бучава во животната средина предизвикана од различни извори се повисоки од граничните вредности, согласно со Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ” бр.147/08) во периодот од 15 до 18 часот и од 23 до 6 часот.

10. МОДЕЛИРАЊЕ И МАПИРАЊЕ НА БУЧАВАТА

Изработката на стратешки карти на бучавата врз основа на мапирањето на бучавата претставува еден од трите клучни елементи на Европската директива 2002/49/ЕС во која е дефинирана нова стратегија во борбата против бучавата во 21 век со основна цел „ниту една личност не треба да биде изложена на ниво на бучава кое може да го загрози здравјето и квалитетот на животот“. Стратешките карти на бучава претставуваат почетен чекор во спроведувањето на активности за изработка на акционите планови за намалување на нивото на бучава и информирање на јавноста за состојбата со нивото на бучава. Стратешките карти на бучава кои се изработуваат со примена на заеднички методи и индикатори на бучава ја сочинуваат основата за процена на состојбата со нивото на бучава. Стратешките карти се изработуваат за патниот и железничкиот сообраќај, аеродромите и индустриските комплекси. Индустриските активности покрај станбените зони имаат неминовно влијание на состојбата во животната средина, па и на зголемувањето на нивото на бучава на кое се изложени жителите во тие зони. За процена на влијанието на индустриските активности врз непосредната животна средина неопходно е да се располага со карти на бучава со помош на кои се идентификуваат најдоминантните извори на бучава и состојбата со нивото на бучава во околината. Картите за бучава претставуваат појдовна основа за информирање на јавноста за состојбата со нивото на бучава и за изработка на акциони планови за намалување на нивото на бучава.

Карта на бучава согласно со дефиницијата во Законот за заштита од бучава („Сл.весник на Република Македонија“ бр. 79/07) е карта на која се претставени податоците за постоечката состојба на бучавата.

Стратешка карта на бучава е карта изготвена за глобално оценување на утврдена изложеност на бучава во определено подрачје како резултат од различни извори на бучава и/или за општи предвидувања за тоа подрачје [84].

За целите на информирање на јавноста за состојбата со бучавата во животната средина и изработка на акционите планови, стратешките карти за бучава треба да бидат во облик на;

- графички прикази на индикатор за бучава;

- карти кои ги покажуваат подрачјата со надминување на дозволените вредности;
- карти на разлика во кои постоечката состојба се споредува со различни идни можни ситуации;
- карти кои ја покажуваат вредноста на индикаторите на бучава на висина од четири метри, на места каде што е соодветно.

Картата на разлика за бучава (конфликтни карти на бучава) се изработува со софтверски техники, при што нивото на постоечкото и/или предвиденото ниво на бучава се одзема од дозволеното ниво на бучава [62] .

Разликата на вредностите и измереното ниво на бучава се прикажуваат во форма на криви на исто ниво на бучава и/или класа на бучава во чекори од 3 dB означени со боите кои се дадени во прилог 1 на Правилникот за поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработката и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање („Службен весник на Република Македонија“ бр.133/10).

Картите на бучава се користат за проценка и следење на влијанието на штетните ефекти од бучавата и можат да бидат корисни во планирањето и донесувањето на одлуки за мерките за намалување на бучавата. За изработка на карти на бучава за трите подрачја во Штип е користен софтверот SoundPLAN 7.1 Noise and Air Pollution Modeling Software, во рамки на кој постојат апликации за анализирање и предвидување на ширењето на звукот во зададениот модел. SoundPLAN софтверот за моделирање и мапирање на бучавата претставува лидер на полето на мапирање на бучавата. Изработените карти на бучава доста веродостојно ја опишуваат постоечката состојба и ги потврдуваат податоците од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава на повеќе мерни места во градот. Во тек на изработка на картите на бучава моделот повеќекратно се контролира и споредува со вистинската состојба со цел да се постигне задоволителен квалитет.

Изработените карти на бучава:

- го прикажуваат постоечкото и предвиденото ниво на имисија на бучава во рамки на посматраното подрачје,

- еднозначно ја одредуваат вкупната изложеност на населението на бучава предизвикана од целокупните човекови активности,
- даваат увид во проблемите на управување со бучавата и даваат јасна недвосмислена и лесно читлива слика на тие проблеми,
- овозможуваат ефикасно просторно планирање, планирање на заштитата на постоечките простори од изворите на бучава и спроведување на „акустично зонирање на просторот“ според законски дозволените нивоа на бучава.

SoundPLAN како софтвер за моделирање и мапирање на бучавата е доста флексибилен во управувањето и контролата на повеќекратни сценарија и модели на бучава и нуди можност за брза и сигурна трансформација на овие модели во мапи на бучава. SoundPLAN користи напредни алгоритми за филтрирање на податоците така што моделот може да се редуцира до дефинираната толеранција од страна на корисникот и нуди многу алатки за подготовка на податоците, конзистентна контрола и изработка и документирање на извештаи. Овие алатки нудат многу добри решенија за сè што може да се очекува од една програма за акустична симулација.

Брзината и точноста на податоците за процена на бучавата и нејзиното штетно влијание врз цели градови, кои се добиени со SoundPLAN софтверот со употреба на компјутерската технологија која ја имаме на располагање се на највисоко можно ниво. Како излезни податоци може да се добијат резултатите за предвиденото ниво на бучава прикажани табеларно, во форма на обоени контурни мапи и 3D анимации. SoundPLAN е лидер во својата област повеќе од 25 години. На слика 10.1. е прикажано главното мени на софтверот т.н. SoundPLAN Manager.



Слика 10.1. SoundPLAN Manager
Figure 10.1. SoundPLAN Manager

Во SoundPLAN Manager се дефинираат стандардите за пресметување на индикаторите на бучавата предизвикана од патен сообраќај, железнички сообраќај, индустриски објекти и индикаторите на бучавата предизвикана од воздухопловните средства, согласно Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителните индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.107/08).

За бучава од патен сообраќај се применува Францускиот национален метод за пресметување ‘NMPB-Routes (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)’, од ‘Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6’ и во францускиот стандард ‘XPS 31-133’. За влезните податоци за емисија, овие документи се повикуваат на ‘Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR 980’.

За пресметка на бучавата од железничкиот сообраќај се применува Холандскиот национален метод за пресметување објавен во ‘Reken-en

Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996.

За пресметка на бучава од воздухопловни средства се применува: ECAC.CEAC.Doc.29 Извештај за стандарден метод на пресметување на контурите на бучавата околу цивилни аеродроми, 1997.

Согласно со член 20 од Законот за заштита од бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.79/07) го дефинираме и времетраењето на основните индикатори за бучава, L_d , L_v , и L_n . Согласно со овој член денот трае 12 часа од 7 до 19 часот, вечерта трае 4 часа од 19 до 23 часот и ноќта трае 8 часа од 23 до 7 часот.

10.1. Општ приказ на изработка на моделот и содржината на картите на бучава

Влезни податоци

Сообраќајна мрежа
Индустрија
Опис на теренот
Згради, сидови, препреки
Податоци за населението
Останато

Изработка и пресметка на моделот



Излезни податоци

Карта на бучава
Процена на изложеност



Нумерички податоци
Информации за јавноста

Изворите на бучава застапени во картатите на бучава се поделени на:

1. Бучава од патниот сообраќај;
2. Бучава од железничкиот сообраќај;
3. Бучава од индустриските постројки.

При изработката на картите на бучава за трите подрачја од градот Штип како единствен извор од гореспоменатите е присутна бучавата од патниот сообраќај.

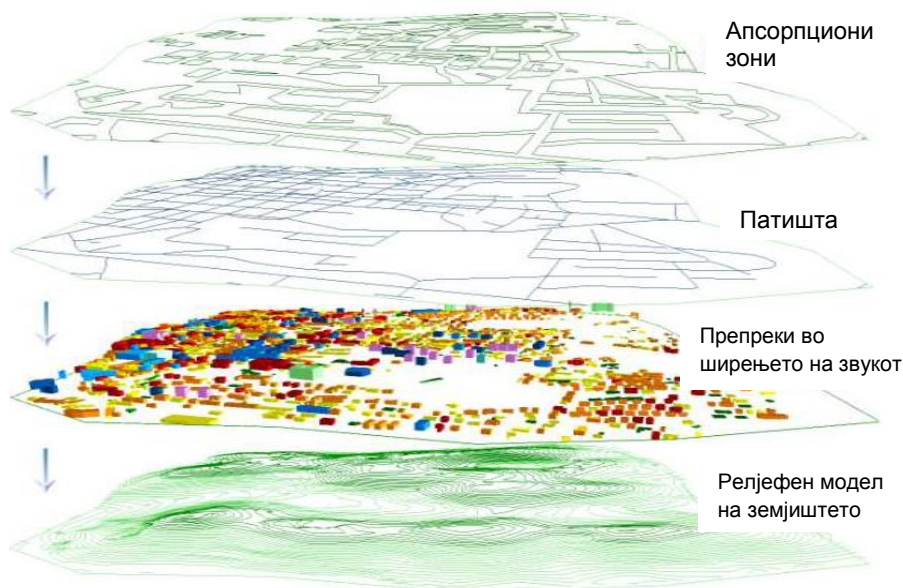
Картите на бучава се изработени согласно со:

- Правилникот за поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработката и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање („Службен весник на Република Македонија“ бр.133/10) и
- Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08).

10.1.1. Моделирање на просторот

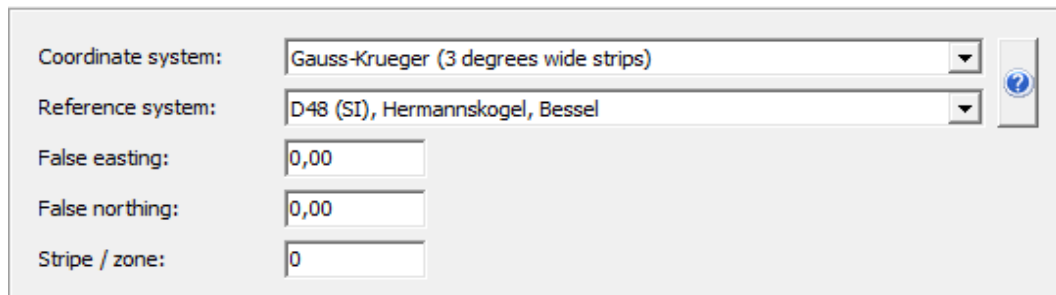
Основниот модел за изработка на карти на бучава се состои од четири главни елементи (слика 10.2.):

1. Изработка на релјефен модел на земјиштето, Digital Ground Model, (дигитализација на теренот, внесување на елевациони линии);
2. Препреки во ширењето на бучавата (згради);
3. Патишта;
4. Апсорпциони зони.



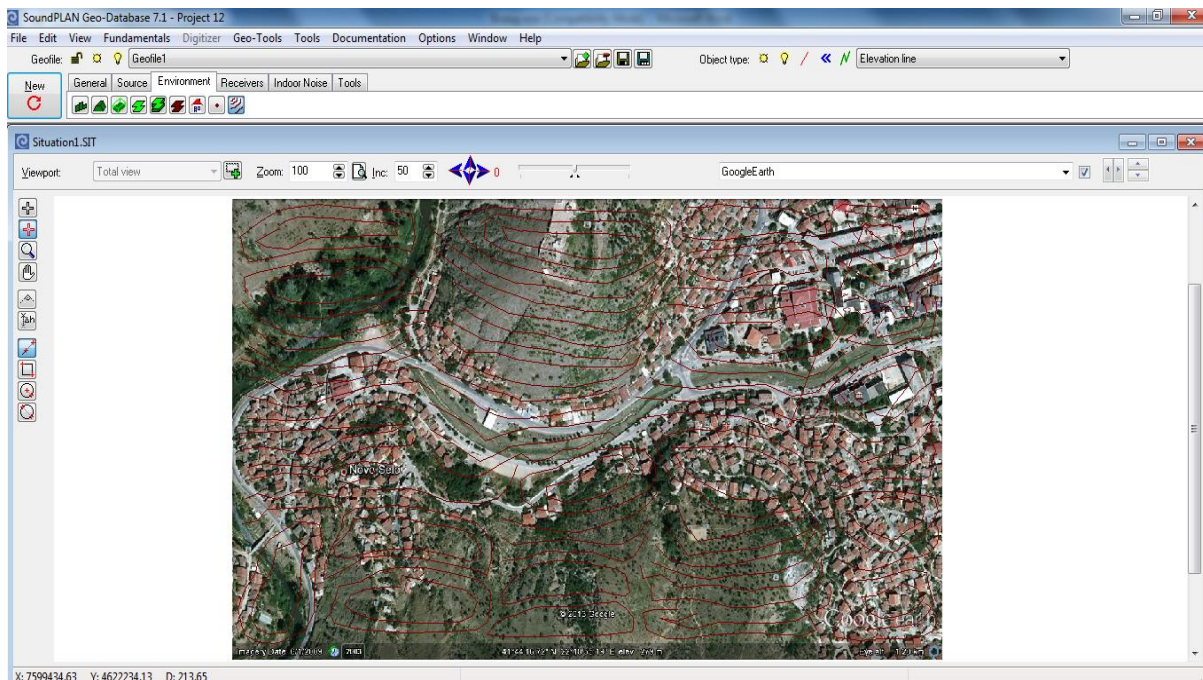
Слика 10.2. Моделирање на просторот
Figure 10.2. Space modeling

Прв чекор при изработката на DGM со примена на SoundPLAN Software 7.1 е дефинирање на координатниот и референтен систем. Во Република Македонија како координатен систем се користи Gauss-Krueger (3 degrees wide strips) координатен систем, а како референтен систем се користи D48 (SI), Hermannskogel, Bessel систем (слика 10.3.).



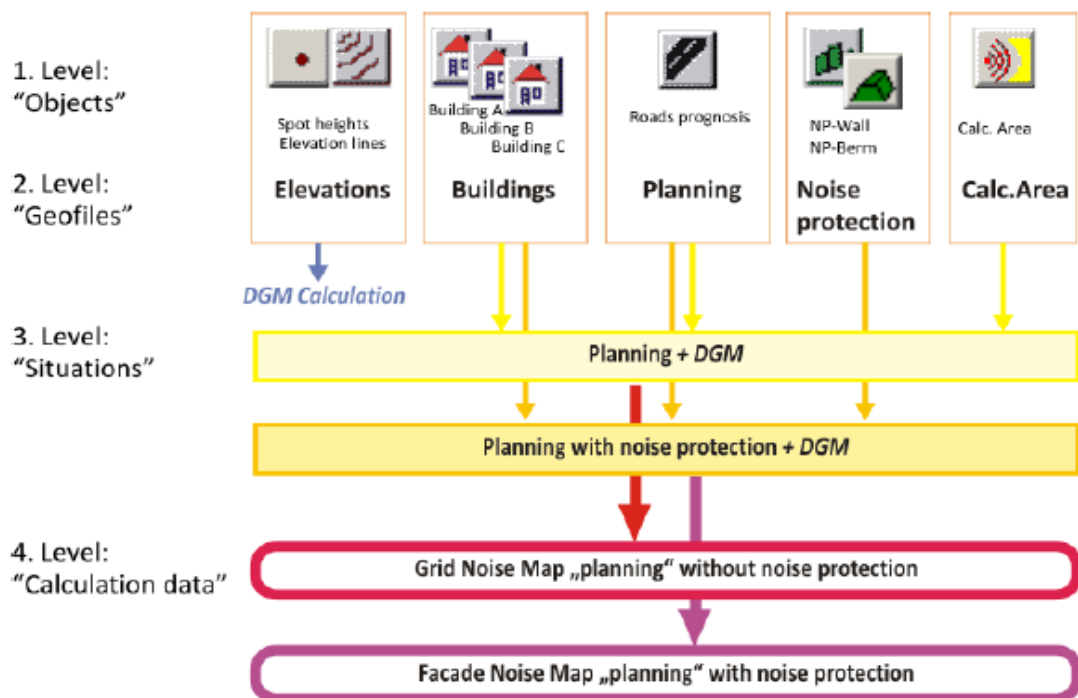
Слика 10.3. Избор на координатен и референтен систем
Figure 10.3. Choosing of coordinate and reference system

Вака дефинираните координатни системи ни овозможуваат во полето Geo-Database од SoundPLAN Manager (слика 10.1.) при поврзување со Google Earth да добиеме како позадина bitmap слика од Google Earth за саканиот терен и локацијата на мерните места и директно преземање на реалните координати (x,y) од Google Earth. На тој начин добиваме геореференцирана мапа за теренот (слика 10.4.).



Слика 10.4. Геореференцирана мапа на теренот
Figure 10.4. Geo referenced terrain map

Во полето Geo-Database од главното мени (SoundPLAN Manager) се внесуваат сите геометриски податоци и нивните карактеристики (височина на зградата, ширина на патот, ниво на звучна енергија, ниво на емисиите...) или може да се преземат како готови податоци претходно внесени во табели во полето Spreadsheet. Вака внесените податоци за релјефот на теренот (елевациони линии), зградите и патиштата (сите во посебен Geo-File) овозможуваат да се изврши пресметка на нивото на бучава кај приемниците во полето Calculation. Сите објекти внесени во гео-базата на податоци се чуваат во посебни Geo-Files и може да бидат снимени како посебни ситуации. Гео-датотеките во SounPLAN софтверот одговараат на слоевите во AutoCAD.



Слика 10.5. Структура на мал проект
Figure 10.5. Structure of small project

На слика 10.5. се прикажани принципиелните можности на софтверот за структурирање на мал проект.

Висинските коти и елевационите линии ги снимаме во Geo-File „elevations“. Овој Geo-File се користи за генерирање на дигитален модел на теренот (DGM) во рамки на геобазата на податоци. Еднаш пресметаниот DGM се користи во секоја наредна ситуација.

Сите згради, патишта, заштитни ѕидови и пресметковната област се зачувуваат во дополнителни гео-датотеки. Гео-датотеките „road“ и „building“ се доделуваат на двете ситуации, "noise protection" и "calc_area".

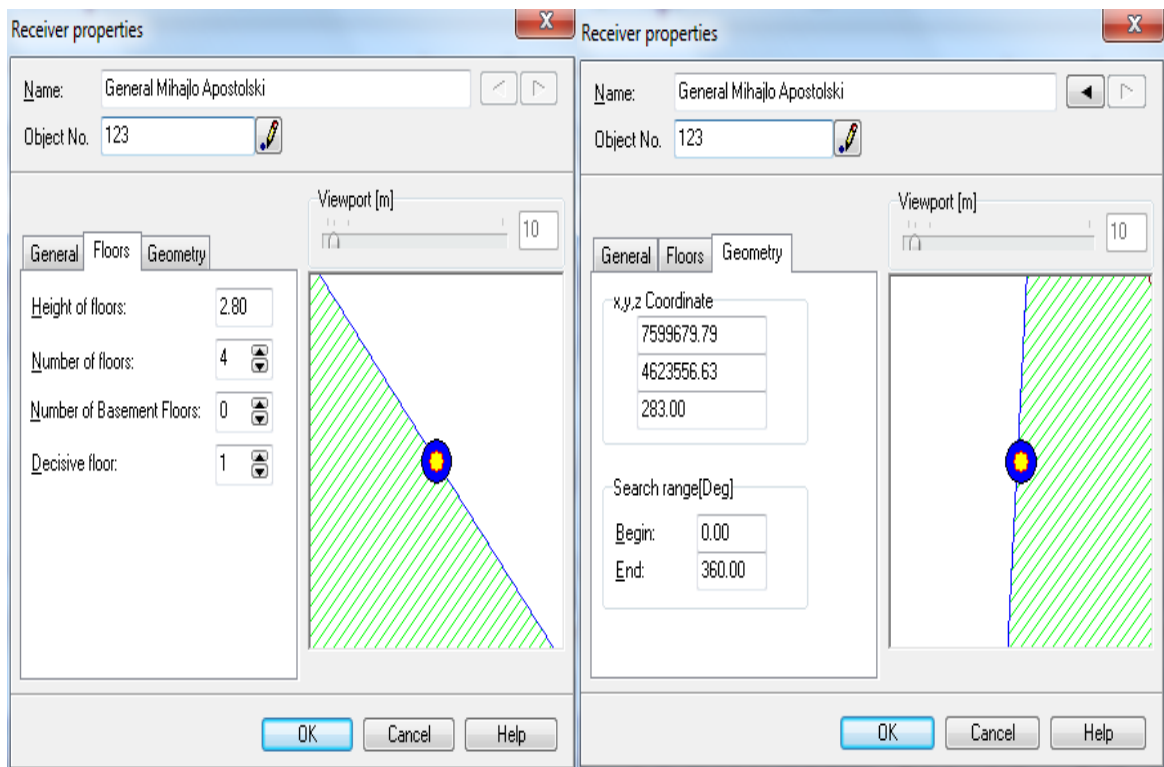
Зградите претставуваат важен фактор во ширењето на надворешната бучава. Поради ова, надморската височина на која се наоѓа зградата, висината на зградата, бројот на катови (слика 10.6.) и рефлектирачките својства се важни параметри за изработка на моделот и картата на бучава. Некои од карактеристиките кои се доделуваат на зградите може да бидат искористени кај приемниците (слика 10.7.), што се овозможува автоматско генерирање на приемниците (Single point calculations and Façade Noise Maps) и се редуцира мануелното внесување на приемниците.

The image shows a software dialog box titled "Building Properties". It contains the following fields and controls:

- Name:** General Mihajlo Apostolski
- Object No.:** 210
- Description:** Facade Noise Map (selected), Additional
- Road name:** General Mihajlo Apostolski
- Ng.:** 2
- Building type:** Main building
- Ref. loss:** 1.00 dB
- Heights:**
 - Height of building: 12.00
 - Receiver height abv. ground floor: 2.40
 - Height of floors: 2.80
- Number of floors:** 4
- Number of Basement Floors:** 0
- Decisive floor:** 1
- Area usage:** General residential

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help.

Слика 10.6. Карактеристики на зградата
Figure 10.6. Building properties



Слика 10.7. Карактеристики на приемниците
Figure 10.7. Receiver properties

Статистичките податоци, како што се бројот на жители на зградата и бројот на становите, се потребни за процена на населението загрозувано од бучава, кои се потребни при изработка на стратешките карти на бучава и акционите планови. Секоја зграда е еднозначно определена со висината на долниот кат (приземје) и со висината на зградата над приземјето (бројот на катови). Позицијата на приемниците се мери од долниот кат и се распределуваат нагоре на секој нареден кат.

Претпоставки при внесување на податоците за зградите:

- сите згради се направени од ист градежен материјал;
- станбената област се смета за акустички добро дизајнирана, бидејќи тоа може лесно да се провери;
- не постои бучава како резултат на рефлектирање на звучните бранови од ѕидовите (фасадата) на зградите.

Патишта во акустиката, моделирањето на дисперзија на бучавата и моделите на дисперзија на загадувачите на воздухот се користат како линиски извори. Патот еднозначно е определен со X и Y координатите и надморската височина. Ширината на патот и растојанието на емисионото подрачје се

дефинираат во полето Profile од главното мени Road properties. Височината на емисионото подрачје се пресметува автоматски од надморската височина на патот според соодветни стандарди кои се користат при пресметката на моделот на дисперзија на бучава и изработка на картите на бучава.

Претпоставки при внесувањето на податоците за сообраќајниците:

- патниот сообраќај ги вклучува сите видови на возила, како што се: автомобили, тешки товарни возила и лесни товарни возила;
- бучавата се емитува од централната линија на патот;
- сите патишта во разгледуваната област се асфалтирани;
- површината на патиштата во разгледуваната област е рамна без бранувања.

Road properties

Name: General Mihajlo Apostolski

Section: 2 ID: 2

Emission/Station Profile Bridge

Emission calculation according to "Guide du Bruit"

Calculated

Levels	d(7-19h)	e(19-23h)	n(23-7h)
[dB(A)]	65.70	62.30	64.20

Stationing

km post: 0.3000 ascending

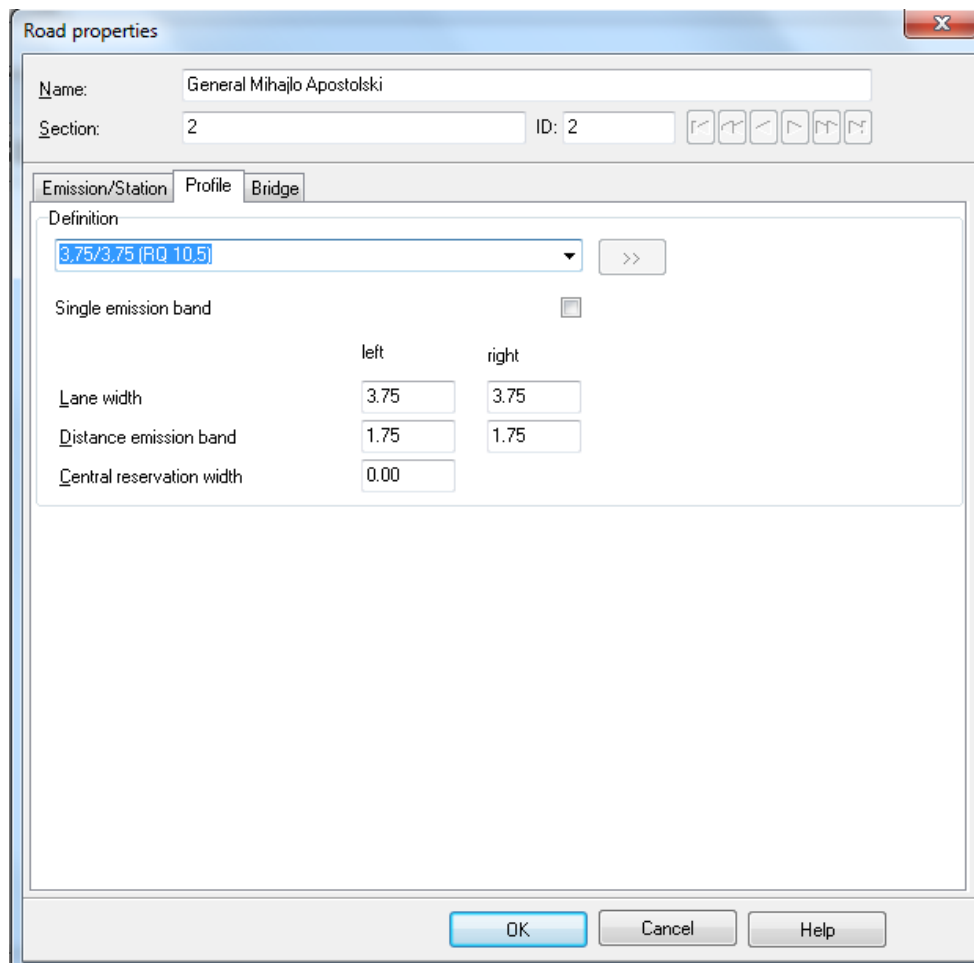
Calculated Reference line

Profile

Own definition

OK Cancel Help

Слика 10.8. Емисиони карактеристики на патот
Figure 10.8. Emission road properties



Слика 10.9. Дефинирање на профилот на патот
Figure 10.9. Road Profile

Прозоречот за внесување на податоци за дневниот проток на возила е приближно ист за сите стандарди; само бројот на различни видови на возила може да се разликува (слика 10.10.).

Emission calculation according to "Guide du Bruit"

Traffic Speed, Traffic flow, Additions

Input type: Percentages manually on ADT (1)

Road type: Main roads (07/19/23)

One-way traffic In entry direction ADT[Veh/24h] 1500

	Veh/h(d)	k(d)	Veh/h(e)	k(e)	Veh/h(n)	k(n)
	105.0	0.07000	30.0	0.02000	15.0	0.01000

	Veh/h(d)	p(d)[%]	Veh/h(e)	p(e)[%]	Veh/h(n)	p(n)[%]
Light vehicles	84.0	80.0	25.5	85.0	13.5	90.0
Heavy vehicles	21.0	20.0	4.5	15.0	1.5	10.0

Levels	d(7-19h)	e(19-23h)	n(23-7h)
[dB(A)]	80.51	73.94	69.39

Gradient: 0.0 [%]
Driving on right side

OK Cancel Help

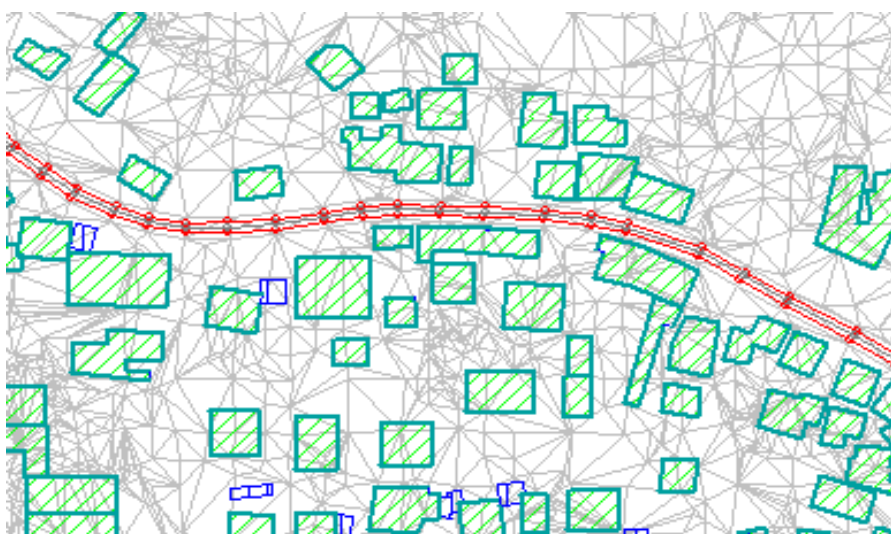
Слика 10.10. Дневен проток на возила
Figure 10.10. Daily traffic volume

Претпоставки за апсорпција на бучавата од страна на околното земјиште:

- во моделот за пресметка на бучава не се зема предвид апсорпцијата од страна на асфалтираните патишта, дрвјата и водата;
- во моделот за пресметка на бучава се зема предвид само бучавата од патниот сообраќај;
- при пресметка на бучавата во картите на бучава не постојат звучни препреки.

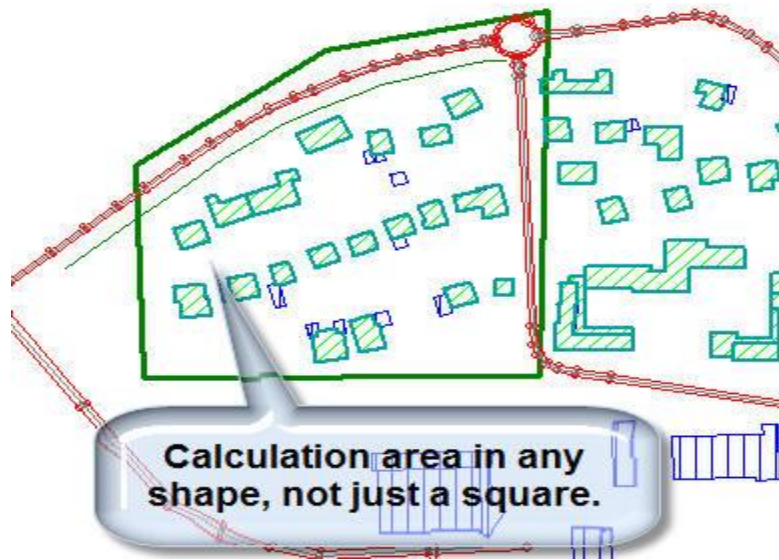
Софтверите кои служат за симулација на нивото на бучава и мапирање на бучавата имаат капацитет за изработка на карти на бучава каде што приемниците на звукот се распоредени во мрежа по теренот на соодветна висина. Повеќето програми исто така овозможуваат добивање на вертикална карта на бучава. Во прилог на распоредот на приемниците во мрежа по теренот или изработката на т.н. Grid Noise Maps, SoundPLAN овозможува изработка на карти на бучава врз основа на триангулација на приемниците. Триангулација

претставува одредување на положбата на главните точки во мрежата при геодетско мерење со помош на триаголник каде што е позната едната страна и сите три агли. Основата на триангулацијата од прв ред ја сочинуваат точките кои се поставуваат на големо растојание (60 km). Мрежата од прв ред потоа се пополнува со мрежата од втор ред, таа пак со мрежата од трет ред итн., сè додека триангулациските точки не бидат меѓусебно толку блиску што може да се пристапи кон детално топографско мерење на земјиштето. Со оглед на фактот дека приемниците можат слободно да бидат организирани на левата и десната страна од бариерите на бучава и покрај сообраќајниците и железничките линии, квалитетот на контурните линии кои се добиваат е супериорен кај пристапот на изработка на Grid Noise Maps. Картите на бучава изработени врз основа на мрежниот распоред на приемниците (Grid Noise Maps) го прикажуваат нивото на бучава на одредена висина на теренот, најчесто на 2 метри. Картите на бучава за трите подрачја се изработени врз основа на фиксна мрежа на приемниците, вообичаено на растојание од 2, 5 или 10 метри (секое од овие растојанија може да се избере со SoundPLAN софтверот). За поставување на приемниците на соодветна висина во Grid Noise Maps, се врши триангулација на сите релевантни објекти (висински коти, елевациони линии, патишта, згради...). Триангулацијата е иста како онаа која се користи при пресметката. Оваа триангулација е дел од слојот “Situation” кој се прави за секој релевантен објект.



Слика 10.11. Триангулација на сите релевантни објекти во Grid Noise Maps
Figure 10.11. Triangulation on all relevant objects in the Grid Noise Maps

Grid Noise Maps имаат внатрешна структура на фиксна мрежа. Повеќе мрежни карти на бучава може да се комбинираат и спојат во една карта на бучава. Нивото на бучава се пресметува и прикажува само за оние приемници од мрежата кои се селектирани во областа за пресметка (calculation area). Областа за пресметка ја дефинираме ние и може да има произволна форма (означена со зелена боја на слика 10.12.).



Слика 10.12. Област за пресметка со произволна форма
Figure 10.12. Calculation area with arbitrary shape

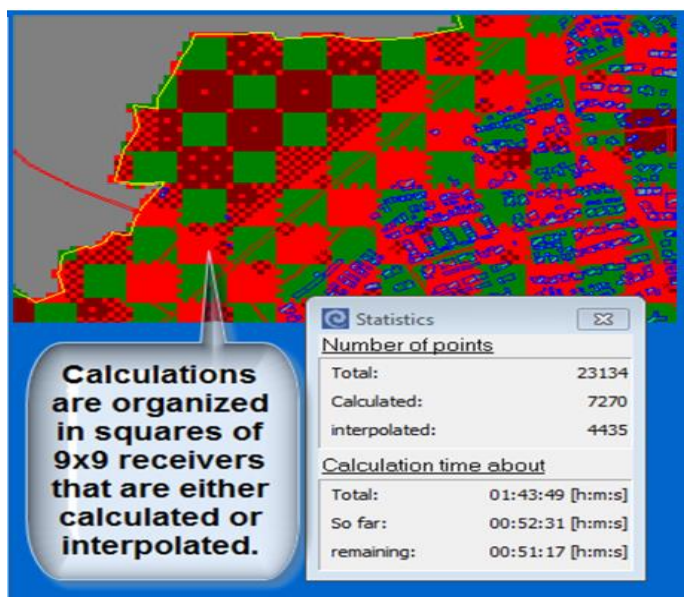
При изработката на картите на бучава усвоена е фиксна мрежа со растојание на приемниците од 5 метри. За деловите од картата на бучава кои се далеку од зградите, изворите и пречките потребна е поголема густина на приемниците за пресметка на нивото на бучава кај нив и ова растојание помеѓу приемниците е 2 метра. Поради ова, SoundPLAN вклучува шема на интерполација во рамки на картата на бучава.

На сликата долу десно квадратите со зелена боја означуваат површина на приемници кај кои нивото на бучава сè уште не е пресметано, а квадратите со црвена боја ги означуваат приемниците кај кои нивото на бучава е веќе пресметано. Квадратите со темноцрвена боја ги означуваат приемниците кај кои е извршена интерполација. Пресметката на нивото на бучава е организирана во квадрати од 9 x 9 приемници кај кои нивото на бучава е пресметано или интерполирано. Ние како корисници на SoundPLAN софтверот го контролираме процесот на интерполација со дефинирање на максималната

вредност на нивото на бучава во dB кое е дозволено во рамките на еден квадрат од 9 x 9 приемници.

На сликата десно е прикажана Grid Noise Map која опфаќа 23.134 приемници, од кои кај 7.270 нивото на бучава е пресметано, а кај 4.435 нивото на бучава е добиено по пат на интерполација.

Со интерполацијата се скратува околу 1/3 од времето потребно за пресметка на нивото на бучава, без притоа да биде загрознена точноста на добиените податоци.



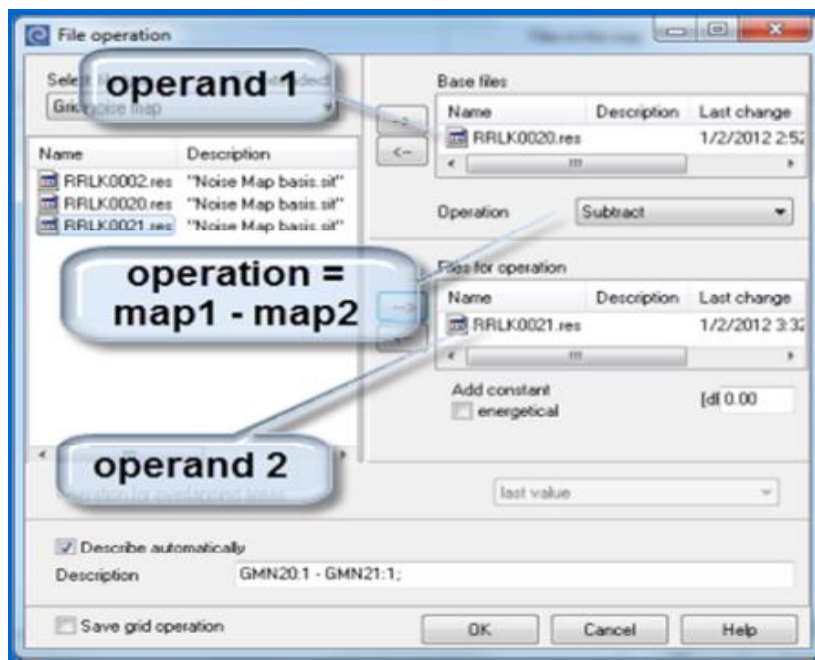
SoundPLAN нуди можност и за изработка на т.н. Grid Cross-Sectional Noise Map. Овој вид на карти на бучава се посебно погодни и совршено приспособени за прикажување на ефикасноста на звучните бариери, како што е прикажано на слика 10.13.



Слика 10.13. Grid Cross-Sectional Noise Map

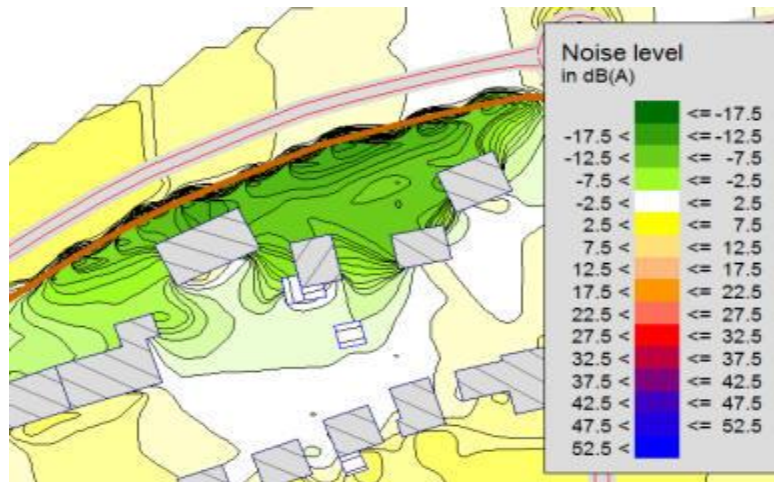
Често пати при моделирање на нивото на бучава не е потребно да се прикаже моменталното ниво на бучава, туку и нивото на бучава кое се очекува

доколку се направат одредени промени, на пример во патната инфраструктура. Тогаш се наметнува потребата да се прикаже разликата во нивото на бучава пред и по извршените инфраструктурни промени. SoundPLAN нуди можност да се извршат овие пресметки со помош на картите на бучава. Едната карта на бучава се користи како основа, од која се одземаат вредностите за нивото на бучава од втората карта и се добива нова карта на бучава која ја прикажува разликата на нивото на бучава помеѓу двете карти на бучава. Опцијата која ја нуди SoundPLAN за извршување на овие пресметки е прикажана на слика 10.14.



Слика 10.14. Пресметки со картите на бучава
Figure 10.14. Calculation with Noise Maps

Пример: Доколку сакаме да го пресметаме зголемувањето на нивото на бучава како резултат на изградбата на нова сообраќајница, картата на бучава која го прикажува нивото на бучава по изградба на сообраќајницата се зема како основа, од која се одземаат вредностите за нивото на бучава од картата која го прикажува нивото на бучава пред изградбата на новата сообраќајница. На слика 10.15. е прикажана ефикасноста од подигањето на звучната бариера добиена со одземање на вредностите на нивото на бучава од картата на бучава пред подигањето на звучната бариера и картата со нивото на бучава после подигањето на звучната бариера.

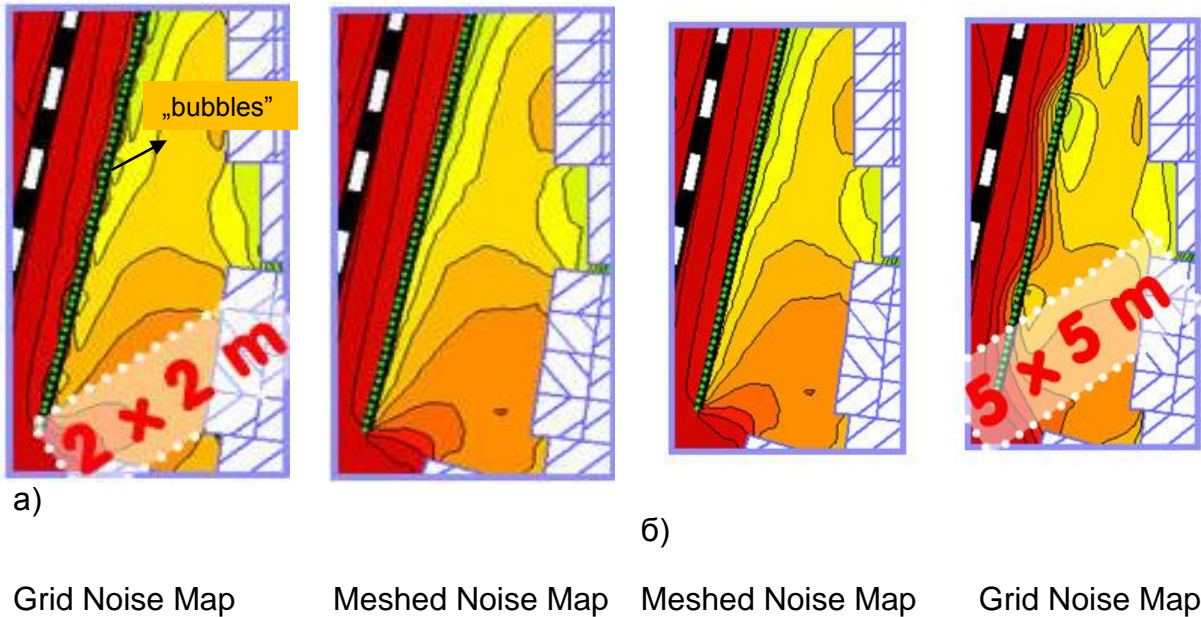


Слика 10.15. Ефикасност на звучната бариера
 Figure 10.15. Effectiveness of noise barrier

На овој начин со собирање на нивото на бучава од картите на кои е прикажано нивото на бучава од патниот сообраќај и картите на кои е прикажано нивото на бучава од железничкиот сообраќај може многу лесно да се добие карта за вкупното ниво на бучава без дополнителни пресметки на нова карта на бучава.

Grid Noise Map versus Meshed Map

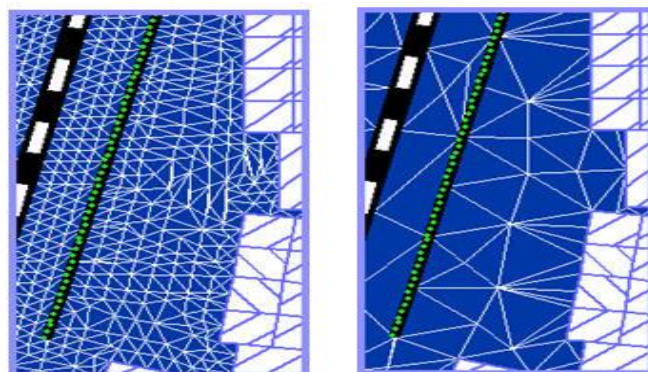
Кај Grid Noise Maps сите приемници се лоцирани во цврсто врзана мрежа. Ова резултира со многу повисоко ниво на бучава кај приемниците кои се близу до изворот на бучава, за разлика од приемниците чијшто центар во мрежата се наоѓа многу подалеку од изворот. Како резултат на ова алгоритмот при дефинирањето на контурните линии ќе создаде несакани т.н. „островца“ („bubbles“) покрај самиот раб на сообраќајницата (слика 10.16 (a)).



Слика 10.16. Grid Noise Map versus Meshed Map
 Figure 10.16. Grid Noise Map versus Meshed Map

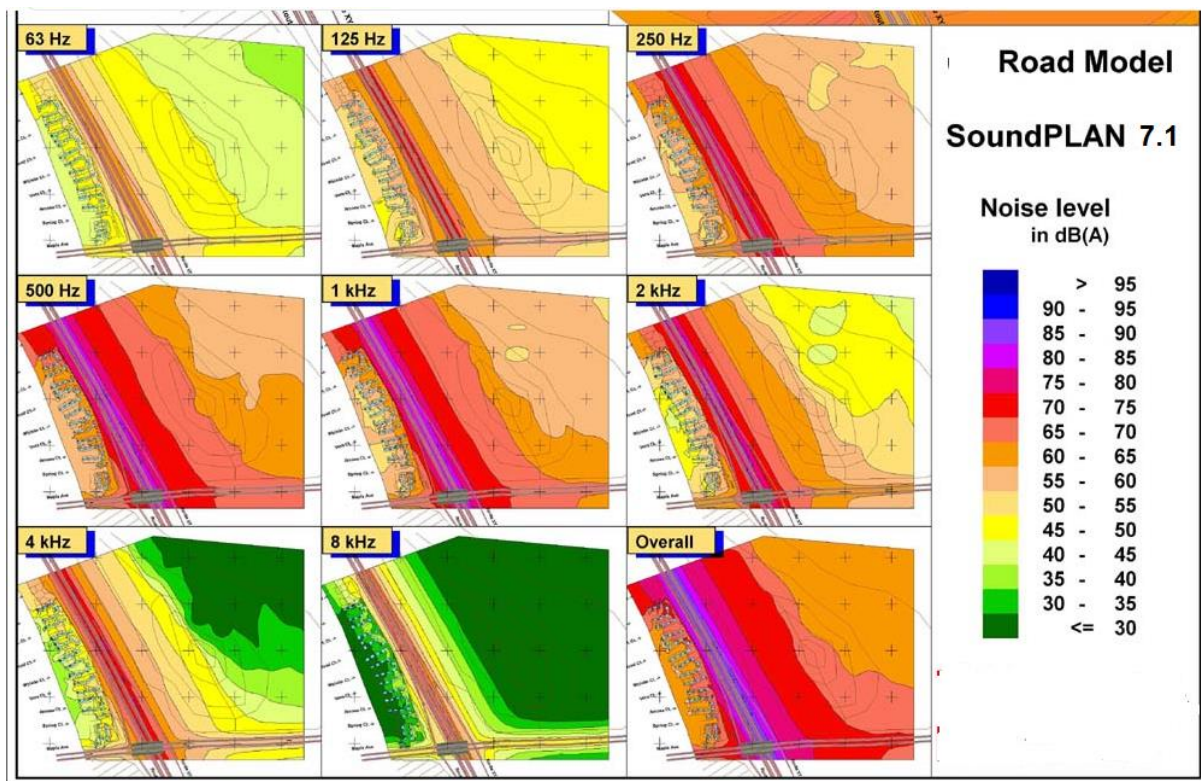
Истиот проблем се јавува и во случај кога имаме подигање на звучна бариера покрај патот, прикажано на слика (б). Некои приемници во мрежата се наоѓаат незначително лево до бариерата, а некои десно од бариерата. Бидејќи алгоритмот кој ги дефинира контурните линии не знае ништо за бариерата, контурните линии околу бариерата се брановидни и имаат „островца“.

Кај Meshed Noise Map приемниците не се лоцирани во цврсто врзана мрежа, туку тие се распоредени онаму каде што е потребно. Поради ова, приемниците се наоѓаат подеднакво од двете страни на звучната бариера и по должина на патот и околу зградите. Графичкиот приказ на приемниците на Meshed Noise Map е со помош на триангулации и контурните линии се пресметуваат од овие триангулации.



Слика 10.17. Распоред на приемниците кај Meshed versus Grid Noise Map
 Figure 10.17. Schedule of receivers at Meshed Noise Map versus Grid Noise Map

Како што може да се види од слика 10.17. густината на приемниците кај Meshed Noise Map може да биде различна, но тие секогаш се распоредени во линија на изворот или звучна бариера, со што се обезбедува многу подобар квалитет на контурните линии кај Meshed Noise Map, за разлика од квалитетот на контурните линии кај Grid Noise Map. Meshed Noise Map се посебно корисни и погодни за изработка на карти на бучава во урбани средини во кои улиците се многу тесни. Со цел да се добијат подобри контурни линии со помош на Grid Noise Maps растојанието помеѓу приемниците е 2 или 5 метри, што резултира со многу голема мрежа и потребно е многу подолго време за пресметка. Со Meshed Noise Maps значително се намалува бројот на потребни приемници и се добиваат многу подобри контурни линии без „островца“. Тогаш се поставува прашањето зошто Grid Noise Maps комплетно да не се заменат со Meshed Noise Maps. Meshed Noise Maps функционираат прекрасно под нормални услови, но често пати кај картите на бучава постојат одредени ограничувања и потребно е да се извршат одредени операции. Кај Grid Noise Maps приемниците остануваат исти и кај картите со и без звучна бариера. Ова не е случај кај Meshed Noise Maps. Кај нив е потребно да се изврши интерполација на приемниците и да се вметнат во картата на бучава кај која има поставено звучна бариера. Ова интерполирање на приемниците внесува одредена несигурност, неточност. Затоа Grid Noise Maps се многу подобри при изработка на големи карти на бучава. За мали и средни проекти Meshed Noise Maps претставуваат многу поквалитетна алтернатива за прикажување на нивото на бучава за разлика од Grid Noise Maps. Кога се изработува карта на бучава каде што извор е некоја индустриска постројка која има различно ниво на бучава за различни фреквенции со користење на Meshed Noise Maps постои можност да се избере кои од фреквентните појаси (слика 10.18.) ќе бидат прикажани на картата на бучава.



Слика 10.18. Приказ на нивото на бучава за одредени фреквентни појаси
Figure 10.18. Review on noise level for certain frequency bands

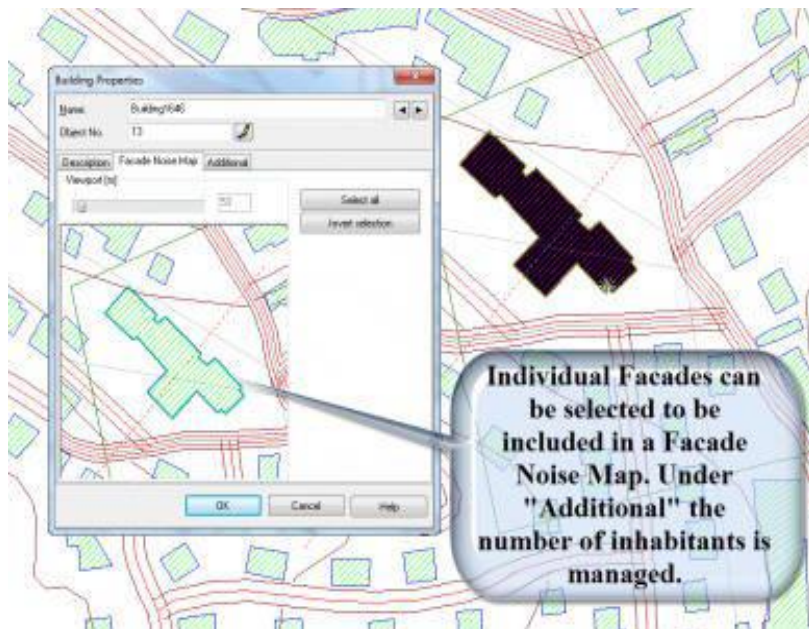
Façade Noise Maps го прикажуваат нивото на бучава кај приемниците распоредени по целата фасада на станбените згради. Приемниците може да бидат лоцирани на секој кат од зградата или само на една висина. Резултатите кои се добиваат со овој вид на карти на бучава се користат за две цели: да се прикаже нивото на бучава во зградите и да се добијат податоци за изработка на стратешки карти на бучава, коишто го прикажуваат бројот на изложени луѓе на одредено ниво на бучава. Façade Noise Maps даваат можност за прикажување на нивото на бучава преку засенчување на фасадата точка по точка, засенчување на фасадата според максималното ниво на бучава за таа фасада или со целосно обојување на зградата со боја која го покажува највисокото ниво на бучава за таа зграда.

Façade Noise Maps може да бидат прикажани како изгледаат гледани озгора или како 3D модел.

Постои можност за прикажување на суперпонираното ниво на бучава за секој приемник или обојување на целата фасада согласно со скалата дефинирана од страна на корисниците на софтверот. Постои можност приемниците кај кои нивото на бучава е над дозволеното да бидат прикажани

со една боја, а приемниците кај кои нивото на бучава е во рамки на граничните вредности со друга боја.

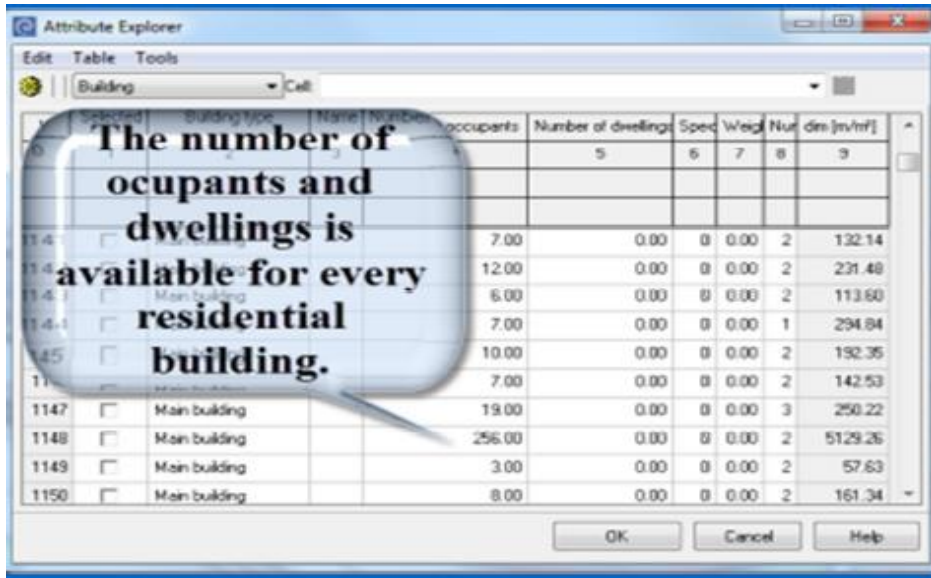
Во полето Geo-Database зградите за кои сакаме да добиеме Façade Noise Map мора да бидат означени, при што постои можност за означување на сите згради или само на некои (слика 10.19.).



Слика 10.19. Означување (селектирање) на зградите кои сакаме да бидат вклучени во Façade Noise Map

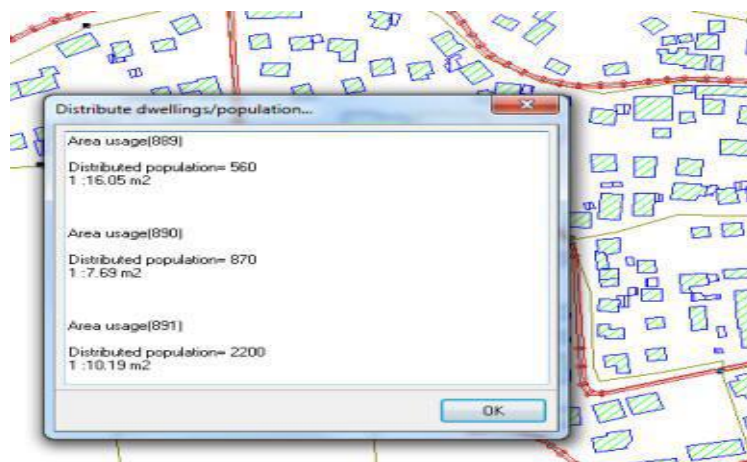
Figure 10.19. Marking (selecting) the buildings that we want to be involved in Façade Noise Map

За изработка на Façade Noise Map треба да бидат дефинирани одредени параметри, како што се бројот на катови на зградата и висината на секој кат. Овие параметри се потребни за да се лоцираат приемниците. Доколку сакаме од Façade Noise Map да добиеме статистика за изложеноста на бројот на жители на бучава, мора да се внесе и бројот на жители во зградата (слика 10.20.).



Слика 10.20. Внесување на бројот на жители за секоја зграда
Figure 10.20. Entering the number of residents of each building

Доколку немаме достапни податоци за бројот на жители за секоја поединечна зграда SoundPLAN има можност да изврши дистрибуција (распределба) на бројот на жители врз основа на некоја друга област за која бројот на жители е познат и означен за згради слични на нив. Во полето GeoDatabase постои опција *GeoTools/More Building Tools/Distribute occupants* со помош на која се врши распределбата на бројот на жители од означената област во зградите кои се наоѓаат во оваа област. Програмата врши пресметка на вкупната површина на зградите во означената област и врши распределба на бројот на жителите во неа. На тој начин во последното поле се добива бројот на жители на квадратен метар површина од означената област (слика 10.21.).



Слика 10.21. Распределба на бројот на жители
Figure 10.21. Distribute dwellings/population

Друга можност за внесување на бројот на жители е преку опцијата *GeoTool/ Prepare Buildings* која овозможува да се внесат бројот на жители директно во зградата во зависност од просторот во квадратни метри кој секој жител треба да го има на располагање. Податоците за зградите, заедно со 3D моделот на теренот и изворите на бучава го даваат моделот на дисперзија на бучавата. Податоците за зградите се снимаат во *Situation*, потоа во полето *Calculation* се врши пресметка и на тој начин се добива *Facade Noise Map* за означената област.

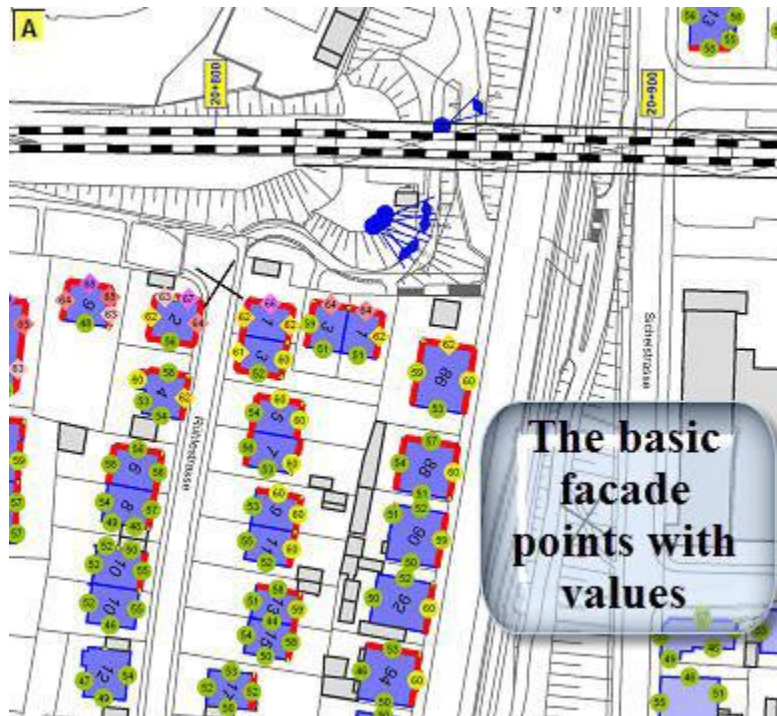
Со цел *SoundPLAN* да изврши евидентирање на бројот на жители изложени на високи нивоа на бучава целиот град се дефинира како една област или се дели на повеќе употребни области (ова се користи и при дефинирање на бројот на жители во зградата). При ова најдобро е да се изберат области со слична структура на зградите и слични параметри (сличен број на катови, сличен број на жители по стан...). Во овој момент се претпоставува дека бројот на жители е распореден по секоја зграда, како и бројот на станови. *Facade Noise Map* се пресметува врз основа на статистички проценетата изложеност на бучава.

Ние одлучуваме каде приемниците ќе бидат лоцирани на картата. Постои можност само еден приемник да биде лоциран во средината на фасадата или два приемника или да се дефинира растојанието помеѓу нив. Доколку *Facade Noise Map* се изработува стриктно согласно со *END* вториот приемник треба да биде пресметан на 2 метра пред фасадата, но ова го удвојува времето на пресметка. Со оглед дека мапирањето на бучава се прави на висина 4 метри над површината на земјата, постои можност нивото на бучава да не се пресметува кат по кат, туку едноставно сите приемници да бидат лоцирани на висина од 4 метри.

Кога *Facade Noise Map* се стартува во полето *Graphics* може да одлучиме дали сакаме да биде прикажано дневното или ноќно ниво на бучава и да го одбереме катот за кој ќе биде прикажана картата доколку се работи за 2D приказ. Алтернативно, може да бидат прикажани приемниците со највисоко ниво на бучава за секоја фасада. Доколку картата се прикажува во 3D истовремено се гледа нивото на бучава за секој кат.

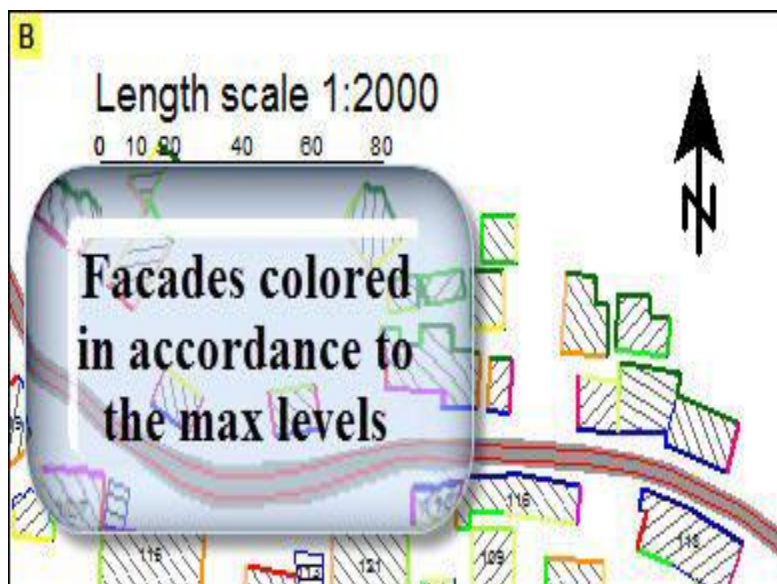
Доколку *Facade Noise Map* се прикажува во 3D може да се избере можноста целата фасада да биде обоена или некои приемници да бидат

прикажани како обоени објекти кои го покажуваат соодветното ниво на фасадна бучава.



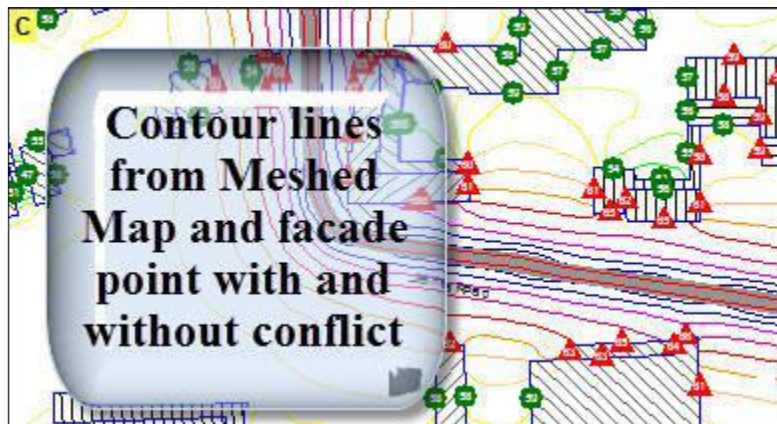
Слика 10.22. Карта на фасадна бучава каде што нивото на бучава е означено со бројните вредности

Figure 10.22. Façade Noise Map where the noise level is marked with number values

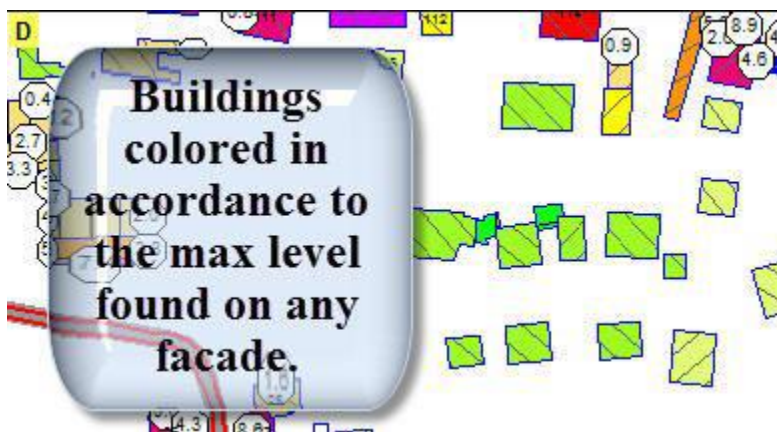


Слика 10.23. Façade Noise Map каде фасадите се обоени според максималното ниво на бучава

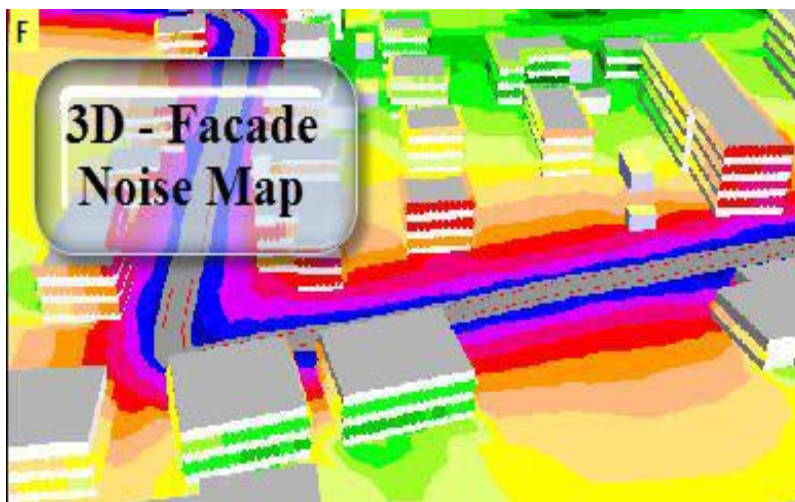
Figure 10.23. Façade Noise Map where facades colored in accordance to max noise levels



Слика 10.24. Façade Noise Map каде нивото на бучава е прикажано со контурните линии од Meshed Map
 Figure 10.24. Façade Noise Map where noise level is present by contour lines from Meshed Map



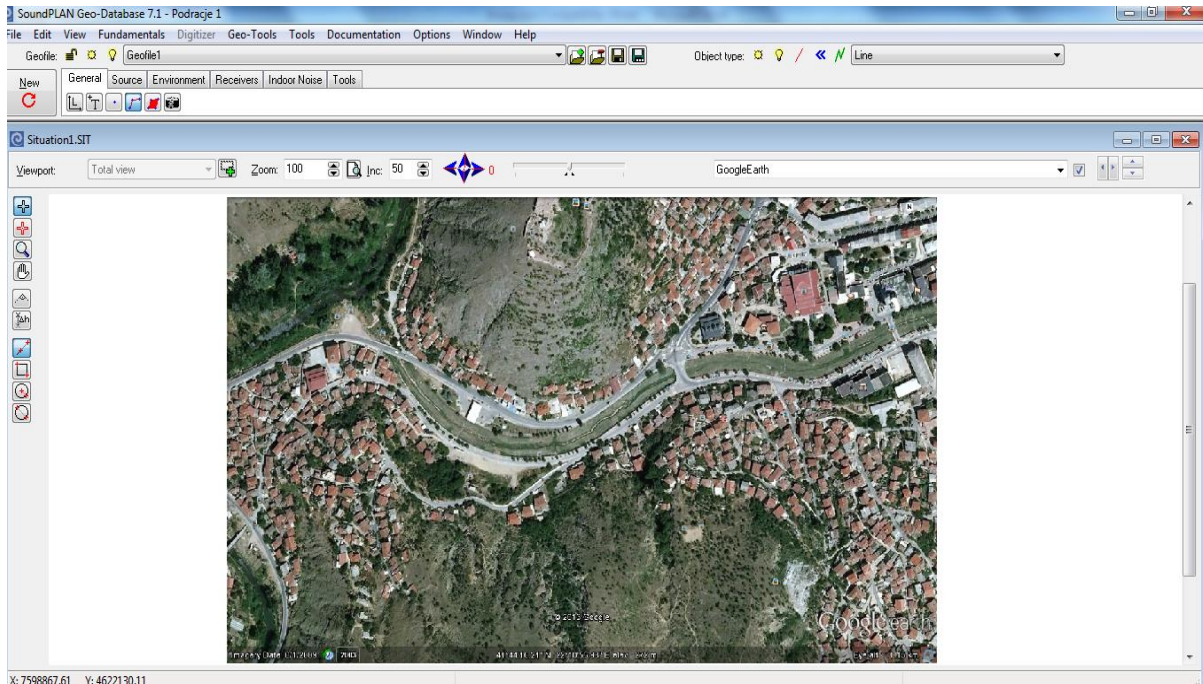
Слика 10.25. Обоени фасади според максималното ниво на бучава на секоја фасада
 Figure 10.25. Buildings colored in accordance to the max level found on any façade



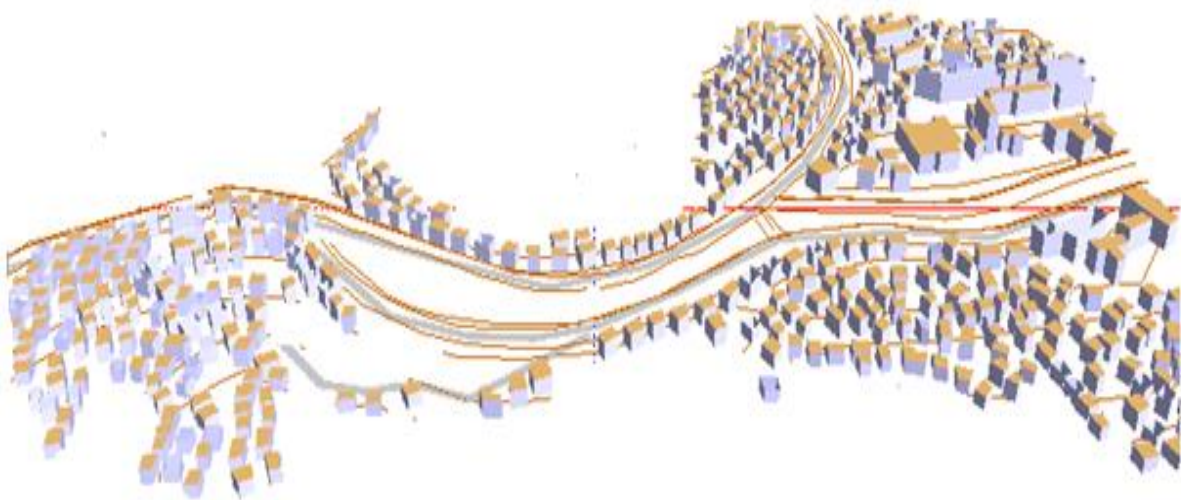
Слика 10.26. 3D Façade Noise Map

Во продолжение се прикажани картите на бучава за трите подрачја од градот Штип, каде што беше извршен двегодишен мониторинг на нивото на бучава на повеќе мерни места, кои во целост ги потврдуваат измерените вредности на нивото на бучава во овие три подрачја.

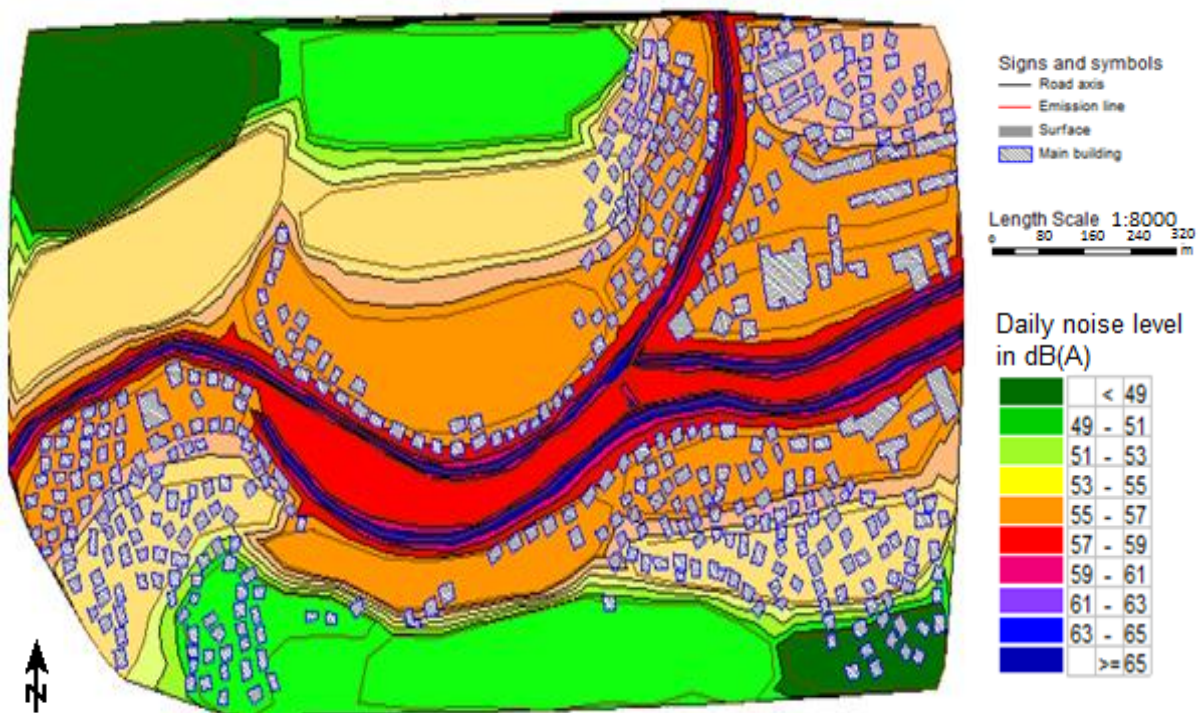
10.2. Карта на бучава за Подрачје 1



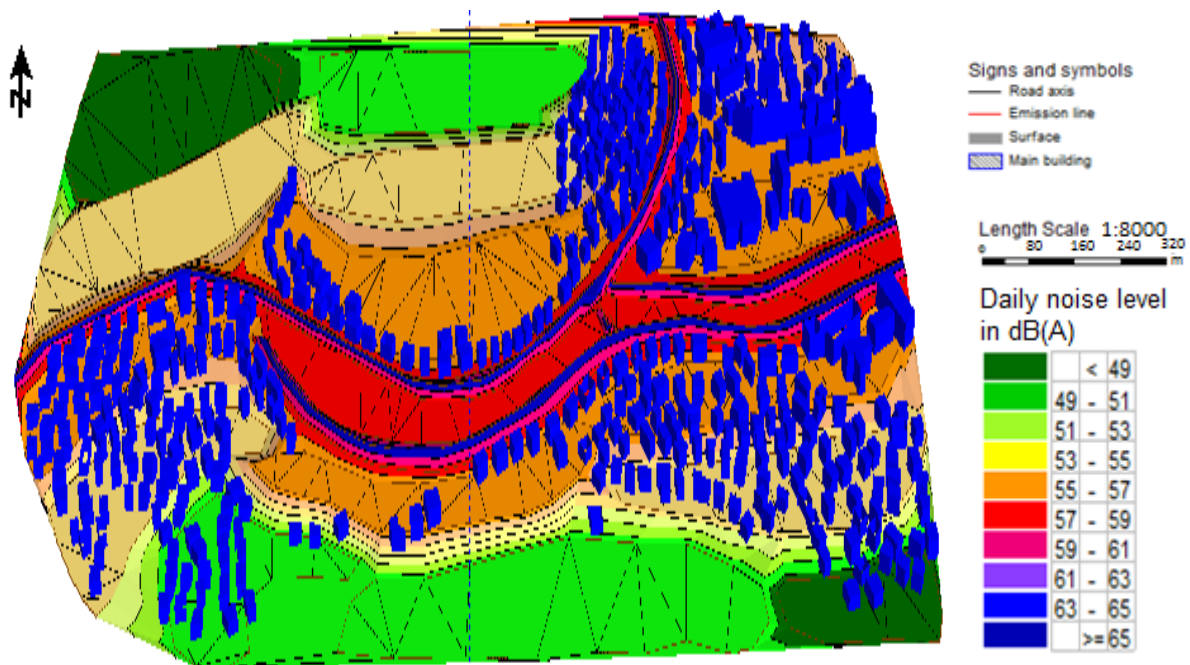
Слика 10.27. Геореференцирано подрачје 1 преземено од Google Earth
Figure 10.27. Geo referenced area 1 taken from Google Earth



Слика 10.28. 3D приказ на Подрачје 1 по внесување на зградите и патиштата
Figure 10.28. 3D review on Area 1 after entering the buildings and roads

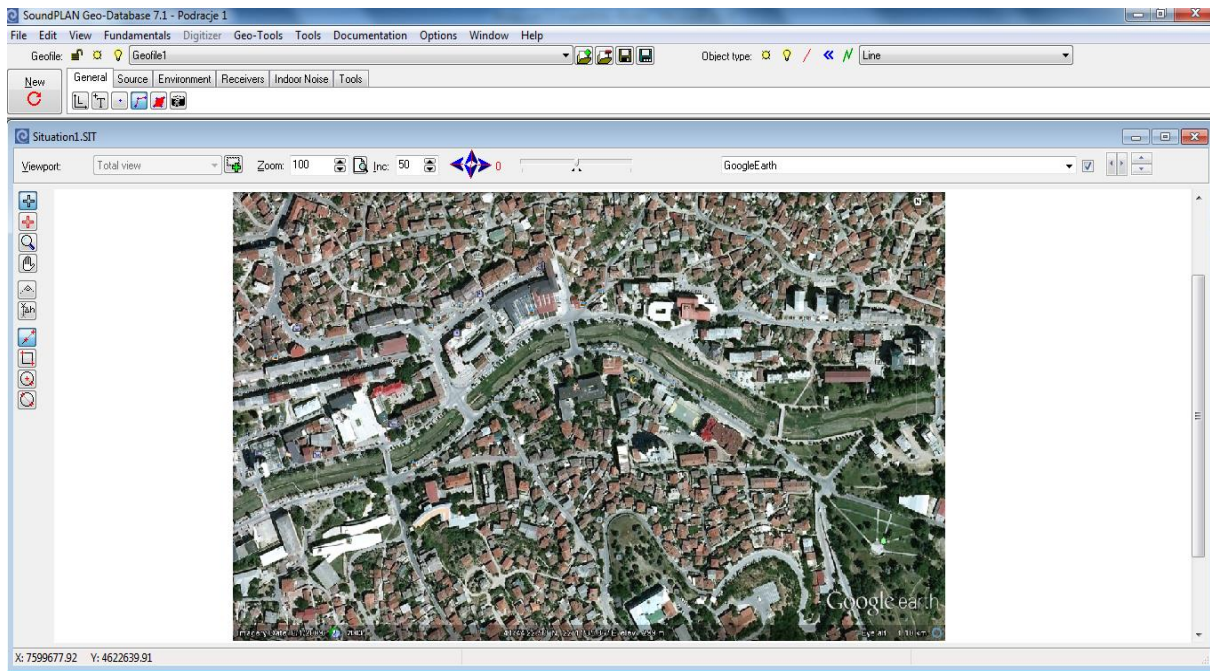


Слика 10.29. 2D карта на бучава за Подрачје 1
 Figure 10.29. 2D noise map for Area 1

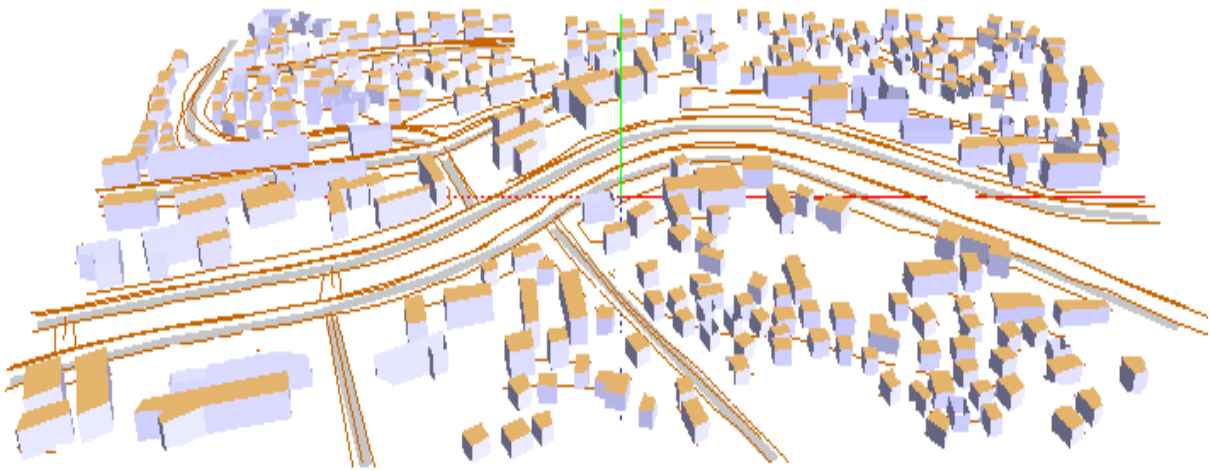


Слика 10.30. 3D карта на бучава за Подрачје 1
 Figure 10.30. 3D noise map for Area 1

10.3. Карта на бучава за Подрачје 2



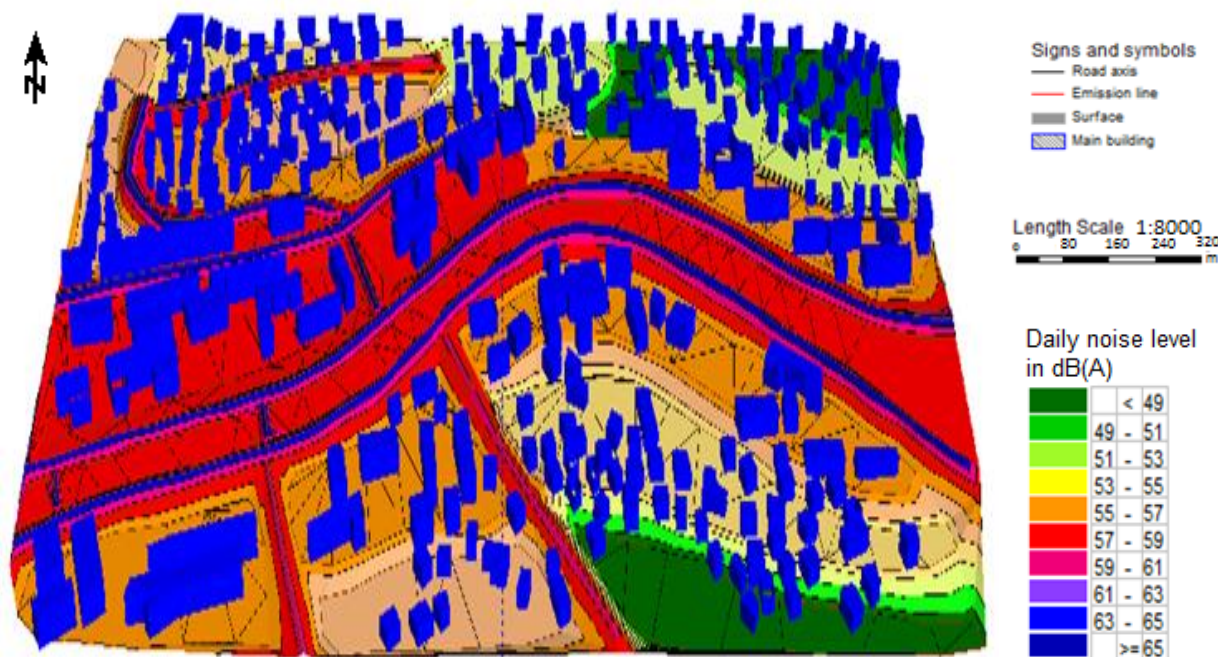
Слика 10.31. Геореференцирано Подрачје 2 преземено од Google Earth
Figure 10.31. Geo referenced Area 2 taken from Google Earth



Слика 10.32. 3D приказ на Подрачје 2 по внесување на зградите и патиштата
Figure 10.32. 3D review on Area 2 after entering the buildings and roads

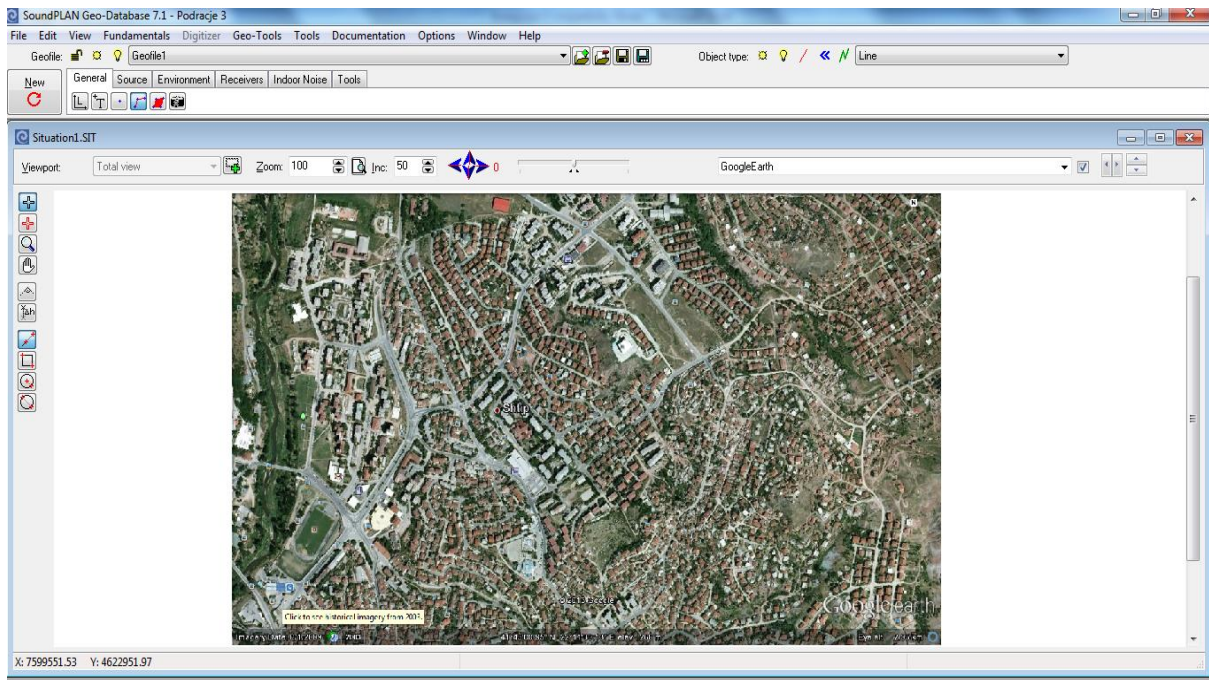


Слика 10.33. 2D карта на бучава за Подрачје 2
Figure 10.33. 2D noise map for Area 2



Слика 10.34. 3D карта на бучава за Подрачје 2
Figure 10.34. 3D noise map for Area 2

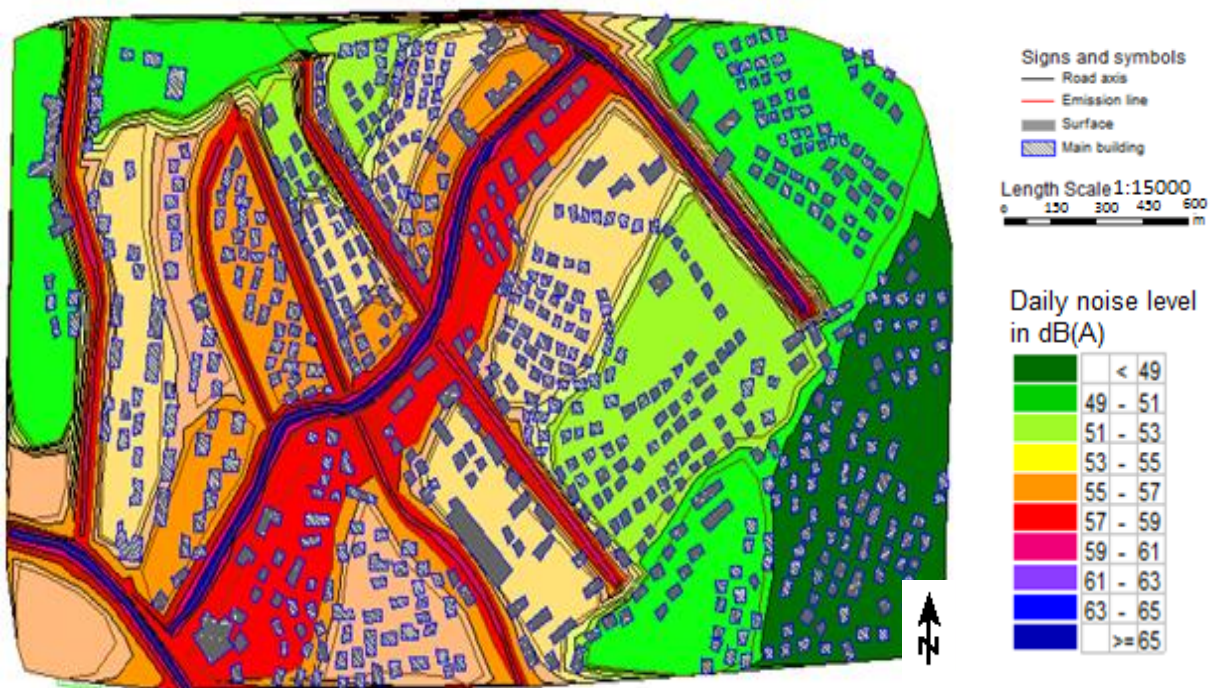
10.4. Карта на бучава за Подрачје 3



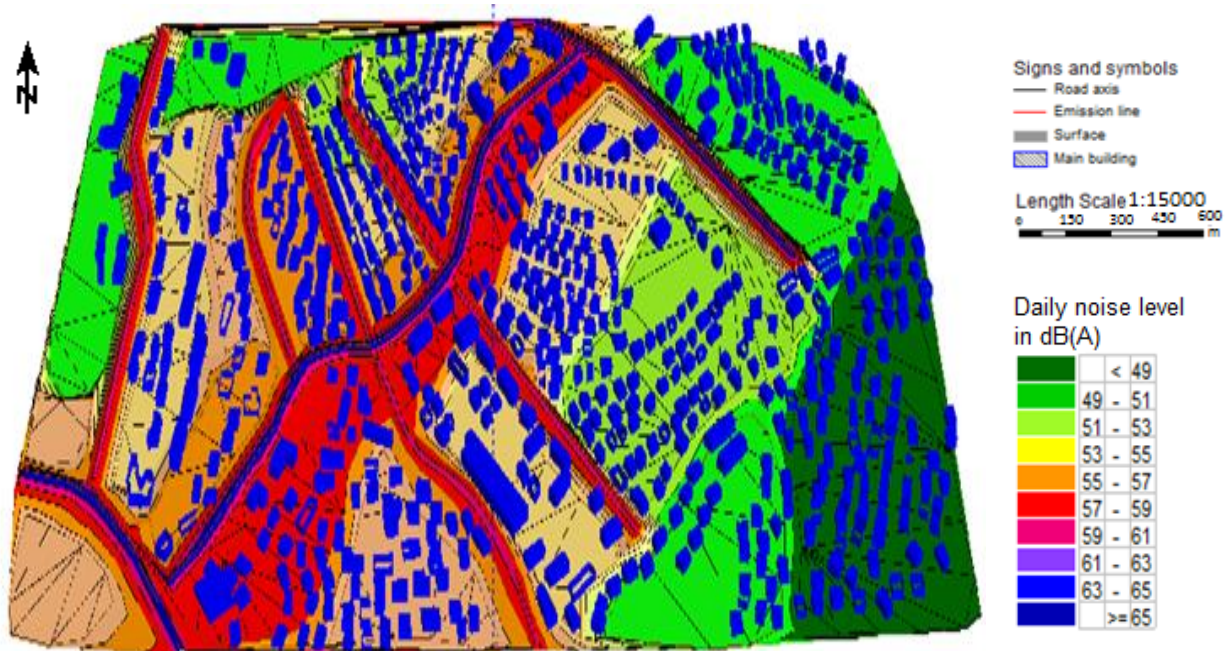
Слика 10.35. Геореференцирано подрачје 3 преземено од Google Earth
Figure 10.35. Geo referenced area 3 taken from Google Earth



Слика 10.36. 3D приказ на Подрачје 3 по внесување на зградите и патиштата
Figure 10.36. 3D review on Area 3 after entering the buildings and roads



Слика 10.3. 2D карта на бучава за Подрачје 3
 Figure 10.37. 2D noise map for Area 3



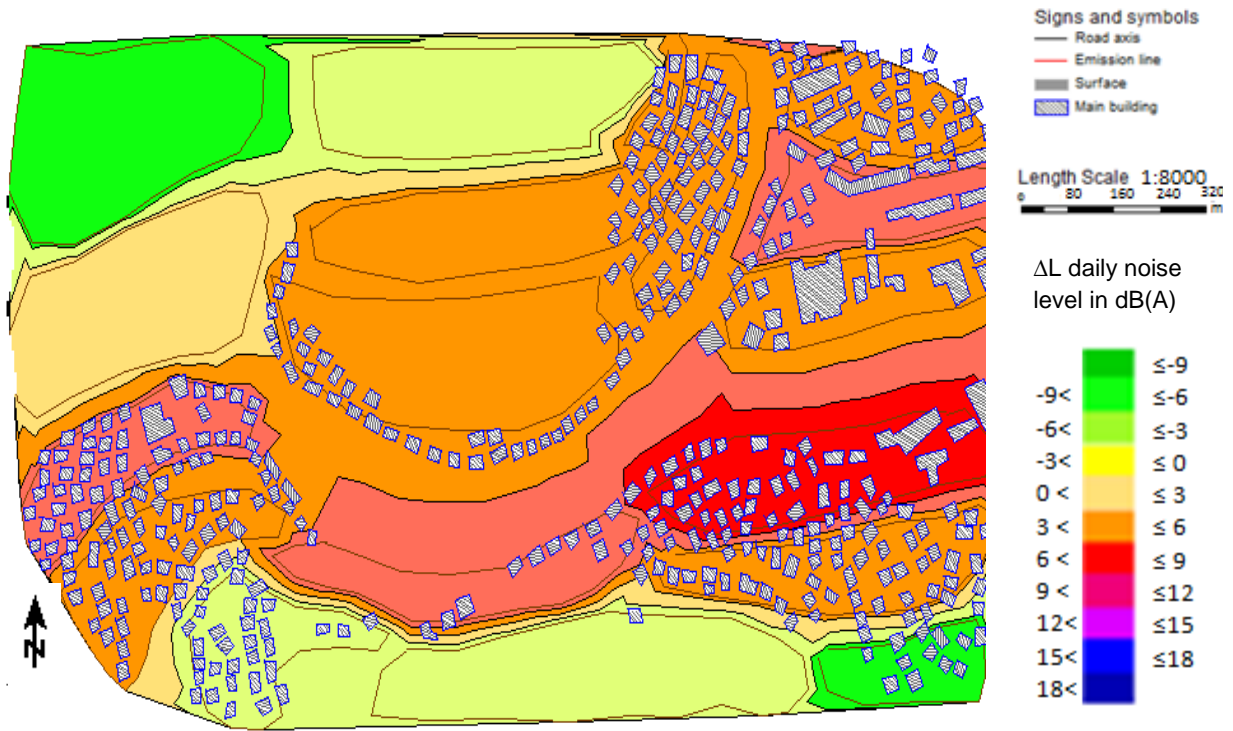
Слика 10.37. 3D карта на бучава за Подрачје 3
 Figure 10.37. 3D noise map for Area 3

Од изработените карти на бучава и од прикажаните резултати од мерењето на нивото на бучава во овие три подрачја во градот Штип заклучуваме дека во сите населени објекти кои се во непосредна близина на фреквентните сообраќајници нивото на бучава е над дозволените гранични вредности. За прикажување на разликата помеѓу постоечкото ниво на бучава и дозволеното ниво на бучава се изработуваат т.н. конфликтни карти на бучава.

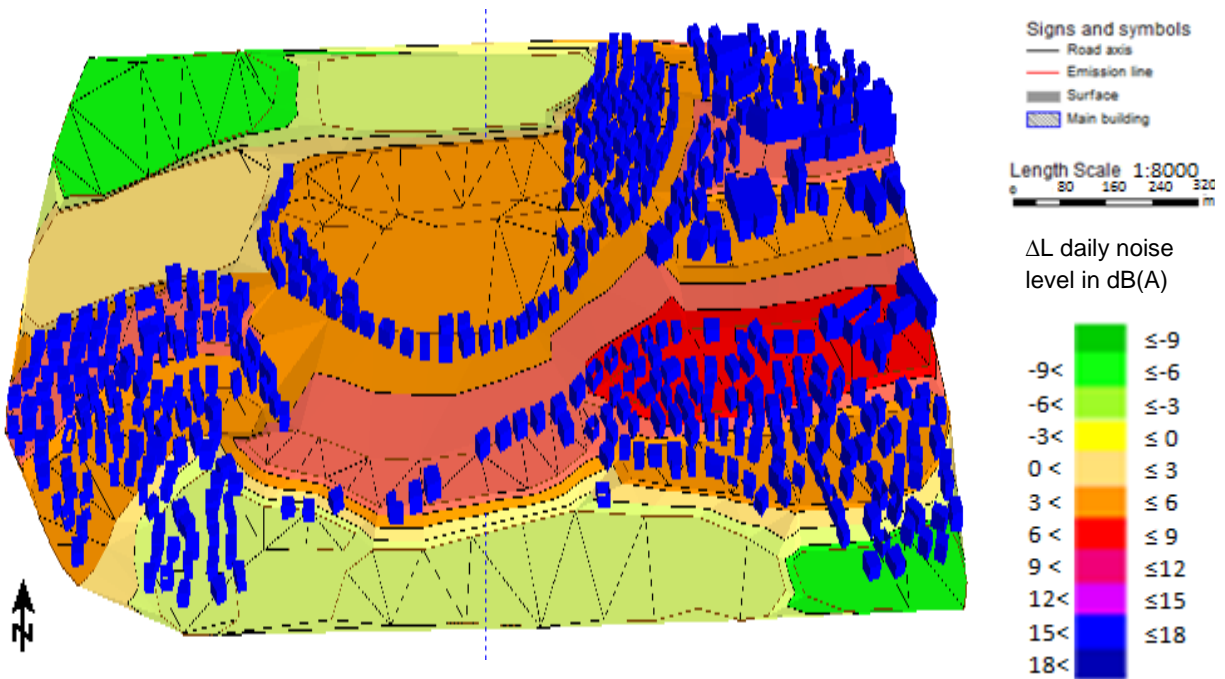
Конфликтните карти на бучава даваат податоци за тоа колку е постоечкото ниво на бучава во некој дел од градот поголемо или помало од дозволеното. Се изработуваат така што постоечкото ниво на бучава се одзема од дозволеното ниво на бучава. Од конфликтните карти на бучава најдобро може да се забележат проблемите поврзани со преголемата имисија на бучава во некои зони. Разликата на вредностите на дозволеното и постоечкото ниво на бучава се прикажуваат во форма на криви на исто ниво на бучава и/или класа на бучава во чекори од 3 dB означени со соодветни бои согласно со член 15 од Правилникот за поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработката и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање („Службен весник на Република Македонија“ бр.133/10). Конфликтните карти на бучава претставуваат основа за изработка на Акционен план за бучава, кој е наменет за управување со проблемите и ефектите поврзани со бучавата.

Во продолжение се прикажани конфликтните карти на бучава за трите подрачја изработени со софтверот SoundPLAN. Изработени се конфликтни карти за дневно ниво на бучава и конфликтни карти за ноќно ниво на бучава имајќи предвид дека граничната вредност за индикаторот за ноќна бучава е за 10 dB помала од граничната вредност за индикаторот за дневна бучава, кај конфликтните карти за ноќно ниво на бучава се јавува многу поголема разлика помеѓу постоечкото и дозволеното ниво на бучава.

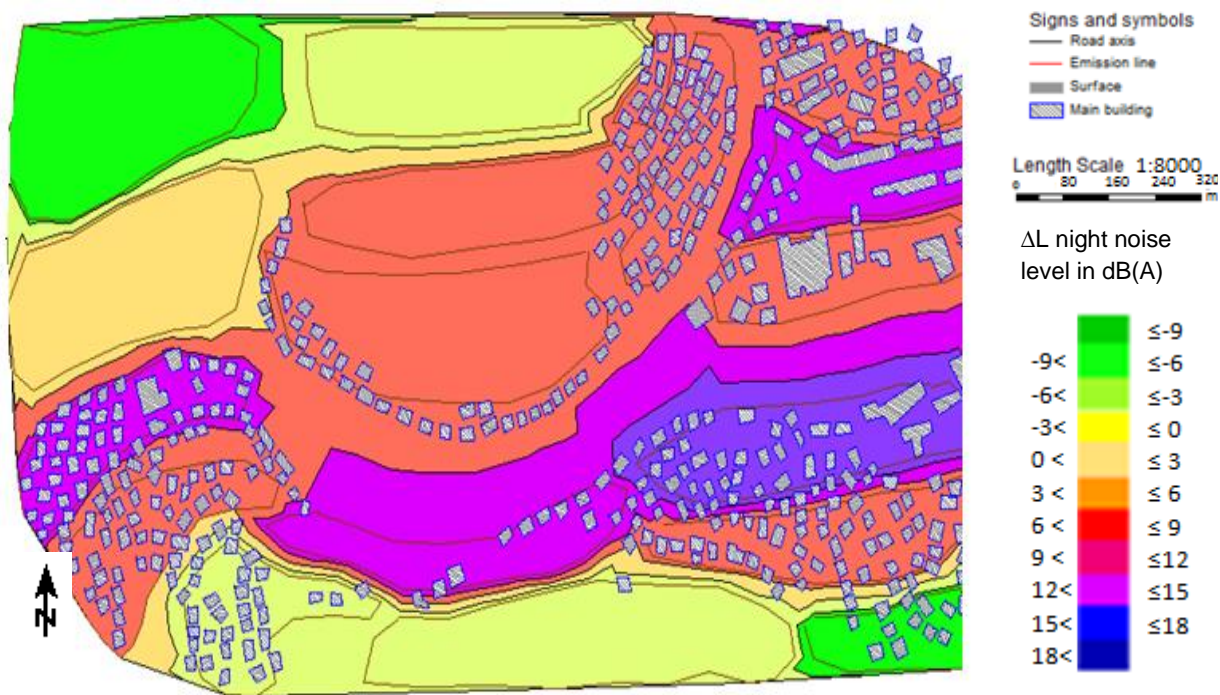
10.5. Конфликтни карти на бучава за Подрачје 1



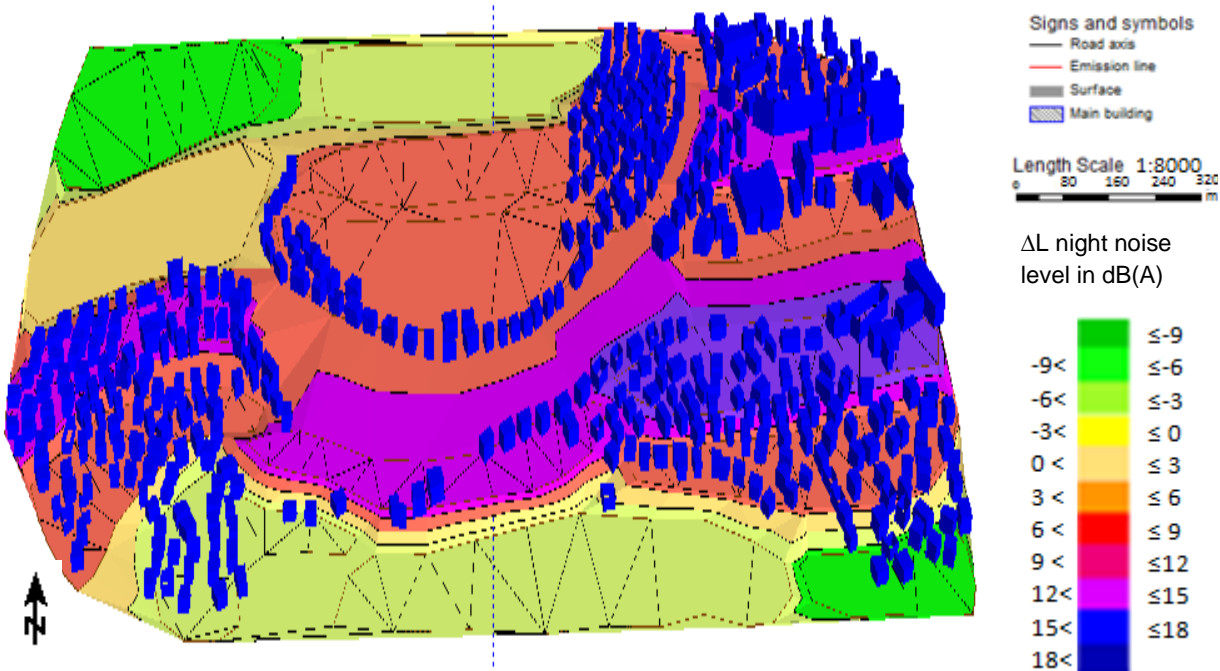
Слика 10.38. 2D конфликтна карта за дневно ниво на бучава за Подрачје 1
Figure 10.38. 2D conflict map of dayli noise level for Area 1



Слика 10.39. 3D конфликтна карта за дневно ниво на бучава за Подрачје 1
Figure 10.39. 3D conflict map of dayli noise level for Area 1

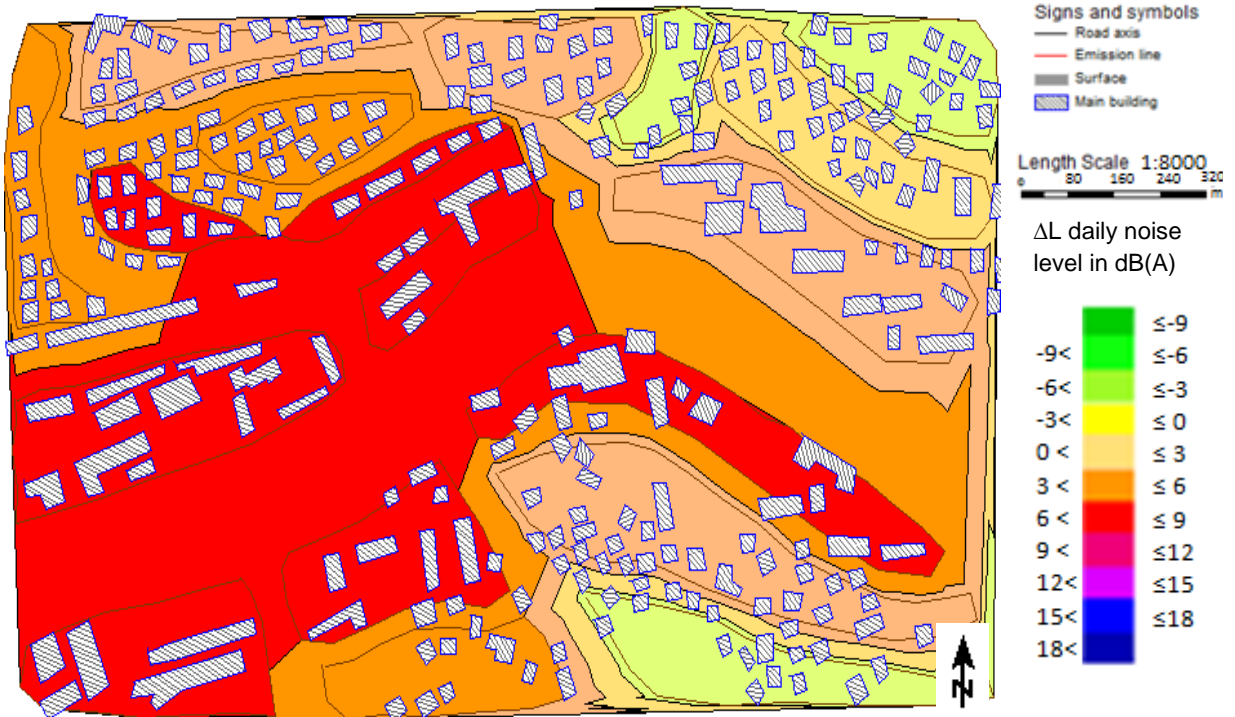


Слика 10.40. 2D конфликтна карта за ноќно ниво на бучава за Подрачје 1
 Figure 10.40. 2D conflict map of night noise level for Area 1



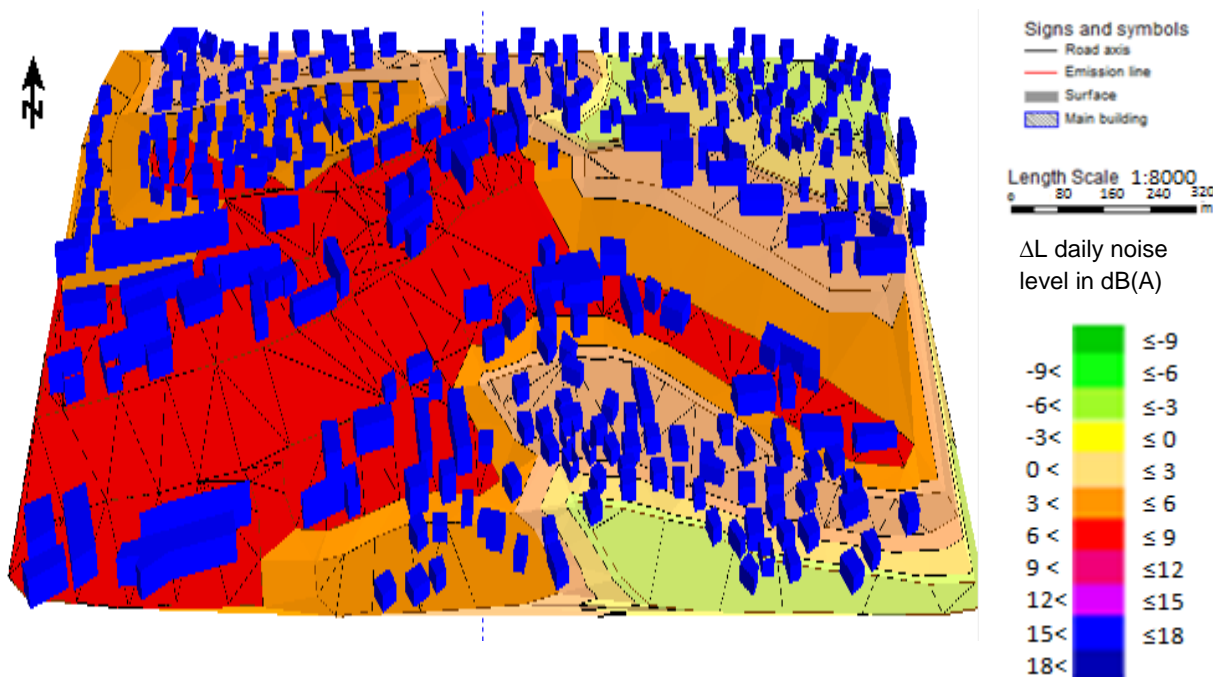
Слика 10.41. 3D конфликтна карта за ноќно ниво на бучава за Подрачје 1
 Figure 10.41. 3D conflict map of night noise level for Area 1

10.6. Конфликтни карти на бучава за Подрачје 2



Слика 10.42. 2D конфликтна карта за дневно ниво на бучава за Подрачје 2

Figure 10.42. 2D conflict map of daily noise level for Area 2

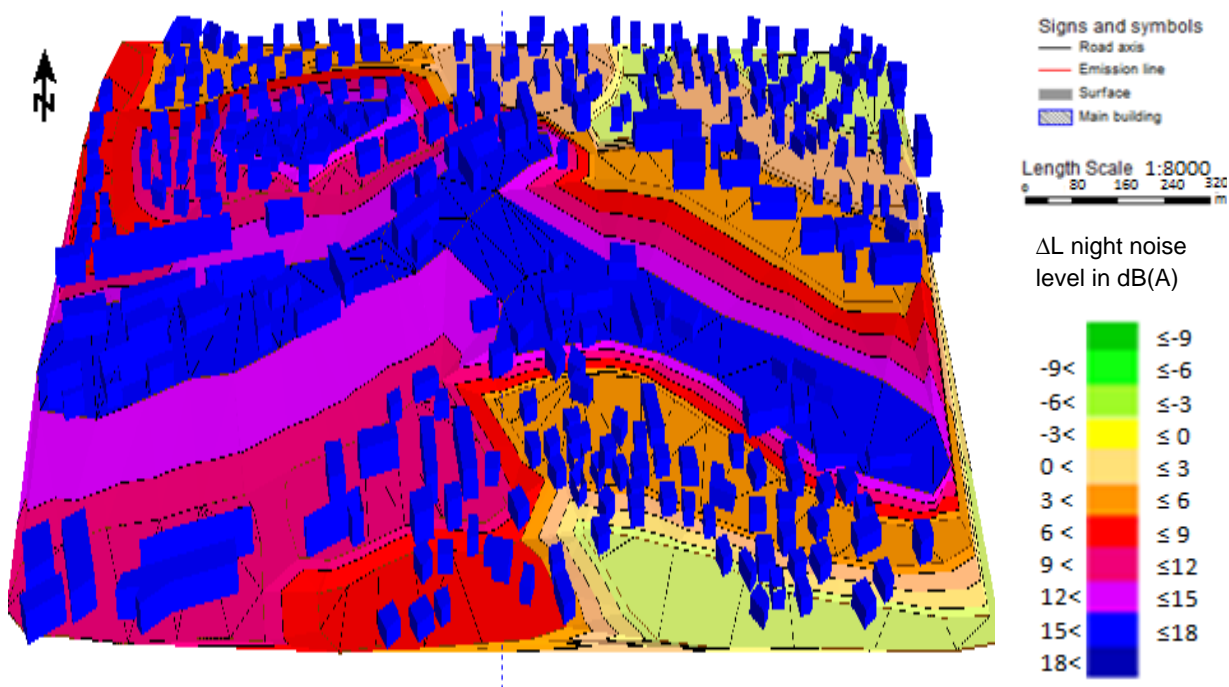


Слика 10.43. 3D конфликтна карта за дневно ниво на бучава за Подрачје 2

Figure 10.43. 3D conflict map of daily noise level for Area 2

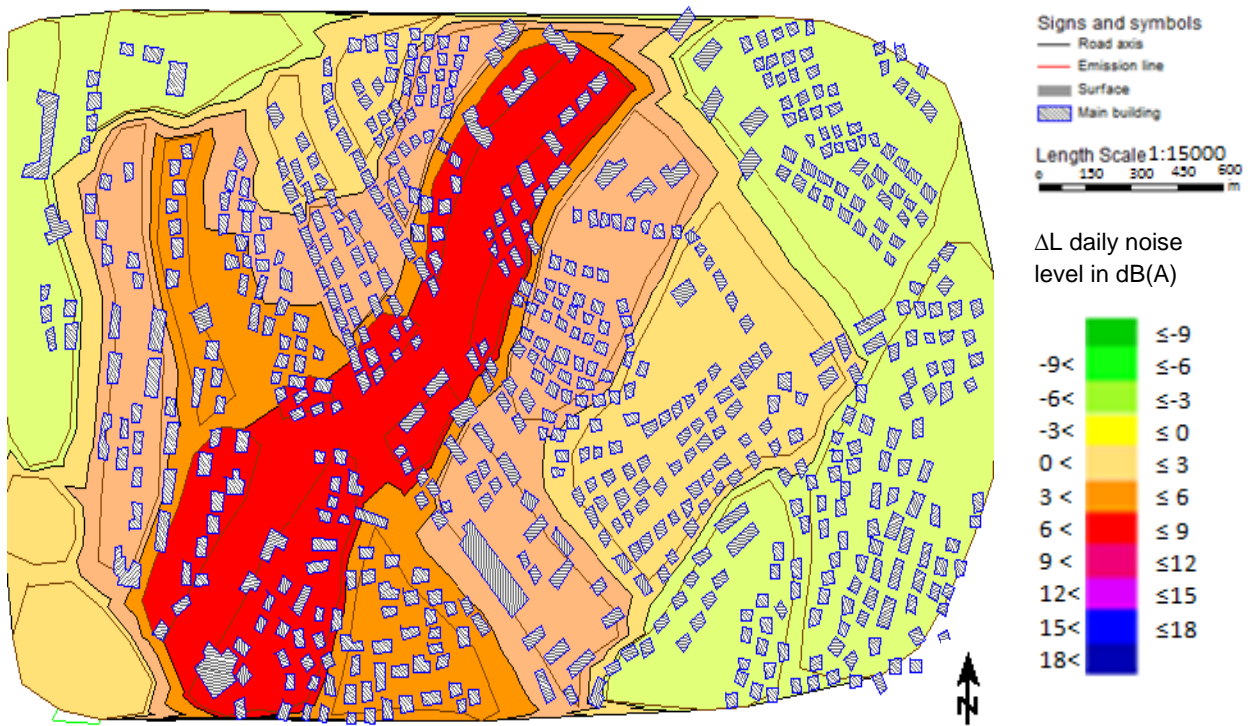


Слика 10.44. 2D конфликтна карта за ноќно ниво на бучава за Подрачје 2
Figure 10.44. 2D conflict map of night noise level for Area 2



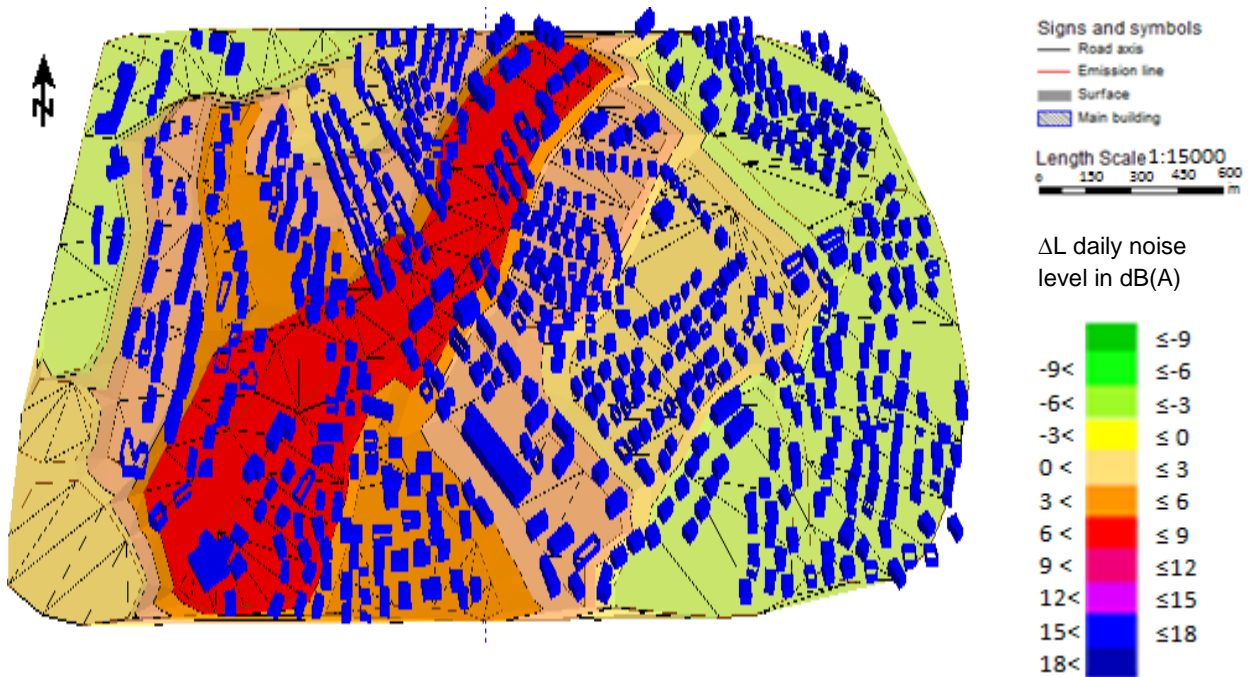
Слика 10.45. 3D конфликтна карта за ноќно ниво на бучава за Подрачје 2
Figure 10.45. 3D conflict map of night noise level for Area 2

10.7. Конфликтни карти на бучава за Подрачје 3



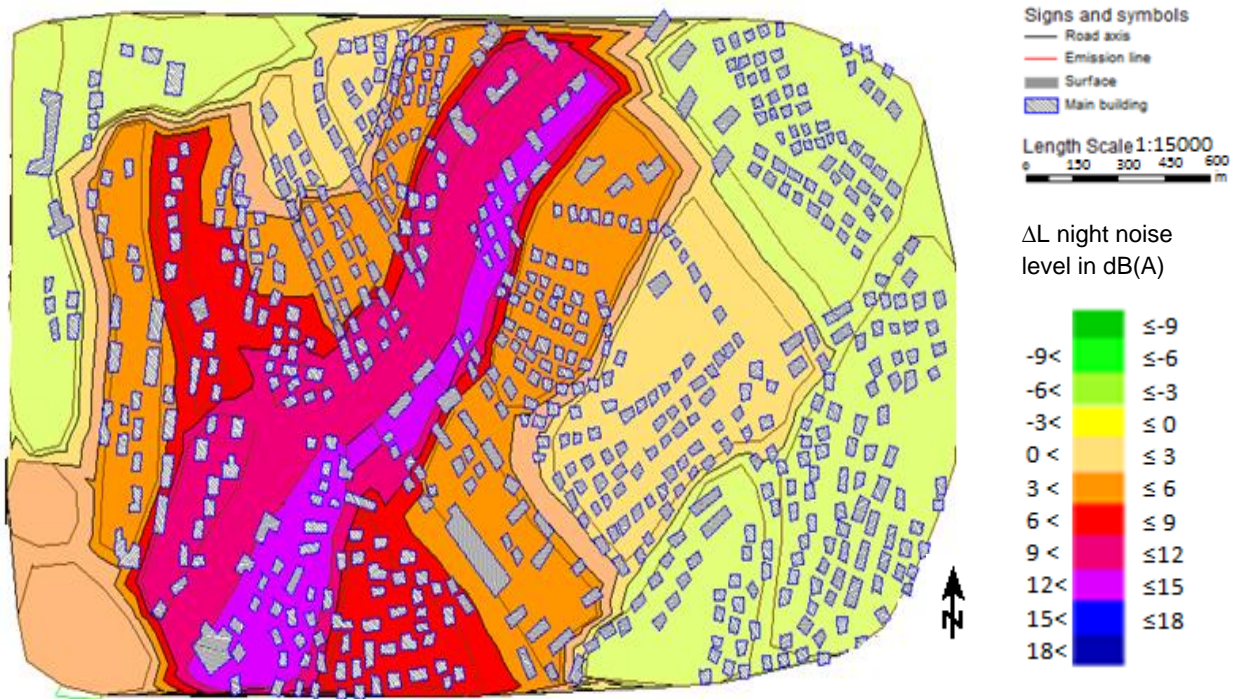
Слика 10.46. 2D конфликтна карта за дневно ниво на бучава за Подрачје 3

Figure 10.46. 2D conflict map of daily noise level for Area 3

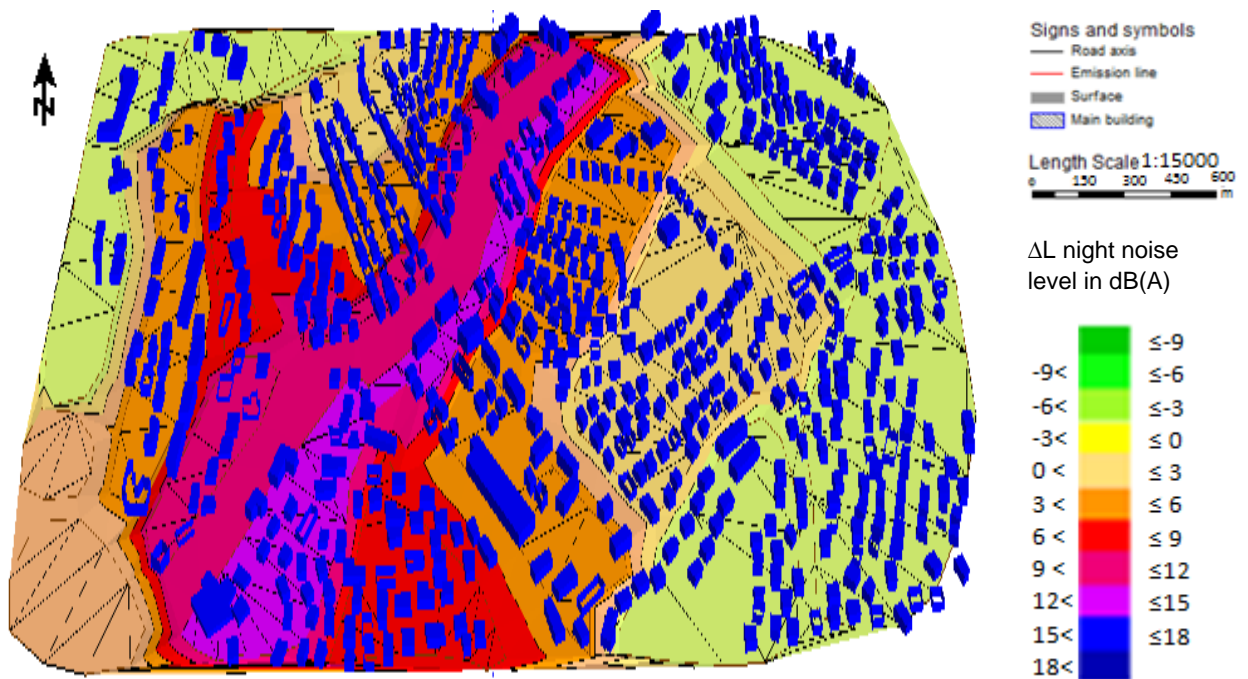


Слика 10.47. 3D конфликтна карта за дневно ниво на бучава за Подрачје 3

Figure 10.47. 3D conflict map of daily noise level for Area 3



Слика 10.48. 2D конфликтна карта за ноќно ниво на бучава за Подрачје 3
 Figure 10.48. 2D conflict map of night noise level for Area 3



Слика 10.49. 3D конфликтна карта за ноќно ниво на бучава за Подрачје 3
 Figure 10.49. 3D conflict map of night noise level for Area 3

11. ПЕРСОНАЛНА ИЗЛОЖЕНОСТ НА БУЧАВА

Загубата на слухот како резултат на изложеноста на високо ниво на бучава според податоците е присутна кај милиони луѓе и истата може да се спречи, но повеќето луѓе не знаат колку долго може да бидат изложени на високо ниво на бучава без да дојде до трајно оштетување на слухот [32]. Краткотрајната персонална изложеност на високо ниво на бучава може да не резултира со губење на слухот, но со текот на времето и подолготрајната изложеност доаѓа до трајно оштетување на внатрешното уво. Акумулацијата на високо ниво на бучава од ден на ден, од година во година, е пресуден ризик фактор за губење на слухот. Персоналната изложеност на бучава се утврдува со инструменти, дозиметри на бучава, кои вршат мерење на нивото на звукот повеќе часови и го пресметуваат кумулативното ниво на бучава изразено како примена доза на бучава за одредено време во проценти.

Дневната доза на персонална изложеност на бучава се утврдува со мерење на интензитетот на звукот и времето на изложеност. 100% доза значи дека испитаникот ја има достигнато максималната дневна изложеност на бучава и континуираната изложеност на ова ниво на бучава може да доведе до загуба на слухот. Заштита на органот за слух треба да почне да се користи пред дозата на персонална изложеност да достигне 100%. Кога дозата на бучава надминува 50%, испитаникот има достигнато половина од максималната дневна изложеност на бучава и ова е знак дека треба да се започне со користење на заштитни средства од бучава, со цел да се спречи трајното оштетување на слухот. Дозата на бучава претставува мерка за изложеноста на бучава и се добива како комбинација од интензитетот на звукот и времето на изложеност. За разлика од интензитетот на звукот (нивото на бучава) кое во тек на времето се менува (расте или опаѓа), дозата на бучава никогаш не се намалува со тек на времето (или останува иста или се зголемува). Со зголемување на дозата на бучава се зголемува и ризикот од можно оштетување на слухот.

Во САД се користат два стандарди за пресметување на дозата на бучава (професионалната изложеност на бучава). Едниот стандард е поставен од страна на Националниот институт за безбедност и здравје при работа, National Institute for Occupational Safety and Health. Тоа се препорачливи критериуми на

изложеност (NIOSH, 1998). Вториот стандард е поставен од страна на Американската администрација за безбедност и здравје при работа, Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Тоа се дозволени гранични критериуми на изложеност (OSHA, 1983).

NIOSH е дел од Центарот за контрола на болести и превенција (CDC) во САД, во Одделот за здравство и социјалните услуги. NIOSH спроведува истражувања и нуди информации, образование, обука и препораки во однос на безбедноста и здравјето. Како таква, NIOSH е во позиција да препорача стандарди и најдобри практики, но не е во позиција да ги регулира или спроведува стандардите.

OSHA е дел од американското Министерство за труд и е одговорна за развивање и спроведување на прописите за безбедност и здравје на работното место. OSHA стандардите (29CFR1910.95) претставуваат законски регулирани дозволени гранични вредности и работодавачите во индустрискиот сектор се обврзани да се усогласат со нив.

Со цел да се одговори на прашањето - колку долго и колку гласно може да се слуша одреден звук без да постои ризик да дојде до оштетување на слухот? - биле поставени т.н. критериуми за ризик од оштетување на слухот кои претставуваат основа за препорачување на дозволените гранични вредности на изложеност на бучава врз основа на нивото на бучава и времето на изложеност. Овие критериуми поставени од страна на Националниот институт за безбедност и здравје при работа и Американската администрација за безбедност и здравје при работа се прикажани во табела.

Табела 11.1. Дозволена дневна изложеност (часови во текот на денот) според OSHA и NIOSH

Table 11.1. Allowable Daily Exposures (Hours per Day) Based on OSHA and NIOSH

Ниво на бучава dB(A) / Noise Level dB(A)	85	88	90	92	94	95	100	105	110	115
OSHA (PEL)*	16		8			4	2	1	0,5	0,25
NIOSH (REL)**	8	4			1	0,75	0,25			

* Permissible Exposure Limit – Дозволена граница на изложеност

** Recommended Exposure Limit – Препорачлива граница на изложеност

Според OSHA секое зголемување на нивото на изложеност на бучава за 5 dB значи намалување на дозволеното време на изложеност на половина, а со намалување на нивото на изложеност на бучава за 5 dB двојно се зголемува дозволеното време на изложеност.

Според NIOSH секое зголемување на нивото на изложеност на бучава за 3 dB значи намалување на дозволеното време на изложеност на половина, а со намалување на нивото на изложеност на бучава за 3 dB двојно се зголемува дозволеното време на изложеност.

Надминувањето на граничните вредности на изложеност на нивото на бучава или време прикажани во табела налага користење на средства за заштита на слухот.

100% доза на изложеност според OSHA значи изложеност на бучава од 90 dB за времетраење од 8 часа или изложеност на бучава од 95 dB за времетраење од 4 часа.

100% доза на изложеност според NIOSH значи изложеност на бучава од 85 dB за времетраење од 8 часа или изложеност на бучава од 88 dB за времетраење од 4 часа.

Критериумите на OSHA се поблаги во споредба со критериумите на NIOSH. Поблагите OSHA вредности дозволуваат изложеност на повисоко ниво на бучава за подолго времетраење, додека покonzервативните NIOSH критериуми препорачуваат изложеност на пониско ниво на бучава за пократко времетраење. NIOSH критериумите се базираат на научни студии поврзани со проучување на загубата на слухот како резултат на изложеноста на бучава и заштита на слухот. Треба да се напомене дека и двата стандарди се базираат на претпоставката дека бучавата се јавува како дел од работната средина. Тоа се гранични вредности кои се базираат на 8-часовен работен ден, пет дена неделно (другите 16 часа во денот, како и викендите) се претпоставува да биде во тивка средина.

Имајќи го предвид штетното дејство на бучавата врз луѓето, неповратното оштетување на слухот, психолошките и физиолошки негативни ефекти како резултат на изложеноста на високо ниво на бучава, направивме мерење на персоналната изложеност на бучава на учениците, како осетлива група на население, од две основни и две средни училишта во Штип. Две од училиштата во кои ги извршивме мерењата на персонална изложеност се

лоцирани во централното градско подрачје, тоа се ООУ „Ванчо Прке“ и СОУ „Славчо Стојменски“, каде што од претходно извршениот двегодишен мониторинг на нивото на бучава видовме дека тоа ги надминува дозволените гранични вредности. Другите две училишта, ООУ „Тошо Арсов“ и СОУ „Јане Сандански“ се лоцирани во потивки подрачја, во кои нивото на бучава е во рамки на дозволените гранични вредности.

Направивме 24 мерења на персонална изложеност на бучава на учениците во секое од овие основни и средни училишта, или вкупно 96 мерења. Мерењата ги повторивме по два пати (во прва и втора смена) во три училници во секое училиште. Во секоја училница направивме испитување на три ученика и еден наставник.

Претходно извршивме мерење на нивото на бучава во училниците во кои извршивме мерење на персоналната експозиција на учениците, во услови кога во нив нема настава (за да го утврдиме нивото на позадинската бучава).

Персоналната изложеност на бучава на учениците ја извршивме со дозиметри за бучава тип ER-200D на фирмата Etymotic Research (слика 11.1. и Sound Level Dataloger на фирмата Extech (слика 11.2.).

Стандардните поставувања кои ги користи дозиметарот за бучава ER-200D за пресметување на дозата на изложеност на бучава се во согласност со стандардот ANSI S1.25–1991 (R2002). Кај дозиметарот постои можност да се избере еден од двата стандарди за дозволена дневна изложеност (OSHA и NIOSH). Ние при мерење на персоналната изложеност на бучава во училиштата ги користевме препорачаните гранични вредности според NIOSH, бидејќи согласно со Правилникот за безбедност и здравје при работа на вработените изложени на ризик од бучава („Сл.весник на РМ“, бр. 21/08) горната акциона вредност за 8-часовна изложеност на бучава изнесува 85 dB.



Слика 11.1. Дозиметар за бучава, ER-200D, Etymotic Research
Figure 11.1. Noise dosimeter, ER-200D, Etymotic Research

Стандардни поставувања на дозиметарот за бучава согласно со критериумите на NIOSH се:

- Exchange rate: 3 dB;
- Criterion level: 85 dB;
- Threshold level: 75 dB.

Динамичниот опсег на детекција на нивото на бучава за дозиметарот изнесува 60 dB, односно дозиметарот го регистрира нивото на бучава во опсег од 70 до 130 dB. При мерење на персоналната изложеност на бучава вредностите за нивото на бучава се земаат на секои 220 msec., а се сумираат на 3,75 минутен интервал (16 пати во текот на еден час). На крај од мерењето се добива вредност за еквивалентното ниво на изложеност на бучава за испитуваниот период во dB(A) и вредност во процент и графички приказ на дозата на изложеност за испитуваниот период.

Во основните училишта испитувањето на персоналната изложеност на бучава беше извршено кај ученици на возраст од 10 до 13 години, а во средните училишта кај ученици на возраст од 15 до 17 години.



Слика 11.2. Инструмент за регистрирање на нивото на бучава,
Extech
Figure 11.2. Sound Level Datalogger, Extech

Измерените вредности на нивото на изложеност на бучава кај учениците и наставниците се нормализирани на 8-часовен работен ден и добиено е дневно ниво на изложеност, $L_{EX, 8h}$, согласно со стандардот ISO 9612-2009: Acoustics — Determination of occupational noise exposure — Engineering method, според следната формула:

$$L_{EX, 8h} = L_{Aeq, T_e} + 10 \log_{10} \frac{T_e}{T_0} \text{ dB (A)} \quad (11.1)$$

каде што:

L_{Aeq, T_e} - измерено еквивалентно ниво на бучава во dB(A) за време T_e ,

T_e – дневно времетраење на изложеност на работникот,

T_0 – 8-часовно референтно време.

Во продолжение се прикажани резултатите од измереното ниво на бучава во училниците кога учениците не се на часови и резултатите од пресметаното 8-часовно нормализирано еквивалентното ниво на изложеност и дозата на изложеност на учениците и наставниците за време на часовите.

11.1. РЕЗУЛТАТИ ОД ОПШТИНСКО ОСНОВНО УЧИЛИШТЕ „ВАНЧО ПРКЕ“

МЕРНО МЕСТО 1 - Крајна училница на втори кат со поглед кон Библиотека „Гоце Делчев“ со површина од 57 m².

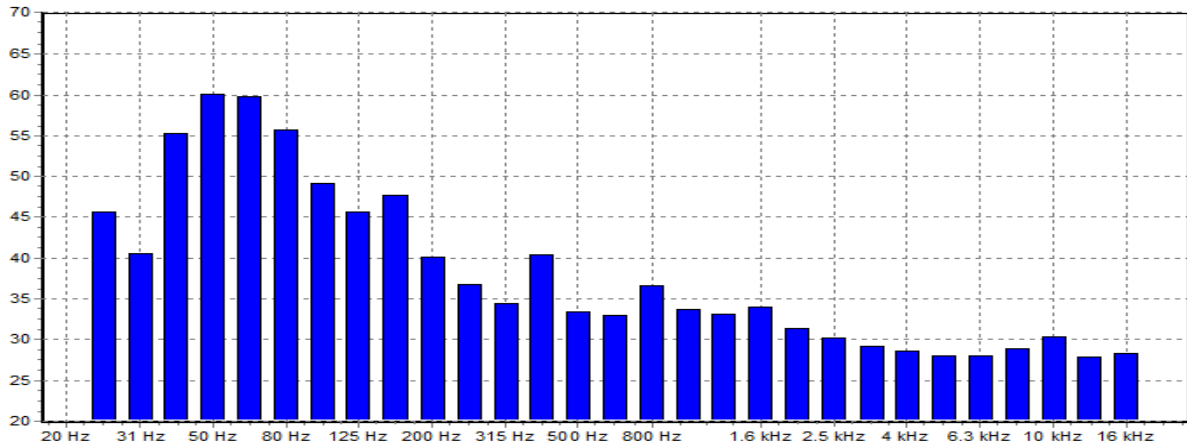


Слика 11.3. Мерно место 1
Figure 11.3. Measurement point 1

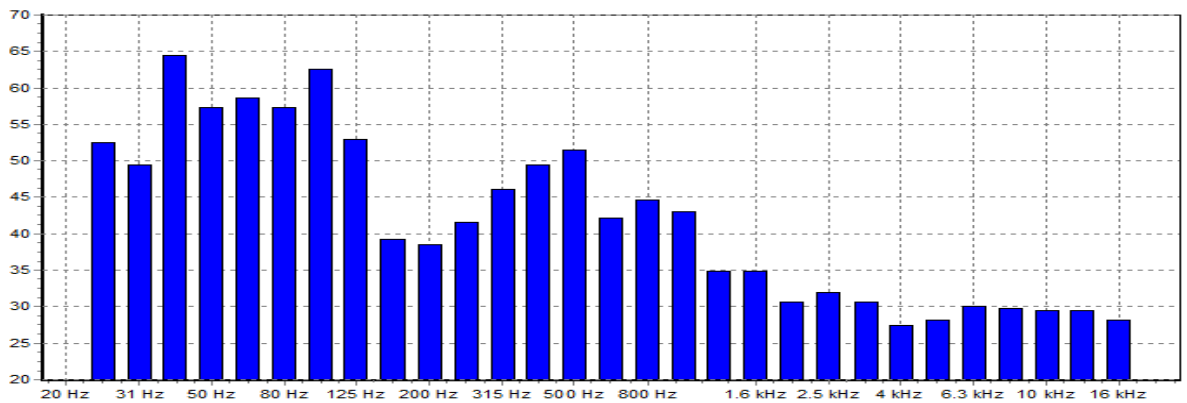
Табела. 11.2. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.2. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 1 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	41,1		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	42,0	40	
$L_B (L_e)$	41,6	40	
$L_H (L_n)$	37,6	40	
$L_{1.0}$	54.3		
$L_{10.0}$	39.8		
$L_{50.0}$	37.2		
$L_{90.0}$	32.4		
$L_{95.0}$	29.8		

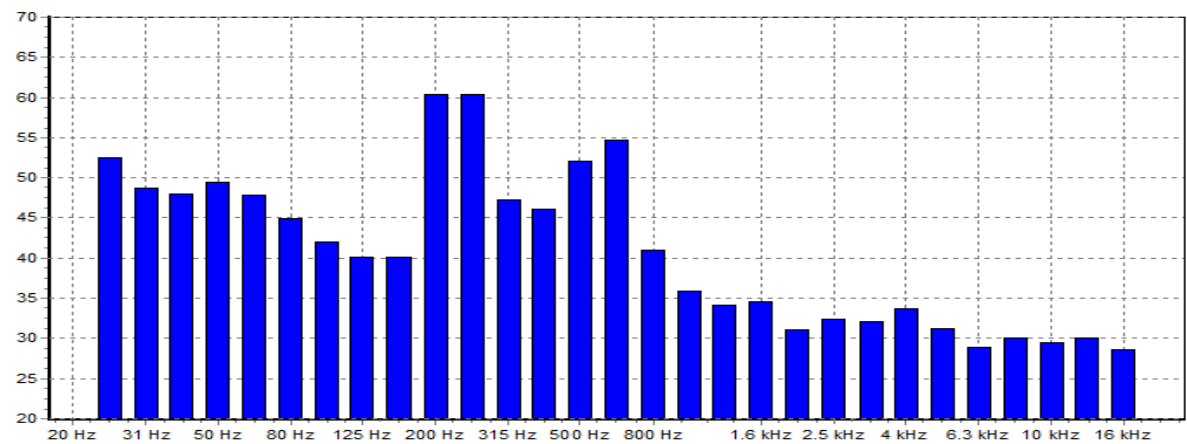
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 1



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



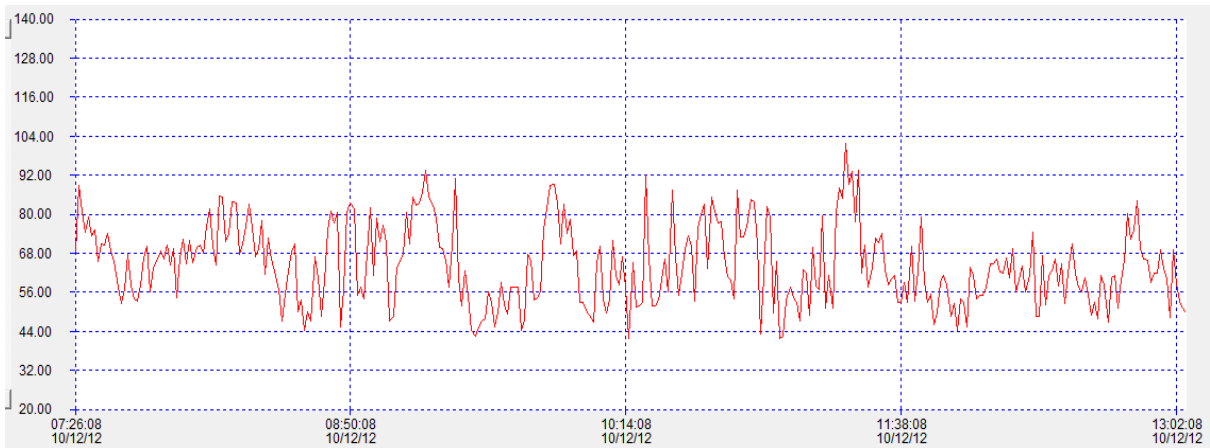
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 1

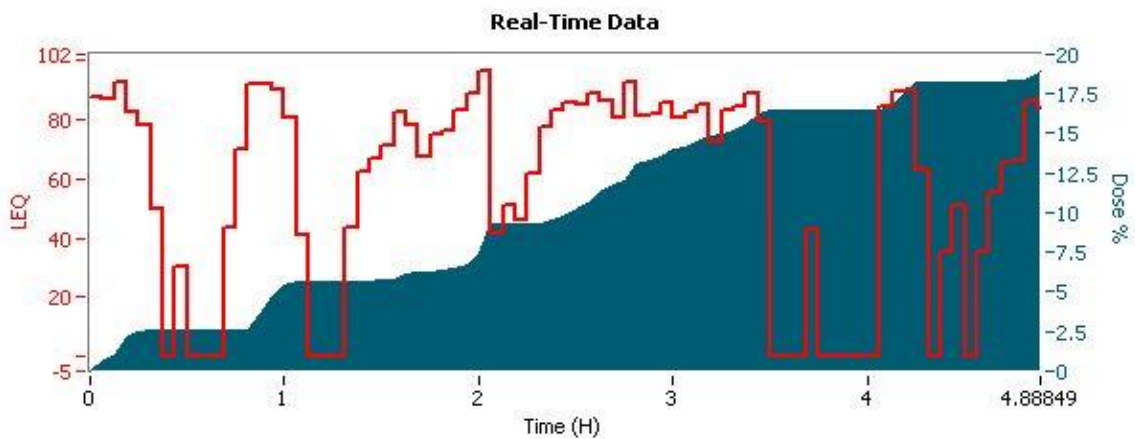
Табела 11.3. Измерени вредности во училница 1 со површина од 57 m² и број на ученици: 28

Table 11.3. Measured values in classroom 1 with area of 57 m² and number of pupils: 28

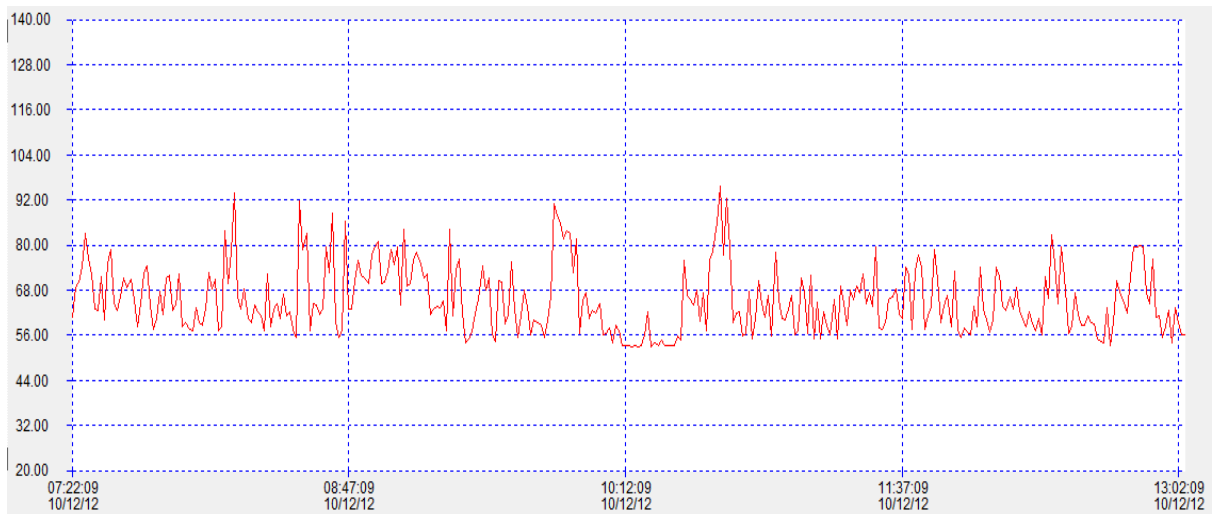
Испитаници/ Participants	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	43.5	101.6	78.7±2.8	77.5	19
Наставници/Teachers	52.3	100.2	79.8±3.1	78.6	22



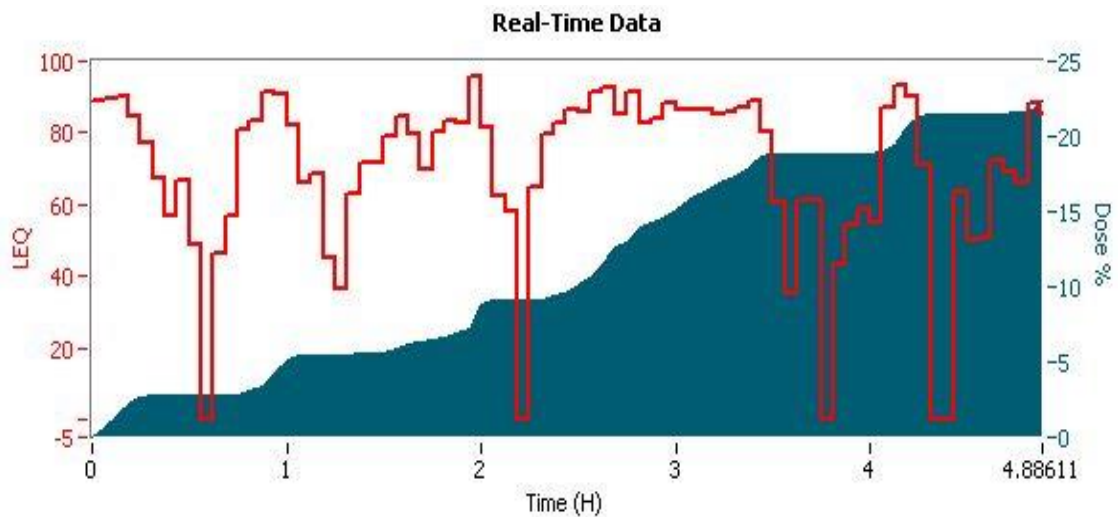
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
Graphic review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
Graphic review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 2 - Крајна училница на втори кат со поглед кон спортска сала „Партизан“ со површина од 57 m².

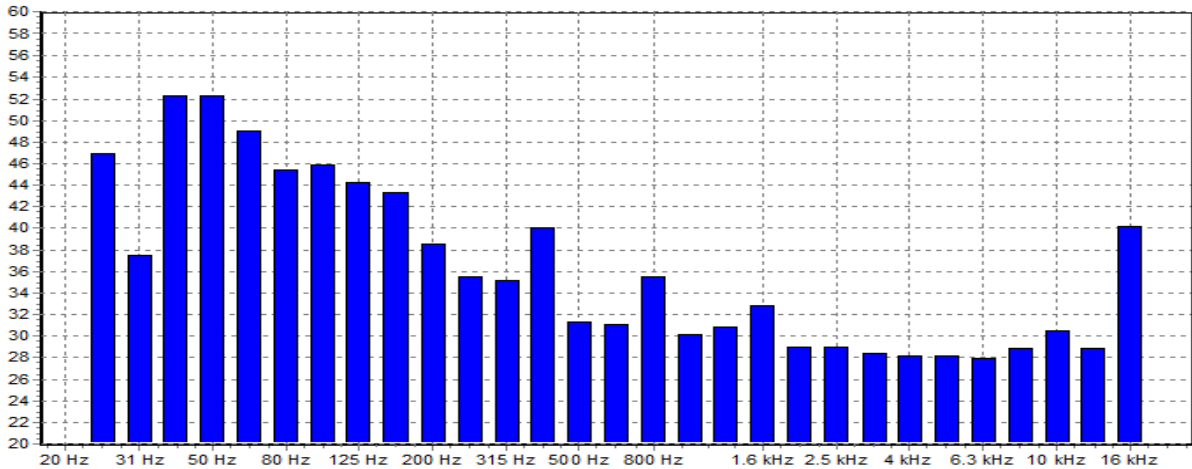


Слика 11.4. Мерно место 2
Figure 11.4. Measurement point 2

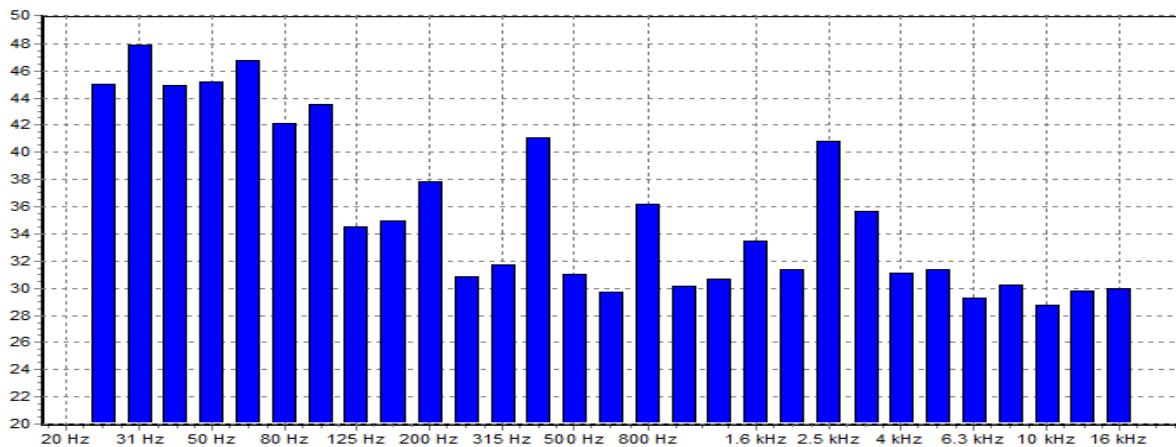
Табела 11.4. Измерени вредности на мерно место 2 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.4. Measured values on measurement point 2 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indikator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	41,3		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	42,0	40	
$L_B (L_e)$	41,7	40	
$L_H (L_n)$	40,5	40	
$L_{1.0}$	53.2		
$L_{10.0}$	39.5		
$L_{50.0}$	36.7		
$L_{90.0}$	30.5		
$L_{95.0}$	29.7		

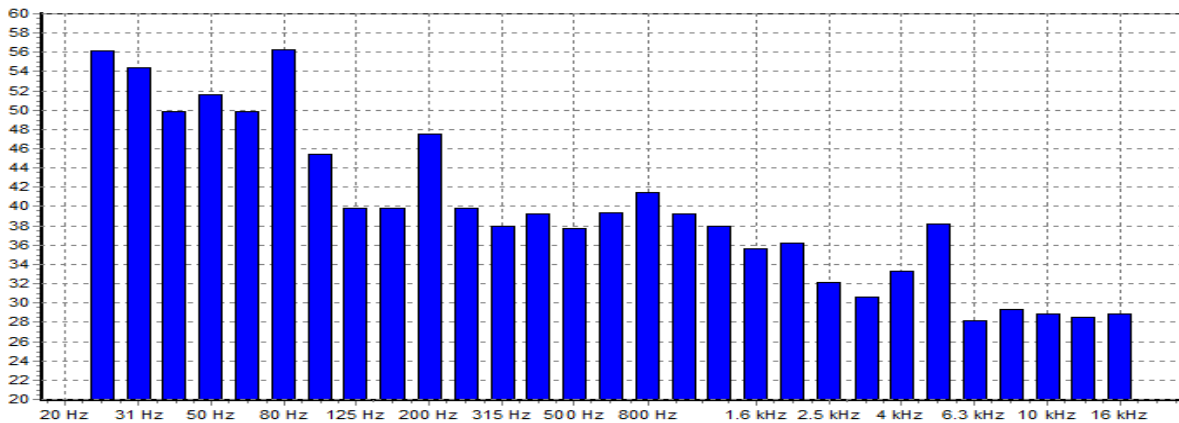
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_v) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



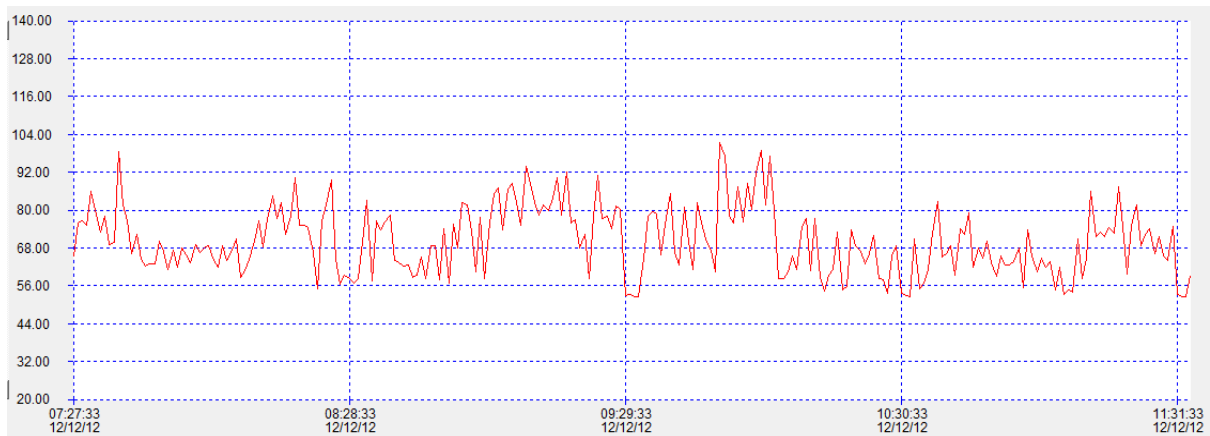
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 2

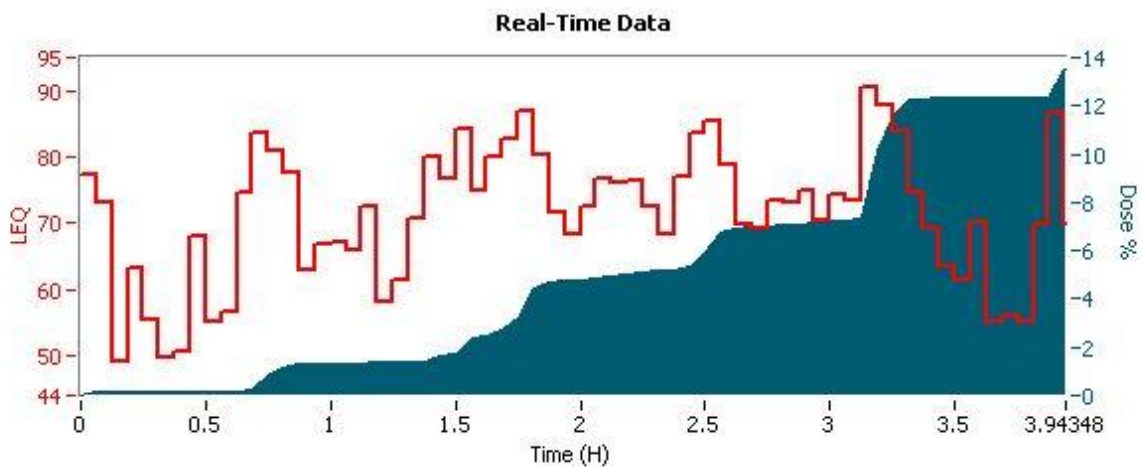
Табела 11.5. Измерени вредности во училница 2 со површина 57 m² од и број на ученици: 29

Table 11.5. Measured values in classroom 2 with area of 57 m² and number of pupils: 29

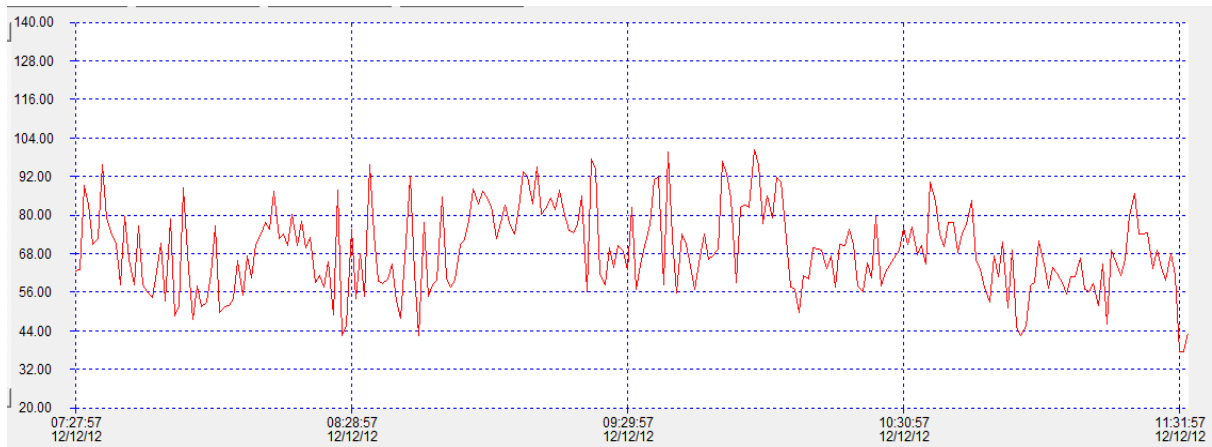
Испитаници/ Participants	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза /Dose (%)
Ученици/Pupils	54.2	96.4	79.2±2.3	76.2	14
Наставници/Teachers	55.7	98.5	79.9±2.5	76.9	15



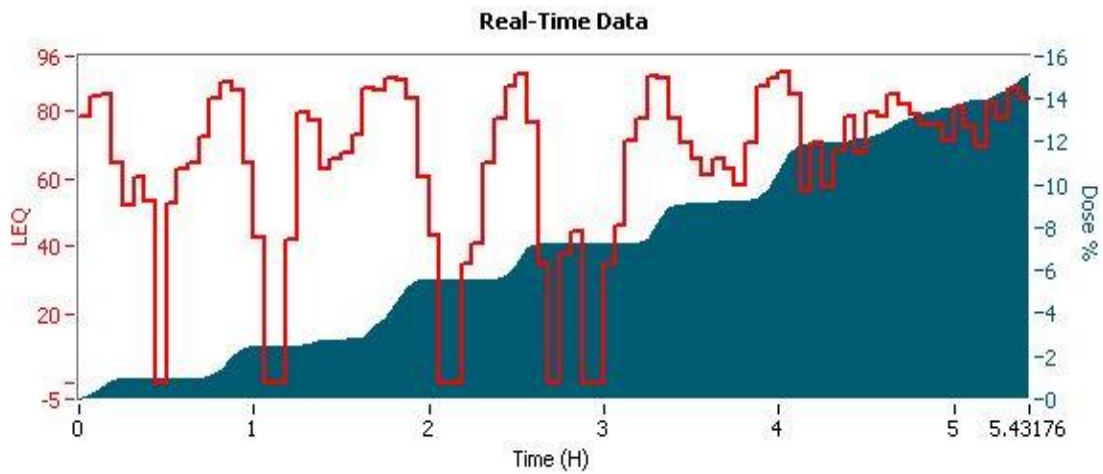
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
Graphic review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
Graphic review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 3 - Училница на втори кат во средина на ходник со површина од 57 m².

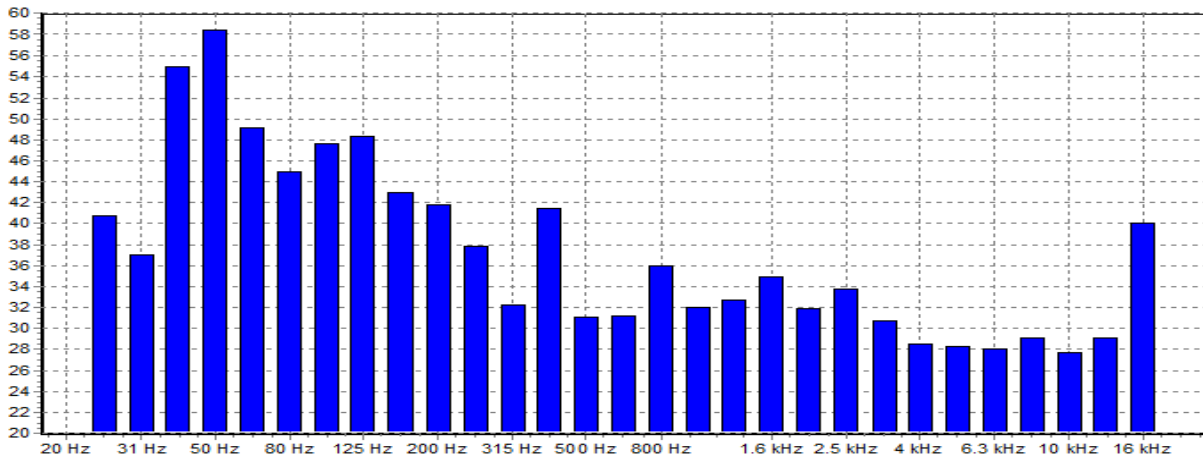


Слика 11.5. Мерно место 3
Figure 11.5. Measurement point 3

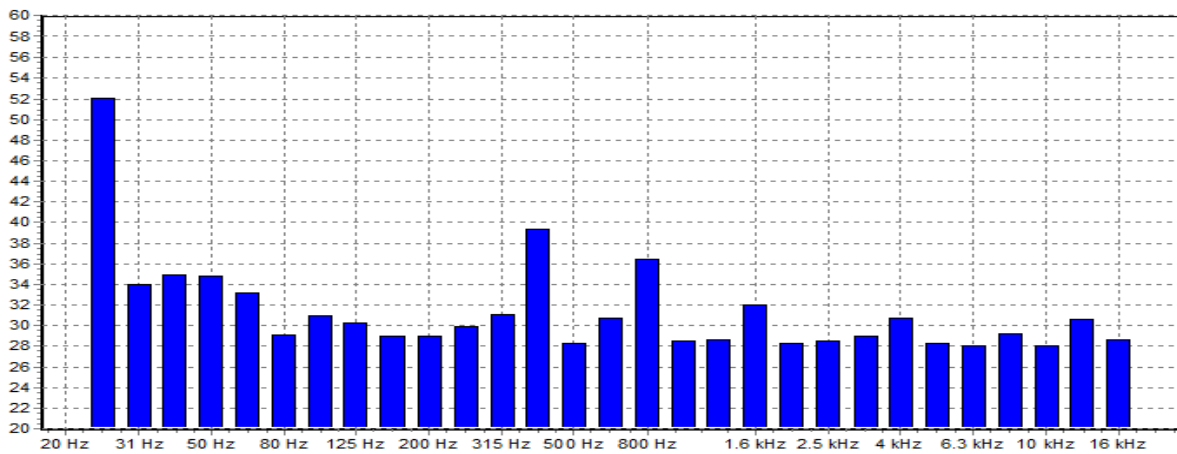
Табела. 11.6. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.6. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	39.9		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	40,1	40	
$L_B (L_e)$	39,8	40	
$L_H (L_n)$	39.6	40	
$L_{1.0}$	52.6		
$L_{10.0}$	38.6		
$L_{50.0}$	34.6		
$L_{90.0}$	29.8		
$L_{95.0}$	28.2		

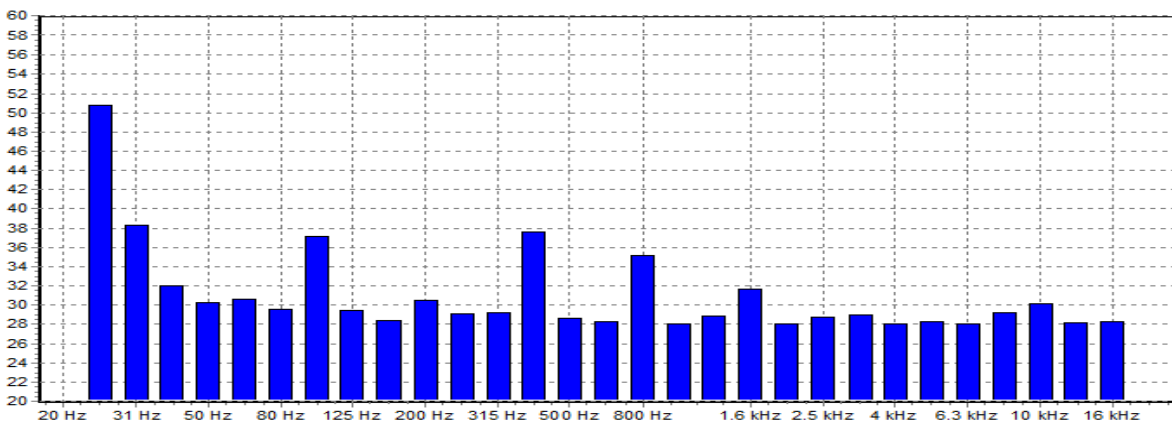
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



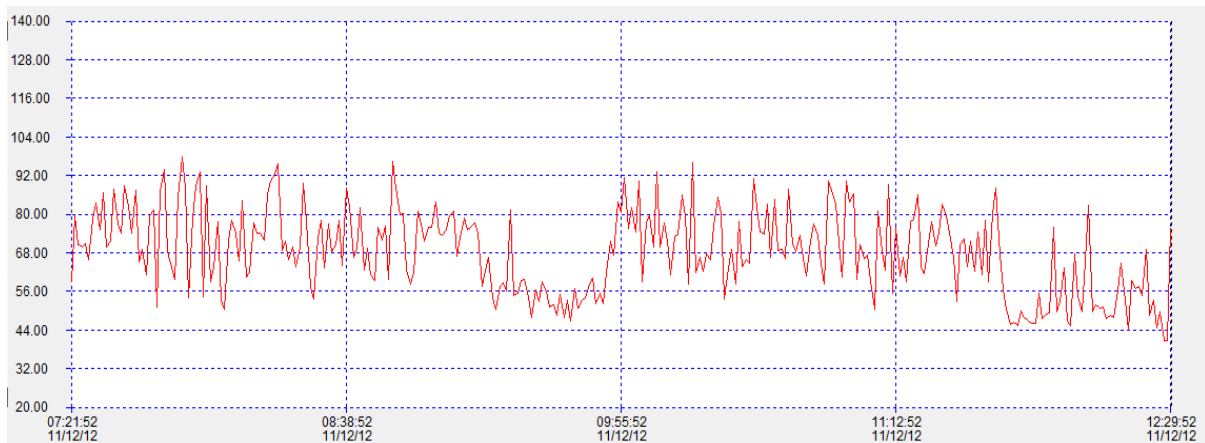
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 3

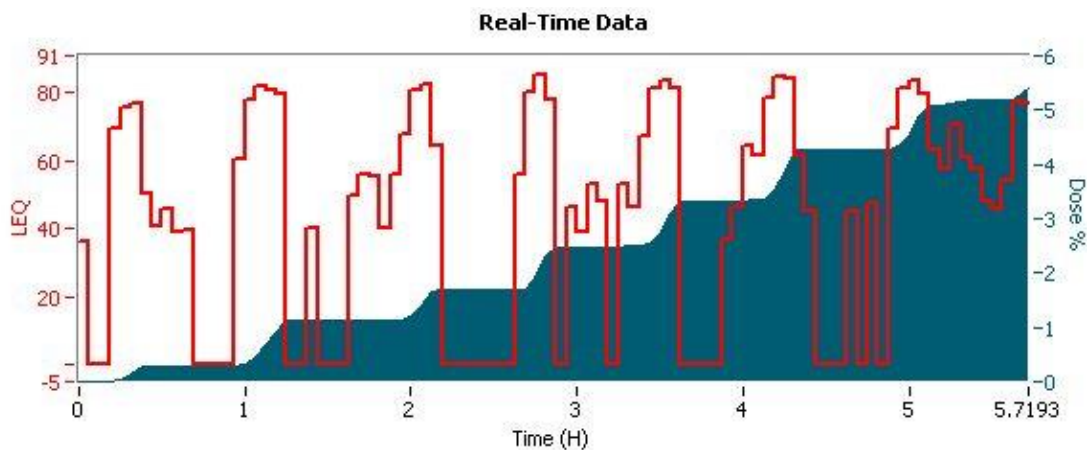
Табела 11.7.Измерени вредности во училница 3 со површина од 57 m² и број на ученици: 17

Table 11.7. Measured values in classroom 3 with area 57 m² and number of pupils: 17

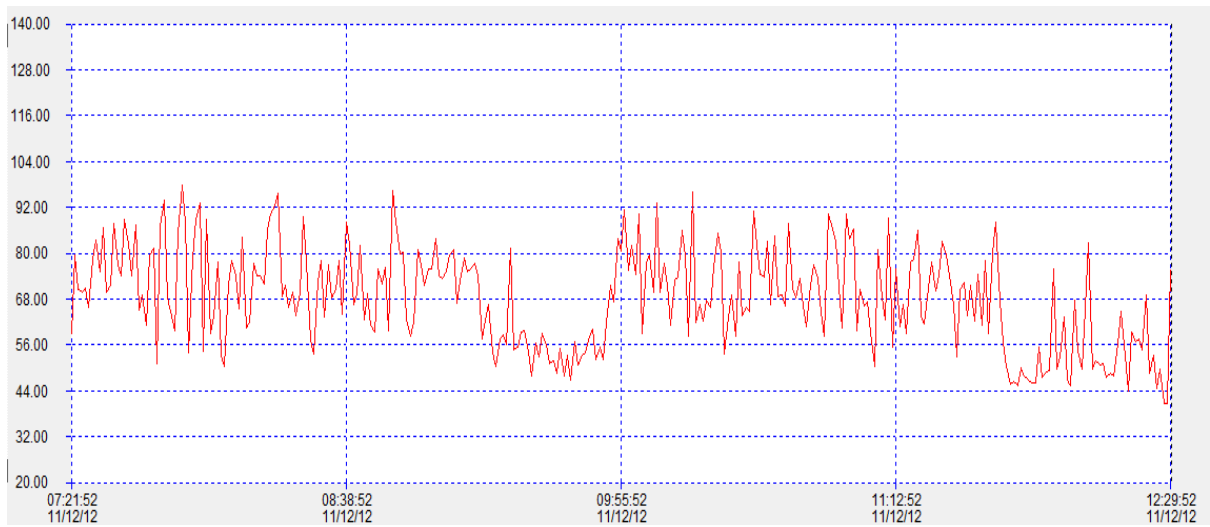
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	45.2	93.6	73.9±2.1	72,3	5,4
Наставници/Teachers	46.7	96.5	74.7±2.2	73,1	6



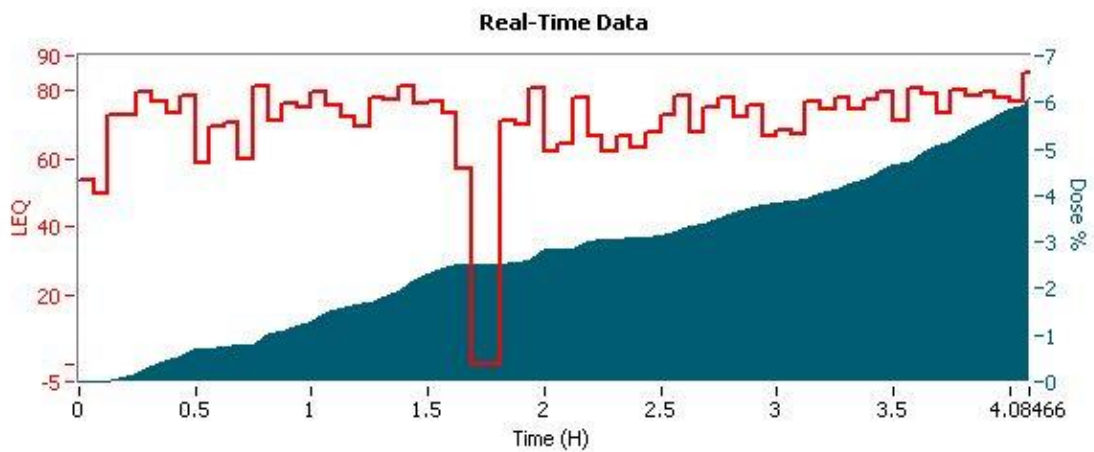
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на ниво на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

11.2. РЕЗУЛТАТИ ОД СРЕДНО ОПШТИНСКО УЧИЛИШТЕ „СЛАВЧО СТОЈМЕНСКИ“

МЕРНО МЕСТО 1 - Училишница на втори кат со поглед кон Собрание на Општина Штип со површина од 47 м².

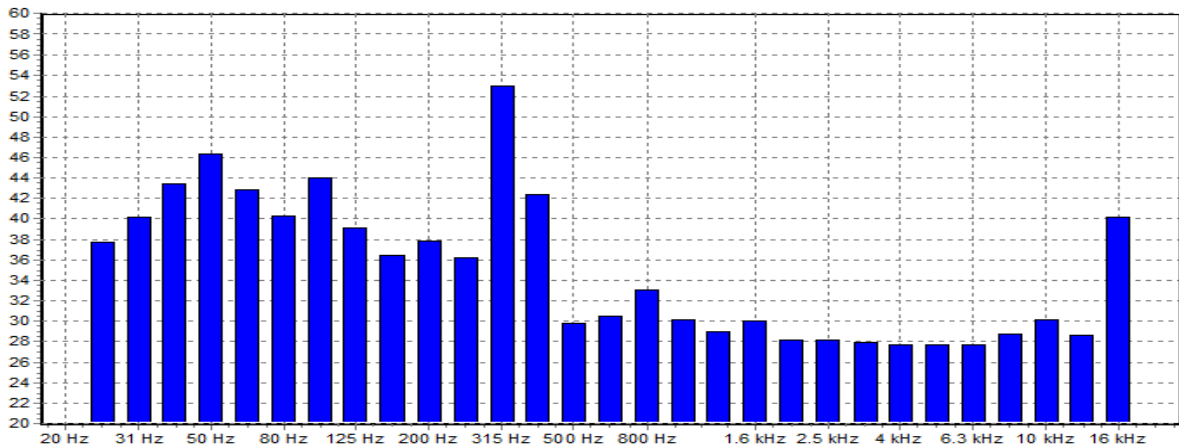


Слика 11.6. Мерно место 1
Figure 11.6. Measurement point 1

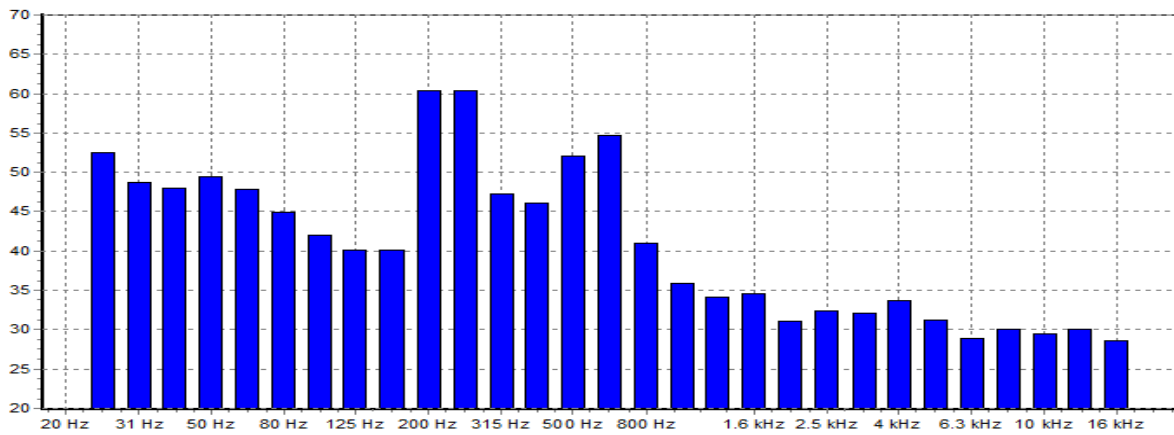
Табела 11.8. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.8. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 1 (area of II degree for noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	37.5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	38,2	55	
$L_B (L_e)$	37,7	55	
$L_H (L_n)$	37.2	45	
$L_{1.0}$	48.5		
$L_{10.0}$	36.4		
$L_{50.0}$	31.5		
$L_{90.0}$	28.7		
$L_{95.0}$	27.2		

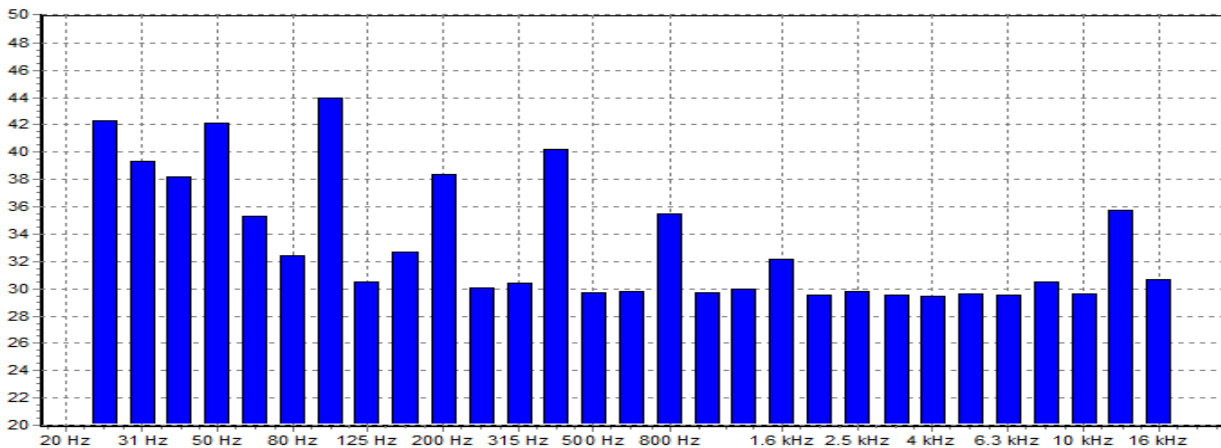
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 1



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



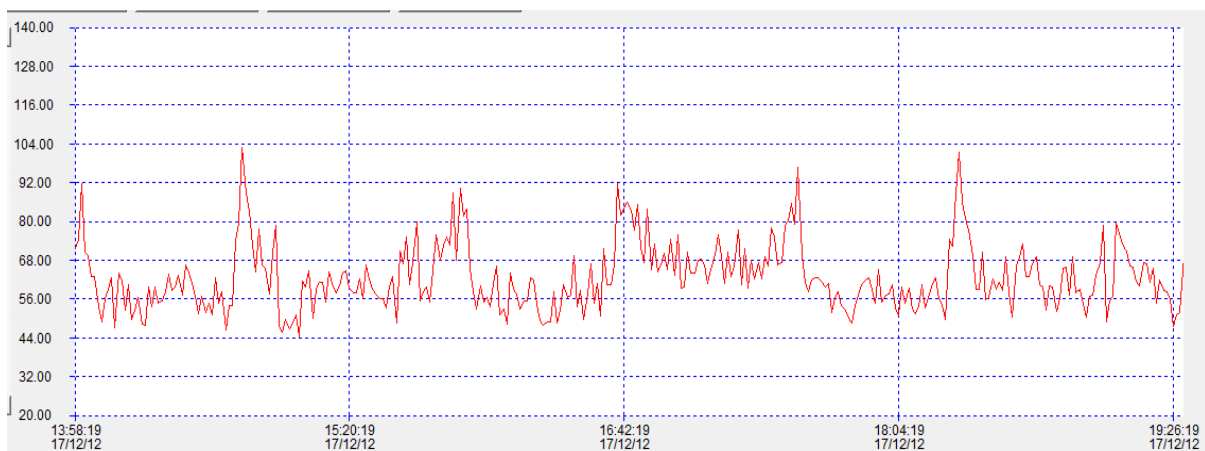
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 1

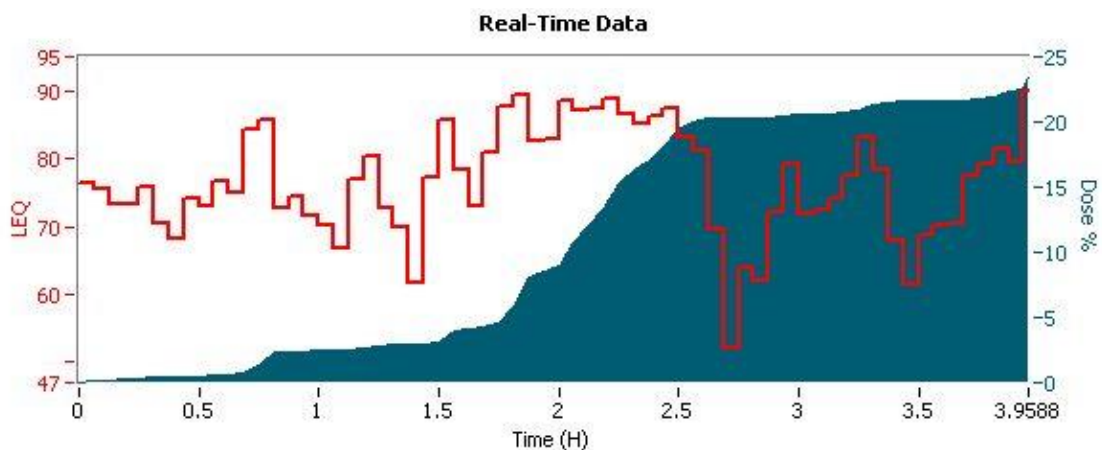
Табела 11.9. Измерени вредности во училница 1 со површина од 47 m² и број на ученици:24

Table 11.9. Measured values in classroom 1 with area of 47 m² and number of pupils: 24

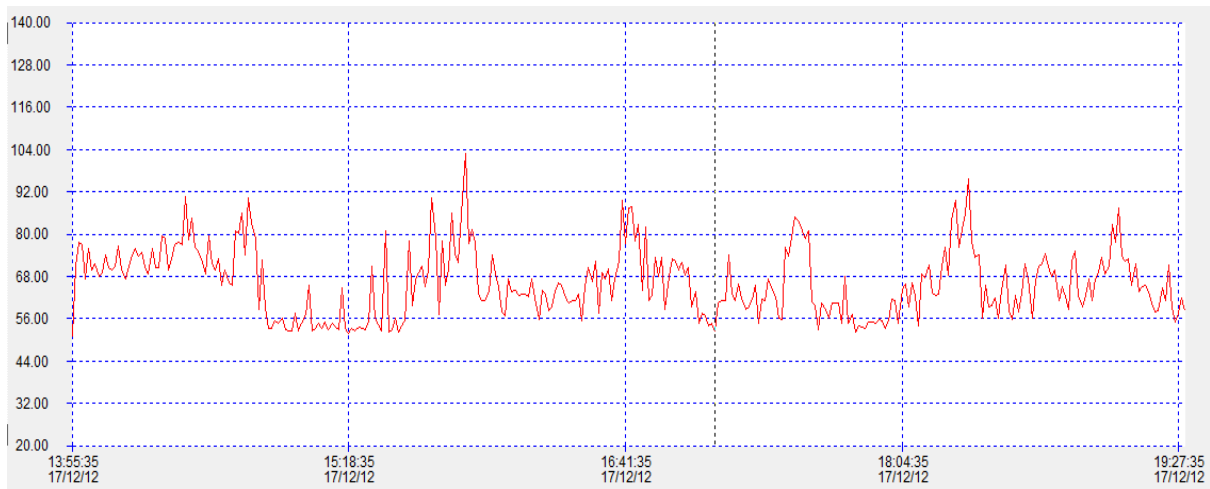
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	45.2	102.7	79.6±2,4	78.0	21
Наставници/Teachers	44.3	102.9	80.4±2.5	78.8	23



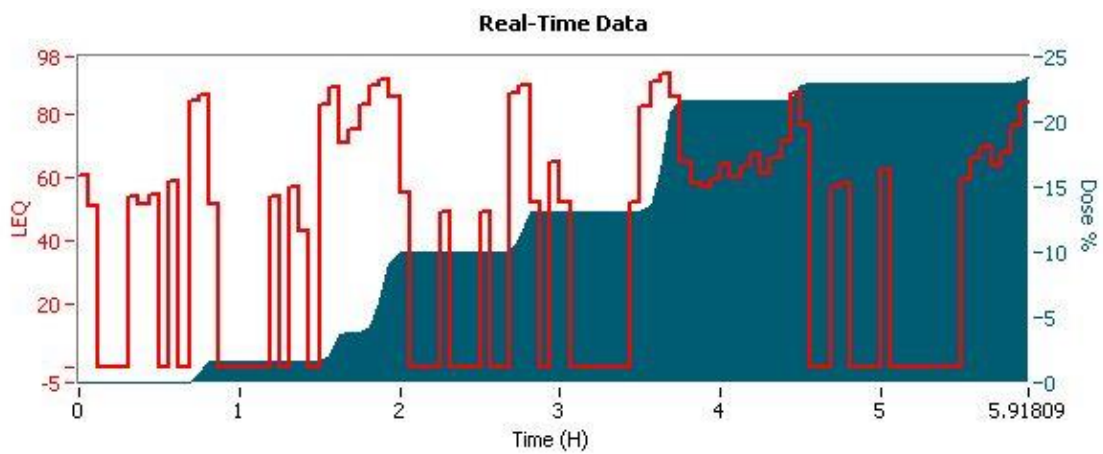
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на ниво на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 2 - Училиница на втори кат со поглед кон училиштето „Ванчо Прке“ и површина од 51 m².

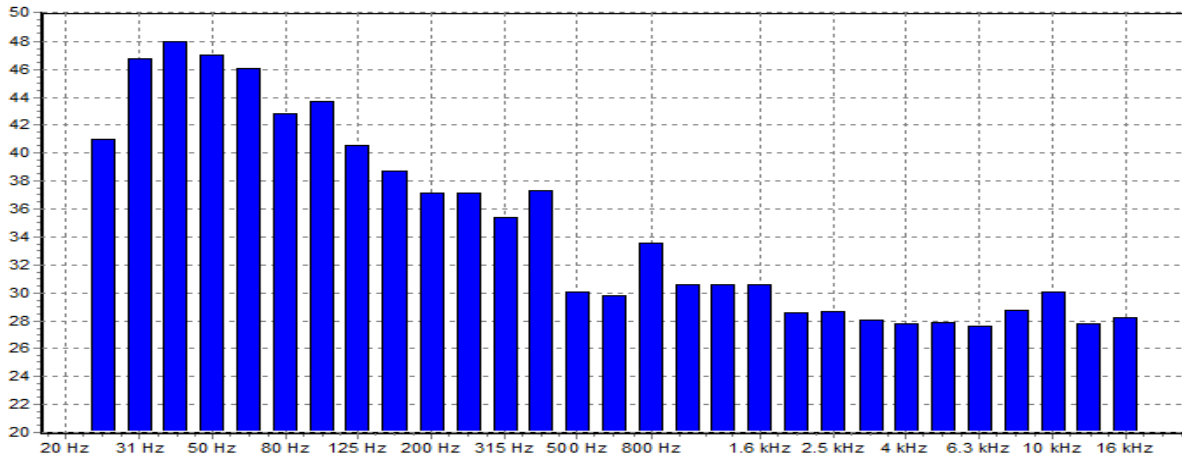


Слика 11.7. Мерно место 2
Figure 11.7. Measurement point 2

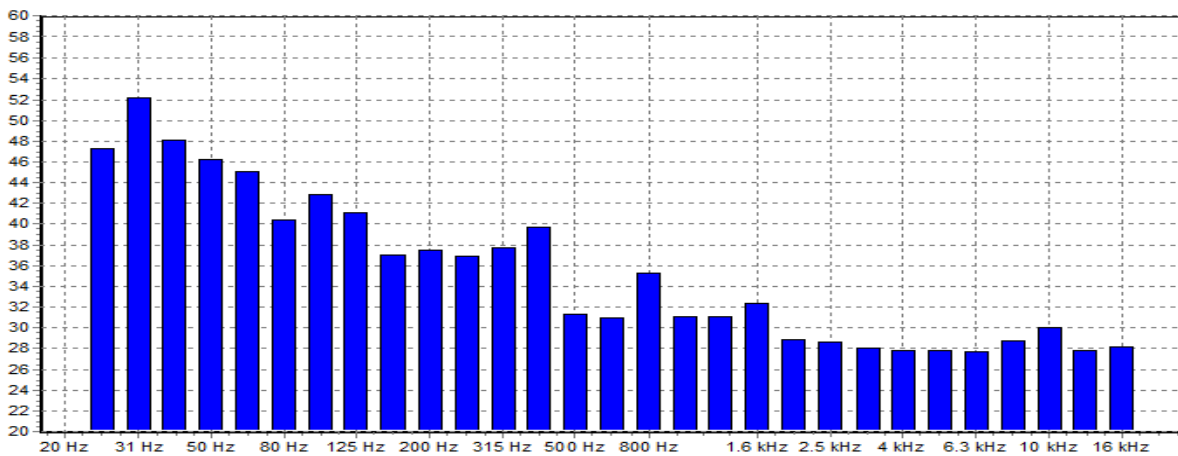
Табела 11.10. Измерени вредности на мерно место 2 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.10. Measured values on measurement point 2 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	38.7		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	39,6	40	
$L_B (L_e)$	38,8	40	
$L_H (L_n)$	38.4	40	
$L_{1.0}$	49.5		
$L_{10.0}$	37.5		
$L_{50.0}$	32.6		
$L_{90.0}$	29.5		
$L_{95.0}$	28.4		

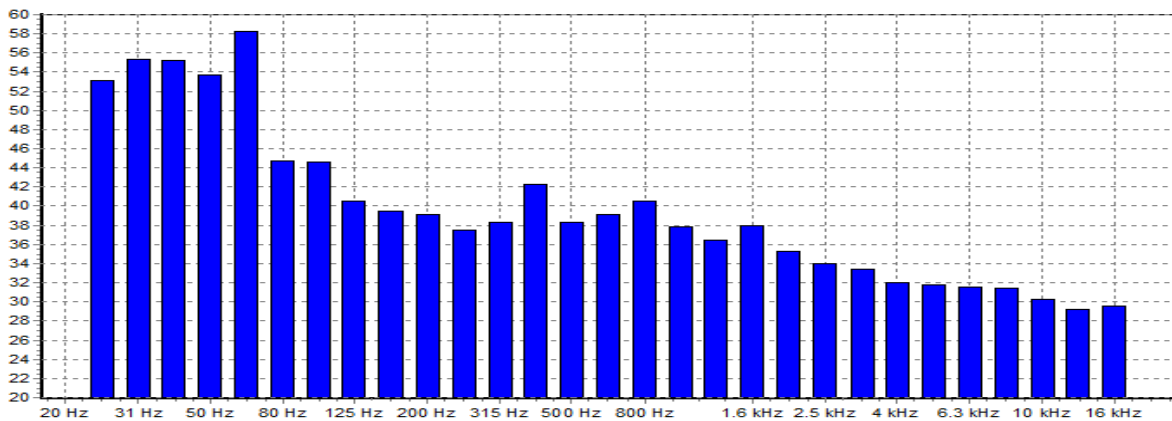
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_v) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



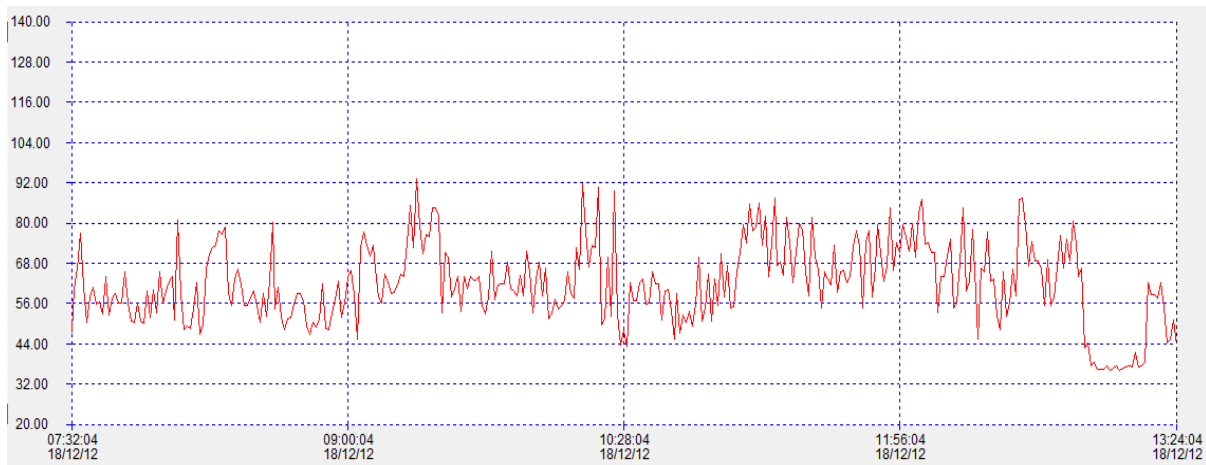
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 2

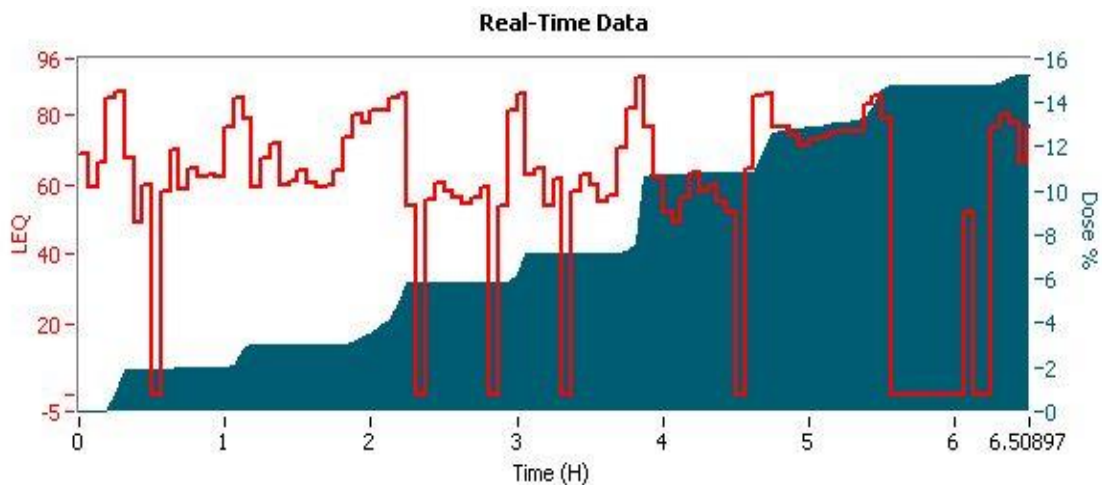
Табела 11.11. Измерени вредности во училница 2 со површина од 51 m² и број на ученици: 27

Table 11.11. Measured values in classroom 2 with area of 51 m² and number of pupils: 27

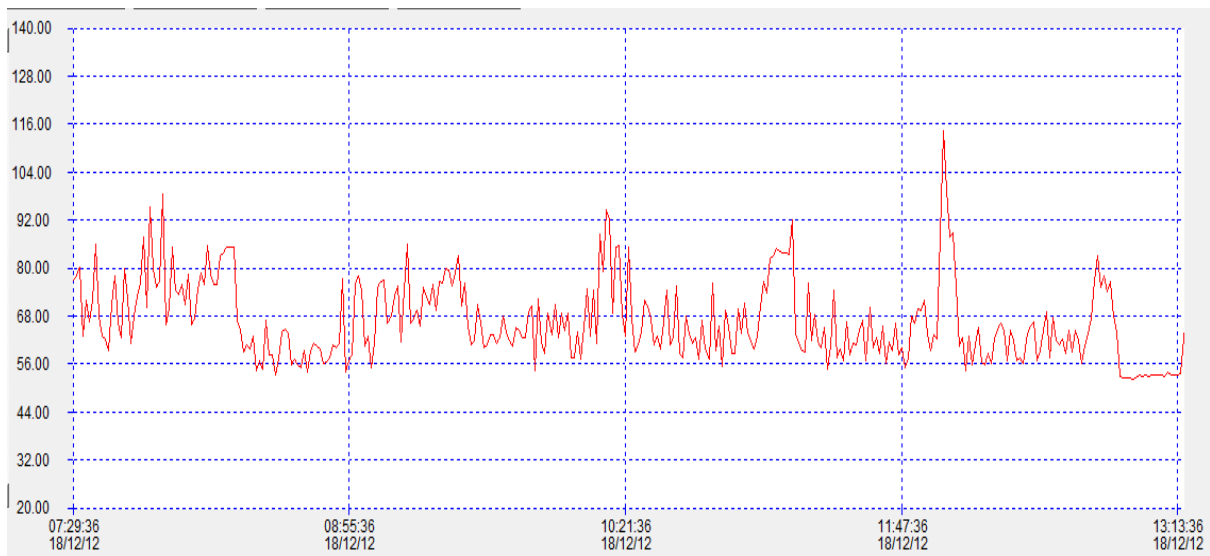
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	37.5	93.7	78.1±1.7	76.9	15
Наставници/Teachers	52.1	103.3	78.4±2.0	77.2	17



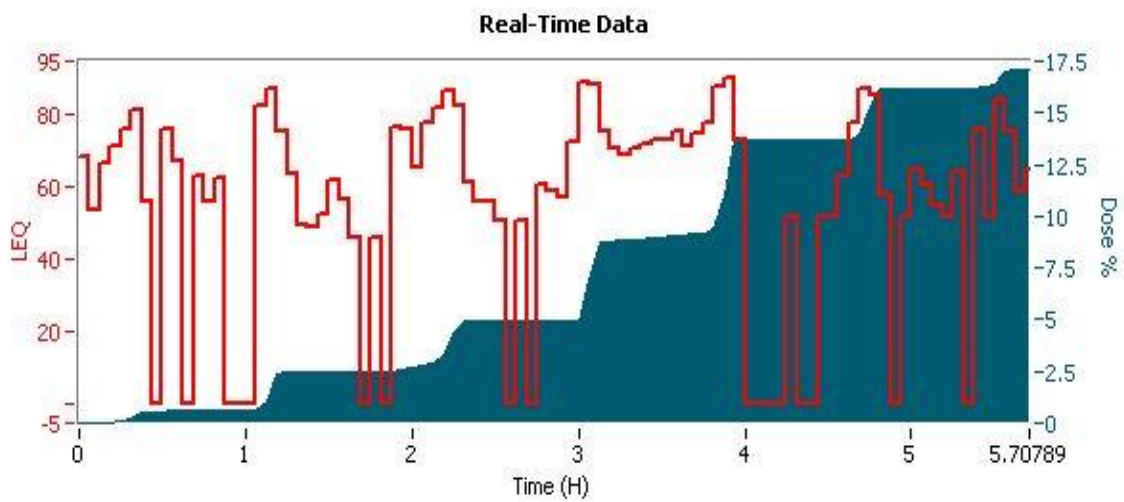
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils' noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils' noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 3 - Училища на втори кат со поглед кон Собранието на Општина Штип со површина од 51 m².

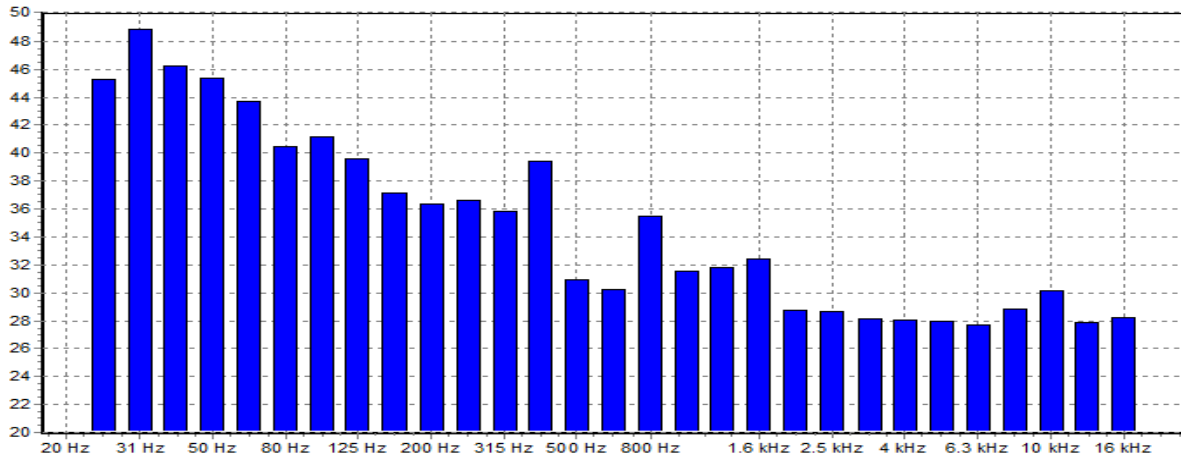


Слика 11.8. Мерно место 3
Figure 11.8. Measurement point 3

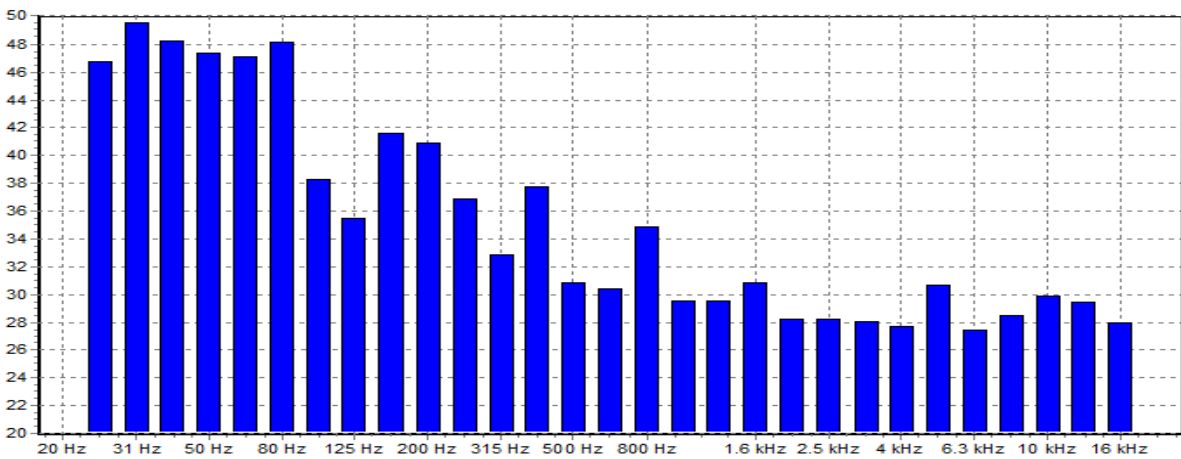
Табела. 11.12. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.12. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
L _{eq,24h}	39.5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
L _д (L _d)	38,6	40	
L _в (L _e)	39,9	40	
L _н (L _n)	39.3	40	
L _{1.0}	48.2		
L _{10.0}	36.9		
L _{50.0}	30.4		
L _{90.0}	28.1		
L _{95.0}	27.6		

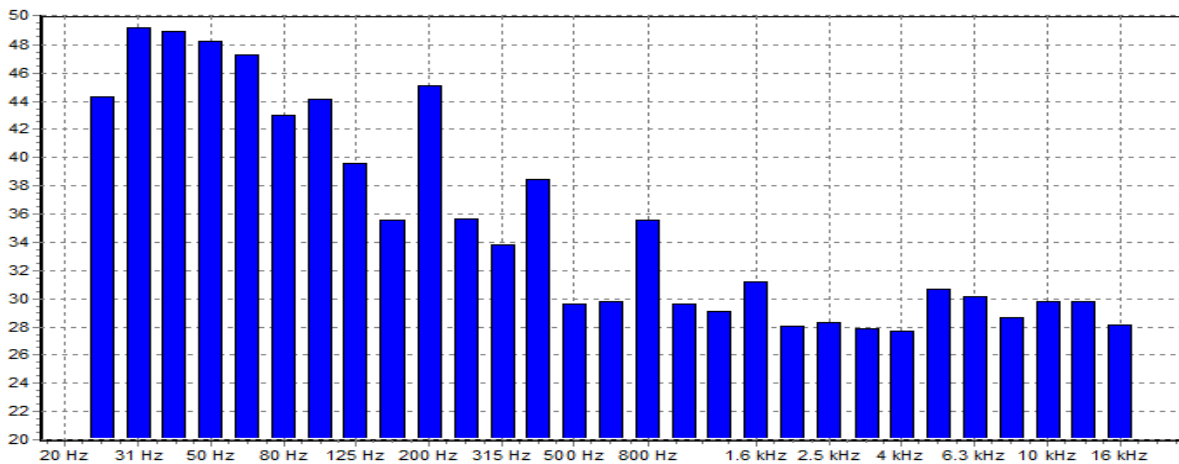
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



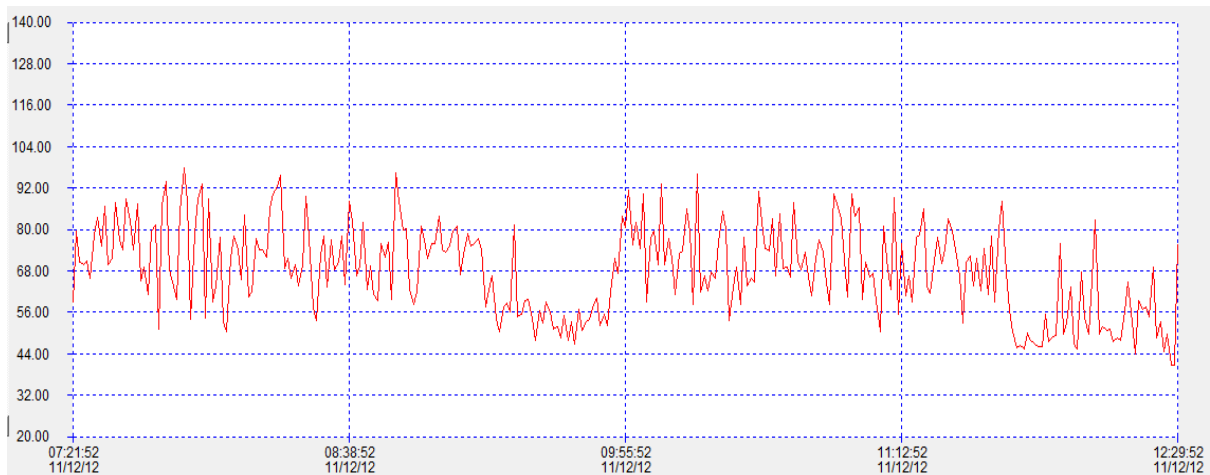
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 3

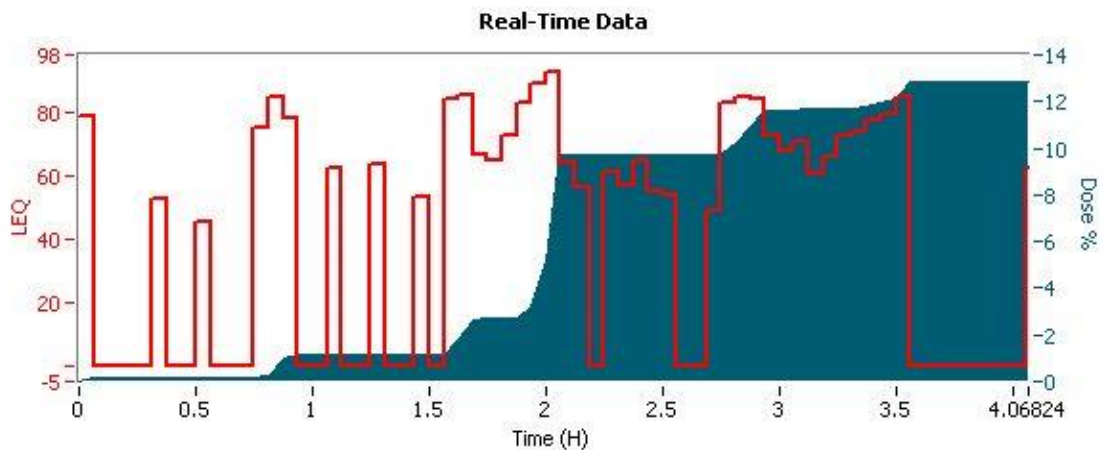
Табела 11.13. Измерени вредности во училница 3 со површина од 51 m² и број на ученици: 26

Table 11.13. Measured values in classroom 3 with area of 51 m² and number of pupils: 26

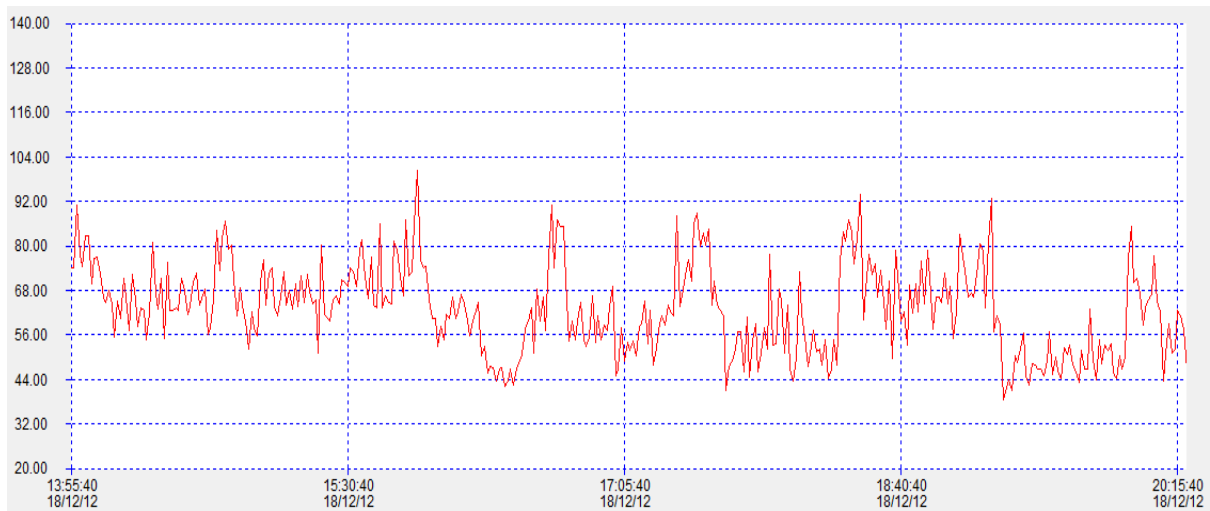
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	44.5	95.3	77.9±1.8	75.9	13
Наставници/Teachers	43.7	101.4	77.5±2.3	76.3	14



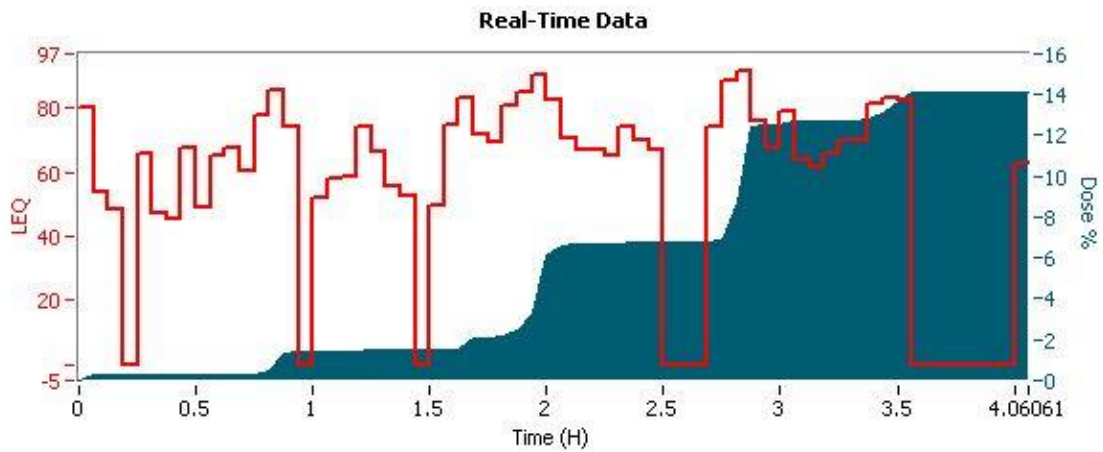
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

11.3. РЕЗУЛТАТИ ОД ОСНОВНО ОПШТИНСКО УЧИЛИШТЕ „ТОШО АРСОВ“

МЕРНО МЕСТО 1 - Крајна училница на втори кат, ламела 1 со површина од 53 m².

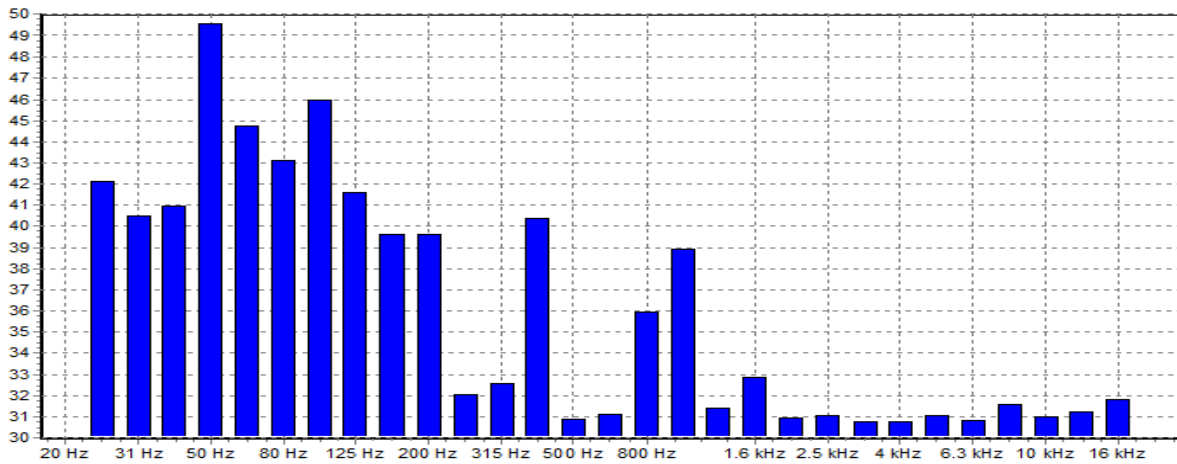


Слика 11.9. Мерно место 1
Figure 11.9. Measurement point 1

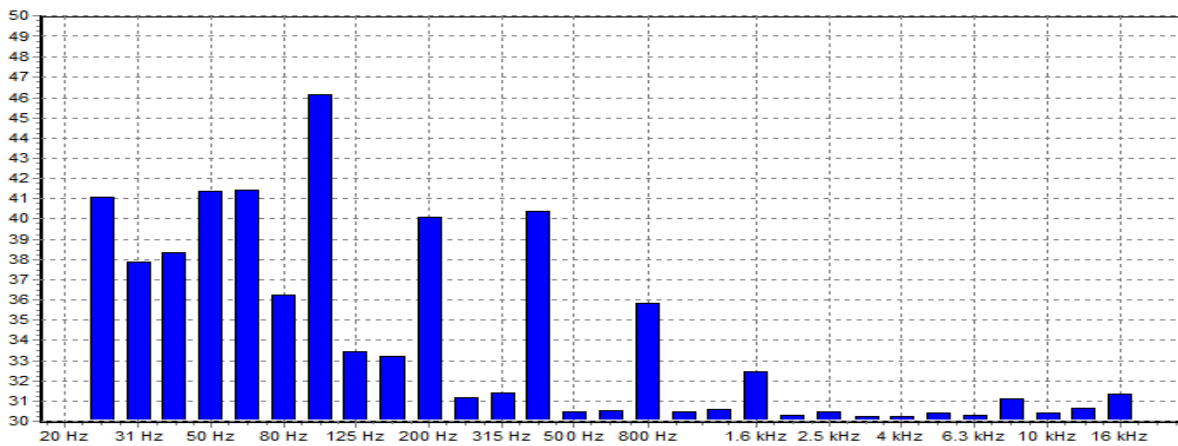
Табела 11.14. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.14. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 1 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
L _{eq,24h}	34,5		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
L _д (L _d)	35,1	40	
L _в (L _e)	34,4	40	
L _н (L _n)	34,1	40	
L _{1.0}	37,8		
L _{10.0}	36,9		
L _{50.0}	30,4		
L _{90.0}	28,1		
L _{95.0}	27,6		

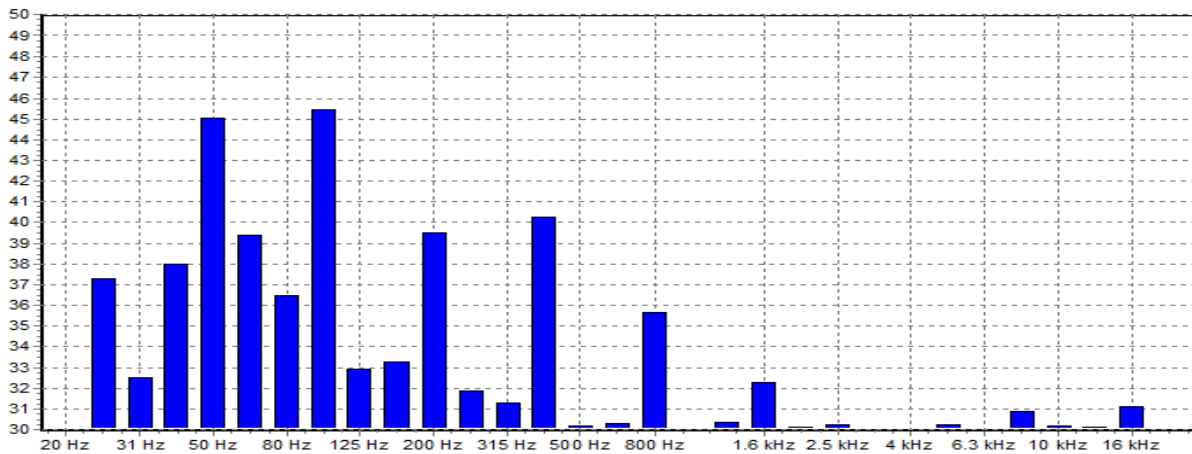
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 1



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



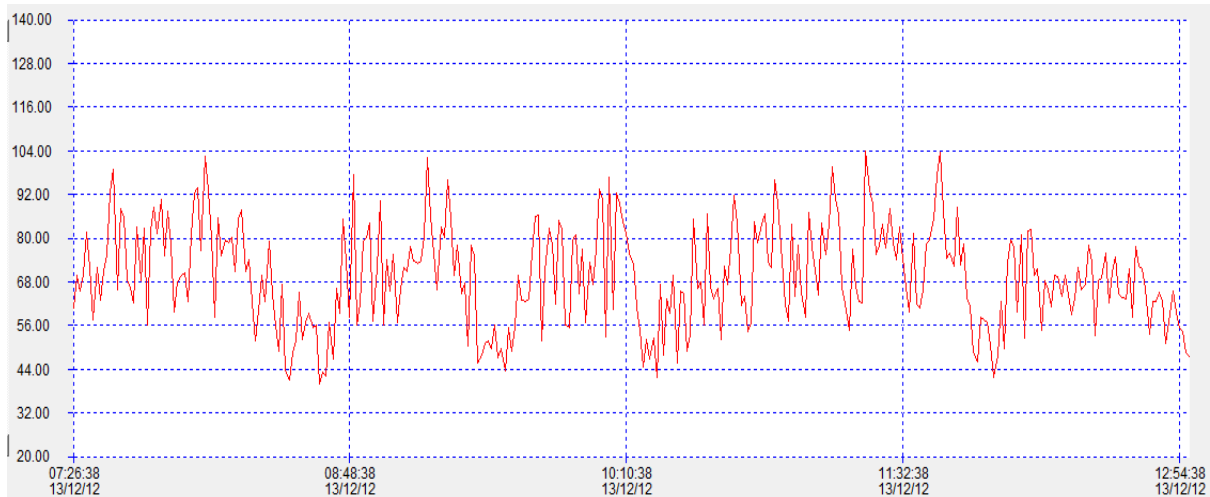
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 1

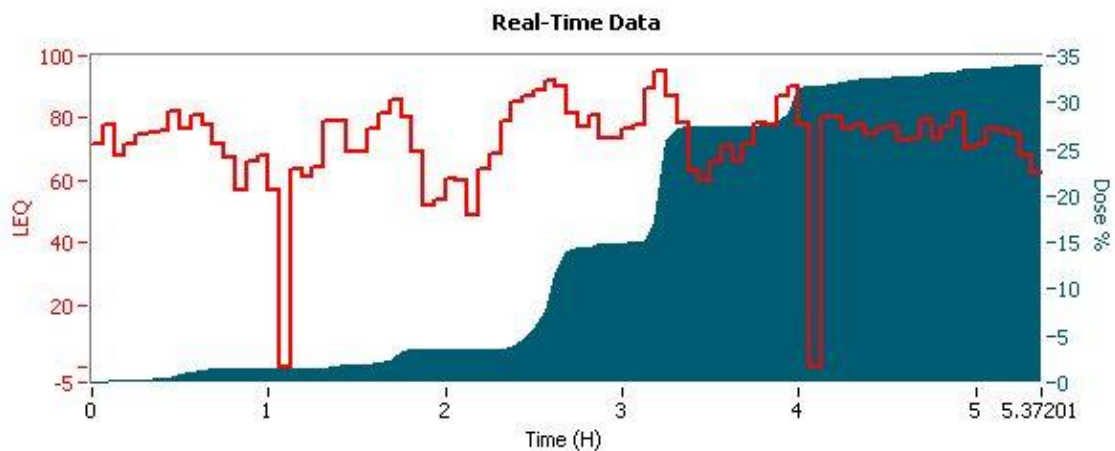
Табела 11.15. Измерени вредности во училница 1 со површина од 53 m² и број на ученици: 32

Table 11.15. Measured values in classroom 1 with area of 53 m² and number of pupils: 32

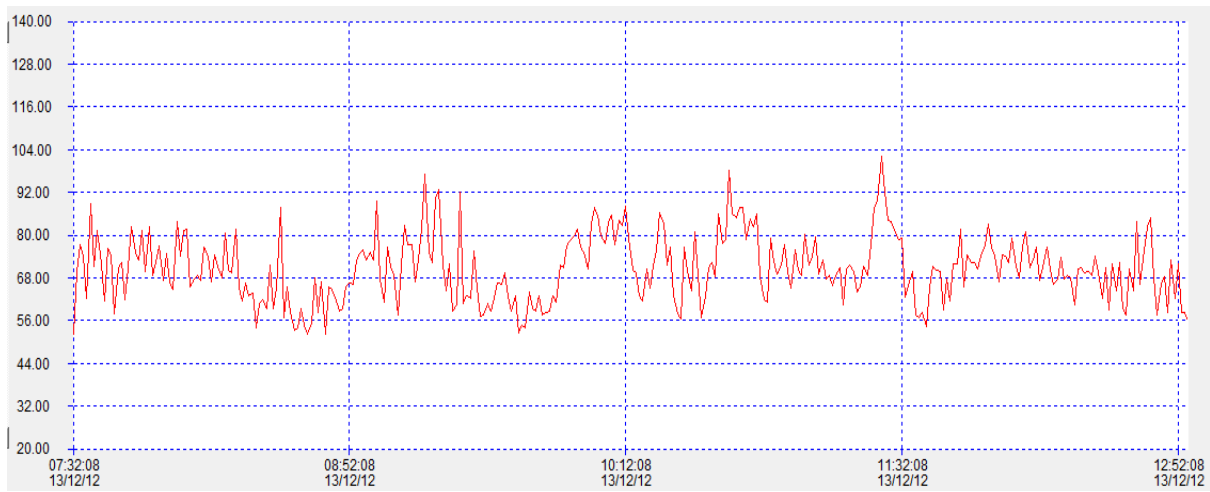
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици	41.3	103.9	81.8±2.3	80.2	34
Наставници	52.7	102.2	82.2±2.5	80.6	36



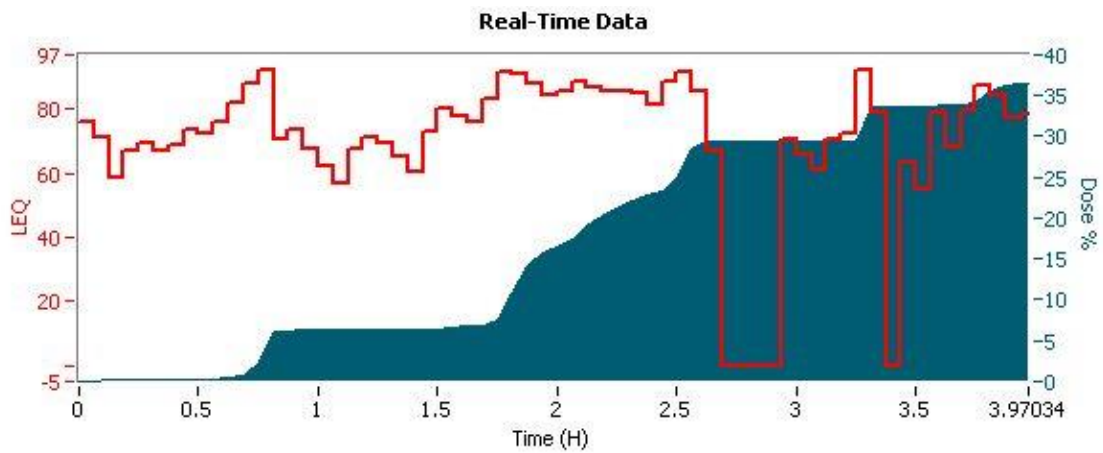
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 2 - Крајна училница на втори кат, ламела 2 со површина од 53 m².

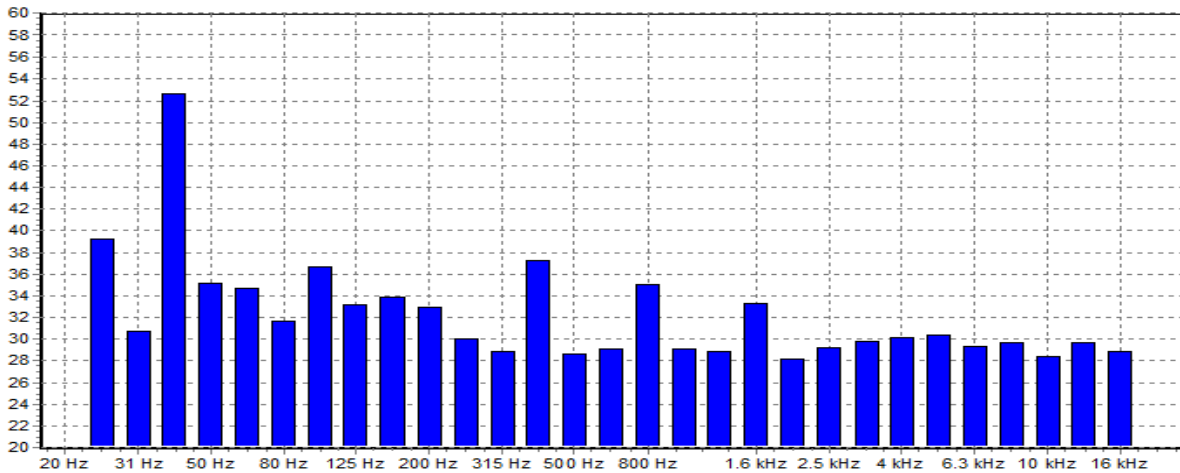


Слика 11.10. Мерно место 2
Figure 11.10. Measurement point 2

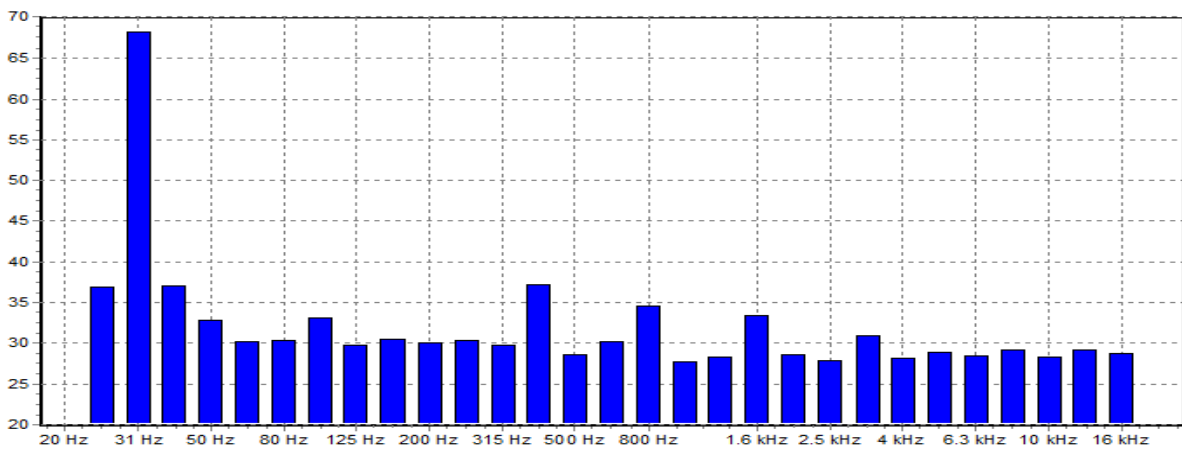
Табела 11.16. Измерени вредности на мерно место 2 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.16. Measured values on measurement point 2 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	37.2		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	37,7	40	
$L_B (L_e)$	37,2	40	
$L_H (L_n)$	37.1	40	
$L_{1.0}$	45.0		
$L_{10.0}$	34.8		
$L_{50.0}$	30.2		
$L_{90.0}$	27.1		
$L_{95.0}$	26.6		

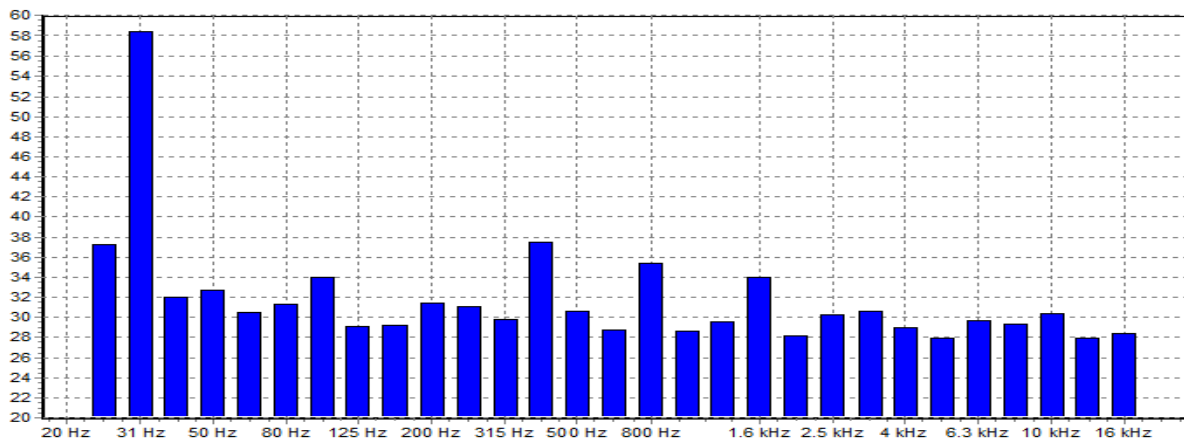
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_v) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



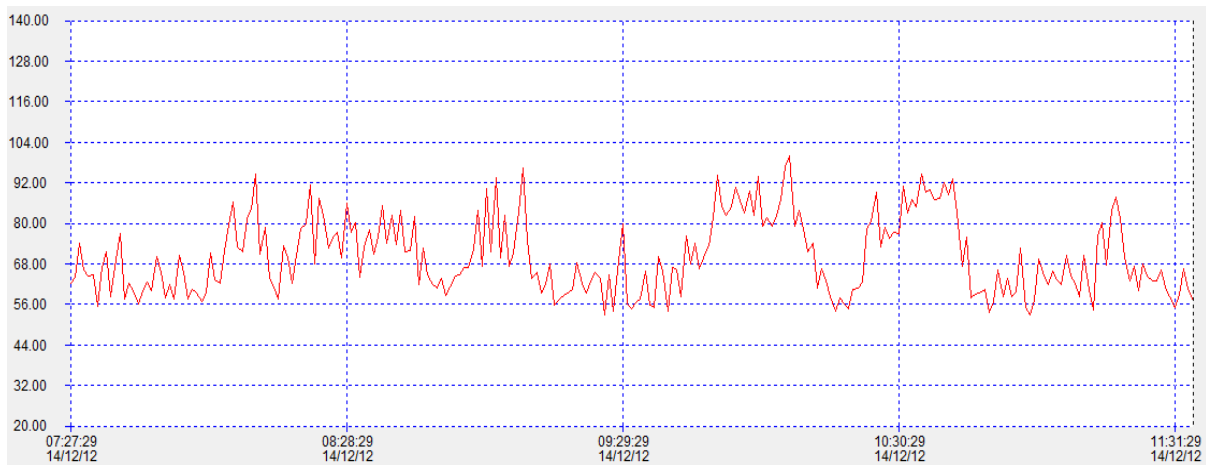
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 2

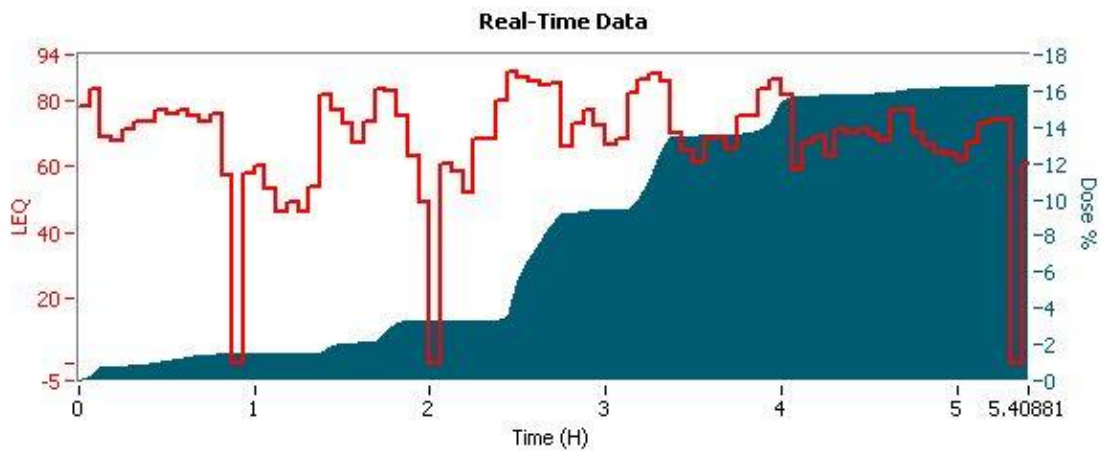
Табела 11.17. Измерени вредности во училница 2 со површина од 53 m² и број на ученици: 29

Table 11.17. Measured values in classroom 2 with area of 53 m² and number of pupils: 29

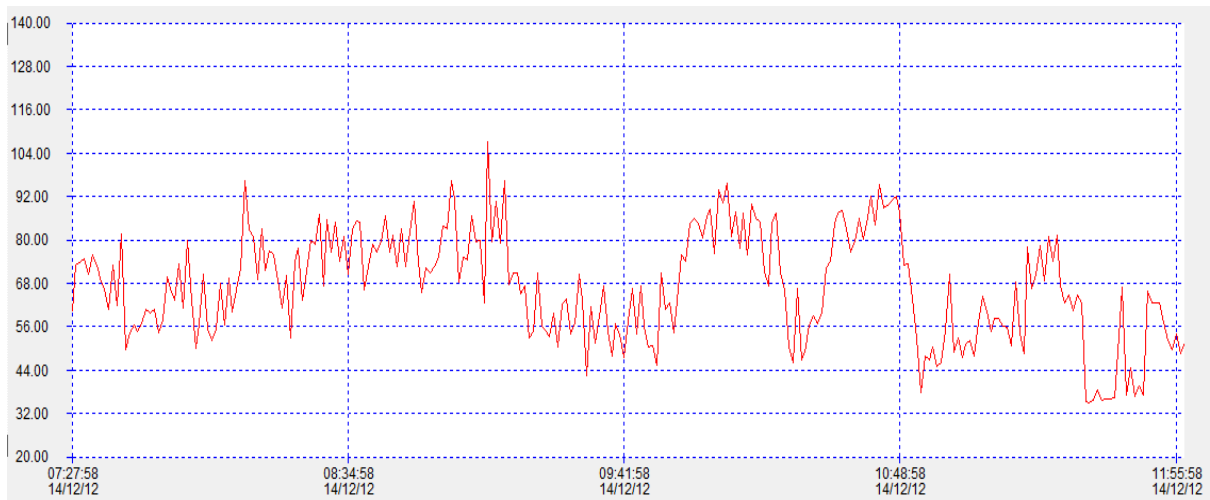
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/Dose (%)
Ученици	52.9	100.7	80.3±2.2	77.3	17
Наставници	42.6	107.5	81.7±2.4	78.7	23



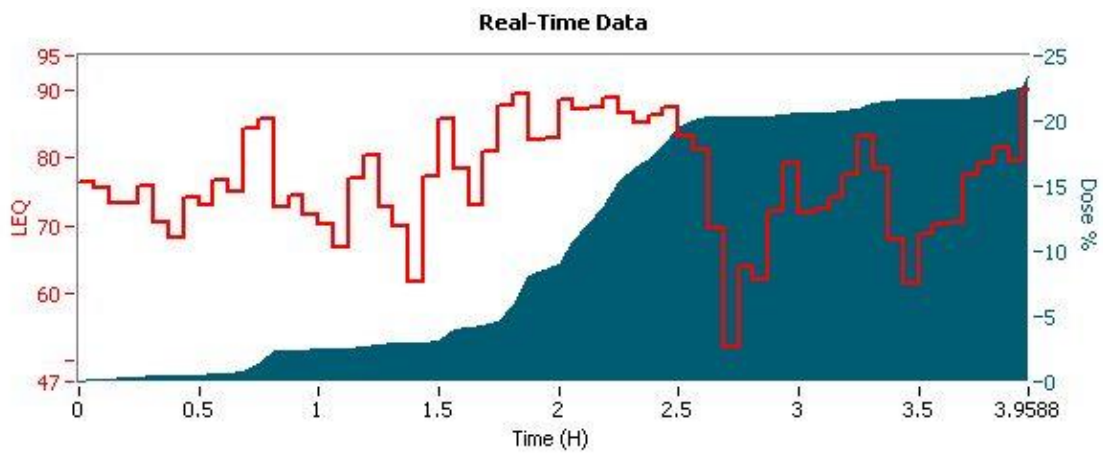
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphic review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
Graphic review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
Graphic review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 3 - Училища на втори кат, во средина, ламела 1 со површина од 53 m².

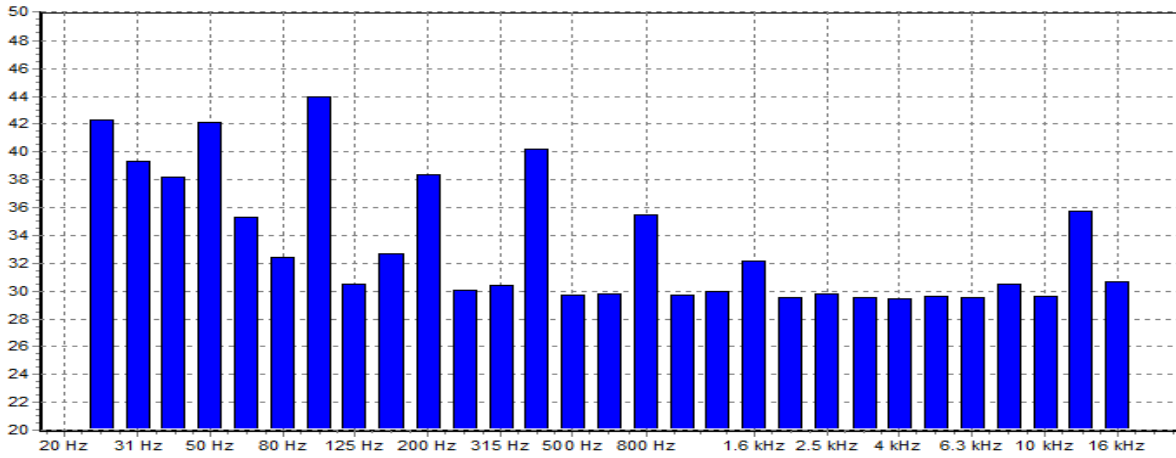


Слика 11.11. Мерно место 3
Figure 11.11. Measurement point 3

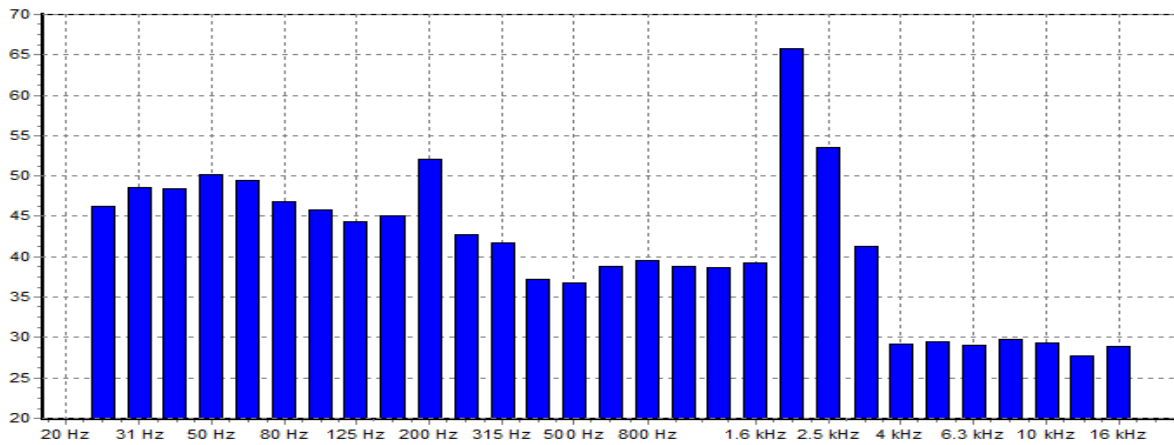
Табела 11.18. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.18. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	37.2		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	37,4	40	
$L_B (L_e)$	37,1	40	
$L_H (L_n)$	37.1	40	
$L_{1.0}$	50.6		
$L_{10.0}$	36.9		
$L_{50.0}$	30.4		
$L_{90.0}$	28.1		
$L_{95.0}$	27.6		

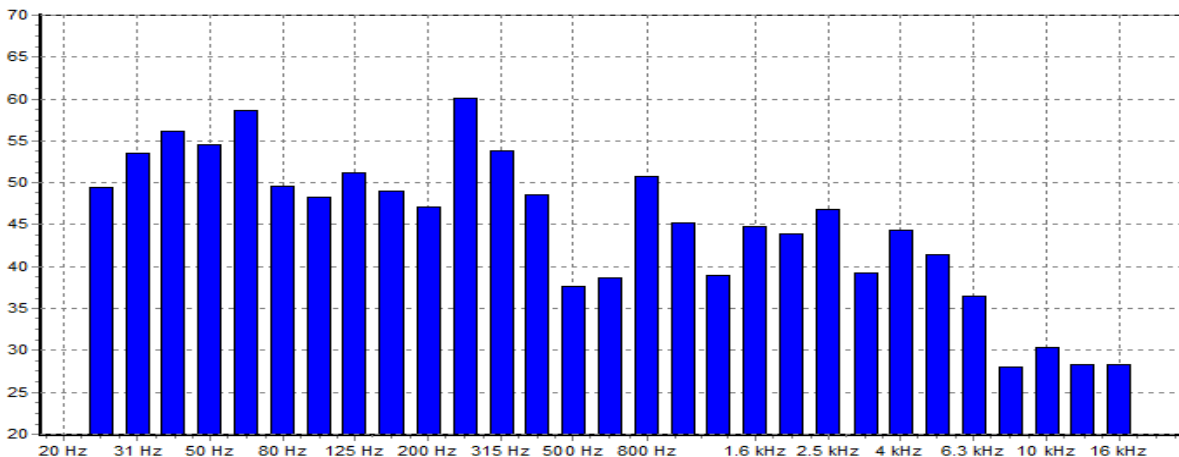
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3 фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



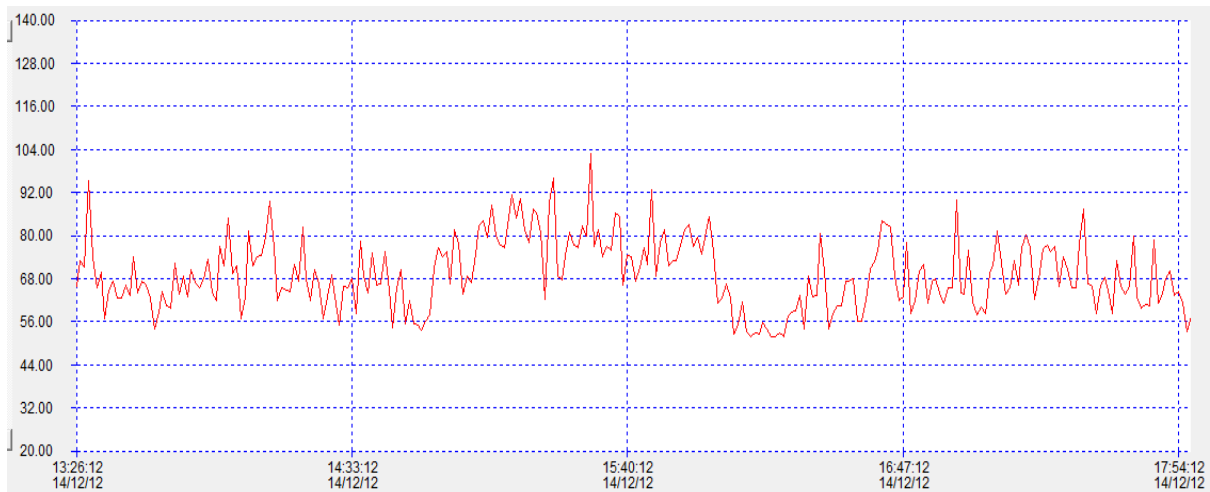
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 3

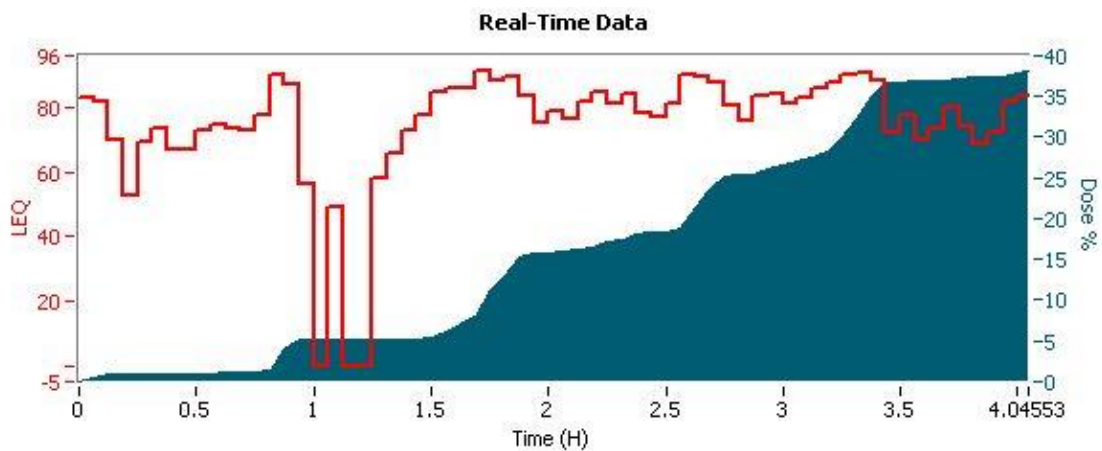
Табела 11.19. Измерени вредности во училница 3 со површина од 53 m² и број на ученици: 21

Table 11.19. Measured values in classroom 3 with area of 53 m² and number of pupils:21

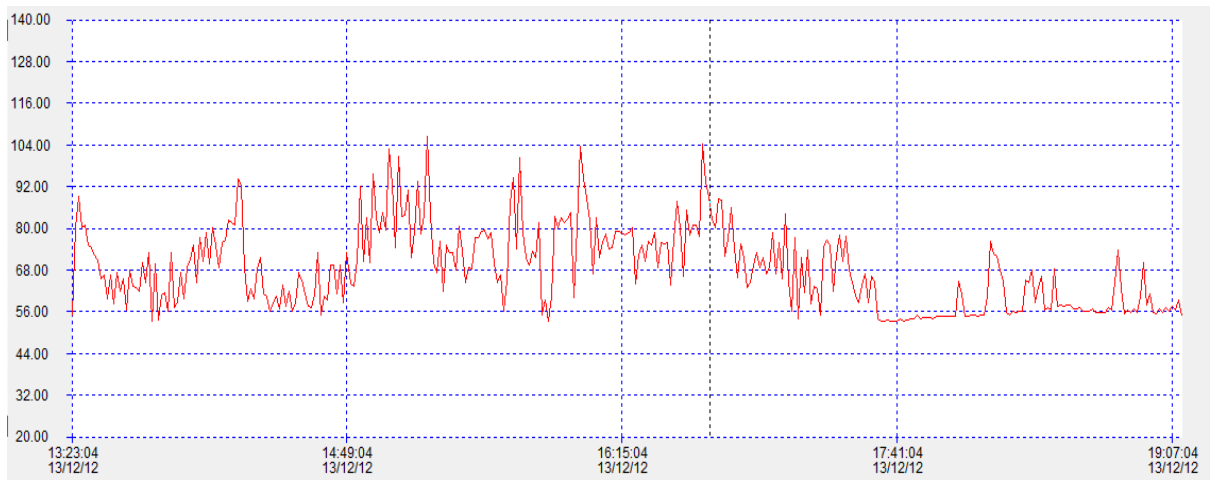
Испитаници/ Participants	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици	36.9	107.5	83.4±2.2	80.9	38
Наставници	53.1	106.3	84.0±2.4	81.5	41



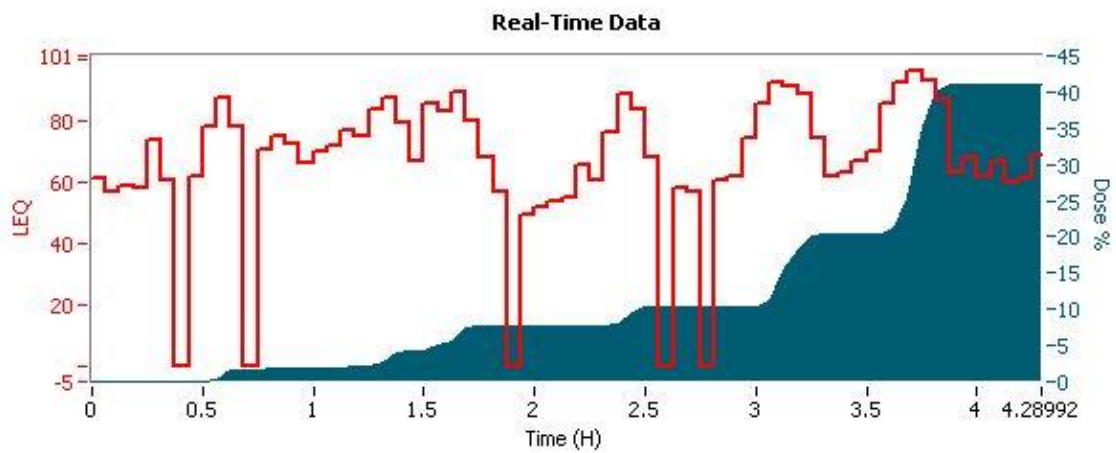
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils' noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils' noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

11.4. РЕЗУЛТАТИ ОД СРЕДНО ОПШТИНСКО УЧИЛИШТЕ „ЈАНЕ САНДАНСКИ“

МЕРНО МЕСТО 1 - Крајна училница на втори кат лево со површина од 59 м²

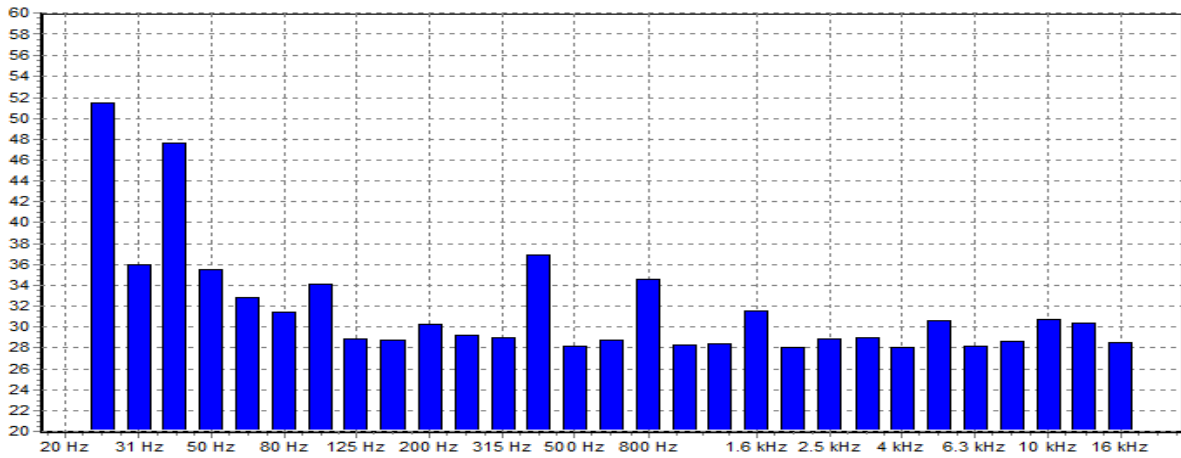


Слика 11.12. Мерно место 1
Figure 11.12. Measurement point 1

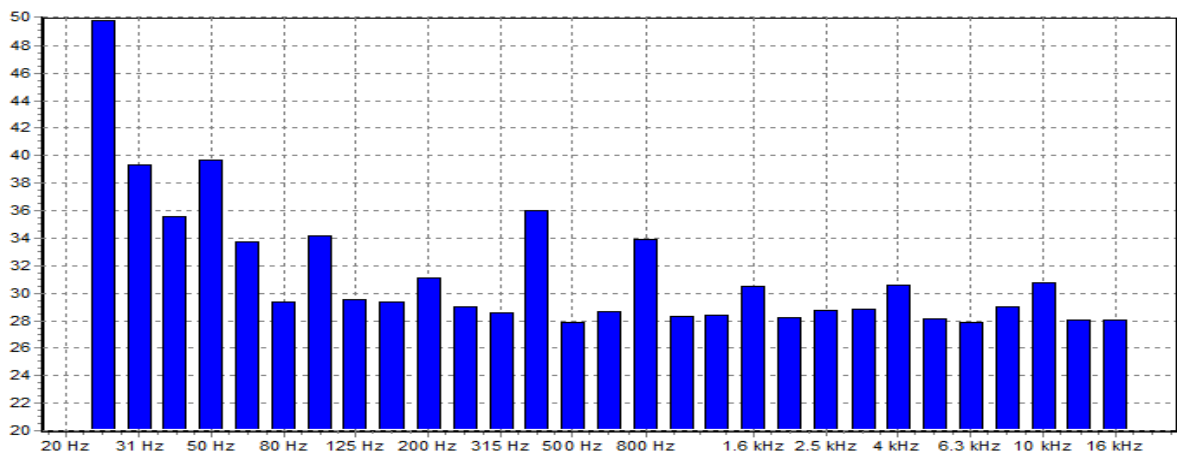
Табела 11.20. Измерени вредности на мерно место 1 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.20. Measured values on measurement point 1 (continuous period >24h)

Мерно место 1 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 1 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	30.6		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels (Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	31.4	40	
$L_B (L_e)$	30.8	40	
$L_H (L_n)$	30.5	40	
$L_{1.0}$	36.5		
$L_{10.0}$	28.3		
$L_{50.0}$	26.6		
$L_{90.0}$	25.4		
$L_{95.0}$	25.2		

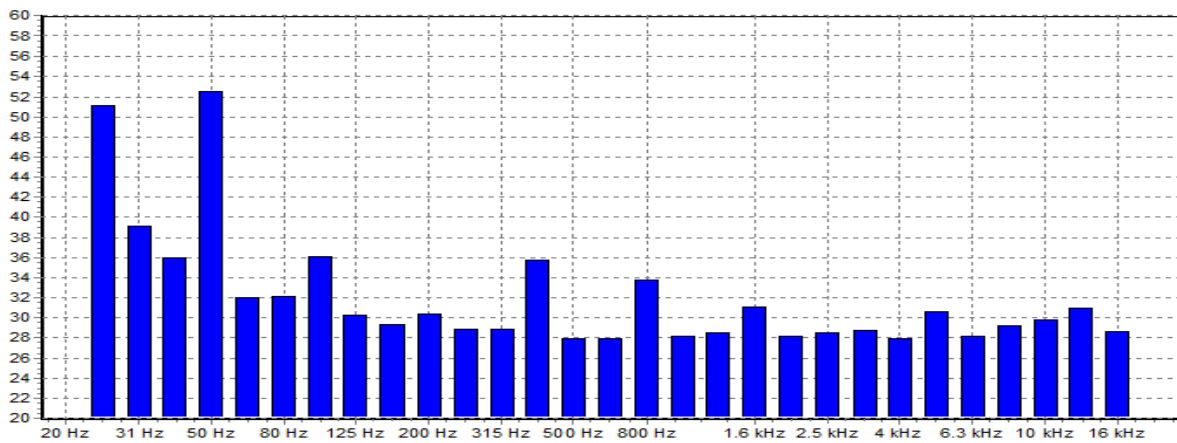
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 1



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_v) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



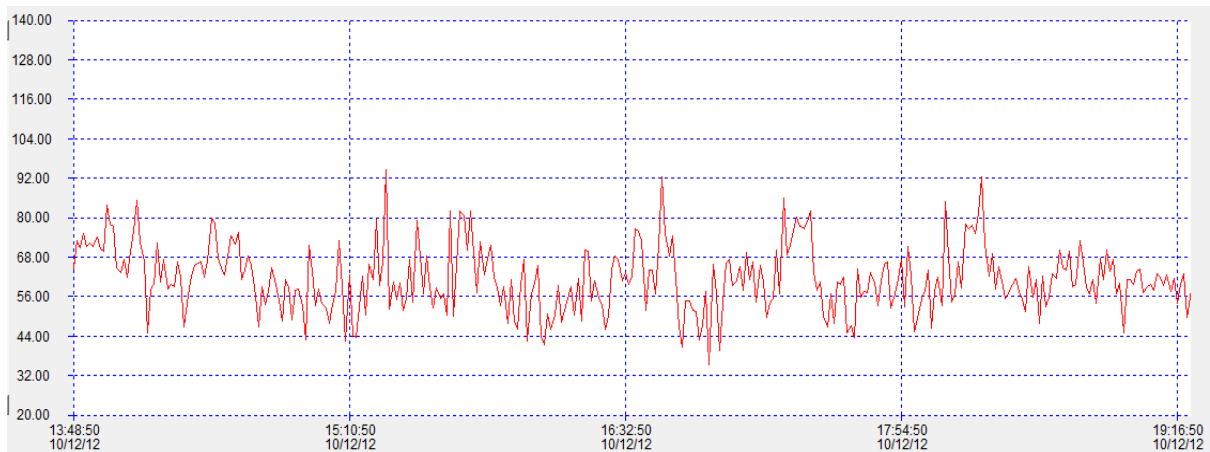
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 1

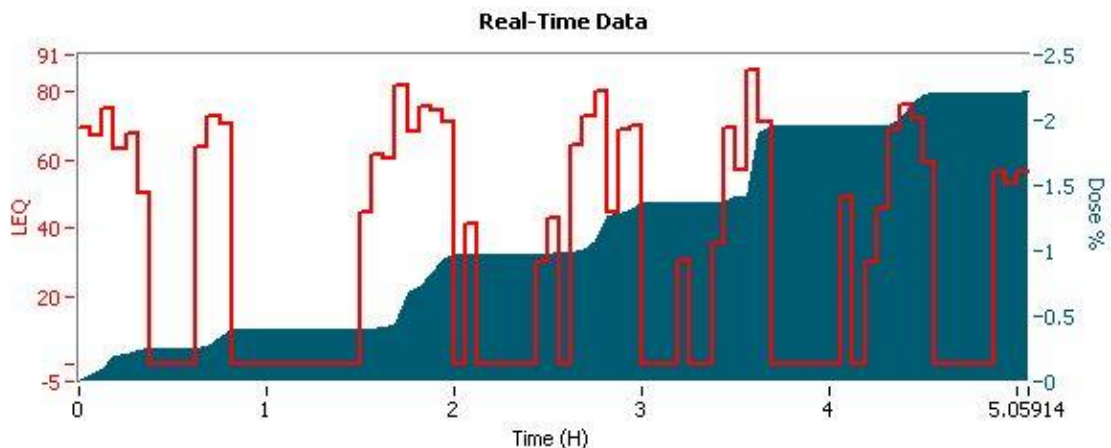
Табела 11.21. Измерени вредности во училница 1 со површина 59 m² од и број на ученици: 33

Table 11.21. Measured values in classroom 2 with area of 59 m² and number of pupils: 33

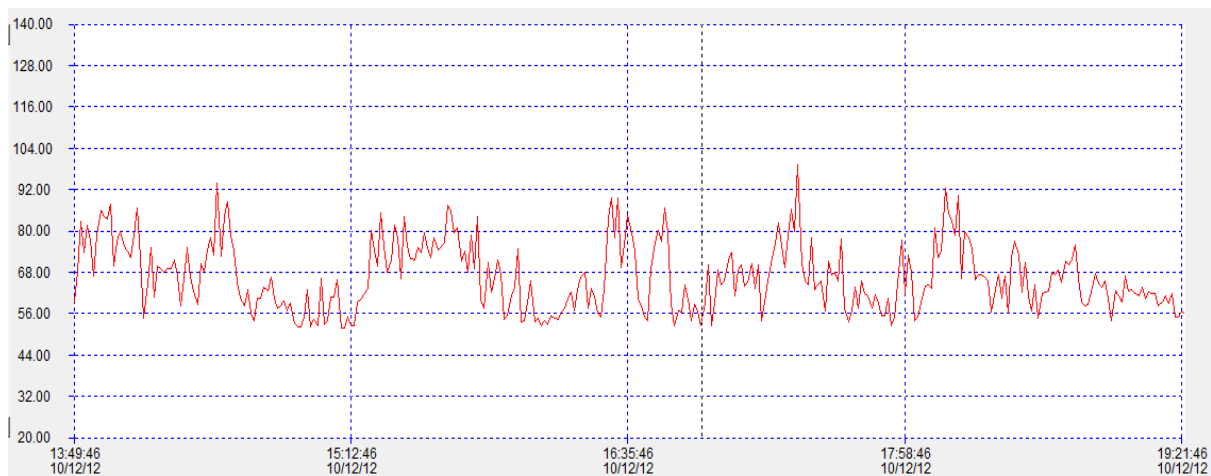
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	35.3	94.6	70.4±1.8	68.8	2.2
Наставници/Teachers	51.9	99.1	71.7±1.9	70.1	3



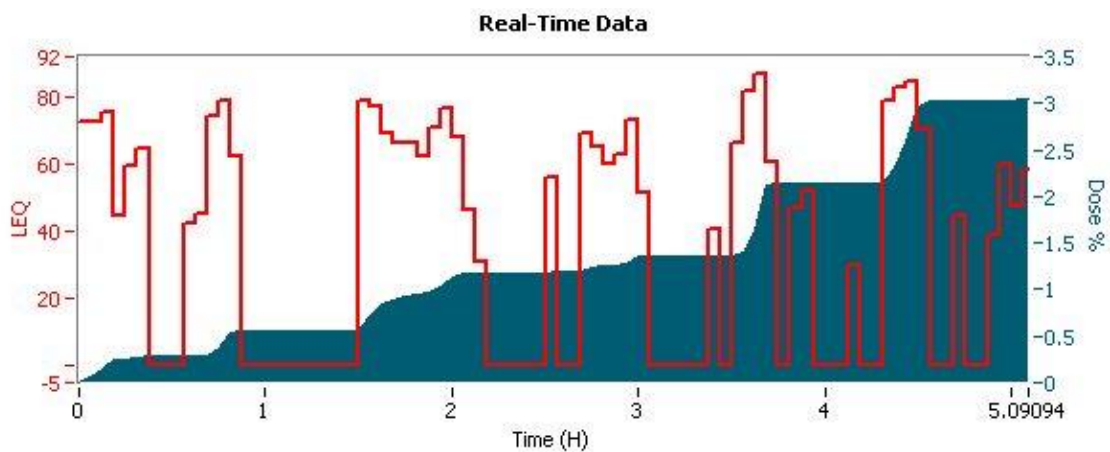
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 2 - Лабораторија (кабинет) по биологија на приземје со површина од 22 м²

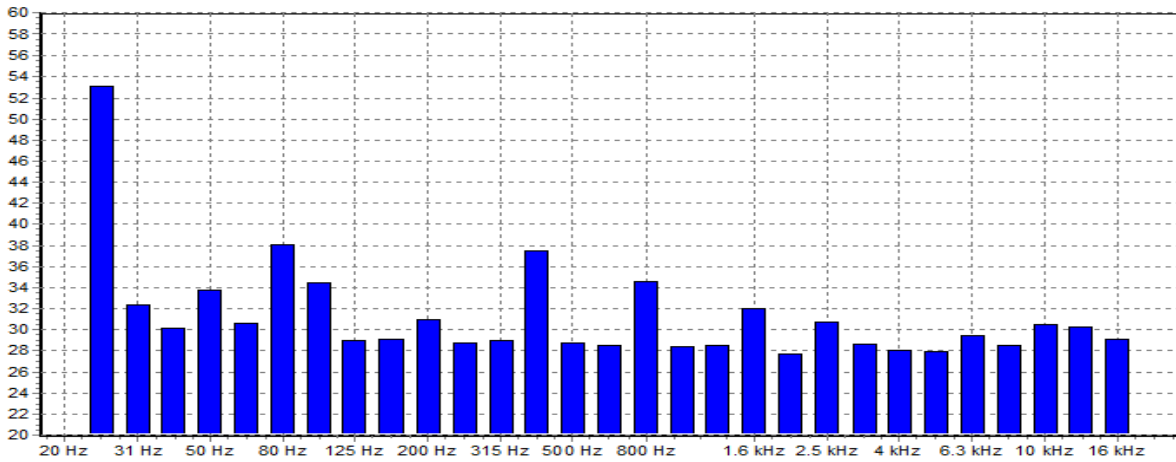


Слика 11.13. Мерно место 2
Figure 11.13. Measurement point 2

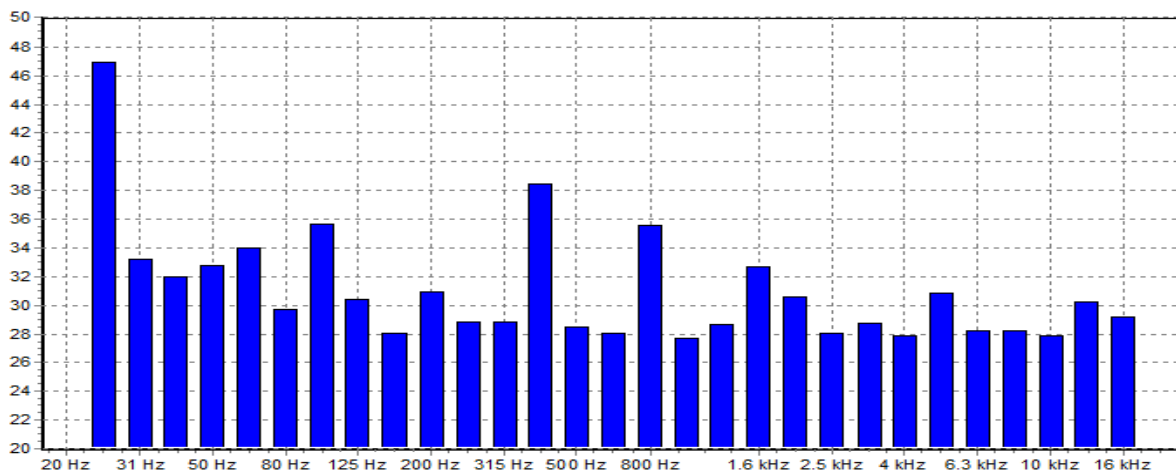
Табела 11.22. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.22. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 2 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 2 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	33.8		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр.147/08) / According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_d (L_d)$	34.5	40	
$L_B (L_e)$	33.2	40	
$L_H (L_n)$	33.1	40	
$L_{1.0}$	38.2		
$L_{10.0}$	29.5		
$L_{50.0}$	27.8		
$L_{90.0}$	25.8		
$L_{95.0}$	25.3		

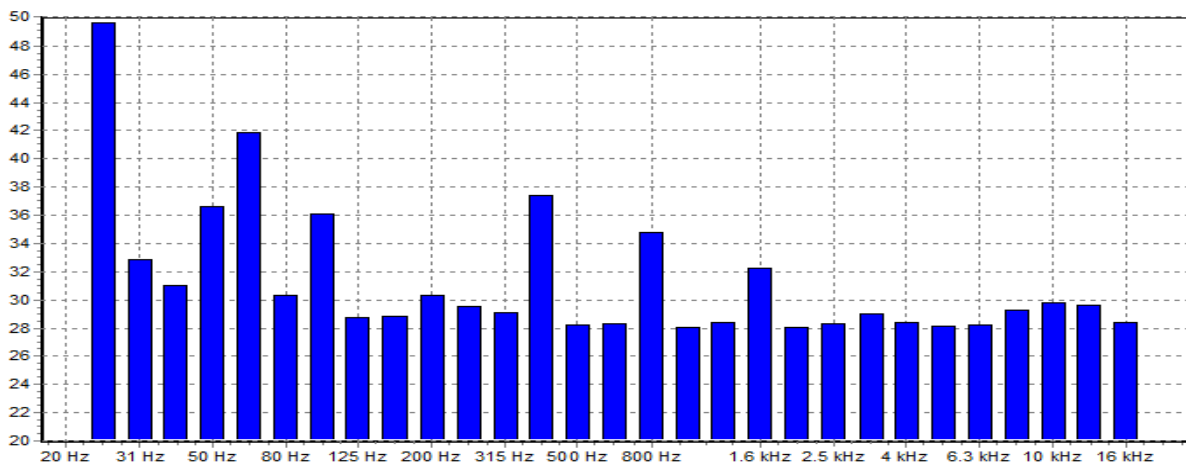
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 2



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



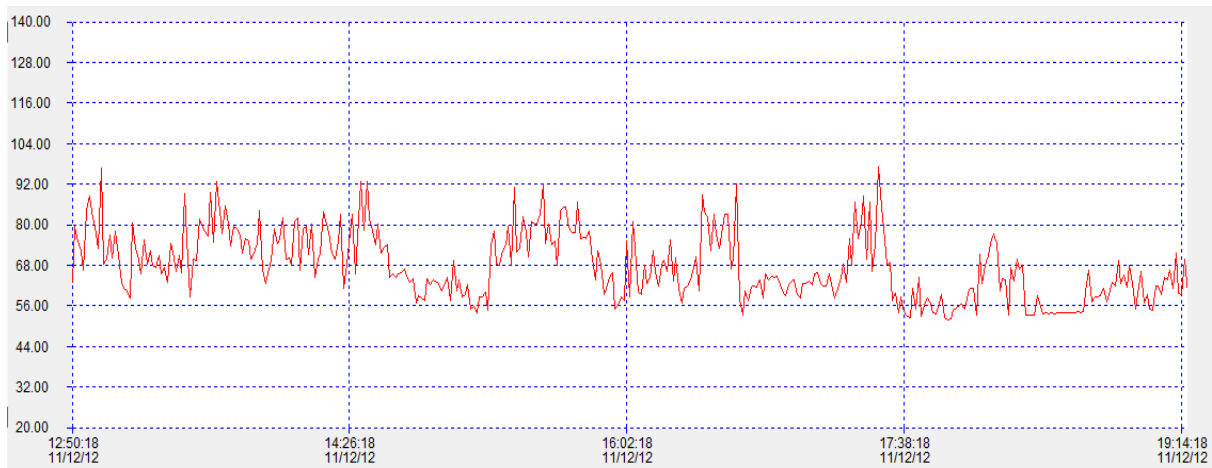
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 2

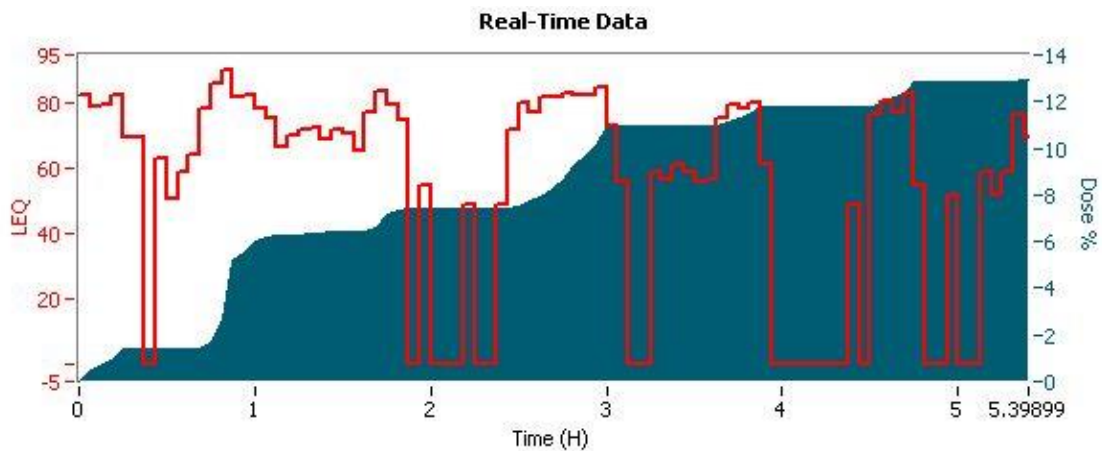
Табела 11.23. Измерени вредности во училница 2 со површина од 22 m² и број на ученици: 33

Table 11.23. Measured values in classroom 2 with area of 22 m² and number of pupils: 33

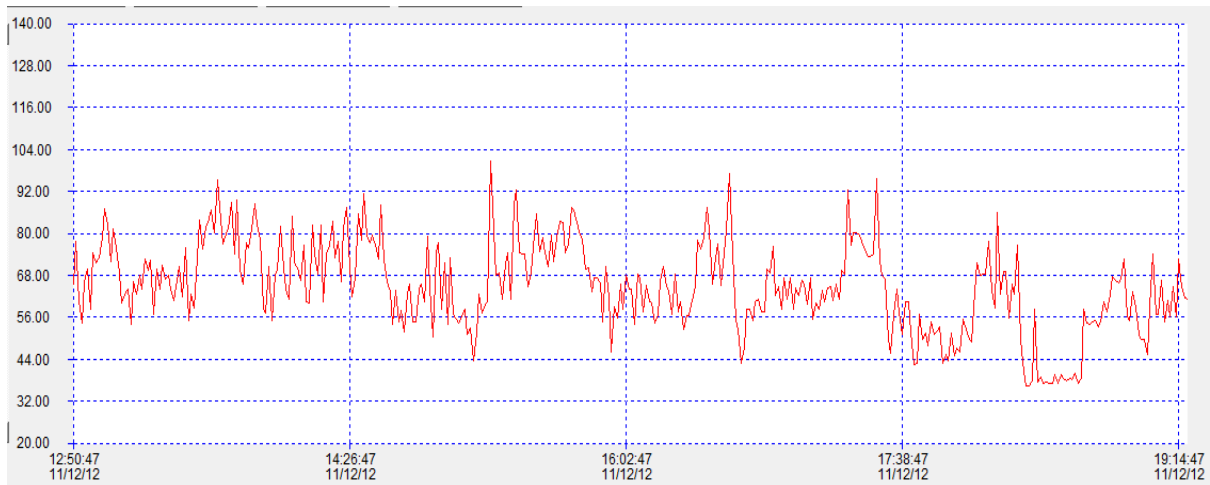
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици/Pupils	51.7	97.2	77.2±1.8	76.0	13
Наставници/Teachers	38.5	100.8	78.3±2.0	77.1	17



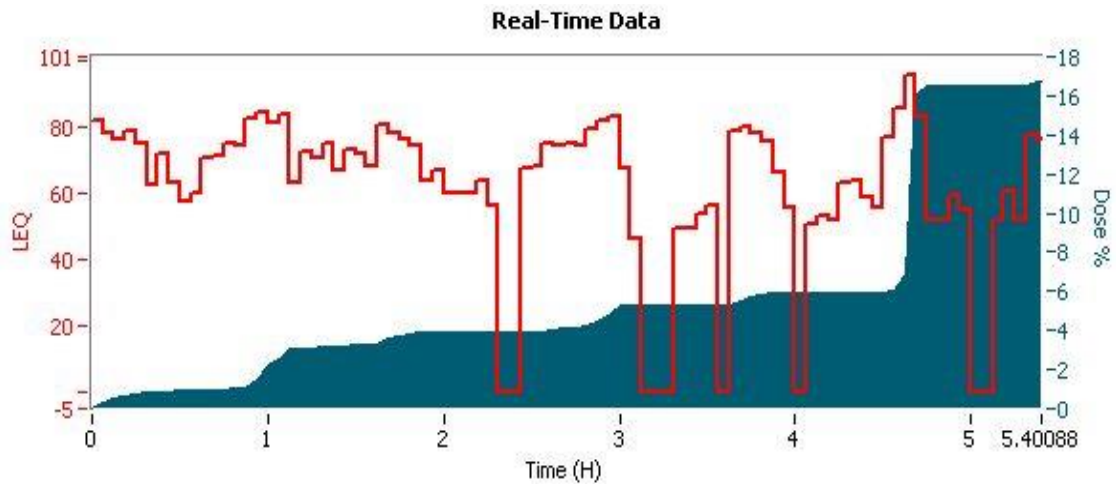
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

МЕРНО МЕСТО 3 - Крајна училница на втори кат десно со површина од 53 м².



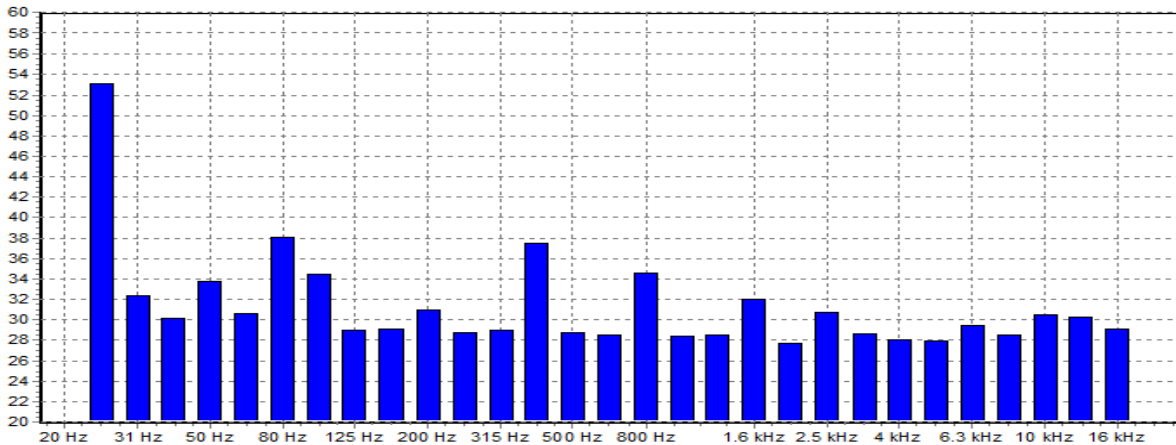
Слика

11.4. Мерно место 3
Figure 11.4. Measurement point 3

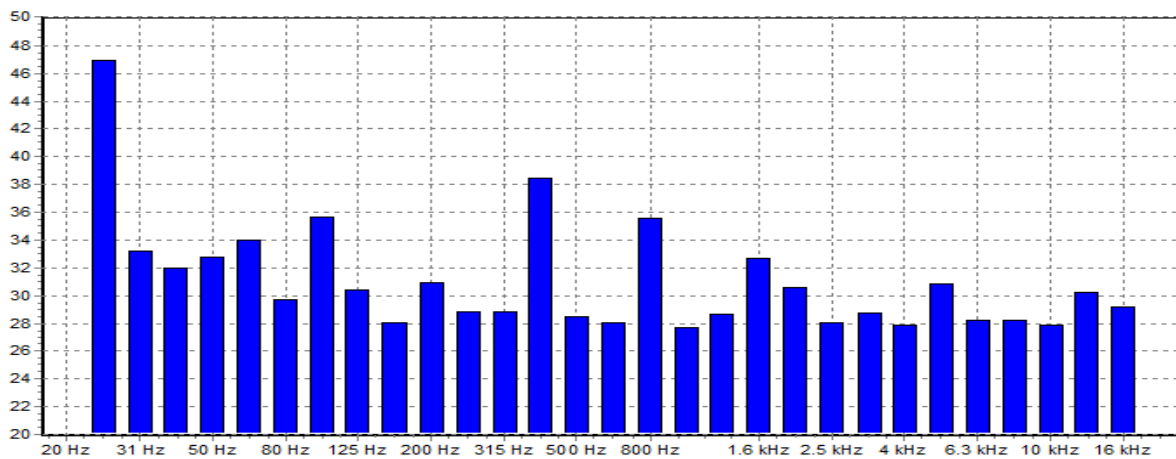
Табела 11.24. Измерени вредности на мерно место 3 (непрекинато мерење >24h)
Table 11.24. Measured values on measurement point 3 (continuous period >24h)

Мерно место 3 (подрачје од II степен на заштита од бучава) Measurement point 3 (area of II degree on noise protection)			
Индикатор/ Indicator dB(A)	Измерени вредности/ Measured values dB(A)	Гранична вредност/ TLV	Забелешка/Note
$L_{eq,24h}$	30.8		Според Правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на РМ“ бр. 147/08)/According to: Regulations for limits of the environmental noise levels(Official Gazette of RM No147/08)
$L_D (L_d)$	31.6	40	
$L_B (L_e)$	30.5	40	
$L_H (L_n)$	30.3	40	
$L_{1.0}$	35.5		
$L_{10.0}$	29.5		
$L_{50.0}$	27.2		
$L_{90.0}$	25.8		
$L_{95.0}$	25.5		

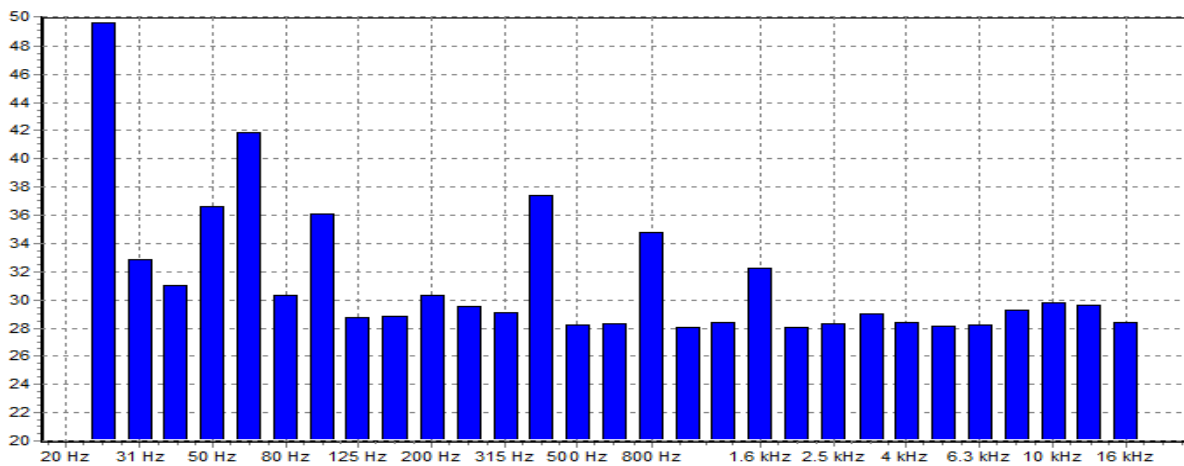
Графички приказ на измерените вредности на нивото на бучава во 1/3
фреквентен октавен појас на мерно место 3



Графички приказ на дневна бучава (L_d) од 07:00 до 19:00 часот
Graphic review of daily noise (L_d) from 07:00 am to 07:00 pm



Графички приказ на вечерна бучава (L_e) од 19:00 до 23:00 часот
Graphic review of evening noise (L_e) from 07:00 pm to 11:00 pm



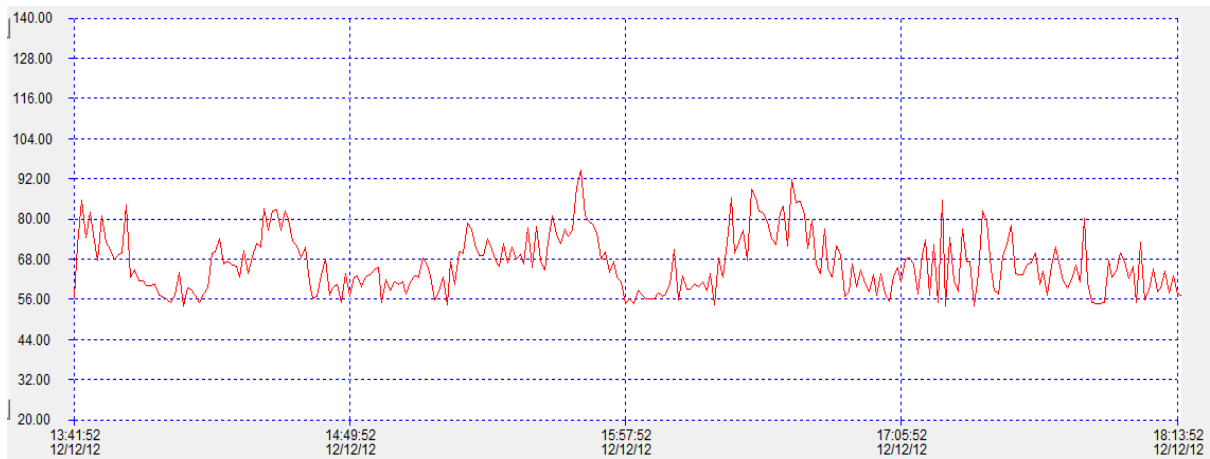
Графички приказ на ноќна бучава (L_n) од 23:00 до 07:00 часот
Graphic review of night noise (L_n) from 11:00 pm to 07:00 am

Измерени вредности на персонална изложеност на бучава во училница 3

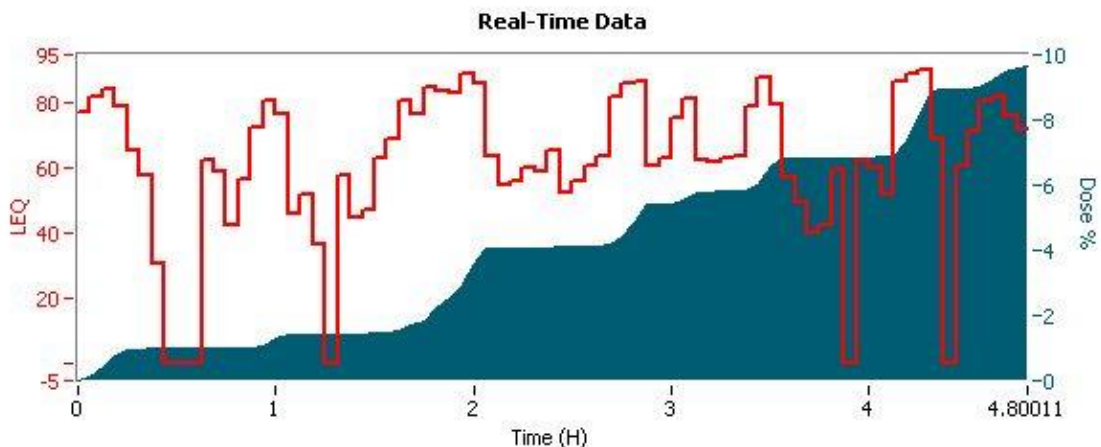
Табела 11.25. Измерени вредности во училница 3 со површина од 53 m² и број на ученици: 32

Table 11.25. Measured values in classroom 3 with area of 53 m² and number of pupils: 32

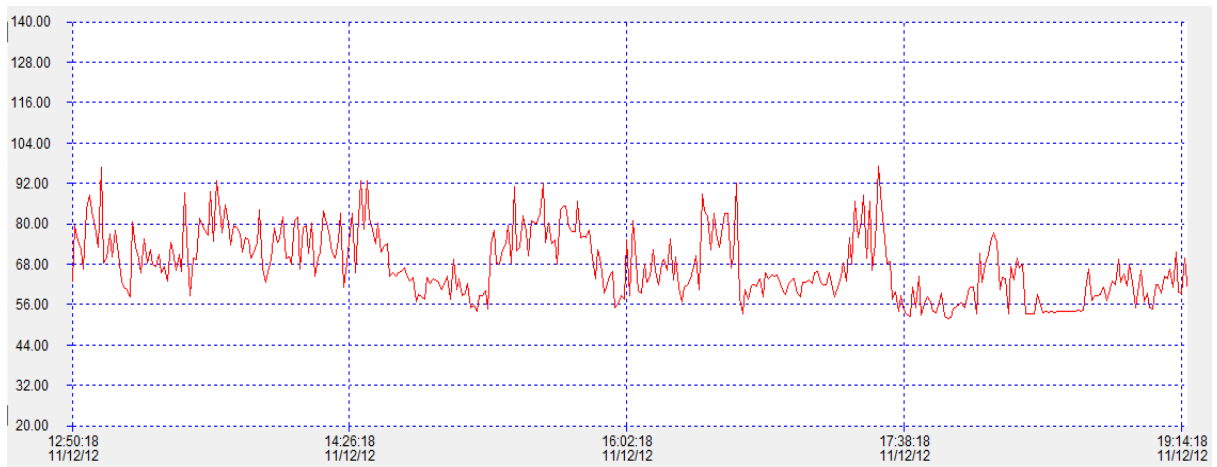
Испитаници/ Represents	Min dB(A)	Max dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{EX, 8h} dB(A)	Доза/ Dose (%)
Ученици	53.8	94.6	77.7±1.7	74.7	9.6
Наставници	51.7	97.2	77.1±1.9	75.1	11



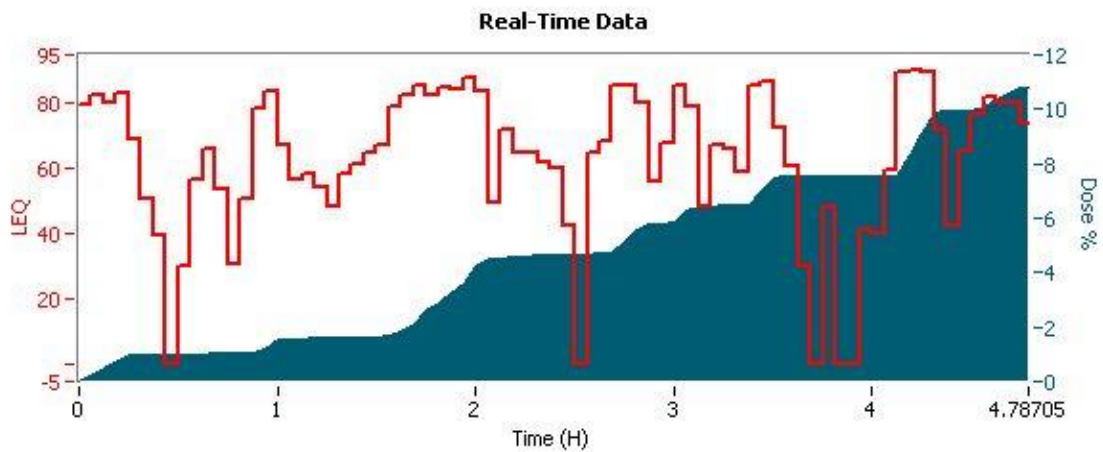
Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на учениците
Graphical review of pupils` noise dose exposure



Графички приказ на нивото на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise level exposure



Графички приказ на дозата на изложеност на бучава на наставниците
 Graphical review of teachers` noise dose exposure

11.5. Интерпретација на резултатите за персоналната експозиција на учениците и наставниците во основните и средни училишта

Измереното ниво на позадинска бучава во училниците во двете училишта во централното градско подрачје е во просек за 5-7 dB повисока за разлика од позадинската бучава во двете училишта лоцирани во потивките подрачја, што е резултат секако на повисокото ниво на комунална бучава во централното градско подрачје. Интересно е што во училниците на СОУ „Славчо Стојменски“ кое е и поблиску до фреквентната сообраќајница „Генерал Михајло Апостолски“ се измерени пониски вредности на нивото на бучава, за разлика од училниците во ООУ „Ванчо Прке“. Причина за ова е подобрата внатрешна звучна изолација, односно PVC прозорците со трослојно (ламинирано) стакло во СОУ „Славчо Стојменски“, за разлика од доста застарените дрвени прозорци со обично прозорско стакло во ООУ „Ванчо Прке“.

Од добиените вредности за персонална изложеност на учениците и наставниците може да се заклучи дека нивото на дневна персонална изложеност на бучава на учениците и наставниците во двете основни и двете средни училишта не ги надминува граничните вредности согласно со Правилникот за безбедност и здравје при работа на вработените изложени на ризик од бучава („Сл.весник на РМ“, бр. 21/08), но сепак се доста блиску до нив (особено изложеноста на учениците и наставниците во ООУ „Тошо Арсов“).

Наставниците се изложени на повисока доза на бучава во просек за 2% во однос на учениците, што е резултат на дополнителната изложеност на звучниот притисок во тек на наставниот процес. Учениците во основните училишта се изложени на повисоко ниво на бучава, за разлика од учениците во средните училишта, што го потврдуваат и други научни студии [13], што е резултат на интерактивната настава на учениците во основните училишта, односно активната вклученост на учениците во процесот на наставата. Бројот на учениците во училницата исто така има значајна улога во нивото на изложеност на бучава (во училница 3 во ООУ „Ванчо Прке“ со 17 ученици дневната изложеност на бучава на учениците и наставниците е 2-3 пати помала во споредба со дневната изложеност на бучава во останатите две училници со поголем број на ученици). Добиените резултати од истражувањето и расположливата светска литература укажуваат на фактот дека персоналната

изложеност на бучава зависи и од големината на училницата. Во двојно поголема просторија нивото на бучава е за 2 dB пониско [1].

12. МЕРКИ ЗА КОНТРОЛА НА БУЧАВАТА ВО ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

Кога не е можна модификација на изворот на бучава или практично и економски истата е неостварлива, тогаш се користи модифицирање на патот преку кој бучавата се шири. Овој пристап во контрола на бучавата најмногу се користи за контрола на бучавата во животната средина.



Слика 12.1. Простирање на звучните бранови од изворот до приемникот
Figure 12.1. Sound waves propagation from the source to the receiver

За извори на бучава кои се наоѓаат на отворено, едноставен пристап за контрола на бучавата е лоцирање на изворот на звук подалеку од приемникот, односно патот на ширење на бучавата да е подолг.

За извори на бучава кои се наоѓаат на отворено или во затворен простор, патеката на пренесување може да се менува со поставување на ѕид или бариера помеѓу изворот и приемникот.

Намалување на сообраќајната бучава од возилата на магистралните патишта кои минуваат во близина на станбени области и болници се постигнува со поставување на акустични бариери по должина на патиштата.



Слика 12.2. Илустрација на ефектот на поставување на вертикална бариера и приказ на изградена бариера покрај сообраќајница
Figure 12.2. Illustration of the effect of setting a vertical barrier and review on the built barrier along the road



Слика 12.3. Илустрација на ефектот на поставување на конзолна бариера и приказ на изградена бариера покрај сообраќајница

Figure 12.3. Illustration of the effect of setting the console barrier and review on the built barrier along the road

За да се постигне со поставувањето на бариерата задоволителен ефект бариерата мора да ја спречи директната видливост на изворот на бучава и приемникот. Ова не може секогаш да се постигне, а посебно не во густо населените градови каде има повеќекатници. Во таков случај може да се користат тунели од полуотворен или затворен вид.



Слика 12.4. Илустрација на ефектот на тунели од полуотворен вид и приказ на изградениот тунел покрај сообраќајницата

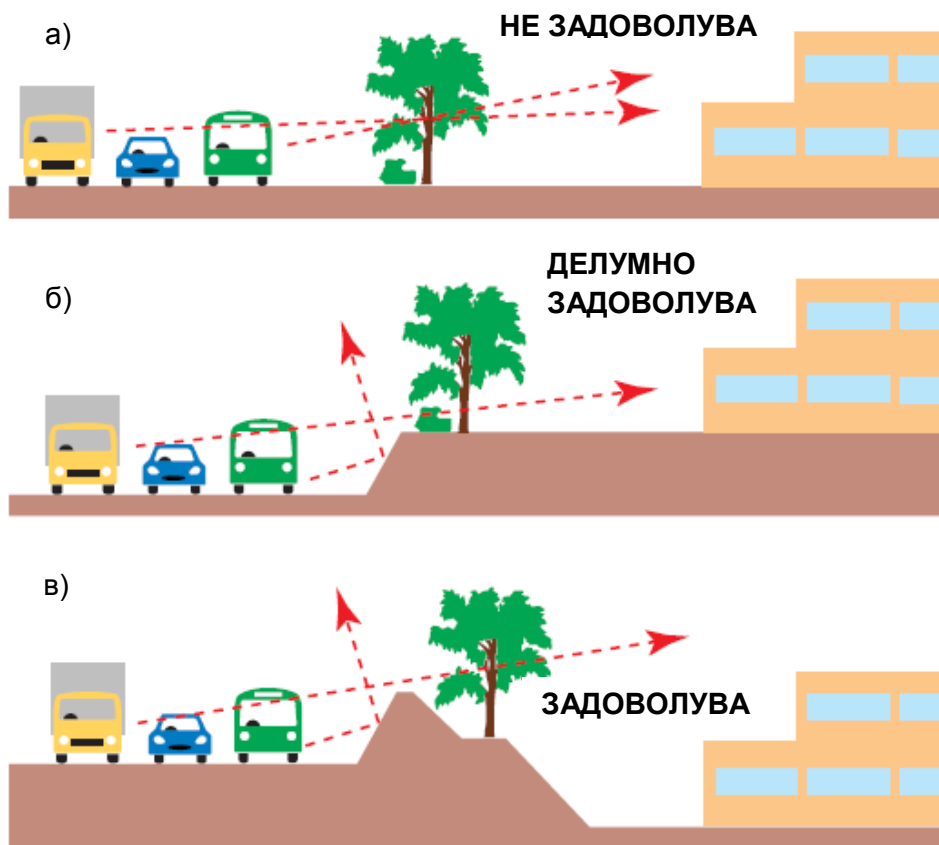
Figure 12.4. Illustration of the effect of semi-open tunnels and review on the constructed tunnel along the road



Слика 12.5. Илустрација на ефектот на тунели од затворен вид и приказ на тунелот покрај сообраќајницата

Figure 12.5. Illustration of the effect of close tunnels and review on the constructed tunnel along the road

За намалување на нивото на бучава кај приемниците може да се користат и природни препреки во облик на зелени појаси и земјени насипи. Зелените појаси не претставуваат секогаш добра мерка за целосно намалување на бучавата (слика 12.6 (а)). Земјените насипи со доволна висина во комбинација со зелени засадени површини претставуваат поефикасна мерка за намалување на нивото на бучава (слика 12.6 (в)) преку спречување на ширењето на звучните бранови или истите може да се комбинираат заедно со бариерите.



Слика 12.6. Ефект на намалување на бучавата со зелени појаси и комбинација од зелени појаси и земјени насипи
 Figure 12.6. Effect of reducing noise with green belts and combination of greenbelts and earth embankments

Земјените насипи имаат природен изглед и задоволуваат и од естетски аспект. Намалувањето на бучавата со помош на нив е за околу 3 dB поголемо отколку намалувањето на бучавата со поставување на бариера со иста висина.



Слика 12.7. Приказ на природни препреки кои имаат функција на бариери
 Figure 12.7. Review of natural obstacles in role of barriers

Во продолжение е даден преглед на различни изведби и конструкции на заштитни бариери (сидови).

Конзолна конструкција на заштитни сидови од бучава



Конзолна конструкција на заштитни сидови од бучава

Различни изведби на заштитни сидови од бучава



Комбиниран рефлектирачки заштитен сид од бучава; камен сид со транспаретни заштитни сидови од бучава (Автопат А1, Загреб-Сплит)

Заштитни ѕидови од бучава од бетонски плочи



Рефлектирачки заштитен ѕид од бучава од бетонски плочи

Апсорбирачки заштитни ѕидови од бучава



Апсорбирачки заштитен ѕид од бучава од алуминиумски перфориран лим со исполнувања

Рефлектирачки камени заштитни ѕидови од бучава



Рефлектирачки камен заштитен ѕид од бучава

Заштитни ѕидови од бучава од дрвобетонски блокови



Рефлектирачки заштитен ѕид од бучава од дрвобетонски блокови

12.1. Дизајнирање на звучни бариери (сидови) со помош на софтверот SoundPLAN

Изградбата на бариери (сидови) како мерка за заштита од бучава и намалување на нивото на бучава кај приемниците е доста скапа, па затоа звучните сидови треба да се оптимизираат.

Во полето Wall Design од менито SoundPLAN Manager звучната бариера се дизајнира постепено со додавање на одделни елементи и се врши анализа на ефикасноста на секој додаден елемент од звучната бариера кај секој од приемниците. Елементите на звучниот сид се додаваат во височина и резултатите од намалувањето на нивото на бучава се снима во голема матрица. Кога ќе се постигне саканото ниво на бучава кај приемниците, процесот на селектирање на елементите во звучниот сид престанува, со избирање на оние елементи кои имаат најголема ефикасност во намалувањето на бучавата кај приемниците. Доколку со вака дизајнираниот сид не може да се постигне саканото ниво на бучава, значи дека звучната бариера е поставена на погрешно место или не е доволно висока. Доколку звучната бариера не може да се подигне толку високо, да го обезбеди потребното дозволено ниво на бучава кај сите приемници се преминува кон приеми на „пасивни“ мерки, како што е контрола на нивото на бучава со вградување на прозорци со соодветна звучна изолација.

За да се отпочне со процесот на оптимизирање на звучните бариери треба најпрво да се направи соодветен акустичен модел на дисперзија на бучавата, кој го вклучува DGM, зградите кај кои приемниците се изложени на повисоко ниво на бучава од дозволеното и просторот каде што треба да се подигне звучната бариера. Звучните бариери обично се поставуваат покрај сообраќајниците, имајќи во предвид дека еден од најголемите извори на бучава во урбаните средини е сообраќајот.

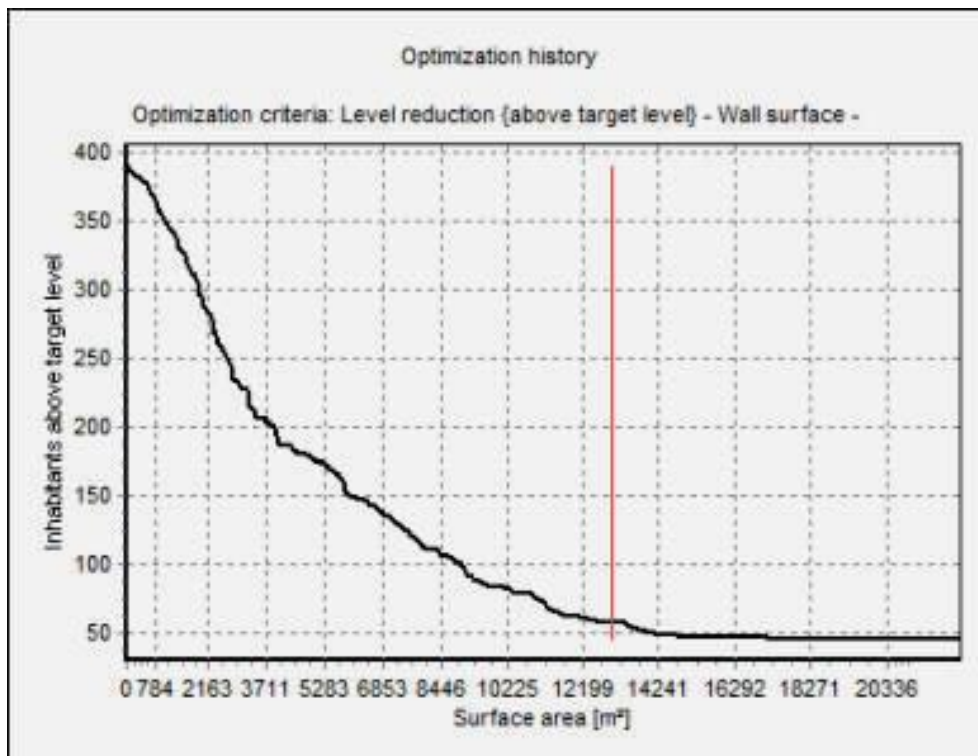
SoundPLAN нуди две можности за оптимизирање на звучните бариери - една за поедините приемници и една за картите на фасадна бучава. Принципот на оптимизација и кај двете можности во суштина е ист, но процедурата со картите на фасадна бучава има значителна предност за подоцнежното процесирање на податоците. Бидејќи кај картите на фасадна бучава приемниците се распоредени на еднакво растојание околу зградите, програмата врши пресметка на тоа колку метри од фасадата на зградата има ниво на бучава

кое е над дозволените гранични вредности. Доколку за заштита на оваа фасадна должина има потреба од контрола на бучавата со помош на прозорци, како алтернатива на заштитните звучни бариери, постојат два начини за да се најде најдоброто решение за проблемот. Генерално, како се зголемува висината на заштитната бариера, се намалува должината на фасадата кај која нивото на бучава е над дозволените гранични вредности. Со зголемување на цената на заштитната бариера, цената на контрола на бучавата со прозорци се намалува. При оптимизирање на звучната бариера, бариерата се дефинира како полигон со координати на секои 10-50 m. За да започне процесот на оптимизација се дефинира степенот на зголемување на висината на бариерата кој се повторува и максималниот број на елементи.

При оптимизирање на звучната бариера програмата врши рангирање на елементите кај бариерата согласно со нивниот потенцијал за намалување на нивото на бучава по метар квадратен површина за сите приемници. Бариерата може да се смета како дводимензионална матрица $X \times Z$ каде X е елементот по должина на бариерата, а Z една од панелите кои се поставуваат една врз друга. Процесот на оптимизација секогаш го зема во предвид елементот на бариерата X , додека Z резултира со најголема редукција на нивото на бучава кај сите приемници. Откако е избран соодветен елемент, нивото на бучава кај приемниците се намалува. Доколку нивото на бучава кај приемниците е во рамки на дозволеното нема потреба од избирање на нов елемент. Со изборот на елементите на бариерата X , Z се зголемува се додека се постигне дозволено ниво на бучава кај сите приемници или кога веќе нема елементи за да се избираат.

Постепениот избор на елементи при оптимизирање на звучната бариера се регистрира во хистограм. Од слика 12.8 може да се видат придобивките (намалувањето на нивото на бучава) со подигањето на бариерата во висина и по должина на звучниот извор.

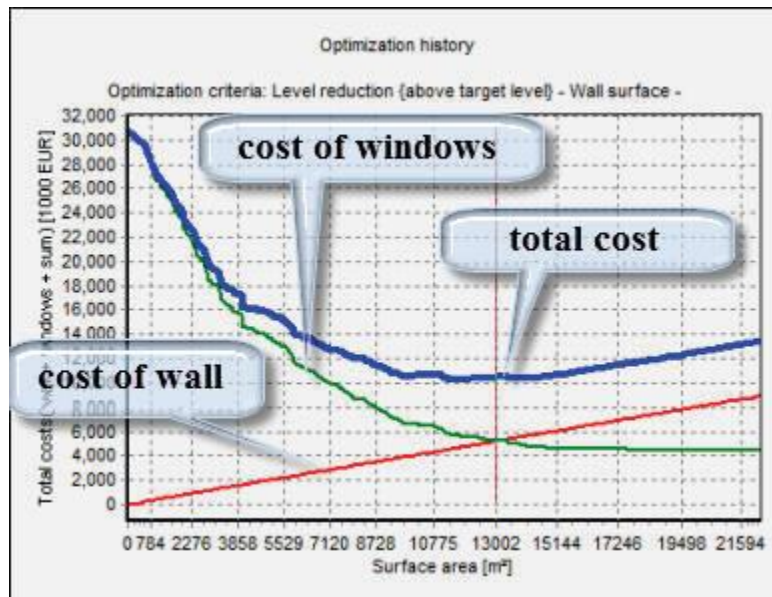
No.	Km	Base height [m]	min	max	Elem.	Wall height [m]	Length [m]	Cost group	Cost [€]
125	4.387	270.11	0	12	12	6.00	19.63	1	47115
126	4.387	271.11	0	12	12	6.00	19.67	1	47201
127	4.387	272.11	0	12	12	6.00	19.69	1	47257
128	4.387	273.11	0	12	12	6.00	19.71	1	47307
129	4.387	273.27	0	12	12	6.00	19.73	1	47348
130	4.387	273.54	0	12	12	6.00	19.75	1	47399
131	4.387	273.81	0	12	12	6.00	19.77	1	47455
132	4.387	274.08	0	12	12	6.00	19.79	1	47491
133	4.387	274.35	0	12	12	6.00	19.81	1	47548
134	4.387	274.62	0	12	12	6.00	19.83	1	47603
135	4.387	274.89	0	12	12	6.00	19.85	1	47651
136	4.387	275.16	0	12	12	6.00	19.87	1	47689
137	4.387	279.57	0	12	12	6.00	19.88	1	47724
138	4.387	280.16	0	12	12	6.00	19.89	1	47730
139	4.387	280.71	0	12	12	6.00	19.90	1	47754
140	4.387	281.25	0	12	12	6.00	19.90	1	47757
141	4.387	281.79	0	12	10	5.00	19.91	1	39822
142	4.387	282.35	0	12	10	5.00	19.91	1	39830
143	4.387	282.94	0	12	11	5.50	19.92	1	43822
144	4.387	283.57	0	12	11	5.50	19.92	1	43833
145	4.387	284.25	0	12	0	0.00	19.93	1	0



Слика 12.8. Оптимизирање на звучната бариера

Figure 12.8. Wall barrier optimization

Хистограмот прикажан на сликата 12.8 дава многу корисни информации. Доколку оптимизирањето на звучната бариера се прави за повеќе приемници на бучава, од хистограмот може да се види намалувањето на нивото на бучава за секој од приемниците со зголемување на бариерата. Хистограмот ја покажува разликата во нивото на бучава пред и по подигањето на звучната бариера. Во случај кога се прави процена на нивото на бучава со помош на карти на фасадна бучава, SoundPLAN дава приказ на бројот на луѓе кои ќе бидат изложени на прекумерно ниво на бучава или комбинирано со должината на фасадата со ниво на бучава повисоко од дозволеното. За целиот проект може да биде прикажана цената на чинење на звучната бариера, цената на потребните прозорци и вкупната цена. При посложени процени може да се добие приказ на **WTI** индексот, ефикасноста и ефективноста како и специфичната цена за секој случај на намалување на нивото на бучава кај приемниците до граница на дозволеното.



Слика 12.9. Цена на звучната бариера, на прозорците и вкупна цена
Figure 12.9. Cost of wall, cost of windows and total cost

Споредбата на цената на чинење на звучната бариера и цената на прозорците ни помага во донесувањето одлука дали е исплатливо звучната бариера да се подига уште повисоко или не. Црвената вертикална линија ја дава пресечната точка. Резултатите со намаленото ниво на бучава се прикажуваат табеларно за сите приемници. Кога вака оптимизираната звучна бариера ќе биде снимана, заедно со црвената линија може да биде искористена и за други карти на бучава на пример кај Grid Noise Maps, од кои SoundPLAN може да генерира Difference Maps, односно карти кои ја покажуваат разликата во нивото на бучава пред и по подигањето на звучната бариера.

Звучните бариери не може секогаш да се дизајнираат автоматски. Понекогаш дизајнерите не сакаат да има празнини помеѓу елементите на звучната бариера или сакаат да ја ограничат висината на бариерата во некоја конкретна област. Дизајнерот (корисникот на SoundPLAN) може да ја контролира бариерата рачно и веднаш да ги гледа резултатите прикажани графички во 2D или 3D. Други одговори кои може веднаш да ги добие се цената на звучната бариера, вкупната површина на областа за која се дизајнира звучната бариера и ефектите од звучната бариера врз менувањето на звучното ниво кај приемниците.

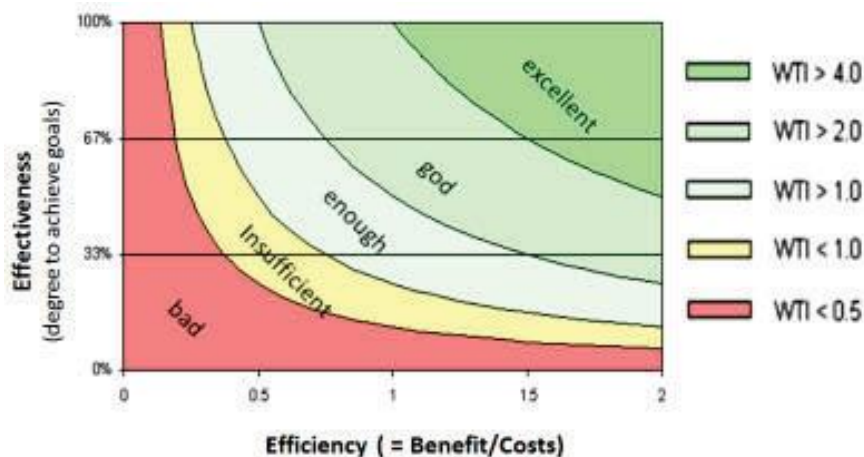
Доколку звучната бариера може да ги задоволи потребите во однос на дозволеното ниво на бучава за сите приемници, без прекумерно зголемување на нејзината висина и должина, Wall Design го решава проблемот директно. Но,

во некои случаи одредени згради не може да бидат соодветно заштитени само со звучната бариера, туку е потребно и употреба на соодветни прозорци како заштита за намалување на нивото на бучава. Често пати поекономично е да се комбинира подигањето на звучната бариера со прозорци за контрола на бучавата, отколку употреба само на звучна бариера.

Доколку како основа за пресметка во Wall Design се користи Facade Noise Мар, програмата ја знае вкупната должина од фасадата кај која нивото на бучава е над дозволеното. Ако претпоставиме одредена цена за надополнување на контролата на бучава со прозорци по метар должина од фасадата, програмата може да направи споредба на цената на звучната бариера и цената на контрола на бучавата со прозорци. Општо земено, кога цената на звучната бариера се зголемува, должината на незаштитена фасада се намалува. Вкупната цена може да ја покаже точката каде што понатамошното зголемување на бариерата, ја зголемува и нејзината цена но, не и придобивките (намалување на нивото на бучава).

Структурите за заштита од бучава се дизајнираат за да се постигне ниво на бучава кај приемниците во рамки на дозволените гранични вредности и тоа да биде исплатливо, односно да се постигне добар сооднос помеѓу цената на заштитата и придобивките од неа. Овие две цели поставуваат повеќе прашања. Дали граничните вредности ќе бидат постигнати кај сите приемници? Дали е оправдано подигање на звучни бариери доколку со нив се постигне дозволено ниво на бучава само кај приемниците од приземниот спрат од зградата? Како може да се процени придобивката од подигањето на звучната бариера?

Во 2006 година Швајцарското сојузно биро за животна средина (Bundes Amt für Umwelt - BAFU) пронашло многу добар практичен метод за креирање на дијаграм кој ја покажува ефикасноста и ефективноста од подигањето на бариера за намалување на нивото на бучава (слика 12.10). Ефикасноста го означува добриот сооднос помеѓу цената и придобивките од подигањето на заштитната бариера. Ефективноста претставува однос помеѓу приемниците кај кои нивото на бучава е над дозволените гранични вредности пред и после подигањето на звучната бариера. Ефективноста го означува постигнувањето на саканата цел, односно ниво на бучава во рамки на дозволените граници. Ефективноста и ефикасноста се користат за дефинирање на WTI и се неопходни за успешно дизајнирање на звучната бариера.

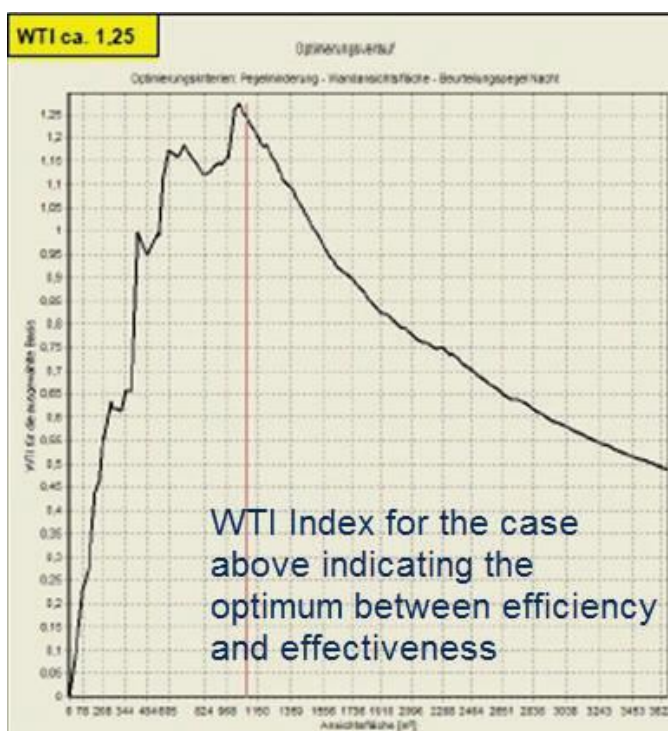


$$WTI = (\text{Effectiveness} * \text{Efficiency}) / 25$$

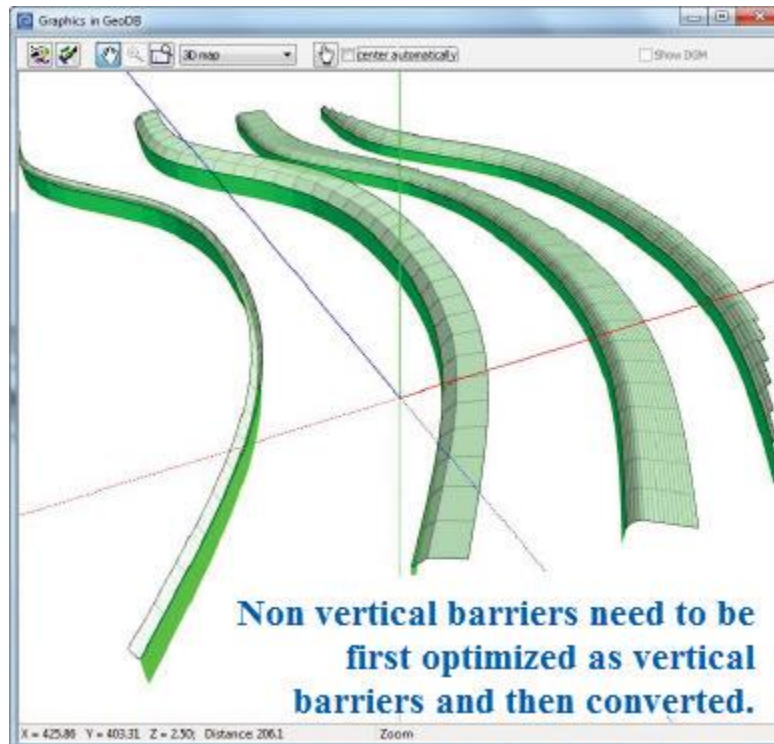
Слика 12.10. Приказ на ефикасноста и ефективноста на звучната бариера
 Figure 12.10. Review of noise barrier efficiency and effectiveness

Во цената на звучната бариера се вклучени реалната цена за откупување на земјиштето каде бариерата ќе биде подигната, цената за нејзина изградба и одржување.

WTI се смета дека е најдобар доколку има и висока ефикасност и висока ефективност. Заштитните бариери кои се поставуваат на места каде има минимално надминување на граничните вредности на бучава и со кои се постигнува мала корекција на нивото на бучава за постигнување на дозволените вредности се означуваат како бариери кои имаат добра ефективност но, лоша ефикасност. Звучните бариери кои овозможуваат намалување на многу повисоко ниво на бучава од дозволеното, но истото сеуште не е во рамки на дозволените гранични вредности имаат добра ефикасност но, лоша ефективност. Секако дека најдобра заштита од високото ниво на бучава се постигнува со бариери кои имаат висока и ефикасност и ефективност.



Wall Design се користи за вертикални заштитни бариери. За бариерата може да се дефинираат коефициентите на апсорпција за страната која е блиску до патот и за страната која е подалеку од звучниот извор. Бариерите кои не се вертикални, треба прво да се оптимизираат како вертикални бариери а, потоа да се конвертираат (слика 12.11).

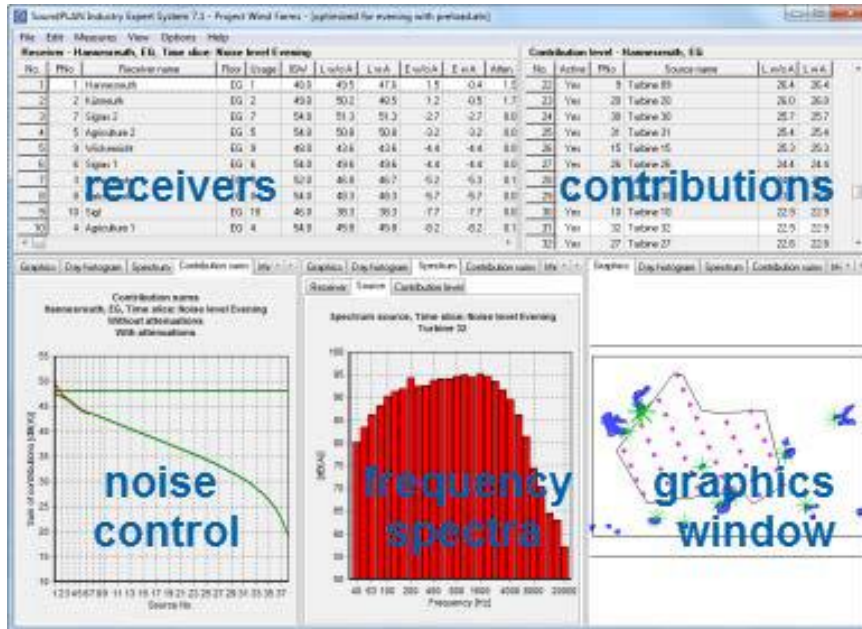


Слика 12.11. Оптимизирани и конвертирани не вертикални бариери
Figure 12.11. Optimized and converted non vertical barriers

12.2. Модул за контрола на нивото на бучава од индустриски објекти - Expert System for Industrial Noise

За разлика од сообраќајната бучава каде што најчесто за намалување на нивото на бучава се подигаат звучни бариери, бучавата од индустриските објекти вообичаено се контролира на самиот извор а, не преку патеката на пренесување. Како што Wall Design претставува модул за процена и контрола на сообраќајната бучава, така Expert System for Industrial Noise претставува модул за оптимизирање на бучавата од индустриските објекти на местото на самиот извор. Како и Wall Design така и Expert System, бара пресметка на нивото на бучава пред процесирање на резултатите и оптимизирање на контролата на бучавата. Во модулот Expert System се врши рангирање на приемниците според нивото на бучава, рангирање на изворите на бучава кај индустрискиот објект кои

допринесуваат за зголеменото ниво на бучава кај приемниците, потоа се врши контрола на нивото на бучава, се прикажува фреквентниот состав на изворот на бучава и на крајот се дава графички приказ на нивото на бучава во околината на индустрискиот објект (слика 12.12).



Слика 12.12. Приказ на последователните операции во модулот Expert System
 Figure 12.12. Review of subsequent operations in module Expert System

На Слика 12.13 е прикажан прозорецот од Expert system во кој се врши рангирање на приемниците и изворите на бучава според нивото на бучава. На прво место во прозорецот се наоѓаат приемниците кај кои има најголемо надминување на нивото на бучава над дозволеното. Кога приемникот на оваа листа е осветлен тогаш во вториот прозорец се рангираат изворите на бучава кои допринесуваат за зголеменото ниво на бучава кај овој приемник во согласност од тоа колкав придонес имаат за зголеменото ниво на бучава кај тој приемник. Посебно внимание треба да се посвети на изворите кои се наоѓаат повисоко на листата кај кои е потребно да се преземат мерки за намалување на нивото на бучава. Преземање мерки за намалување на нивото на бучава кај најголемите извори, кои најмногу придонесуваат за зголемување на нивото на бучава кај приемниците, е доволно за контрола на нивото на бучава во целата област околу индустрискиот објект. Во долниот дел на екранот може да се врши избор и визуелизација на мерките за контрола на бучавата кај изворот. Постојат повеќе можности за контрола на нивото на бучава (вградување на пригушувачи,

на пример), при што се секоја мерка се постигнува различно ниво на намалување на бучавата и секоја мерка има различна цена.

Receiver - Hannesreuth, EG, Time slice: Noise level Evening							
No.	PNo.	Receiver name	Floor	Usage	IGW	L w/o A	L w A
1	1	Hannesreuth	EG	1	48.0	49.5	49.5
2	2	Mumreuth	EG	2	49.0	50.2	50.2
3	7	Sigras 2	EG	7	54.0	51.3	51.3
4	5	Agriculture 2	EG	5	54.0	50.8	50.8
5	9	Wickenricht	EG	9	54.0	50.8	43.6
6	6	Sigras 1	EG	6	54.0	50.8	49.6
7	3	Schmalnohe	EG	3	54.0	50.8	46.6
8	8	Kalchsreuth	EG	8	54.0	50.8	48.3
9	10	Sigl	EG	10	54.0	50.8	38.3
10	4	Agriculture 1	EG	4	54.0	45.8	45.8

Contribution level - Hannesreuth, EG					
No.	Active	PNo.	Source name	L w/o A	L w A
1	Yes	36	Turbine 36	45.0	45.0
2	Yes	2	Turbine 02	40.9	40.9
3	Yes			39.7	39.7
4				38.0	38.0
5				36.1	36.1
6				33.9	33.9
7				33.6	33.6
8				32.8	32.8
9				32.7	32.7
10				32.5	32.5
11	Yes	37	Turbine 37	32.0	32.0

Слика 12.13. Рангирање на приемниците и изворите на бучава кои се одговорни за зголеменото ниво на бучава кај нив

Figure 12.13. Ranked receivers and contributions to the highlighted receiver

За секој извор може да се внесат повеќе мерки за намалување на бучавата. Овие мерки може да бидат дефинирани како алтернативен концепт за контрола на бучавата или може да се користат како дополнителни мерки. На пример, пригушувач може да се користи кај различни вентилатори со различен број на лопатки. Ако се проценува пригушувачот А наспроти пригушувачот В како дополнителна мерка за намалување на бучавата кај изворот, тој има различна цена и карактеристики, тогаш оваа мерка мора да се разгледува како алтернатива. Податоците за намаленото ниво на бучава кај изворот се добиваат во посебна база, доколку нивото на бучава на изворот е дадена со нејзиниот

фреквентен состав или може да биде внесена локално, доколку нивото на бучава на изворот е дадено само со една еквивалентна вредност.

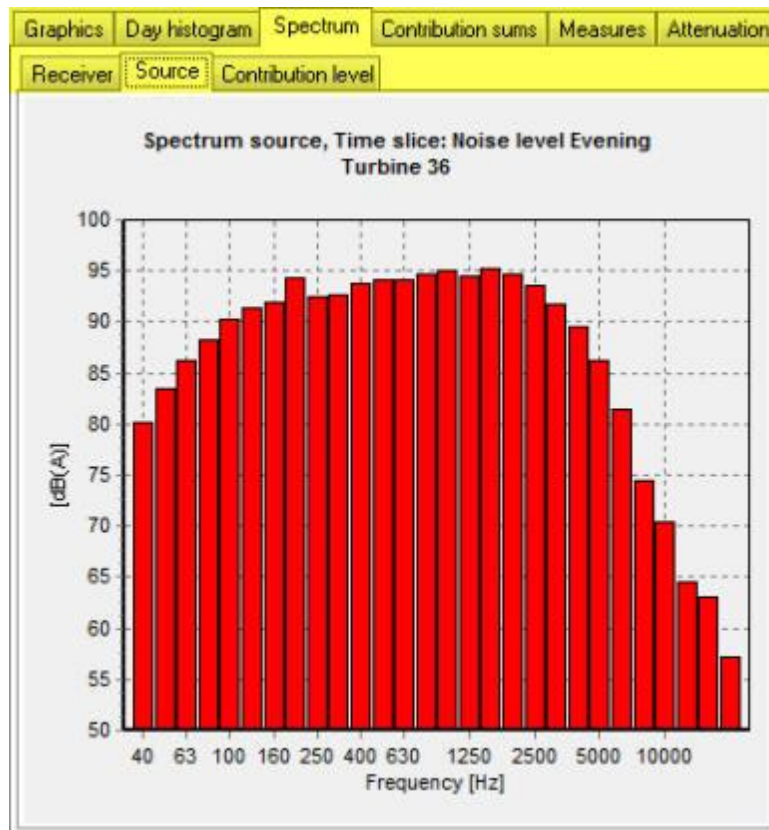
No.	Active	Index	Group-/Source name	Name	Lib	Atten.	Costs
1	Opti	1	Turbine 36	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5
2	Opti	2	Turbine 36	-6 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	10
3	Opti	3	Turbine 36	off	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	100
4	Opti	1	Turbine 02	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5
5	Opti	2	Turbine 02	-6 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	10
6	Opti	3	Turbine 02	off	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	100
7	Opti	1	Turbine 03	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5
8	Opti	2	Turbine 03	-6 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	10
9	Opti	3	Turbine 03	off	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	100
10	Opti	1	Turbine 04	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5
11	Opti	2	Turbine 04	-6 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	10
12	Opti	3	Turbine 04	off	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	100
13	Opti	1	Turbine 07	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5
14	Opti	2	Turbine 07	-6 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	10
15	Opti	3	Turbine 07	off	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	100
16	Opti	1	Turbine 11	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5
17	Opti	2	Turbine 11	-6 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	6.0	10
18	Opti	3	Turbine 11	off	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0	100
19	Opti	1	Turbine 12	-3 dB	<input checked="" type="checkbox"/>	3.0	5

For each source multiple attenuations can be handled

Слика 12.14. Избор на мерки за контрола на нивото на бучава за секој извор
Figure 12.14. Measures selection for noise level control for each source

Други можности кои ги нуди Expert System for Industrial Noise се:

- графички приказ на нивото на бучава во околината на индустрискиот објект и тоа гледано одозгоре, како странична проекција или како 3D модел;
- дневен хистограм за нивото на бучава кај приемниците, изворите на бучава и придонесот на изворите на бучава кај приемниците за зголемување на нивото на бучава кај нив
- фреквентен состав на нивото на бучава кај приемниците, јачината на звучниот извор (слика 12.15) и придонесот на изворот за нивото на бучава кај приемниците



Слика 12.15. Фреквентен состав на јачината на звукот на изворот
 Figure 12.15. Frequency spectrum of the sound power of the source

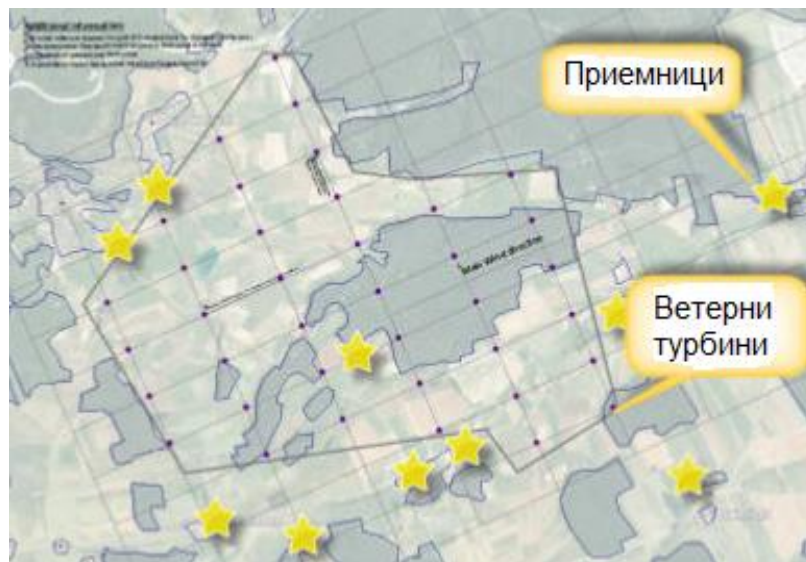
При пресметка на нивото на бучава кај приемниците, SoundPLAN ги зема во предвид сите информации за дисперзијата на бучава, дневниот хистограм за нивото на бучава на изворите и нивниот придонес за зголемување на бучавата, информации за фреквентниот состав на бучавата на изворот и кај приемниците. Прв чекор при оптимизирањето на контролата на бучавата кај звучниот извор е внесување на вредностите за секој од изворите кои покажуваат во колкава мерка ќе се намали (контролира) нивото на бучава и цената на чинење на оваа контрола на бучавата. Потоа започнува оптимизирањето од главното мени Measures/Optimization.

Програмата за секој приемник кај кој има големо влијание бучавата од индустрискиот објект врши споредба на цената и карактеристиките на можните мерки за контрола. Програмата го избира најевтиното решение кое значително придонесува за намалување на нивото на бучава кај приемникот. По избраната мерка за контрола на нивото на бучава, листата на приемници повторно се рангира, така што на прво место доаѓа приемникот кај кој има најголемо надминување на нивото на бучава од дозволеното. Изборот на мерките за

контрола продолжува се додека не се постигне ниво на бучава во рамки на граничните вредности кај сите приемници во околината на индустрискиот објект.

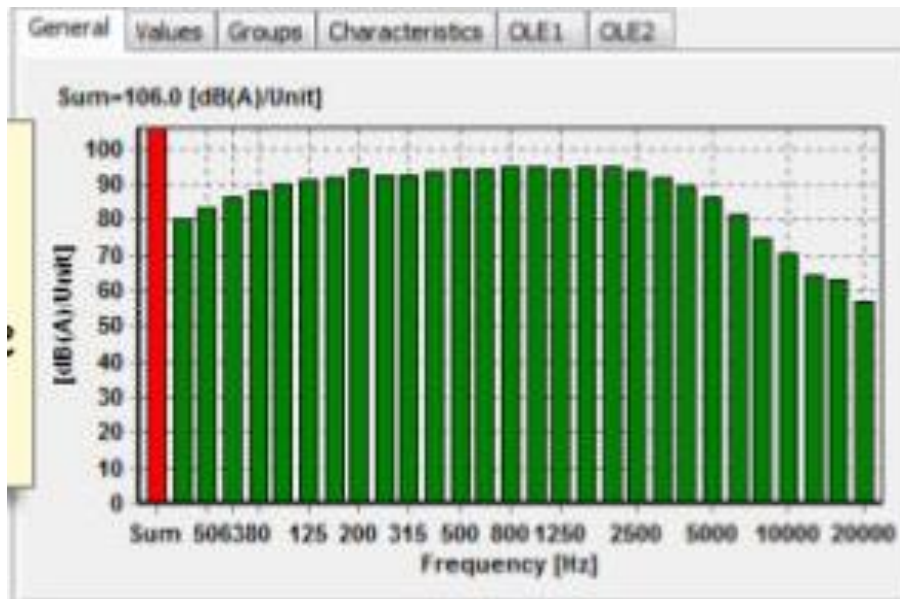
Во продолжение е прикажан методот за оптимизирање и намалување на бучавата од планираната фарма на ветерници со помош на Expert System for Industrial Noise.

На слика 12.16. е прикажана локацијата на приемниците означени со жолта ѕвезда и локацијата на ветерните турбини со виолетови точки. Ветерните турбини се планирани да бидат распоредени во мрежа на најголемо можно растојание во насока на постоечкиот ветер. Растојанието е $5 \times D$ во насока на ветерот и $3 \times D$ во нормална насока на насоката на ветерот. D е дијаметар на роторот на турбината.



Слика 12.16. Распоред и локација на приемниците и ветерните турбини
Figure 12.16. Schedule and location of receivers and wind turbines

Планирани се 38 ветерни турбини. Тие се внесени како точкasti извори, лоцирани во центарот на роторот (т.е. 90 метри над теренот). За планирање на сценариото, вкупната јачина на звукот за една турбина е поставена на 106 dB (A) (слика 12.17).



Слика 12.17. Фреквентен состав на бучавта за 5 MW ветерна турбина

Figure 12.17. Frequency spectrum of noise for 5 MW wind turbine

Десетте релевантни осетливи приемници на бучава се распоредени во околината на ветерниците. Еден од приемниците се наоѓа во центарот на областа во која се планираат ветерниците. Со цел да се утврди позадинската (background) бучава измерено е нивото на бучава кај сите 10 приемници во услови кога ветерните турбини не работат (слика 12.18).

Immissionsort	Area Usage	Measured preload in dB(A)		
		dav	evening	night
Hannesreuth	General residential	50.7	45.7	35.7
Kümreuth	General residential	52.0	43.1	35.7
Schmalnohe	Village area	55.7	52.0	48.7
Agriculture 1	Mixed area	55.7	48.1	48.3
Agriculture 2	Mixed area	55.7	48.1	48.3
Sigras 1	Village area	53.1	48.1	48.7
Sigras 2	Village area	53.1	48.1	48.7
Kalchsreuth	Village area	57.0	48.1	49.3
Wickenricht	General residential	52.8	45.7	44.3
Sigl	General residential	52.8	47.8	44.4

Слика 12.18. Измерено ниво на бучава кај 10 приемници во услови кога ветерните турбини не работат

Figure 12.18. Measured preload noise level at 10 receivers

Во табела се дадени граничните вредности на нивото на бучава за 10 приемници (лево) и прифатливите граничните вредности за овие 10 приемници при работа на ветерните турбини.

Табела 12.1. Гранични вредности на нивото на бучава кај приемниците и прифатливо ниво на бучава при работа на ветерните турбини

Table 12.1. Limit noise level values at receivers and acceptable noise load

Immissionsort	Limit values in dB(A)			Acceptable noise load of the		
	day	evening	night	day	evening	night
Hannesreuth	55	50	40	53	48	38
Kümreuth	55	50	40	52	49	38
Schmalnohe	60	55	50	58	52	44
Agriculture 1	58	55	50	55	50	45
Agriculture 2	55	55	50	55	50	45
Sigra 1	55	55	50	55	50	45
Sigra 2	55	55	50	55	50	45
Kalch	55	55	50	55	50	45
Village	50	50	45	50	46	37
Sigl	55	50	45	51	46	36

Во табела 12.2 во третата, четвртата и петтата колона се прикажани прифатливите гранични вредности за нивото на бучава за трите индикатори, индикаторот за ден, вечер и ноќ ($L_{d,lim}$, $L_{e,lim}$, $L_{n,lim}$), во шестата, седмата и осмата колона измереното ниво на бучава за трите индикатори (L_d , L_e , L_n) и во деветата, десетата и единаесетата колона разликата помеѓу дозволеното и измереното ниво на бучава ($L_{d,dif}$, $L_{e,dif}$, $L_{n,dif}$), односно бројното надминување на нивото на бучава над дозволеното. Од табелата евидентно е дека надминување на дозволеното ниво на бучава кај сите десет приемници има само кај индикаторот за бучава за ноќ, што значи дека ноќниот период е критичен, што значи дека изборот на мерките за контрола на бучавата треба да се прави за ноќниот период. Индикаторот за ден е во дозволените гранични вредности за сите приемници, а кај вечерниот индикатор имаме надминување кај 2 приемници.

Табела 12.2. Гранично, измерено ниво на бучава и разлика меѓу нив

Table 12.2. Limit, measured noise level and difference between them

Receiver	Usage	$L_{d,lim}$	$L_{e,lim}$	$L_{n,lim}$	L_d	L_e	L_n	$L_{d,dif}$	$L_{e,dif}$	$L_{n,dif}$
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
Hannesreuth	1	53	48	38	49.5	49.5	49.5	—	1.5	11.5
Wickenricht	9	51	48	37	43.6	43.6	43.6	—	—	6.6
Kalchsreuth	8	57	54	42	48.3	48.3	48.3	—	—	6.3
Agriculture 1	4	58	54	45	45.8	45.8	45.8	—	—	0.8
Sigra 1	6	59	54	44	49.6	49.6	49.6	—	—	5.6
Sigra 2	7	59	54	44	51.3	51.3	51.3	—	—	7.3
Agriculture 2	5	58	54	45	50.8	50.8	50.8	—	—	5.8
Kümreuth	2	52	49	38	50.2	50.2	50.2	—	1.2	12.2
Schmalnohe	3	58	52	44	46.8	46.8	46.8	—	—	2.8
Sigl	10	51	46	36	38.3	38.3	38.3	—	—	2.3

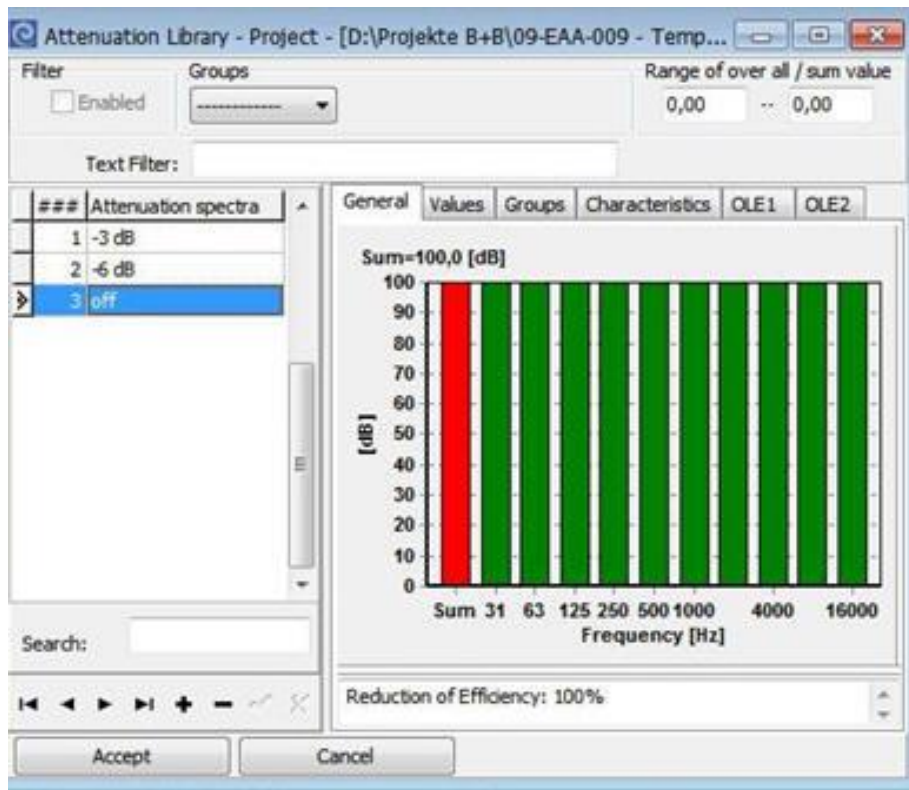
Кај модерните ветерници намалување на емисијата на бучава може да се постигне со намалување на брзината на роторот. Намалување на нивото на бучава за 3dB или 6dB може да се постигне, при што ефикасноста на турбините ќе се намали за 5% или 10% соодветно. Доколку ова не е доволно, последна можност за намалување на нивото на бучава е комплетно исклучување на една од ветерниците за време на ноќниот период, но оваа мерка е помалку ефикасна од мерката со намалување на брзината на роторот, бидејќи со исклучување на оваа ветерница нема да се произведува електрична енергија. Поради ова сопствениците на ветерниците ќе реагираат, бидејќи нивна цел е производство на повеќе електрична енергија. SoundPLAN® со модулот Expert System for Industry може да пронајде најдобра можна комбинација за намалување на бучавата при производство на електрична енергија со ветерниците. Оваа постапка е следната:

Кога ќе се отвори прозорецот за пресметаните резултати од ветерните турбини, почетниот екран е ист како на слика 12.13. Двата прозорци ги покажуваат рангираните приемници на лево и рангираните нивоа на бучава како резултат на работата на ветерниците кај осветлените приемници, на десно. Дијаграмот ги покажува најтивките извори на бучава од десно и се додаваат се побучни и побучни извори. Лесно е да се забележи дека контролата на бучавата мора да започне од изворите од лево. Доколку трите најбучни турбини бидат исклучени, нивото на бучава ќе се намали од 50 dB на 45 dB, но цел е да се намали нивото на бучава до 37 dB.

За контрола на бучавата од ветерните турбини, постојат три алтернативни мерки за контрола кои може да се применат кај секоја ветерница:

- намалување за 3 dB со загуби во производството на електрична енергија од 3%.
- намалување за 6 dB со загуби во производството на електрична енергија од 6 %.
- исклучување на ветерната турбина со загуби од 100%.

Мерките за контрола на бучава се дефинирани во „Attenuation Library“ (слика 12.19) и потоа се избира една од нив за секој извор.



Слика 12.19. „Attenuation Library"

Оптимизирањето започнува со отварање на менито "Measures/Optimization." Програмата тогаш врши процена и рангирање на мерките за контрола на бучавата и истите ги прикажува табеларно (слика 12.20).

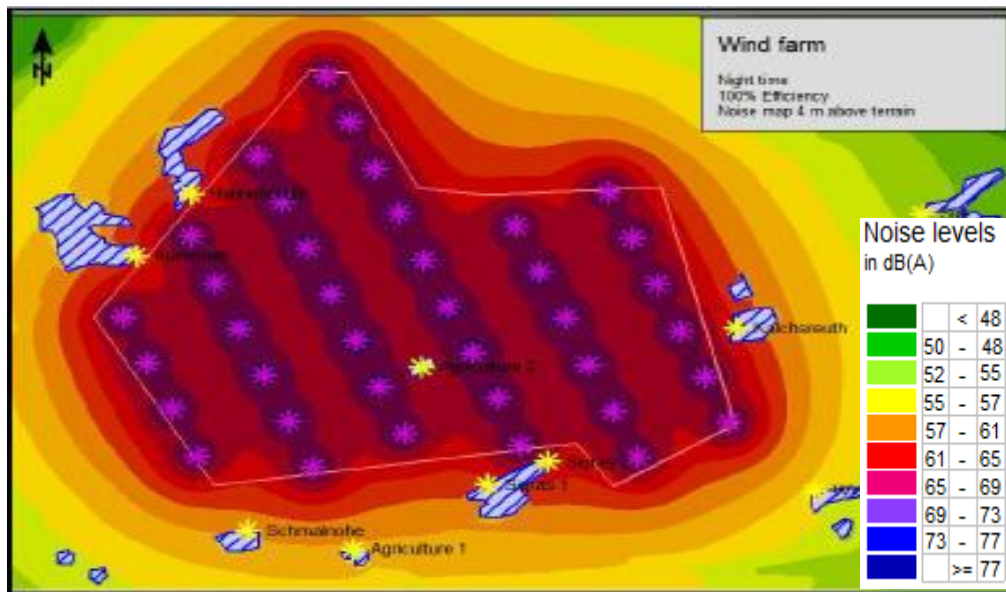
No.	Active	Group-/Source name	Name	Costs	Lr	dLr	Sum dLr
1	Yes	Turbine 27	-3 dB	5	50.2	0.0	0.0
2	Yes	Turbine 26	-6 dB	15	50.2	0.0	0.0
3	Yes	Turbine 25	off	115	50.2	0.0	0.0
4	Yes	Turbine 24	-6 dB	125	50.1	0.0	0.1
5	Yes	Turbine 23	off	225	50.0	0.1	0.2
6	Yes	Turbine 22	off	325	50.0	0.0	0.2
7	Yes	Turbine 21	-6 dB	335	50.0	0.0	0.2
8	Yes	Turbine 20	-6 dB	345	50.0	0.0	0.2
9	Yes	Turbine 19	-6 dB	355	49.9	0.1	0.3
10	Yes	Turbine 18	-6 dB	455	49.6	0.3	0.6
11	Yes	Turbine 17	-6 dB	460	49.6	0.0	0.6
12	Yes	Turbine 16	-6 dB	465	49.6	0.0	0.6
13	Yes	Turbine 15	-6 dB	475	49.6	0.1	0.7
14	Yes	Turbine 12	off	575	49.3	0.2	0.9

Ranking of the noise control measures taken

Слика 12.20. Оптимизирање на мерките за контрола на бучавата

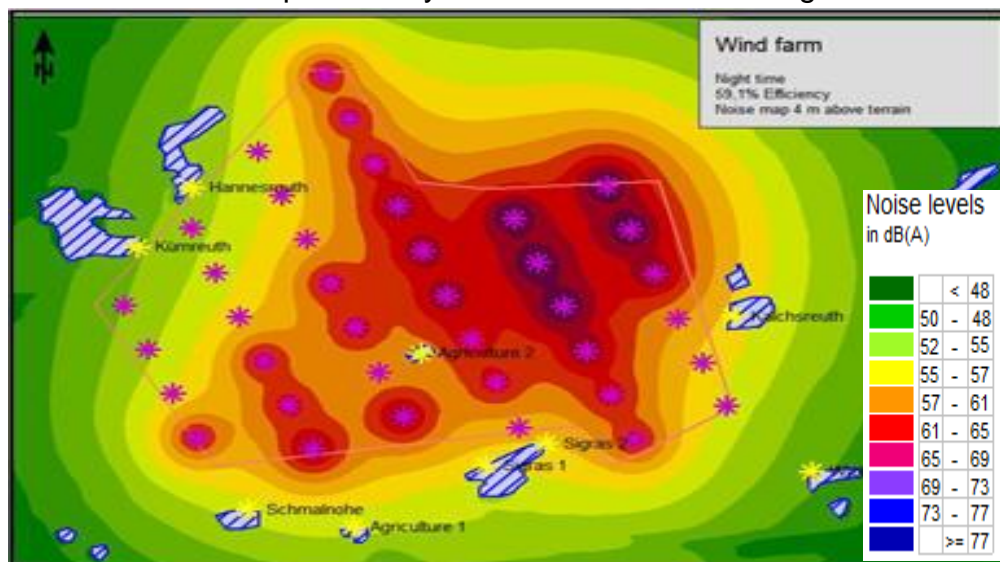
Figure 12.20. Noise control measures optimization

По оптимизирање на ветерните турбини со цел да се избегне надминувањето на дозволеното ниво на бучава ноќе, резултатите од оптимизацијата се снимаат како "attenuation", датотека која ќе биде додадена при секоја пресметка. Со додавање на оваа датотека и барање за креирање нова датотека за нова Grid Noise Map, пресметките за новото сценарио на ветерниците ќе послужат за креирање на нова карта на бучава со новата состојба на нивото на бучава во ноќниот период.



Слика 12.21. Карта на бучава во околината на фармата на ветерници пред превземање на мерки за контрола

Figure 12.21. Noise map in vicinity of wind farm before taking control measures



Слика 12.21. Карта на бучава во околината на фармата на ветерници по превземаните мерки за контрола

Figure 12.21. Noise map in vicinity of wind farm after taken control measures

13. МЕРКИ ЗА ВНАТРЕШНА АКУСТИЧНА ИЗОЛАЦИЈА НА ПРОСТОРИИТЕ

Употребата на заштитните акустични бариери како мерка за контрола на нивото на бучава опишани во поглавје 12 се користат за намалување на сообраќајната бучава од возилата на магистралните патишта кои минуваат во близина на станбени области. Во урбани средини каде просторот е многу мал, сообраќајниците се многу блиску, непосредно, лоцирани до резиденцијалните објекти (како што е пример со градот Штип и слични на него урбани центри), подигањето на акустични бариери (сидови) е практично неизводливо. Во овој случај, намалувањето на нивото на бучава кај приемниците може да се постигне со соодветна внатрешна акустична изолација на станбените објекти, со примена на акустично апсорбирачки материјали за сидовите, прозорците или со поставување на дополнителни акустично апсорбирачки површини во просториите.

Како акустична изолација, за намалување на интензитетот на звукот се применуваат два основни видови на материјали:

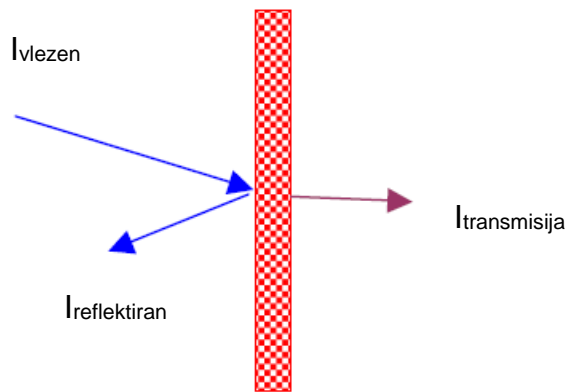
- материјали за апсорпција на звукот,
- материјали за звучна изолација.

Во првиот случај се работи за материјали со кои се намалува енергијата на одбиениот (рефлектиран) звучен бран, па со тоа се намалува интензитетот на звукот во просториите, додека во другиот случај се работи за материјали кои се користат за слабеење на звукот произведен со удар.

Материјали за апсорпција на звукот - Основна акустична карактеристика на материјалот за апсорпција на звукот е коефициентот на апсорпција (α) кој претставува однос на апсорбираната (нерефлектирана и пропуштена) и упадната звучна енергија која доаѓа до материјалот во единица време.

$$\alpha = \frac{I_{aps}}{I_{vl}} = \frac{I_{vl} - I_{ref}}{I_{vl}} \quad (13.1)$$

Кога звукот (звучниот бран) ќе најде на препрека (сид), дел од него се рефлектира, дел се апсорбира и останатиот поминува преку препреката. Коефициентот на апсорпција α претставува функција од материјалот, фреквенцијата и упадниот агол и $0 \leq \alpha \leq 1$.



каде што:

I_{vl} – интензитет на упадниот (влезниот) звучен бран

I_{aps} – интензитет на апсорбируваниот дел од звучниот бран

I_{ref} – интензитет на рефлектираниот дел од звучниот бран

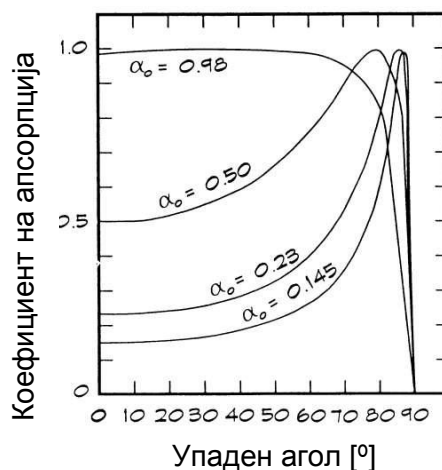
Коефициентот на трансмисија (τ) се дефинира како однос на интензитетот на поминатиот звучен бран и упадниот звучен бран.

$$\tau = \frac{I_{tran}}{I_{vl}} \quad (13.2)$$

I_{tran} – интензитет на поминатиот звучен бран

I_{vl} – интензитет на упадниот (влезниот) звучен бран

На слика 13.1 е прикажана зависноста на коефициентот на апсорпција од упадниот агол на звукот.



Слика 13.1. Зависност на коефициентот на апсорпција од упадниот агол на звукот

Figure 13.1. Dependence on the absorption coefficient from the sound incident angle

Коефициентот на апсорпција е функција од порозноста на материјалот, па затоа се применуваат само материјали со порозност помеѓу 40-90%. За разлика од термоизолационите материјали, тука важна улога има отворената порозност на материјалот.

До губење на енергијата на звучните бранови доаѓа по вискозното триење во порите на материјалот и поради преминот на дел од механичката енергија во топлинска, што е условено со движењето на воздухот во порите, кое е поинтензивно ако порниот систем комуницира помеѓу себе, а истовремено комуницира и со надворешната средина.

Од овие причини, за зголемување на апсорпцијата на звукот, во материјалите се изведуваат одредени перфорации или се поставуваат двослојни или трослојни преградни елементи, како и елементи со испупчувања и вдлабнувања.

Пример на материјали за апсорпција на звукот се:

- Плочи на база на минерални, азбестни и стаклени влакна кои претставуваат основни материјали за звучна апсорпција, со одредени врзива.
- Плочи од дрвени влакна (лесонит) се применуваат со финална обработка, како обоени и перфорирани.
- Плочи на база на дрвена волна - се прават со користење на цемент или гипс како врзиво.
- Плочи на база на синетички влакна - се користат влакна од полипропилен, најлон и други полимери, а врзива се синтетички смоли.
- Акустични бетони и малтери се одликуваат со мала волуменска маса. За решавање на прашањата на звучната изолација може да се користат сите видови на лесни бетони.

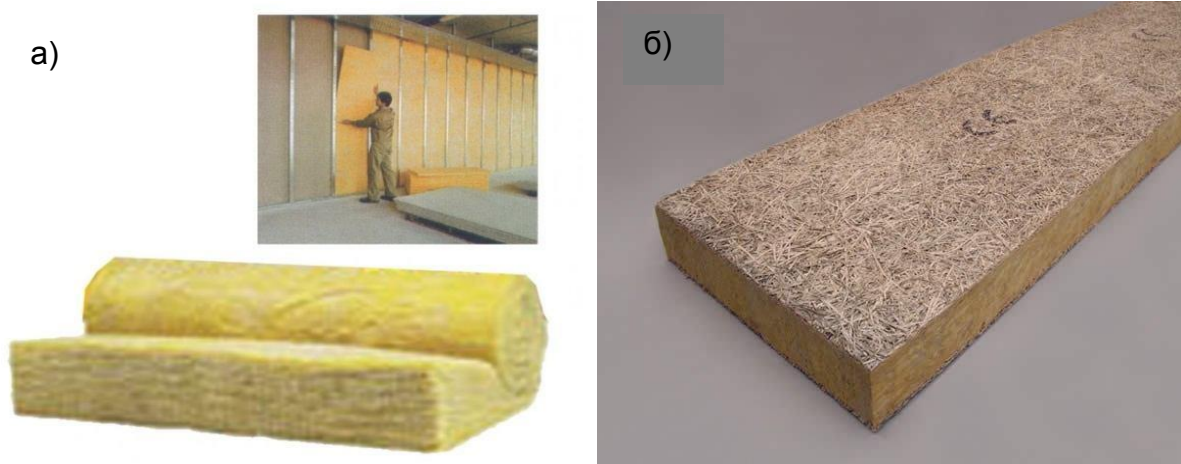
Покрај овие материјали, се користат и материјали за апсорпција на звукот како готови фабрички производи, составени од неколку различни материјали, кои задоволуваат два услови - за апсорпција на звукот и декоративност.

Како материјали за зголемување на звучната изолација се користат и минералната и стаклена волна.

Минералната волна се состои од влакна со дебелина од 5-15 нанометри кои се добиваат од топењето на некои леснотопливи камени материјали

(лапорци, доломити), металуршки и ложишни згури. Добиените минерални влакна се собираат во посебни комори и од нив се формираат парчести, плочести, тракасти и јажести производи, како и материјали од неврзана (растресита) структура-вата. Обликувањето на производите се прави со постапка на лесно пресување со евентуално додавање на врзива. Во зависност од степенот на пресување при обликувањето, материјалите на база на минерална волна можат да имаат различни волуменски маси (35 kg/m^3 - 250 kg/m^3). Најраширена е примената на минералната волна во ролни (слика 13.2 а) .

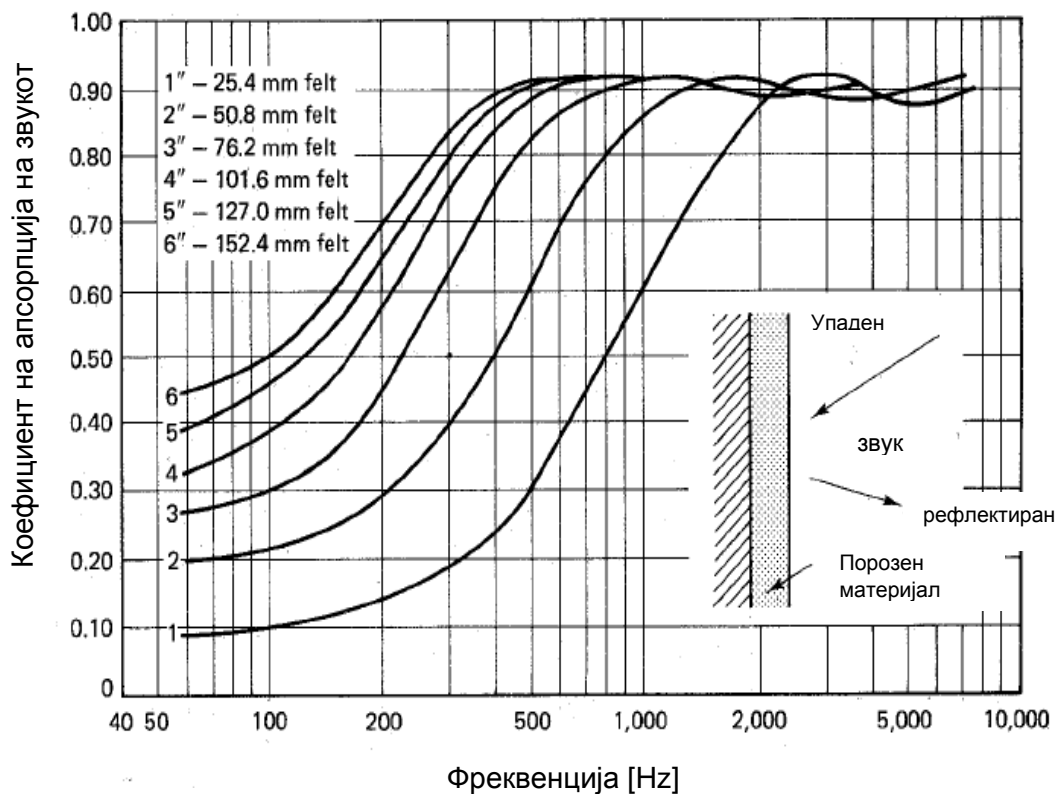
Стаклената волна се произведува на сличен начин како минералната волна. Се состои од стаклени влакна со дебелина од 20-50 нанометри. Не впива влага, не е подложна на биолошка деструкција, и може да се употребува до максимална температура од 600°C (слика 13.2 б).



Слика 13.2. Минерална волна (а) и стаклена волна (б) во ролни или плочи за ѕидни и тавански конструкции

Figure 13.2. Mineral wool (a) and glass-fiber wool (b) in rolls or boards for wall and ceiling constructions

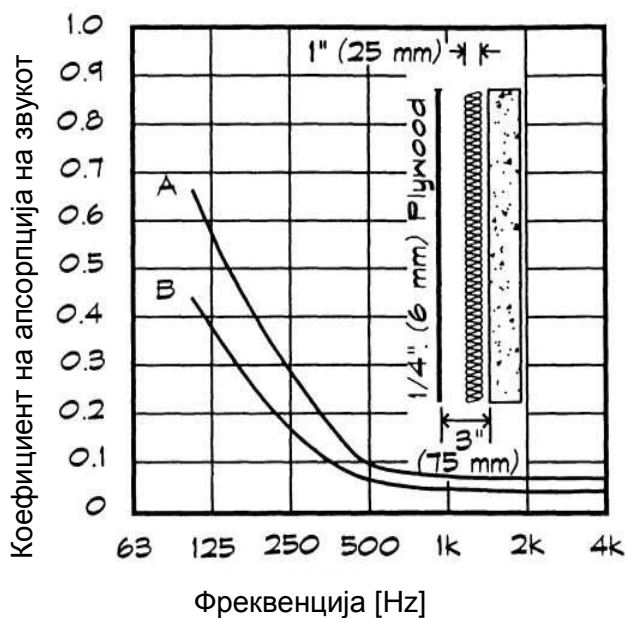
Коефициентот на апсорпција на филц со различна дебелина е прикажан на слика 13.3.



Слика 13.3. Коефициент на апсорпција на звукот филц со различна дебелина

Figure 13.3. Felt sound absorption coefficient with different thickness

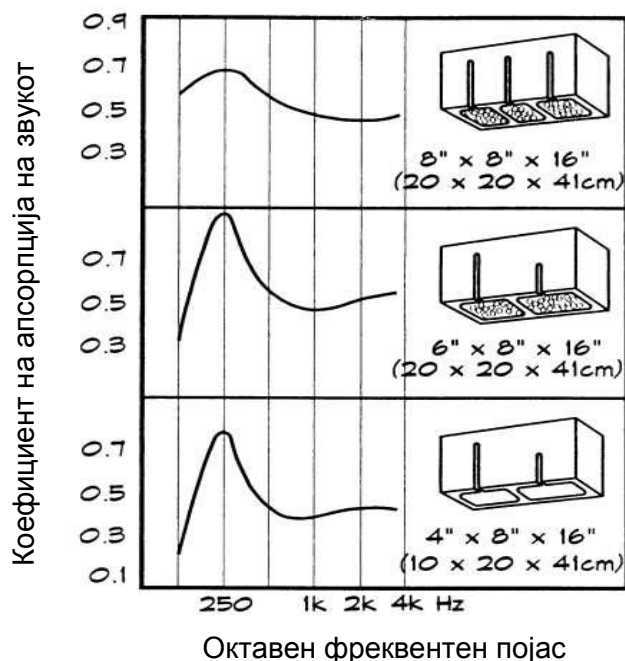
На слика 13.4 е прикажана зависноста на коефициентот на апсорпција на звукот за иверица кој делува како мембрана поставена пред тврда плоча. А- претставува со додаток на минерална волна, В- без минерална волна.



Слика 13.4. Коефициент на апсорпција на иверица

Figure 13.4. Plywood sound absorption coefficient

На слика 13.5 е прикажана улогата на градежен бетонски блок исполнет со минерална волна во улога на резонатор.



Слика 13.5. Коефициент на апсорпција на звукот на градежен бетонски блок исполнет со минерална волна

Figure 13.5. Sound absorption coefficient of building concrete block filled with mineral wool

Коефициентот на намалување на звукот (NRC-Noise Reduction Coefficient) претставува големина која го опишува својството на „впивање“ на звукот на некој материјал на најважните октавни фреквенции за комуникација.

$$NRC = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})/4 \quad (13.3)$$

Во табела 13.1 се дадени вредности на коефициентот на намалување на звукот за некои материјали:

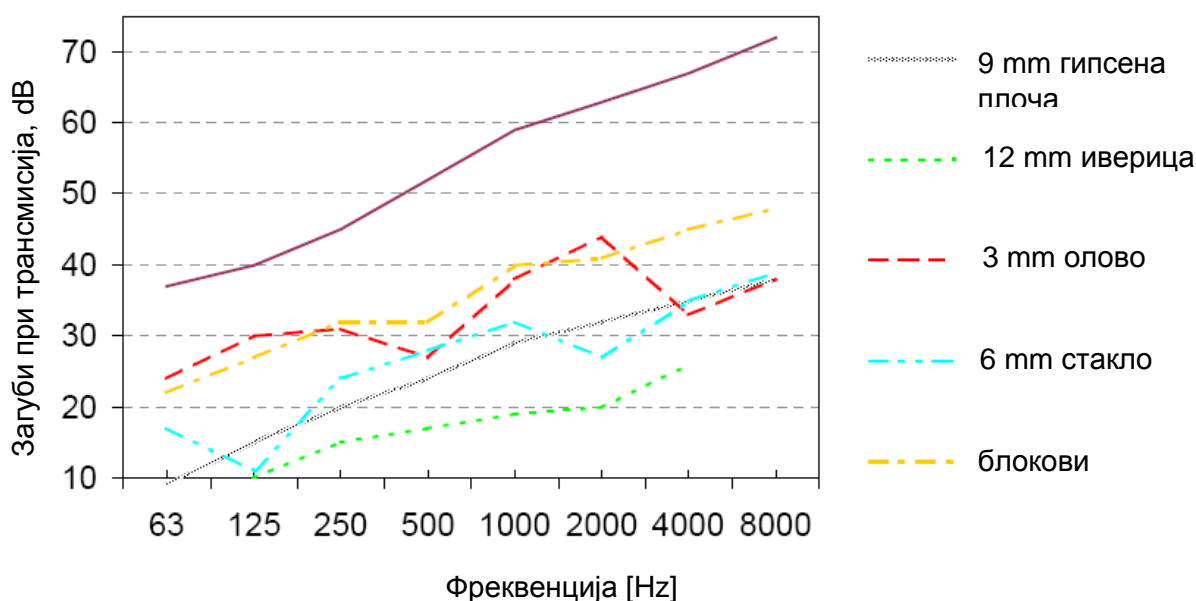
Табела 13.1. Коефициент на намалување на звукот
Table 13.1. Noise Reduction coefficient

Материјал/ Material	Коефициент на намалување на звукот/ NRC
Тули	0,00-0,05
Бетон	0,00-0,20
Стаклена волна	0,50-0,75
Гипс	0,05-0,10
Полиуретанска пена	0,05

Логаритамскиот однос на упадната и поминатата (трансмитурана) звучна енергија ја дефинира големината загуби на звукот при поминување (STL- Sound Transmission Loss).

$$STL = 10 \log \frac{1}{\tau} \quad (13.4)$$

Примери за вредноста на STL за некои градежни материјали се дадени на слика 13.6:



Слика 13.6. Вредноста на STL за различни градежни материјали
Figure 13.6. STL value for a different building materials

Во табела 13.2 е дадена споредба на коефициентот на апсорпција и коефициентот на трансмисија за бетонски блок и стаклена волна.

Табела 13.2. Коефициент на апсорпција, α , коефициент на трансмисија, τ
Table 13.2. Absorption coefficient, Transmission coefficient

Материјал/Material	α	τ
Бетонски блок / Concrete Block	0,07 многу мал	0,0001 (STL=40) висок
2`` стаклена волна / 2`` Fiberglass	0,90 висок	~1.0 многу мал

Индекс на звучна изолација (R) претставува нормирана единица како и STL и е дефиниран со следната формула:

$$R = 10 \log \frac{W_I}{W_T} \quad (13.5)$$

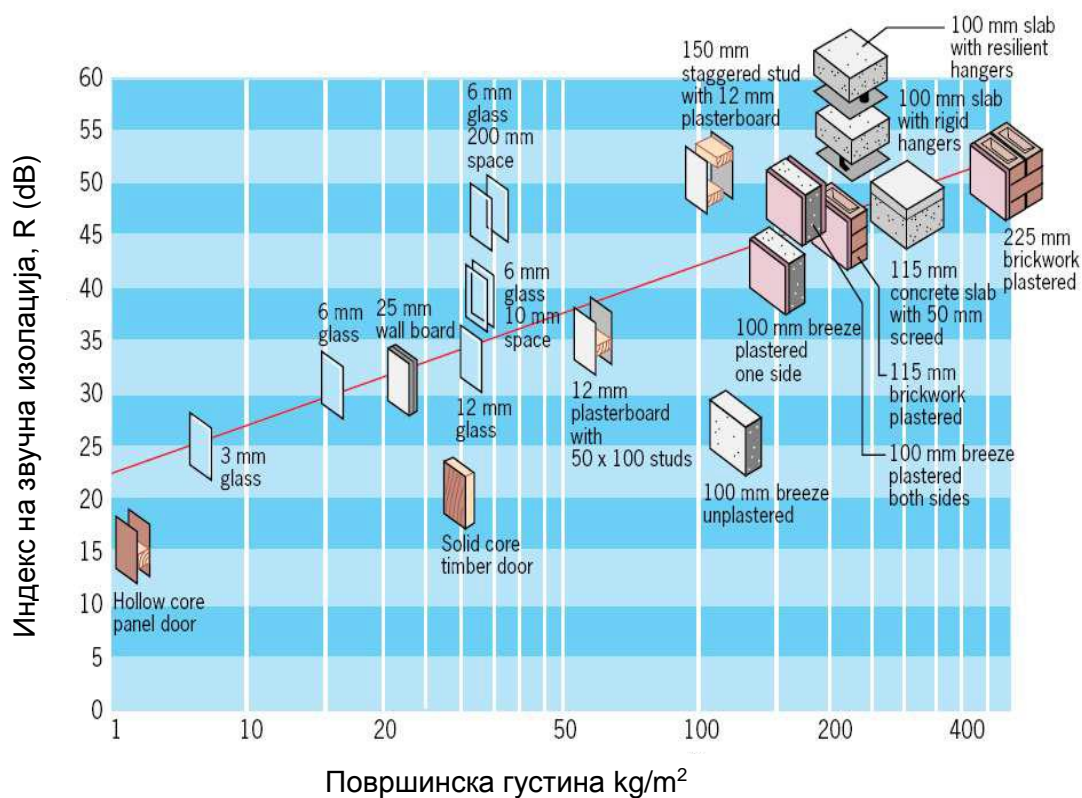
каде што:

W_i - моќност на упадниот звучен бран

W_T - моќност на поминатиот звучен бран

R- индекс на звучна изолација (dB)

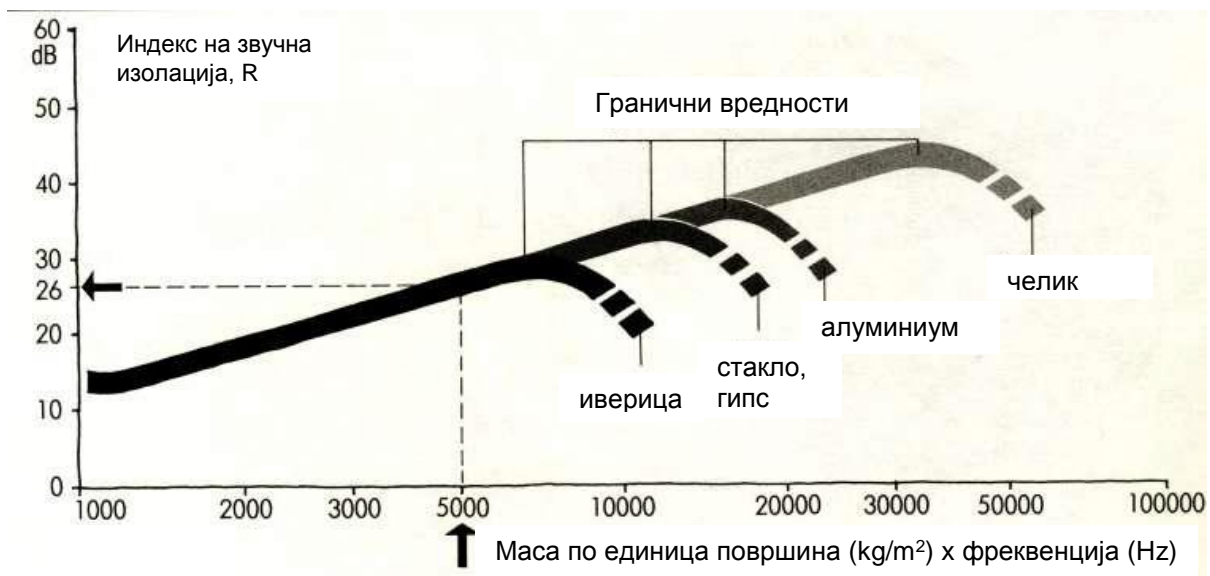
На слика 13.7 се прикажани вредностите на индексот на звучна изолација за различни градежни материјали.



Слика 13.7. Вредности на индексот на звучна изолација за различни градежни материјали

Figure 13.7. Sound insulation index values for different building materials

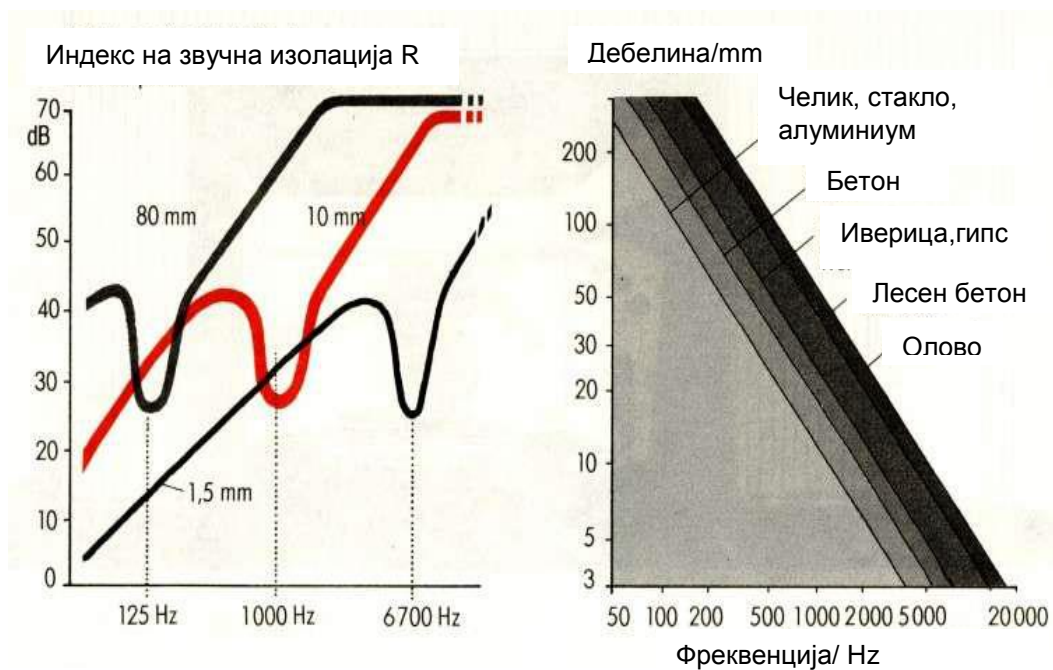
Зависноста на индексот на звучна изолација од густината на плочата е прикажана на слика 13.8.



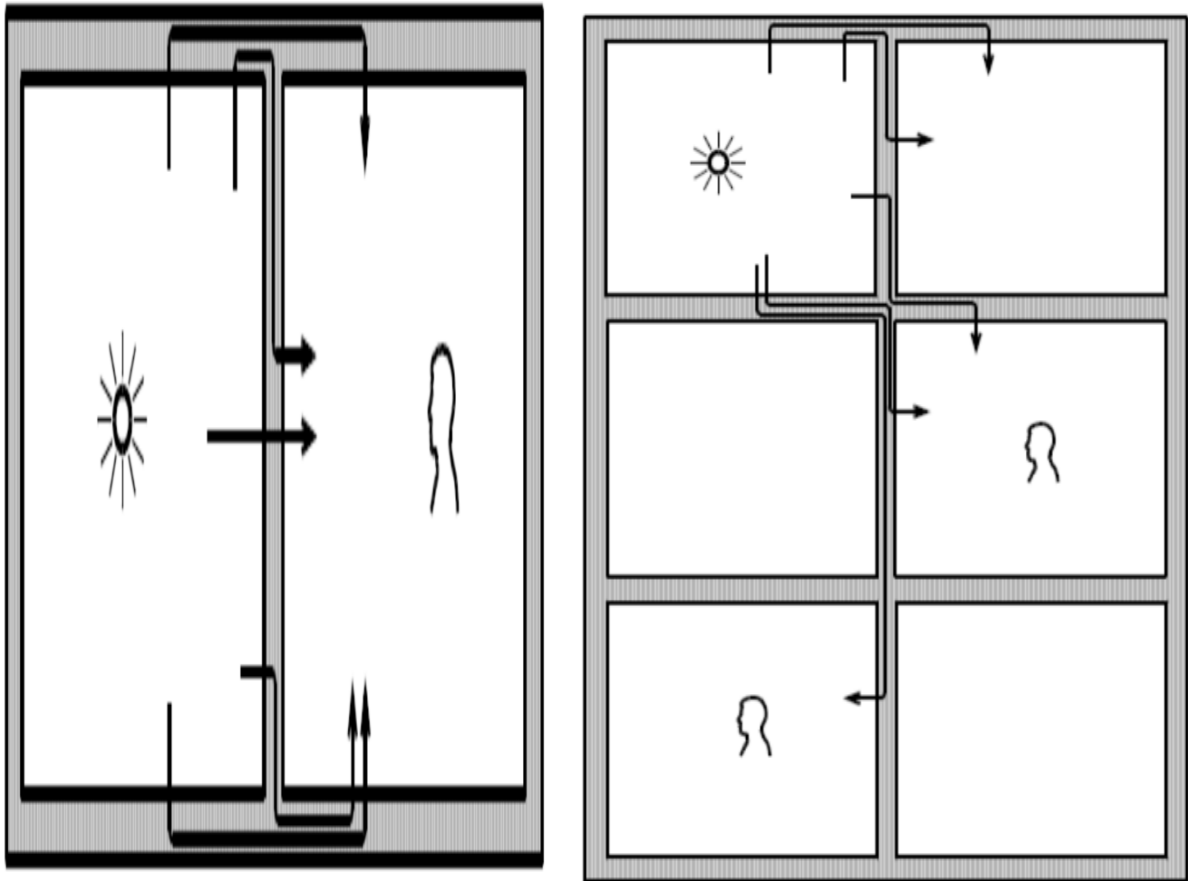
Слика 13.8. Зависност на индексот на звучна изолација од густината на плочата

Figure 13.8. Dependence on the sound insulation index of the board density

При одредена фреквенција индексот на звучна изолација ќе биде помал во зависност од дебелината на плочата.

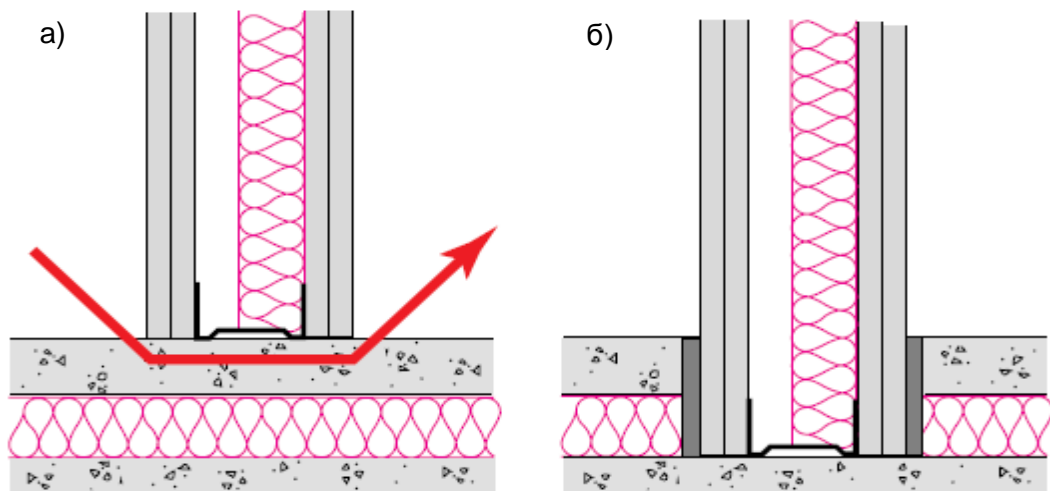


Можните патишта низ кои поминува звукот во градежните објекти се прикажани на слика 13.9.



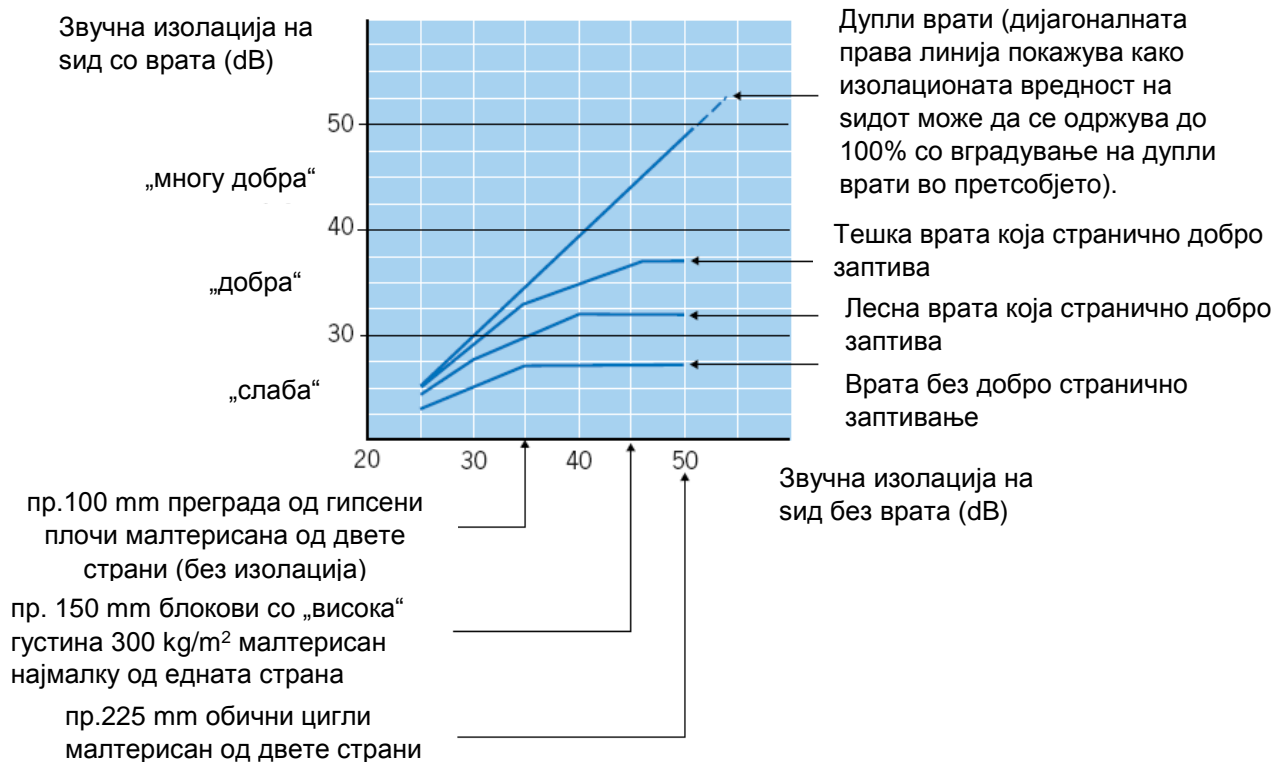
Слика 13.9. Приказ на патишта низ кои поминува звукот во просториите
 Figure 13.9 Review of the pathways through which sound passes in the rooms

На слика 13.10 под а) е прикажано слободно поминување на звукот низ подот, а под б) зголемување на звучната изолација преку одвојување на сидот и подот.



Слика 13.10. Можен начин на зголемување на звучната изолација
 Figure 13.10 Possible way to increase the sound insulation

На слика 13.11 е прикажано намалувањето на звучната изолација на ѕидот во кој се вградени различни видови на врати.


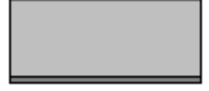
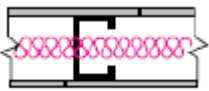



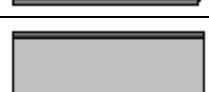

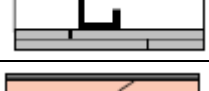


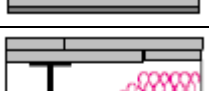


Слика 13.11. Зависност на звучната изолација на ѕидот од вградувањето на врати во него

Figure 13.11. Dependence of wall's sound insulation from doors building

Во продолжение е даден приказ на вредноста на индексот на звучна изолација кај ѕидовите, вратите и прозорците во зависност од нивната изведба.

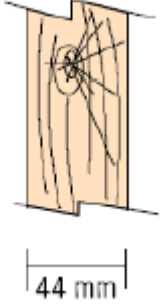
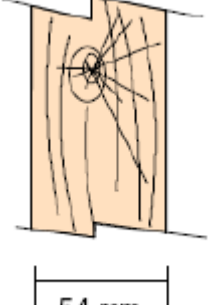
13.1. Индекс на звучна изолација за различни конструкции на ѕидот

Ефикасност на R_w (dB)		Вид на конструкција на ѕидот
35-40		1 x 12.5 mm гипсена плоча од секоја страна на метален профил (вкупна ширина 75 mm)
		100 mm блок (со мала густина 52 kg/m ²) малтерисан 12 mm од едната страна
40-45		1 x 12.5 mm гипсена плоча од секоја страна на 48 mm метален профил и исполнување на празнината со стаклена/минерална волна (вкупна ширина 75 mm)
		100 mm блок (со средна густина 140 kg/m ²) малтерисан 12 mm од едната страна
45-50		2 x 12.5 mm гипсени плочи од секоја страна на 70 mm метален профил (вкупна ширина 122 mm)
		115 mm цигли материсан 12 mm од двете страни
		100 mm блок (со средна густина 140 kg/m ²) малтерисан 12 mm од двете страни
50-55		2 x 12.5 mm гипсени плочи од секоја страна на 150 mm метален профил и исполнување на празнината со стаклена/минерална волна (вкупна ширина 198 mm)
		225 mm цигли материсан 12 mm од двете страни
		215 mm блок (со висока густина 430 kg/m ²) малтерисан 12 mm од двете страни
55-60		2 x 12.5 mm гипсени плочи од секоја страна на скалесто поставени 60 mm метални профили и исполнување на празнината со стаклена / минерална волна (вкупна ширина 178 mm)
		100 mm блокови (со висока густина 200 kg/m ²) со 12 mm малтер од едната страна и 1 x 12.5 mm гипсена плоча со метален профил со 50 mm празнина исполнета со стаклена / минерална волна од едната страна

13.2. Индекс на звучна изолација за различна изведба на прозорците

Ефикасност на R_w (dB)		Вид на изведба на прозорецот
25		4 mm единечно прозорско стакло
28		6 mm единечно прозорско стакло
		4/12/4: 4mm стакло/12 mm воздушна празнина/ 4 mm стакло
30		6/12/6: 6mm стакло/12 mm воздушна празнина/ 6 mm стакло
		10 mm единечно прозорско стакло
33		12 mm единечно прозорско стакло
		16/12/8: 16mm стакло/12 mm воздушна празнина/ 8 mm стакло
35		10 mm ламинирано единечно стакло
		4/12/10: 4mm стакло/12 mm воздушна празнина/ 10 mm стакло
38		6/12/10: 6mm стакло/12 mm воздушна празнина/ 10 mm стакло
		12 mm ламинирано единечно стакло
40		10/12/6 ламинирано: 10mm стакло/12 mm воздушна празнина/ 6 mm ламинирано стакло
		19 mm ламинирано единечно стакло
		10/50/6: 10mm стакло/50 mm воздушна празнина/ 6 mm стакло
43		10/100/6: 10mm стакло/100 mm воздушна празнина/ 6 mm стакло
		12 лам/10/12: 12mm ламинирано стакло/10 mm воздушна празнина/ 12 mm стакло
45		6 лам/200/10: 6mm ламинирано стакло/200 mm воздушна празнина/ 10 mm стакло
		17 лам/12/10: 17mm ламинирано стакло/12 mm воздушна празнина/ 10 mm стакло

13.3. Индекс на звучна изолација за различна видови врати

Акустична ефикасност	Типична конструкција на врата
<p data-bbox="395 367 517 400">30 dB R_w</p>  <p data-bbox="288 779 603 880">44 mm дебела дрвена врата, 30 min. отпорна на оган</p>	<p data-bbox="647 315 1311 551">Ваква акустична ефикасност може да се постигне со добро поставено цврсто јадро на вратата, така што вратата ефикасно обезбедува странична херметичка затвореност по целиот периметар и со ефективна гума на рамката. Овие карактеристики ги има (FD 30) врата, која 30 минути е отпорна на оган.</p> <p data-bbox="647 568 1225 669">Дрвената FD 30 врата често има јадро од струготини или ламинирано меко дрво со густина 27 kg/m² и дебелина од 44 mm.</p> <p data-bbox="647 687 1286 788">Рамката на FD 30 вратите најчесто е со димензии 90 mm x 40 mm со гума од најмалку 15 mm.</p> <p data-bbox="647 806 1305 907">Во овие врати има вградено 7 mm огноотпорно стакло, со што во целост се постигнува саканата акустична ефикасност.</p>
<p data-bbox="395 983 517 1016">35 dB R_w</p>  <p data-bbox="288 1384 603 1485">54 mm дебела дрвена врата, 60 min. отпорна на оган</p>	<p data-bbox="647 931 1311 1200">Ваква акустична ефикасност може да се постигне со добро поставено цврсто јадро во вратата, така што вратата ефикасно обезбедува странична херметичка затвореност по целиот периметар, за која цел има поставено ефикасен гумен дел на рамката. Овие карактеристики ги има (FD 60) врата, која е отпорна на оган 60 минути.</p> <p data-bbox="647 1218 1225 1319">Дрвената FD 60 врата често има јадро од струготини или ламинирано меко дрво со густина 29 kg/m² и дебелина од 54 mm.</p> <p data-bbox="647 1337 1230 1438">Рамката на FD 60 вратите најчесто е со димензии 90 mm x 40 mm со гумен дел од најмалку 15 mm.</p> <p data-bbox="647 1456 1305 1556">Во овие врати има вградено 7 mm огноотпорно стакло, со што во целост се постигнува саканата акустична ефикасност.</p>

13.4. Изолација на подот

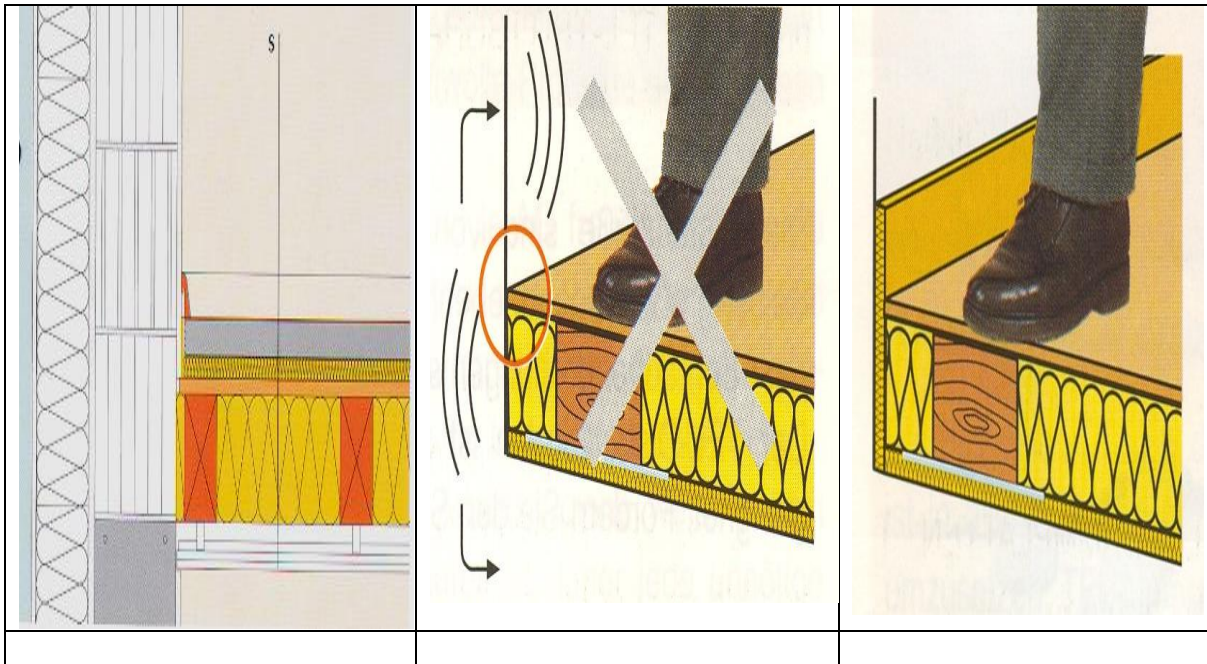
Подот може да биде различно изведен со вградување на соодветни материјали за звучна изолација.

Пливачки подови со соодветна подлога:

- цементна подлога или бетон MB 25 со ситен агрегат. Кај големи површини се армира со вкрстена арматура;
- магнезитна подлога 3,5-4,5 cm;

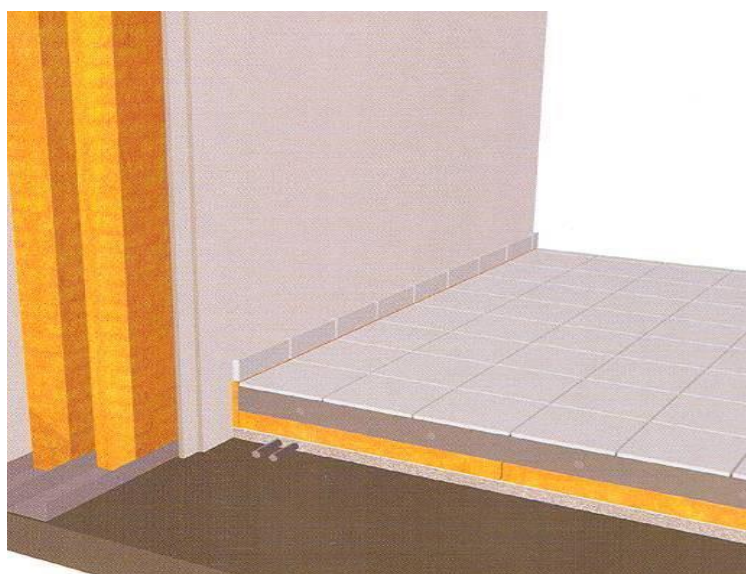
- асфалтен мастикс (битумен+минерални состојки) +фино камено брашно

Без подлога за подови во вид на бродски подови или паркети.



Слика 13.12. Подови со естрих врз минерална волна со дрвена конструкција
Figure 13.12. Floors with floor base of mineral wool and wood construction

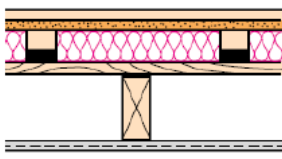
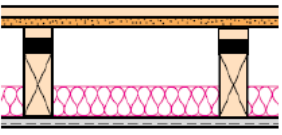
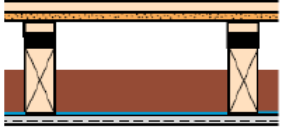

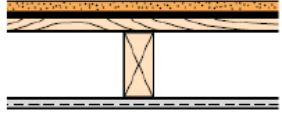
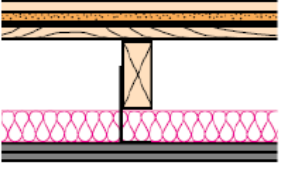




Слика 13.13.Под со армирана бетонска подлога

13.4.1. Индекс на звучна изолација за дрвен под, R_w

Конструкција на дрвениот под		R_w (dB)	Длабочина (mm)
1	Основниот дрвен под се состои од 15 mm подна плоча поставена на 150-200 mm дрвена греда, која во долниот дел е прицврстена на гипсена плоча	35-40	180-230
2	Како 1, долниот дел се состои од слој од 15 mm гипсена плоча и слој од 12,5 mm гипсена плоча со поголема густина прицврстени преку соодветна еластична подлога за долниот дел од гредата	50-55	220-270
3	Како 1, горниот дел е зачуван, а под него е додаден нов долен дел кој се состои од 2 слоја од 15 mm гипсена плоча или 2 слоја од 12,5 mm гипсена плоча со поголема густина меѓу кои е поставен метален профил кој обезбедува 240 mm празнина испонета со 80-100 mm минерална волна ($>10\text{kg/m}^3$)	55-60	450-500
4	Како 1, долниот дел е различен и се состои од 2 слоја од 15 mm гипсена плоча или 2 слоја од 12,5 mm гипсена плоча со поголема густина на кои е поставен метален профил кој обезбедува 275 mm празнина испонета со 80-100 mm минерална волна ($>10\text{kg/m}^3$)	55-60	450-500
5	Како 1, долниот дел е различен и се состои од 2 x 15 mm гипсени плочи или 2 x 12,5 mm гипсени плочи со поголема густина на кои е поставена специјална еластична подлога со 275 mm празнина испонета со 80-100 mm минерална волна ($>10\text{kg/m}^3$)	60-65	450-500

6	<p>Како 1, над кој е поставен соодветен лесен пливачки под со користење на еластична подлога (пр. 15 mm подна плоча вжлебена во 15 mm шперплоча или иверица потпрени на 45 mm потпирачи од меко дрво кои лежат врз 25 mm перничуња од пена) 80-100 mm минерална волна (>10kg/m³) поставена одозгора врз постоечката подна плоча</p>		50-55	270-320
7	<p>Како 1, дрвената подна плоча е отстранета и заменета со 15 mm подна плоча вжлебена во 15 mm иверица поставени на 12 mm потпирачи од меко дрво кои лежат врз 25 mm перничуња од пена прицврстени врз гредите, 80-100 mm минерална волна (>10kg/m³) поставена врз постоечкиот долен дел.</p>		55-60	240-290
8	<p>Како 7, само минералната волна е заменета со 100 mm слој од туларска глина поставена на подлога над постоечкиот долен слој</p>		55-60	240-290
9	<p>Како 8, но со 75 mm слој од туларска глина поставена врз плоча прицврстена странично на гредите</p>		50-55	240-290
10	<p>Како 1, над кој е поставен соодветен лесен под од еластична подлога (пр. 15 mm подна плоча вжлебена во 15 mm иверица поставени на 6 - 12 mm подлога од порозна пена</p>		50-55	220-270
11	<p>Како 10, долниот дел е отстранет и заменет со нов кој се состои од 2 слоја од 15 mm гипсена плоча или 2 слоја од 12,5 mm гипсена плоча со поголема густина на кои е поставен метален профил со 275 mm празнина испонета со 80-100 mm минерална волна (>10kg/m³)</p>		60-65	360-410

13.4.2. Индекс на звучна изолација за лесна бетонска плоча, R_w

Конструкција на лесни бетонски плочи		R_w (dB)	Длабочина (mm)
1	Лесен под кој се состои од бетонска плоча со 30-50 mm порамнителен слој, со вкупна тежина приближно 100 kg/m ² , без подна покривка	35-40	100-150
2	Како 1 со мека подна покривка со дебелина поголема од 5 mm	35-40	105-155
3	Како 1, со дополнителен долен дел кој се состои од 2 x 15 mm гипсени плочи или 2 x 12,5 mm гипсени плочи со поголема густина на кои се поставен соодветен метален систем кој обезбедува 240 mm празнина испонета со 80-100 mm минерална волна (>10kg/m ³)	60-65	370-420
4	Како 3 со мека подна покривка со дебелина поголема од 5 mm	60-65	375-425
5	Како 1, над кој е поставен соодветен лесен пливачки под од отпорна подлога (пр. 15 mm подна плоча поставена на 15 mm иверица поставени на 25 mm потпирачи од порозна пена	50-60	155-205
6	Како 1, над кој е поставен соодветен лесен пливачки под од отпорна подлога (пр. 15 mm подна плоча поставена на 15 mm иверица поставени на 6-12 mm подлога од порозна пена	50-55	150-200
7	Како 1 соодветно цврсто поставен на звучно изолиран долен дел од керамика	45-55	250-500

13.4.3. Индекс на звучна изолација за тешка бетонска плоча, R_w

Конструкција на лесни бетонски плочи		R_w (dB)	Длабочина (mm)
1	Цврст бетонски под со вкупна површинска густина од 365 kg/m^2 , со мека подна покривка подебела од 5 mm	50-55	150-200
2	Како 1, над кој е поставен соодветен лесен пливачки под од еластична подлога (пр. 15 mm подна плоча поставена на 15 mm или иверица поставени на 25 mm потпирачи од порозна пена	55-60	200-250
3	Како 1, над кој е поставен соодветен лесен пливачки под од еластича подлога (пр. 15 mm подна плоча поставена на 15 mm иверица поставени на 6-12 mm подлога од порозна пена	55-60	175-230
4	Како 1, со дополнителен долен дел кој се состои од 2 x 15 mm гипсени плочи или 2 x 12,5 mm гипсени плочи со поголема густина на кои е поставен соодветен метален систем кој обезбедува 240 mm празнина испонета со 80-100 mm минерална волна ($>10 \text{ kg/m}^3$)	60-70	420-470
5	Како 4 со мека подна покривка подебела од 5 mm	60-70	425-475