

Универзитет у Крагујевцу
Факултет Инжењерских Наука

Александар, Н Ризнић

Бука на радном месту - Практична мерења и
анализа у Шумадија Гранит ДОО

мастер рад

Крагујевац, 2013.

Универзитет у Крагујевцу
Факултет Инжењерских Наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Инжењеринг безбедности и управљање ризиком

Број индекса: 407/2011

Александар, Н Ризнић
**Бука на радном месту - Практична мерења и
анализа у Шумадија Гранит ДОО**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доц. др Иван Мачужић, дипл. инж.
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Путем слуха људи примају велику количину и различите типове информација, преко звука који нас опушта до звука који нас упозоравају на опасност. Оштећење чула слуха јако утиче на комфор и квалитет живота. Бука је постала неизбежни пратилац човека у радној и животној средини, а знајући да менаџмент околином у складом са серијом стандарда ISO 14000, заједно са менаџментом квалитета, представља глобални покрет у свету и код нас, може се рећи да испитивање нивоа буке није само законска обавеза, већ и основни корак у предузимању сопствених акција у систему заштите радне и животне средине.

У оквиру овог мастер рада студент треба да опише настанак и могуће нивое буке, као и које су то величине које карактеришу ниво буке и на који начин бука утиче на здравље људи. Поред тога, студент ће, у оквиру практичног рада, извршити неопходна мерења у предузећу Шумадија Гранит доо, при чему ће користити неопходну опрему за мерење буке и на основу анализе тренутног стања дати предлоге и мере за побољшање.

Препоручена литература:

- [1] Јовановић, др М. П. (2008): ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ I, Висока технолошка школа струковних студија- Аранђеловац, Аранђеловац.
- [2] Закон о безбедности и здрављу на раду, Службени гласник Републике Србије
- [3] Д. Милорадовић, П. Тодоровић, „Физичке штетности – Бука на радном месту“, поглавље у монографији „Безбедност и заштита на раду – Књига БЗР Едукациони центар, Машински факултет у Крагујевцу

Крагујевац, датум

ментор:
Др Иван Мачужић

Резиме:

Бука се као проблем у свим сферама живота јавља у све већој мери, са развојем технике и технологије долази до њеног смањења у некој мери али не довољно да је можемо занемарити.

Како радно време испуњава већи део нашег дана, неопходно је осврнути се и побринути да бука има што мањи утицај на нас, квалитет нашег рада и живота. У овом раду ћемо се мало више позабавити утицајем буке на човека и њеним нежељеним дејствима, као и могућношћу побољшања услова рада и личне заштите, а самим тим и побољшања резултата и учинка.

Summary:

Noise has been occurring increasingly as a problem in all spheres of life. Development of technology leads to its reduction to some extent, but not enough so that it can be ignored. As working hours occupy a great part of our day, it is necessary to look back and ensure that noise has less impact on us, on the quality of our work and life. In this paper, we are going to address the influence of noise on humans, its side effects, and also the ability to improve working conditions and personal protection, and in this way improve the performance and efficiency.

Садржај:

1. УВОД.....	6
2. ЗВУК.....	7
2.1. Инфразвук.....	9
3. БУКА.....	13
3.1. Категоризација и врсте буке.....	15
3.2. Физичке особине буке.....	17
3.2.1. Амплитуда звучног таласа.....	17
3.2.2. Фреквенција звучног таласа.....	18
3.3. Криве за процену буке.....	20
3.4. Ниво звучне снаге.....	20
4. ВЕЛИЧИНЕ ЗА ИЗРАЖАВАЊЕ НИВОА ИЗЛОЖЕНОСТИ БУЦИ.....	21
4.1. Еквивалентни ниво буке.....	21
4.2. Ниво изложености буци.....	21
4.3. Доза буке.....	22
4.4. Формуле за одређивање просечних вредности нивоа буке.....	23
4.5. Мерење буке и зашто је меримо.....	23
5. УТИЦАЈ БУКЕ НА ЉУДСКО ЗДРАВЉЕ.....	26
5.1. Психофизиолошки ефекти.....	26
5.2. Психолошки симптоми.....	27
5.3. Промене у понашању.....	27
5.4. Други нежељени ефекти.....	27
6. ПРИЛАГОЂАВАЊЕ НА БУКУ.....	28
7. ЗАШТИТА ОД БУКЕ.....	29
8. МЕТОДЕ ЗА КОНТРОЛУ БУКЕ.....	30
8.1. Контрола буке инжењерским методама.....	31
8.2. Административне мере у контроли буке.....	31
8.3. Употреба средстава за заштиту радника од буке.....	32
8.4. Контрола буке деловањем на извор буке.....	32
8.5. Контрола буке деловањем на путању простирања буке.....	33
8.6. Паравани, преграде и зидови.....	34
8.7. Заштита радника од буке.....	36
8.8. Активна контрола буке.....	36
8.9. Испитивање буке.....	37
9. УПОЗНАВАЊЕ СА ИНСТРУМЕНТОМ КОРИШЋЕНИМ ЗА МЕРЕЊЕ.....	38
10. УПОЗНАВАЊЕ СА РАДОМ И РАЗВОЈЕМ ПРЕДУЗЕЋА ШУМАДИЈА ГРАНИТ.....	40
11. ПРОИЗВОДНИ ПРОЦЕС.....	42
11.1. Пројектовање.....	43
11.2. Сечење материјала.....	46
11.3. Брушење и полирање.....	49
11.3.1 Како се то ради?.....	49
11.3.2 Како би било најбоље поставити камен?.....	49
12. МОГУЋНОСТ СМАЊЕЊА БУКЕ.....	50
13. ЗАКЉУЧАК.....	52
14. ЛИТЕРАТУРА.....	53

1. УВОД

Сваким даном је животна средина све угроженија различитим врстама загађења услед сталног развоја индустрије, саобраћаја и других делатности којима се човек бави. Све је мање неизмењене природе, а зоне човекове активности се све више шире и у њима услови живота и рада све мање задовољавају најосновније захтеве нормалног живљења. Веће стварање добара, све бројније и брже стварање саобраћајних веза и све шира примена помоћних уређаја у домаћинствима, у привреди, пољопривреди и у комуналној средини, као и многи други фактори, без којих се не може замислити савремено друштво, омогућавају удобност живота, али, истовремено доводе до угрожавања здравља људи. Једна од резултанти савременог живљења, која доводи до комплексног оштећења здравља, највише у индустријски развијеним срединама и у урбаним срединама, је бука и борба против буке и њеног деловања је део напора који се чине за побољшање услова живота и заштите животне и радне средине.

Према најчешће коришћеној дефиницији, бука представља сваки нежељени и непријатни звук. Физички посматрано, карактеристике буке и звука су исте, разлика је у доживљају. Пракса је да се термин „бука“ користи за звук који је непожељан, непријатан. Различите особе исту појаву доживљавају различито, за једну особу звук може бити третиран као бука, а за другу не. Пример су трке Формуле 1. или шкрипа врата, чесма из које капље вода могу да сметају колико и гласна грмљавина.

Дефинишући буку као сваки нежељени звук који чујемо, са сигурношћу се може утврдити да је усвакодневном животу и раду сваки појединац изложен деловању буке. Изложеност буци има акумулирајући карактер. То значи да до промена у људском организму изложеном дејству буке, не долази одједном него током дужег времена. У почетку се оне код људи изражавају кроз промену расположења, умор, несаницу, главобољу, губитак концентрације што узрокује смањену радну способност па се на крају манифестују као оштећење слуха. Трајна изложеност буци има неповратан утацај на људско здравље, а проблеми који претходе овом оштећењу могу посредно изазвати повреде на раду узроковане управо смањеном могућношћу концентрације, несаницом или главобољом.



Слика 1. Бука као нежељени звук који чујемо[1]

Све више пажње се поклања проучавању буке на радном месту и њеном отклањању или барем делимичном смањењу. Данас готово да нема радног места које није изложено буци.

2. ЗВУК

Звук је физичка појава. Настаје у еластичној средини и распростире се од места настајања (извора) одређеном брзином у виду звучних таласа.



Слика 2. Простирање звучних таласа[1]

Распростирање звучних таласа (таласни фронт) везано је за кретање, односно, осциловање молекула еластичне средине. Да би настао звук требају да буду испуњена два услова:

- да постоји звучни извор
- да се звучни извор налази у еластичној средини.

Појава настаје као резултат механичких осцилација неког тела и појава је сасвим слична таласима на води који би се добили када би се у воду бацио камен.

Област физике која се бави звуком назива се акустика и покрива све области генерисања, распростирања и перцепције звука, без обзира на природу његовог извора и пријемника. У физичком тумачењу подлеже свим физичким законима. Звук је предмет интересовања многих научних дисциплина – од инжењерских до медицинских и социолошких. У области инжењерских дисциплина доминирају три аспекта интересовања за звук као физичку појаву:

- Звук као средство комуникације
- Звук као алат
- Звук као бука

Звук у облику говора представља основно средство међуљудске комуникације. Говор настаје као резултат контролисаног генерисања звука из човековог вокалног тракта. Други облик комуникације звуком је музика као облик уметничког изражавања човека. Звук се такође користи у области комуникација као носач информација у облику нпр знакова упозорења као што су звоњава телефона, звук аутомобилске сирене или сирене за узбуну. У воденој средини звук као носилац информација је незаменљив, с обзиром на чињеницу да се кроз водену средину не простиру електромагнетни таласи.

Звук се у многим ситуацијама користи као активни или пасиван алат. Звук као активан алат подразумева коришћење енергије звука за извршавање неке специфичне операције. Примењује се код ултразвучних када за чишћење, у уређајима за ултразвучно заваривање, при осматрању дна испод брода генерисањем звука и праћењем простирања директне и рефлектоване компоненте, у ултразвучним дијагностичким методама у медицини.

Веома често звук својим деловањем може узнемиравати и угрожавати човека и његово здравље. У таквим случајевима звук се третирао као бука. Технолошки развој друштва резултира у повећању нивоа енергије звука коју генеришу машине, фабрике, саобраћај и сл. тако да су многи догађаји у човековом окружењу праћени генерисањем звукова који су нежељени и непријатни за окружење и као такви представљају буку.

Ниво сметњи који изазива звук зависи од карактеристика самог звучног сигнала али и од става примаоца звука према њему. Тако, музика и говор који су корисни звуци за оне који их желе слушати могу за неке друге изгледати као бука, посебно ако су гласни и ако се јављају у време спавања или вођења комуникације, како директне тако и индиректне, коришћењем различитих помоћних средстава. Ово даје субјективну димензију доживљаја звука у облику буке, тако да звук не мора да буде гласан да би представљао сметњу и да би га човек оценио као буку. Нпр. шкрипа пода, изгребане плоче или испрекидани звук капања воде из славине може бити ометајући као и гласна грмљавина. Оцена степена сметњи које изазива буку у великој мери зависи и од периода дана – већи нивои буке су толерантнији у току дневног него ноћног периода с обзиром на активности које се одвијају у тим периодима дана. Поред негативних ефеката ометања и угрожавања, бука може да има и разорно дејство које се огледа у уништавању материјалних добара и повређивању осетљивог органа слуха. Нпр. бука која настаје при настајању звучног удара може сломити прозоре и обити малтер са зидова. Али, сигурно је најтежи случај када бука оштети механизам који је намењен за перцепцију звука – људско ухо.

2.1. Инфразвук

Инфразвук представља механичке осцилације у еластичној средини испод доње границе осетљивости људског ува (испод 16 или 20Hz). Инфразвучни таласи настају при механичком и турбулентном кретању гасова и течности. Шире се у виду таласа који могу да се простиру на веома велика одстојања, кроз ваздух, воду и по земљиној површини.

Природу инфразвука карактеришу померај, брзина, убрзање, звучни притисак, ниво интензитета, и ниво притиска.

Извори инфразвучних таласа у градској средини могу бити како природни (изазвани ударима јаког ветра на грађевине или водне површине), тако и вештачки (саобраћај, индустрија, комунални фактори). У индустријске изворе се убрајају они који имају површине великих размера које се обрћу или имају повратно кретање (вибросита, вибрационе површине и сл.) са бројем радних циклуса од мање 20 у секунди (инфразвук механичког порекла, затим реактивни мотори, мотори са унутрашњим сагоревањем велике снаге, турбине, вентилатори, компресори (инфразвук аеродинамичког постанка).

Јављају се:

1. У току кретања и удара морских таласа, при кретању лавина, при земљотресима итд;
2. У индустрији код машина велике снаге при малом броју обртаја, ходова или удара;
3. Код вентилатора, компресора, агрегата;
4. При кретању транспортних средстава.

Биолошко дејство инфразвука

Инфразвук може да продире у организам човека преко ваздуха или путем директног контакта са чврстим површинама и течностима. Сматра се да је природни инфразвук значајан за биоритам човека.

Патогенетски механизми дејства инфразвука на човека још увек нису довољно проучени.. Претпоставља се да се ради о механичком дејству инфразвучних таласа на чуло слуха и механорецепторе у кожи, а преко периферних нерава на ЦНС и неуровегетативни систем. За човека највећу опасност представља подручје инфразвука од 8Hz јер се поклапа са алфа ритмом биоелектричних струја у мозгу.

Инфразвук се рецептује од стране човека као и бука слухом, али и тактичном осетљивошћу. Инфразвук делује на људско тело у целости. При фреквенцијама од 2-

5Hz и нивоу звучног притиска од 100-125dB осећа се треперење бубне опне при измени звучног притиска у средњем уву, отежано гутање и главобоља. При повећању нивоа са 125-137dB осим наведеног јавља се: вибрација грудног коша, осећај пропадања, летаргија и сањивост, осећај малаксалости, отежан говор. При фреквенцијама од 5-16Hz и нивоима звучног притиска од 125-137dB, упоредо са наведеним настаје снижење осетљивости и концентрације пажње, апатија, звоњење у ушима, осећај треперења унутрашњих органа. Сва лица која су изложена инфразвуку учесталости 15-20Hz су показивала осећај страха који се увећавао при следећим циклусима излагања.

Установљен је утицај инфразвука и на вестибуларни апарат, а нарочито на слушну осетљивост. Ово се нарочито изражава кроз снижење прага слушне осетљивости које може настати током неколико сати или дана а у зависности од нивоа инфразвука и трајања излагања. Све наведене аномалије доводе до нарушавања нормалног живљења човека и могу се јавити на растојањима доста удаљеним од извора (800m).

Упоредо са директним дејством инфразвука могу се јавити и индиректна дејства. Тако према подацима истраживача, инфразвучна колебања често изазивају звецкање прозорских стакала, посуђа и других предмета у домаћинству. Нормирањем инфразвука утврђују се дозвољени нивои звучног притиска у стандардним октавним појасевима од 2, 4, 8 и 16Hz.

Заштита од инфразвука спроводи се:

1. Техничим мерама;
2. Употребом личних заштитних средстава;
3. Законо- административним мерама.

Техничке мере заштите:

1. Избор постројења које не ствара инфразвук;
2. Изолација машина или уређаја у посебне просторије;
3. Апсорпција инфразвука;

Лична заштитна средства:

За заштиту од инфразвука примењују се иста лична заштитна средства као и за буку. При планирању заштите важно је извршити мерења инфразвука и фреквентног подручја. Заштитне кациге су неопходне ако се ради о експозицији инфразвука од око 8Hz због дејства на мозак. Потребна је и заштита грудног коша и абдоминалних органа који су такође осетљиви на ову енергију.

Законо- административне мере:

Дозвољени ниво звучног притиска инфразвука у октавним појасевима са централним фреквенцијама од 2,4,8 и 16Hz износи 105dB, а укупни ниво је ограничен на 110dB.

Интересантно је да неке животиње могу да чују и инфразвучне, а неке и ултра звучне таласе. На пример китови субјективно осећају, односно чују инфразвучне таласе, док пас може да чује и таласе са фреквенцом већом од 20.000Hz, односно ултразвучне.

Феномен звука је проучаван још од времена Питагоре, пре 2.500 година, а прва мерења брзине извршио је чувени опат Марин Мерсен у 17. веку. Добио је вредност од 316m/sec.

Брзина звука кроз суви ваздух је 344 m/sec, кроз воду 1 525m/sec, а кроз чврста тела (бакар) око 3 350m/sec.

По структури и облику сигнала звук може бити једноставан (прост) и сложен. Уколико осциловање предмета ствара складне– хармонијске вибрације, онда се говори о звуку. Звук је у домену акустичног опсега, мањег или већег интензитета, и не представља општи проблем.

За звучне таласе карактеристични су рефлексација (ехо), дифракција и интерференција. Комбинација ових манифестација и учинак разних извора у стварању сложених и неусклађених вибрација дефинише се као бука, а она је та која ремети услове живота, рада у радном простору и окружењу. Звук уопште, дефинише се фреквенцијом и амплитудом (јачином) звучног таласа.

Област физике која се бави звуком назива се акустика и покрива све области генерисања, распрострањања и перцепције звука, без обзира на природу његовог извора и пријемника. У физичком тумачењу подлеже свим физичким законима. Звук је предмет интересовања многих научних дисциплина – од инжењерских до медицинских и социолошких. У области инжењерских дисциплина доминирају три аспекта интересовања за звук као физичку појаву:

- Звук као средство комуникације;
- Звук као алат;
- Звук као бука.

Звук у облику говора представља основно средство међуљудске комуникације. Говор настаје као резултат контролисаног генерисања звука из човековог вокалног тракта. Други облик комуникације звуком је музика као облик уметничког изражавања човека. Звук се такође користи у области комуникација као носач информација у

облику нпр. знакова упозорења као што су звоњава телефона, звук аутомобилске сирене или сирене за узбуну. У воденој средини звук као носилац информација је незаменљив, с обзиром на чињеницу да се кроз водену средину не простиру електромагнетни таласи.

Звук се у многим ситуацијама користи као активни или пасиван алат. Звук као активан алат подразумева коришћење енергије звука за извршавање неке специфичне операције. Примењује се код ултразвучних када за чишћење, у уређајима за ултразвучно заваривање, у ултразвучним дијагностичким методама у медицини, ...

Веома често звук својим деловањем може узнемиравати и угрожавати човека и његово здравље. У таквим случајевима звук се третирао као бука. Технолошки развој друштва резултира у повећању нивоа енергије звука коју генеришу машине, фабрике, саобраћај и сл. тако да су многи догађаји у човековом окружењу праћени генерисањем звукова који су нежељени и непријатни за окружење и као такви представљају буку.

3. БУКА

Како су звук и бука заправо исте ствари које смо раздвојили искључиво на темељу субјективног доживљаја, све дефиниције које важе за звук важе и за буку, осим што бука у ужем смислу значи звук јаког интензитета. Ипак, звук не мора бити јаког интензитета да се сврста у буку. Бука је сваки звук који је непожељан и који нас омета у постизању неког задатог циља.



Слика 3. Бука на радном месту[1]

Некада су људи слушали буку ветрова, морских таласа, рике животиња... Са појавом разних заната појавили су се нови извори буке којима су били изложени само поједини људи (ковачи, бубњари). Данас готово да нема радног места или насеља које није изложено буци.

Различите особе имају различити став према жељеном и нежељеном звуку, тако да неки звук може бити бука за неку особу, а веома пријатан догађај за друге. Према томе, бука је само субјективна категорија, док је звук физичка категорија. Основна претпоставка да се звук третира као бука је да постоји субјект (човек или животиња) који опажа звук и коме тај звук смета. Нпр, саобраћај у суштини не генерише буку (нежељени звук) ако у непосредној околини саобраћајнице не постоје стамбени објекти или станишта животиња. Тако да се веома често поставља дилема када треба користити термин звук, а када бука. У свакодневном говору и литератури која обрађује проблеме звука и буке, уобичајена је пракса да се користи термин бука за звук који се у општем случају третира као нежељени. Нпр, звук који генеришу пнеуматици у контакту са подлогом могу за појединце да буду пријатан звук (гледаоци трка формуле 1) али је за већину то ипак нежељени звук – односно бука.

3.1 Категоризација и врсте буке

Најбоља акустична средина у којој човек најбоље функционише представља нормалан разговор који се креће од 40-50 dB. Иако је најчешћа заблуда већине људи да је тишина најбоља за функционисање организма, она ипак није корисна јер особе чују сопствено куцање срца и проток крви кроз крвоток. А ипак све што је гласније од нормалног разговора за организм представља оптерећење. Зато је извршена стандардизација 1973. године по препоруци IEC(international electrotehnicl comission), по којој су одређене четири тежинске криве које су предвиђене за мерење буке у dB и то на "А", "Б", "Ц" и "Д". Свака од ових кривих је на одређени начин дала значај одређеним фреквенцијама буке и њихов утицај на човека, односно на чуло слуха.

Први степен, интензитета чини бука од 30-60 dB, која одговара већини људи за нормално функционисање организма осим код изузетно осетљивих особа може да изазове мању количину узнемирености.

Други степен, чини бука јачине од 65 до 90 dB код које се при дужој изложености јављају сметње нервног система односно одражавају се највише на слух.

Трећи степен, се креће од 90 до 110 dB код које се јављају и вибрације и која код већине људи за кратко време изазива прогресиван губитак слуха.

Четврти степен, чини бука од 110 до 130 dB код које долази до трајног оштећења и губитка слуха.

Све изнад овог степена интензитета буке изазива тренутна оштећења слуха. Спровођењем различитих истраживања дошло се до закључка да бука није штетна само по људе већ и по биљке и животиње. Ако се саксија са одређеном врстом цвећа нађе у просторији у којој је музика гласна, оно ће почети да вене. Уједно и различите животиње реагују на повећани ниво буке, па може доћи до смањења носивости као и агресивног понашања па неке врсте убијају своје тек рођене младунце. Допуштена количина буке у току дана износи 65 dB, док је дозвољена количина буке ноћу мања, износи 50 dB. Када бука достигне 140 dB људско ухо је не чује као звук, већ је доживљава као бол.

Ради лакшег приказа интензитета буке следи неколико примера нивоа звучног притиска за различите изворе звука:

Млазни Авион 110 dB

Моторцикл 90-105 dB

Воз 80-100 dB

Аутобус 80-95 dB

Аутомобил 85 dB

Разговор 50-60 dB

Шапат 30 dB

Шуштање лишћа 10 dB



Слика 4. Примери нивоа звучног притиска за различите изворе звука[1]

Квалификација врста буке, може се извршити на неколико начина:

- према пореклу,
- према извору,
- према месту настанка.

Подела буке према пореклу подразумева:

1. *Буку природних извора* – грмљавина, шумови олује, ветар, шум воде, водопада, морских таласа, бука при земљотресима, бука при ерупцијама вулкана. Иако је овако створена бука врло често веома јака, она није толико опасна као бука вештачких извора, јер је повремена, најчешће краткотрајна и ограничена на мали простор.

2. *Буку вештачких извора* – потиче од разних машина и оруђа, а израженија је у урбаној средини и индустријској зони.

Подела буке према извору зависи од радне средине, па се често своди на поделу према месту настанка.

Подела буке према месту настанка садржи:

1. буку у радној средини
2. буку у градској средини (комунална бука).

Бука у радној средини се јавља у технолошким процесима који користе разне машине и разна оруђа, као и у пољопривреди (комбајн и сл.), шумарству (тестере и циркуларне пиле), грађевинарству (бетонске мешалице, бушилице), бродоградњи, хемијској индустрији...

Квалификација буке према изворима у радној средини садржи два типа буке:

1. бука коју прави оруђе за рад, машина или уређај на коме радник не ради, али је у његовој близини
2. буку коју стварају разни уређаји ван процеса производње (уређај за вентилацију и климатизацију, улични саобраћај, лифтовска уређења и сл).

Бука у комуналној средини се своди на:

- саобраћајну буку,
- буку коју ствара индустрија у насељима,
- уличну буку разног порекла,
- буку у домаћинствима од разних апарата и активности.

3.2 Физичке особине буке

Акустичка бука је нежељени звук, а звук је, у физичком смислу, механичко осциловање у гасу, течности или чврстом телу. Такво осциловање се карактерише фреквенцијом, амплитудом и фазом.

3.2.1 Амплитуда звучног таласа

Амплитуда звучног таласа одређује јачину звука, иако те две величине нису директно повезане. Типично, амплитуде притиска су врло мале. За просечног човека, опсег чујности се налази од границе чујности, на 20μPa, све до 200 Pa на граници бола, дакле у распону 1:10⁶. Интензитет звука је пропорционалан квадрату притиска, тако да је опсег интензитета у распону 1:10¹². Са таквим опсегом, подесније је изразити амплитуду притиска на логаритамској скали. Ниво интензитета је пропорционалан квадрату притиска, па се ниво звучног притиска, L_p(енгл. Sound Pressure Level - SPL), може дефинисати као:

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$$

где су: L_p - ниво звучног притиска изражен у dB, P_1 - амплитуда звучног притиска и P_0 - референтни притисак од $20\mu\text{Pa}$. Пошто је dB заснован на логаритамској скали, два нивоа буке не могу се аритметички сабрати. Тако, резултанта L_{pr} , сабирања више извора звука, L_{p1} , L_{p2} ..., добија се коришћењем израза:

$$L_{pr} = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{P_1}{P_0} \right)^2 + \left(\frac{P_2}{P_0} \right)^2 + \dots \right]$$

За два идентична звучна извора, $L_{p1}=L_{p2}=L_p$, важи:

$$L_{pr} = 10 \log_{10} \left[2 \cdot \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^2 \right] = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^2 + 10 \log_{10} 2 = L_p + 3.1 \text{ dB}$$

Тако, за све практичне примене, дуплирање интензитета звука повећава ниво звучног притиска за 3 dB, на пример:

$$90 \text{ dB} + 90 \text{ dB} = 93 \text{ dB}$$

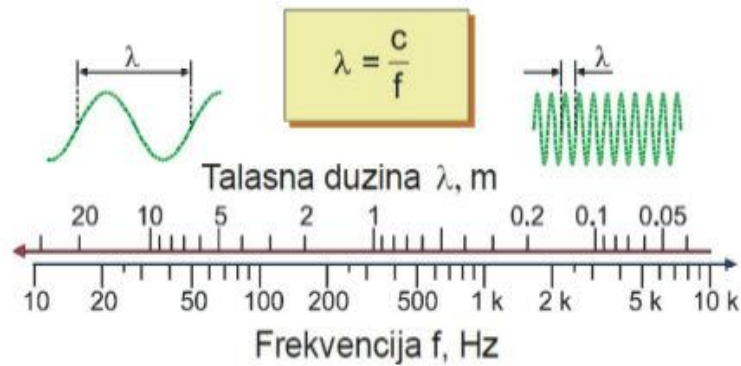
3.2.2 Фреквенција звучног таласа

Брзина којом се дешавају промене притиска назива се фреквенција и мери се у Hz или *siklus/c*. Људско ухо је способно да чује у опсегу фреквенција од 20Hz до 16000 Hz (16kHz), иако овај опсег може бити значајно смањен у области високих фреквенција код старијих људи и код људи који пате од оштећења слуха.

Звук који има само једну фреквенцију познат је као чист тон. У пракси, чисти тонови се ретко срећу, а већина звукова је састављена од компонената различитих фреквенција. Индустијска бука садржи мешавину фреквенција, познату као бука широког опсега. Уколико бука има амплитуде звучних таласа равномерно распоређене дуж фреквентног опсега чујности, она се означава као бели шум и звучи као текућа вода брзог потока.

Знајући брзину звука, $c=344 \text{ m/s}$, и фреквенцију звука, f , можемо одредити таласну дужину звучног таласа, λ , тј. растојање од једне вршне вредности притиска до следеће вршне вредности (слика 5) а на основу следеће зависности:

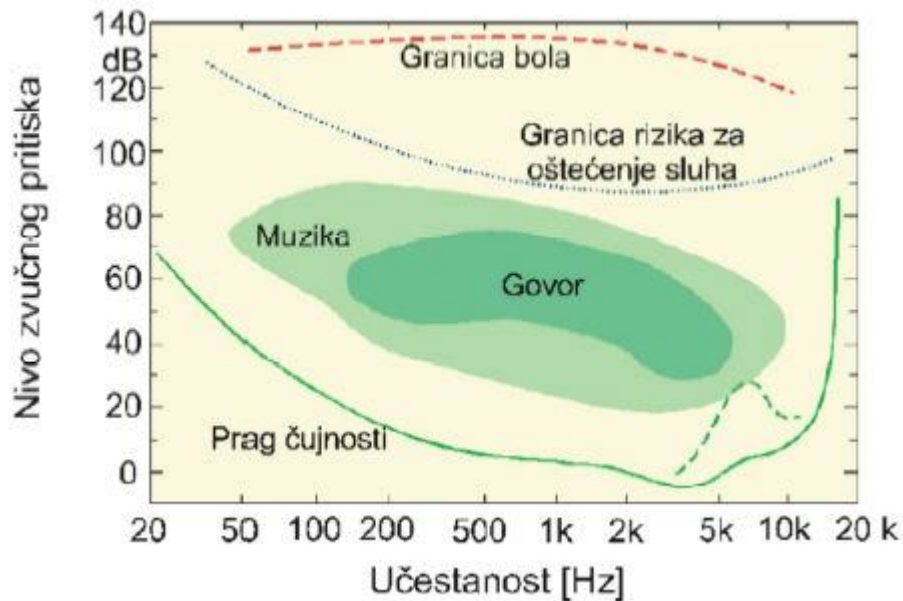
$$\lambda = \frac{c}{f}$$



Слика 5. Таласна дужина звука[2]

Доња пуна линија означава, као доњу границу, праг чујности код тихог чистог тона, који се једва чује.

Горња испрекидана линија представља границу бола. Међутим, ако се дуже време превазилази граница ризика оштећења слуха, може се јавити оштећење слуха. То може да доведе до повећања прага чујности, као што је илустровано испрекиданом линијом у доњем десном углу. Нормалан говор и музика имају нивое у осенченим областима, док виши нивои траже електронско појачање.

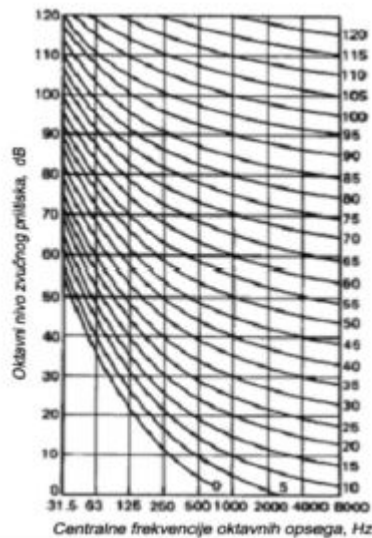


Слика 6. Поље чујности[2]

Слика 6. Приказује границе људског слушног система са аспекта чујности[2]

3.3 Криве за процену буке

Различити стандарди препоручују различите методе за одређивање сметњи од буке. Најједноставнија метода је коришћење кривих за процену, као што су криве дате у међународном стандарду ISO 1996 (слика 7). Из облика кривих може се видети да је много већи значај дат вишим него нижим фреквенцијама. То је зато што високофреквентни звуци више сметају од нискофреквентних звукова. У неким земљама, криве сличне кривама за процену буке, користе се за дефинисање максимално дозвољеног времена у коме радник може бити изложен буци, као и за постављање дозвољених граница за буку машина, итд.



Слика 7. Криве за процену буке[3]

3.4 Ниво звучне снаге

Ниво звучног притиска, L_p , мора се увек дефинисати у специфичној тачки у односу на извор буке, јер зависи од релативног положаја у односу на извор звука и окружење око извора и пријемника. За разлику од нивоа звучног притиска, ниво звучне снаге, L_s , је мера укупне емитоване акустичке енергије и не зависи од окружења око извора буке. Ниво звучне снаге се користи за прорачун нивоа одјека и притисака и буке у насељима. Дефинише се као:

$$L_s (dB) = 10 \log_{10} \frac{P}{120}$$

где је P – емитована звучна снага у W .

У многим случајевима, ниво звучне снаге израчунава се из нивоа звучног притиска помоћу формуле за апроксимацију:

$$L_s = L_p + 10 \log_{10} A [m^2]$$

где је А – површина мерења.

Концепт нивоа звучне снаге најбоље се илуструје следећом аналогијом. Нека је температура измерена на удаљености 1m од електричне пећи снаге 1kW иста као температура измерена на растојању 1m од великог парног котла. Иако су температуре исте, котао ће зрачити више топлоте, јер зрачи топлоту преко веће површине. Слично, ниво звучног притиска на растојању 1m од великог индустријског расхладног торња може бити исти као на 1m удаљености од мале пумпе, али израчена акустичка снага од стране расхладног уређаја биће много већа.

4. ВЕЛИЧИНЕ ЗА ИЗРАЖАВАЊЕ НИВОА ИЗЛОЖЕНОСТИ БУЦИ

4.1 Еквивалентни ниво буке, L_{eq}

Еквивалентни ниво буке, L_{eq} , је константан ниво енергије буке, осредњен у времену. Одговара константном нивоу звучног притиска који би имао исту укупну акустичну енергију као реална снимљена бука у посматраном временском интервалу, Т:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt$$

Пошто је бука на радном месту често сложен сигнал, ниво буке мора да се осредњава по минималном времену узорковања. Време узорковања може бити неколико минута, ако је сигнал буке константан или се понавља у кратком циклусу, док неки послови могу да захтевају целодневно праћење нивоа буке.

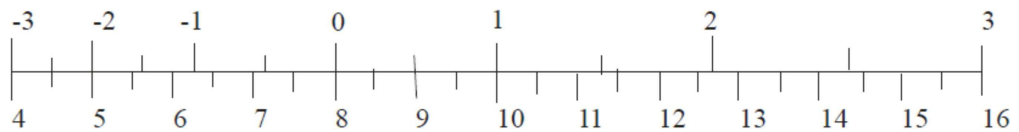
4.2 Ниво изложености буци, L_{ex}

Ниво изложености буци, L_{ex} , је ниво звука, осредњен по енергији у трајању од 8h, који би дао исту дозу дневне изложености, као и променљива бука у целокупној смени. Блиско је повезан са вредношћу L_{eq} , која се стварно мери. У ствари, L_{ex} може да се схвати као измерена вредност L_{eq} са малом корекцијом.

Тако је:

$$L_{ex} = L_{eq} + \text{корективни фактор за дужину смене}$$

при чему се корективни фактор преузима са слике 8.



Слика 8. Корекција L_{eq} за дужину смене[3]

Треба приметити да је корекција L_{eq} када смена траје 8h једнака је нули.

4.3 Доза буке, D

Доза буке може се представити преко вредности релативне у односу на 1 или у односу на 100% од "прихватљиве" количине буке.

Доза буке у % се рачуна као:

$$D = 100 \frac{C}{T}$$

где су: C – укупно време трајања радног дана у часовима и T – референтно време трајања у часовима, измереног и A-пондерисаног нивоа звука, L_{eq} у dB.

Време, T, се рачуна на следећи начин:

$$T = \frac{8}{2^{\frac{L_p - 90}{5}}}$$

Као и код L_{ex} , лакше је видети да доза буке од 200% (88dBA током 8h) превазилази дозвољену дозу од 100% (85dBA током 8h).

Када се изложеност буци у радној смени састоји од два или више периода буке различитог нивоа, укупна доза буке у току радног дана је дата са:

$$D = 100 \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right)$$

4.4 Формуле за одређивање просечних вредности нивоа буке

Понекад је корисно комбиновати константне нивое звука, без обзира на њихову дужину трајања. На пример, код групног узорковања, мора да се одреди просечна вредност више нивоа звука – у овом случају потребна је аритметичка средина. У

другим случајевима, можда ће бити потребна средња квадратна вредност (на пример, код више вредности L_{ex} за истог радника). Аритметичка средња вредност или просечна вредност n нивоа звука је:

$$L_{sr} = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{n}$$

где је L_n -ти ниво звука. Ова формула се може користити за добијање просечне вредности L_{ex} за више радника.

Просечна енергетска вредност ("ефективна" или рмс) нивоа звука је:

$$L_{rms} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{n} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \right\}$$

Ову формулу треба користити за осредњавање по енергији више нивоа звука, на пример, вредности L_{ex} за истог радника различитим данима. Интеграциони фонометри раде исто прерачунавање при добијању вредности за L_{eq} за групу нивоа звука узоркованих у истим или приближно истим временским интервалима.

Пример. Просечне вредности три измерена нивоа звука од 88, 93 и 97dBA су:

$$L_{sr} = \frac{88 + 93 + 97}{3} = 93 \text{ dBA}$$

$$L_{rms} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3} \left(10^{\frac{88}{10}} + 10^{\frac{93}{10}} + 10^{\frac{97}{10}} \right) \right\} = 94.3 \text{ dBA}$$

4.5 Мерење буке и зашто је меримо

Мерења дају тачно одређену величину која описује и рангира звук, што је неопходно код унапређења заштите од буке, акустике стамбених зграда, музичких и биоскопских дворана, израде квалитетнијих звучника.

Мерења нам омогућавају прецизну, научну анализу ометајућих звукова. Јасно нам дефинишу када звук може да изазове оштећења, омогућава предузимање одређених заштитних мера. Мерења и анализе звука су снажан дијагностички алат у процесу снижења буке (аеродроми, ауто-путеви).

Методе мерења су врло важне, јер се помоћу њих уједначавају услови мерења и начини приказивања резултата. Услови мерења пре свега обухватају:

- место мерења и критеријуме за избор мерних места,
- број мерења и временски период,
- начин обраде и приказивање резултата,
- инструментаријум за мерење,
- улогу људског фактора при мерењу.

У основи се поступци мерења деле на оне који се користе за мерење на радним местима и на оне који служе за добијање података о буци у животној средини (на улици, у стану, у центрима за рекреацију и друго). Најчешће уз одговарајуће препоруке иду и прописи који одређују допуштене вредности нивоа буке у конкретним условима.

Да би се могло што боље проценити штетно дејство буке, неопходно је располагати што потпунијим и што тачнијим подацима о основним параметрима који карактеришу буку као физичку појаву. Мерење буке је, захваљујући развоју аналогне и дигиталне технике у области мерне инструментације, достигло задовољавајућу тачност и може у потпуности да одговори условима и захтевима које постављају бројни прописи и норме.

За предузимање било каквих мера заштите од буке, само се на основу мерења може ефикасно и исправно поступити. Без одговарајућих мерења нема ни адекватне борбе против буке. Због тога су израђени бројни инструменти и уведене мање или више сложене методе помоћу којих се може измерити практично сваки параметар који даје податке о буци.

Мерење буке се обавља разним инструментима, који су данас у сталном развоју. Поступци за мерење буке су различити и зависе од циља мерења.

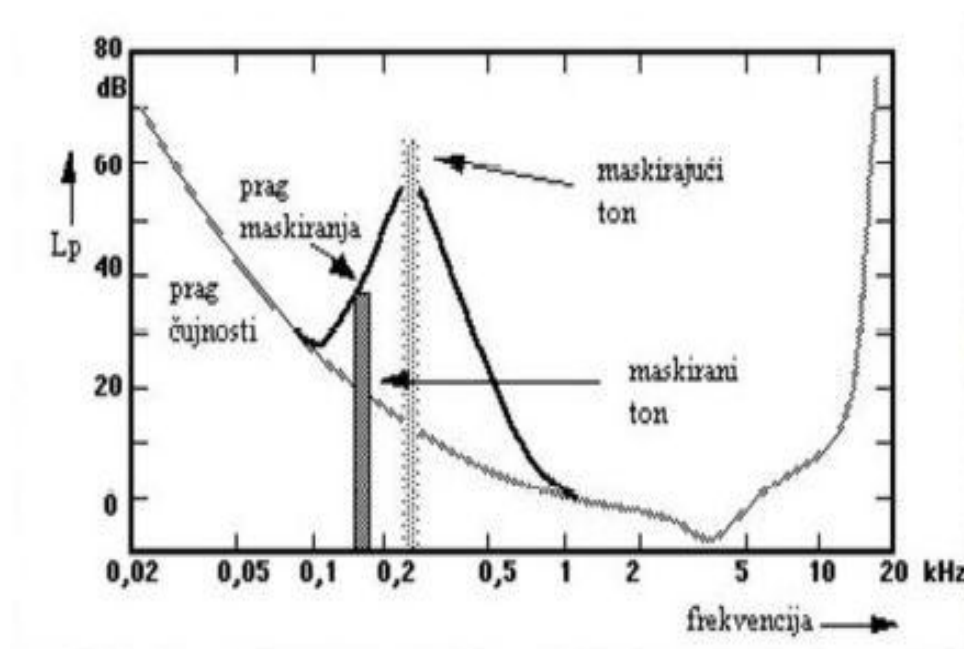
Мерење буке се врши на два начина:

- објективно и
 - субјективно.
- ❖ Објективна мерења су поступци којима се одређују и прате физички параметри у средини у којој се јавља бука.
 - ❖ Субјективна мерења су усмерена на процену штетног дејства на појединце.

Конструишући апарате за мерење нивоа и интензитета буке, физичари су настојали да направе такве инструменте који би поседовали својства слична човечјем уву. У пражењу начина за мерење нивоа буке, коришћени су следећи поступци:

- метод упоређивања звука – упоређује буку са буком која је унапред позната и одређена (еталон), и чији се ниво прилагођава постојећој буци, све док се обе не нађу на истом нивоу;

- метод маскирања звука – узима један одређени еталони звук који се повећава или смањује, и достиже онај ниво који ће учинити да бука која постоји споља постане нечујна. Тада се, обично, каже да је еталонитани звук маскирао постојећу буку.



Слика 9. Ефекат маскирања[4]

5. УТИЦАЈ БУКЕ НА ЉУДСКО ЗДРАВЉЕ

Бука утиче на човека на више штетних начина. Иако је најпознатији утицај буке на оштећење слуха, постоје и многи други ефекти буке који доприносе појави незгода и здравствених проблема.

Бука може да буде непријатна. Непријатност је субјективна и делимично је функција садржаја буке. Нешто што је од значаја и пријатно за једну особу, може да смета другој, због интензитета буке. Непријатност је повезана за време и место. Људе више иритира бука када се одмарају или покушавају да спавају.

Доказано је да дуготрајна или јака бука може бити непосредно или посредно узрок не само оштећења слуха него и других болести и тегоба, а наводимо само неке:

- аритмија срца
- депресија
- нервоза
- несаница
- подиже крвни притисак
- подиже ниво шећера у крви
- раздражљивост
- стрес
- умањење радне способности
- хронични умор

Бука се убраја међу физичке агенсе штетне по здравље, за чије се неповољно дејство зна одавно. Нивои буке присутни у комуналној средини нису довољно високи да би довели до оштећења слуха, али изазивају читав низ неаудитивних ефеката. Нарочито су осетљиви на буку деца млађа од 6 година и особе старије од 65 година. Жене су нешто осетљивије од мушкараца у средњој животној доби. Бука се убраја у стресогене факторе и утиче на поремећај психосоматског здравља, јер изазива специфичне и неспецифичне ефекте, као и сталне и привремене реакције организма. Ефектима комуналне буке данас се у свету поклања све више пажње јер до сада спроведена истраживања показују да она отежава настанак сна, чини сан површним, скраћује фазу дубоког сна и доводи до буђења. За добар сан било би пожељно да бука не прелази 30 dB.

5.1 Психофизиолошки ефекти

Некада се сматрало да је дејство буке ограничено на орган слуха али данас је доказано да је њено дејство много сложеније. Бука озбиљно погађа нервни систем, и то како централни, тако и вегетативни, а преко овога утиче на срце, крвне судове,

крвни притисак и многе друге органе и ткива, у којима изазива промене и функционалне сметње.

Неаудитивни здравствени поремећаји израз су физиолошке реакције на стрес. Већина учинака је краткотрајна и пролазна: сметње кардио-васкуларног, и имунолошког система, смањење пажње и памћења, сужење видног поља, али могу прећи у хроничне: несаница, повишен крвни притисак, поремећај апетита и сексуалне функције, напетост и депресија. Агресивно понашање јавља се тек код буке изнад 80 dB.

Излагање буци током спавања доводи до промена у фреквенцији срчаног рада и дисања као и јачине пулса. Испрекидана бука скраћује период дубоког спавања, чинећи сан површним или доводећи до буђења. Ефекти буке након буђења испољавају се у виду умора, промена у расположењу, слабије субјективно процењеном квалитету сна, паду радне способности и дугорочним психосоцијалним и здравственим ефектима.

5.2 Психолошки симптоми

Међу бројним негативним психолошким последицама које се код становништва угроженог комуналном буком могу очекивати, ремећење спавања сматра се основном и најважнијом. У погледу извора буке посебно неповољно деловање на спавање има бука тешких возила и возова. Низ теренских студија указало је на високу учесталост психолошких субјективних сметњи код људи настањених у областима са високим нивоом комуналне буке (поред аутопутева). Показало се да се становници значајно чешће жале на осећање “изразитог умора”, “нервозу стомака” и “главобоље” него становници контролног насеља са нормалним нивоом буке. Доказано је да бука представља један од значајних фактора неуротизације личности.

5.3 Промене у понашању

Континуирана изложеност изворима умереног нивоа буке као нпр. компјутерски штампач, вентилациони системи, са психолошког аспекта омета нормалну људску комуникацију и има дуготрајне последице које се читавају смањеном толеранцијом фрустрација, повишеним прагом реаговања, а чак и минимална бука узрокује пораст анксиозности, агресивног и непријатељског понашања што доводи до дехуманизације у међуљудским односима.

5.4 Други негативни ефекти буке

Утицај на комуникацију. Бука може да се помеша са звучним упозорењима намењеним за спречавање незгода. На пример, особа може да не чује сирену возила или воза у бучном окружењу. Бука може да се помеша са дозивима у помоћ и спречи покушаје спашавања.

Бука, такође, може да утиче и на говорну комуникацију. Радник може да

погрешно разуме шта други причају. На пример, два оператера, А и Б, на истој преси, морају да користе говорну комуникацију на бучном радном месту, да би управљали радом пресе, пошто постоји само један сет за управљање. Радник А каже: "Сачекај мало!", али радник Б, који управља радом машине, мисли да је радник А рекао да настави. Радник А онда креће ка опасној зони да извади део, док радник Б затвара пресу преко руке радника А.

Трзај. Изненадна бука ће изазвати несвесни трзај код људи. Реакција је невољна и карактерише се повећањем крвног притиска, ширењем зеница и контракцијом мишића. Сваки пут када се јави јака бука, јављају се овакве реакције, али се након неколико минута, услови враћају на нормалу. Такве реакције могу да изазову грешке у критичним ситуацијама.

Физиолошке реакције. Истраживања на људима који раде у бучним окружењима указују да они имају чешћу појаву проблема са циркулацијом, срчаних болести, чирева и других медицинских проблема. Нивои буке којој су изложене жене у трудноћи су повезани са малом тежином беба на порођају. Многи од ових утицаја јављају се на нивоима буке испод оних који се везују за оштећење слуха. Излагање веома високим нивоима буке може да изазове несвестицу и мучнину.

Поремећаји сна. Бука може некад да спречи човека да заспи и изазове да неки човек пређе из стања дубоког сна на лакше нивое сна или у стање буђења. Прекид сна може да утиче на учинак човека током дневних активности.

Друштвени утицаји. Бука утиче на друштвено понашање људи. Сметње у комуникацији услед буке могу да подигну ниво фрустрације и утичу на везе. Бука може да одвуче пажњу од критичних активности и доведе до појаве главобоље, иритираности у односима према другим људима, беса, умора и, понекад, може да доведе и до екстремних понашања.

6. ПРИЛАГОЂАВАЊЕ НА БУКУ

Истраживања, такође, показују и да се особе које су врло осетљиве на буку прилагођавају на њу. Наравно, процес прилагођавања је спорији и праћен је одређеним физичким и психолошким потешкоћама. Има појединаца који, и поред жеље да се прилагоде и повећаног напора, не успевају у томе. Разлика у брзини и степену адаптације на буку не значи да је деловање буке, нарочито ако дуже траје, без штете за организам. Адаптација на буку је, у суштини, психолошка појава која се манифестује у необраћању пажње на извор буке или у негирању њеног утицаја. Особа којој бука мање смета није особа која је и стварно изван штетног деловања буке.

7. ЗАШТИТА ОД БУКЕ

Постоји неколико мера заштите од буке, најпознатије су:

Организационе мере: временско ограничавање рада извора буке (грађевинских и других машина при градњи, угоститељских локала и сл).

Организационо-техничке мере: редовно одржавање и сервисирање уређаја, избор уређаја који стварају мању буку (данас се већ рекламирају “тихе” машине за прање веша...)

Грађевинско-планске мере: просторно одвајање извора буке, правилан распоред машина, правилан распоред објеката (не стављање бучних погона у тзв. стамбене зоне)

Техничке мере: изолација извора буке, уградња пригушивача, локална изолација (на становима и кућама обезбедити добро затварање по могућности двоструких и/или изостакала, обезбедити добру звучну изолацију зидова и подова).

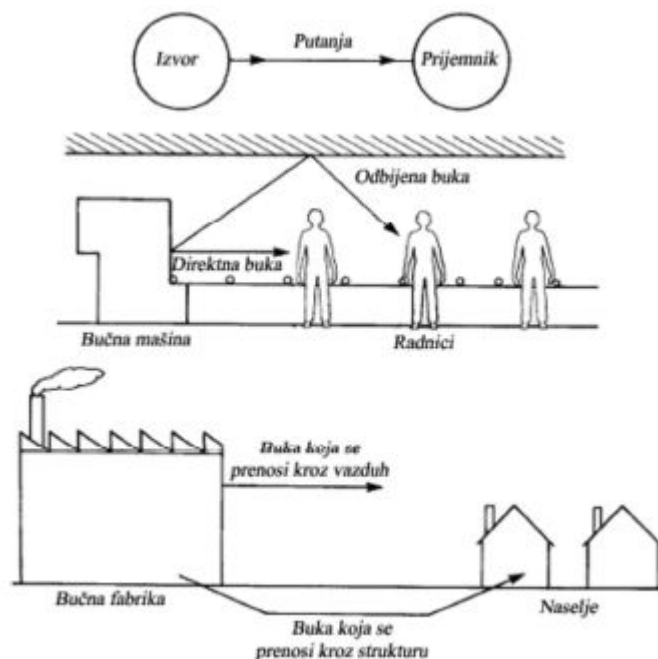
Организационе мере које се предузимају ради ублажавања или потпуног уклањања буке су: отклањање узрока буке, изоловање извора буке, ограничавање ширења буке и коришћење личне заштите радника. Могућност смањења буке на самом извору звука је прилично ограничена, али није искључена. Прецизна израда делова машине, отклањање сударања металних делова, уметање амортизера између појединих делова и друге сличне мере смањују буку при раду машине. Организационе мере које се највише користе против буке су:

- постављање машина на гумене подметаче или на амортизере,
- изоловање радних места која изазивају буку, и
- апсорбовањем звукова на зидовима просторија.

И поред свих ових техничких мера ипак ће бити радних места на којима ће радник бити изложен буци од преко 100 dB, и у таквим случајевима ће се морати применити средства личне заштите. Углавном су то запушачи за уши. Вата није довољно ефикасна, а восак који се често користи, не ретко изазива екцеме. Вештачке материје (сектон) представљају напредак у поређењу са класичним средствима. Њихова је предност да мање пригушују дубоке тонове него звуке високе фреквенције, те омогућују разговор. Средства личне заштите су добра, и не представљају сметњу, али велики број радника их не употребљава.

8. МЕТОДЕ ЗА КОНТРОЛУ БУКЕ

Пре него што се размотре методе за контролу буке, важно је запамтити да бука у било којој тачки може да потиче из више од једног извора и да се додатно може повећати одбијањем о зидове (реверберациона бука). Код било ког проблема са буком, постоје три одвојена сегмента – извор, путања простирања и пријемник, слика 10.



Слика 10. Извор, путања и пријемник буке[5]

Када се идентификује природа и величина проблема са буком, морају се обезбедити основни елементи програма контроле буке.

1. Сагледати проблем са инжењерске стране, куповином мање бучне опреме, изменом процеса или променом поступка рада.
2. Применити конвенционалне методе контроле буке, као што су употреба звучно изолованих простора и пригушивача.
3. Тамо где ниједно од прва два решења не може да се употреби, последњи излаз је обезбеђење опреме за личну заштиту радника.

Дакле, контрола буке може се остварити:

- инжењерским методама;
- административним мерама и
- личном заштитом

Такође, бука се може контролисати деловањем на:

- извор буке;
- путању простирања буке или
- пријемник.

Врло често, најбоље је комбиновати различите методе за контролу буке, јер нека решења имају физичка ограничења, док друга имају економска ограничења.

8.1 Контрола буке инжењерским методама

Инжењерске методе контроле буке подразумевају употребу физичких средстава која смањују буку на извору, дуж путање простирања или у чујној зони човека - пријемника. Инжењерске методе су често трајна и ефикасна решења проблема са буком. Зато их треба користити као основна средства за контролу буке, када је то практично могуће. То укључује замену бучних машина или процеса, постављање баријера или оградањених простора и модификацију извора буке.

Инжењерске методе могу се груписати у четири класе:

- спречити појаву извора буке пре него што се бука уведе у радно или било које друго окружење;
- ако постоји извор буке, заменити опрему, процес или материјал са мање бучним;
- ако се извори буке не могу заменити, модификовати их ради смањења емитоване буке и
- модификовати звук који се простира окружењем.

8.2 Административне мере у контроли буке

Свака мера која значајно смањује дневну изложеност радника буци, контролисањем распореда посла или производње, је административна мера. Неки примери су: смањење времена трајања изложености ротацијом послова и распоредом времена рада машина, да би се смањио број радника изложених буци.

Административне мере треба узети у обзир онда када се инжењерске методе не могу предузети или када не успевају да смање буку на прихватљиви ниво. Међутим, административне мере не треба користити као једино средство за спречавање оштећења слуха, јер оне не смањују ниво буке.

8.3 Употреба средстава заштите радника од буке

Када инжењерске и административне мере не доведу изложеност буци на прихватљиви ниво, императив је коришћење слушних штитника у циљу спречавања губитка слуха. Међутим, коришћење слушних штитника није трајно решење, пошто они не смањују и не елиминишу ризик од буке. Њихова ефикасност зависи од тога да ли добро пристају раднику и да ли се редовно користе. Њихово неношење значи тренутно излагање ризику.

8.4 Контрола буке деловањем на извор буке

Иако је контрола буке на извору најочигледнији избор, могућност примене ове методе је често ограничена дизајном машине, процеса или метода рада. Многи потенцијални проблеми са буком могу се решити избором мање бучне опреме. Када се купује нова опрема, захтеви према опреми треба да укључе и дозвољени гранични ниво емитоване буке или захтев испоручиоцу да обезбеди податке о бучности опреме. Уколико се бука не узме у обзир у фази дизајна, модификација постојеће опреме употребом пригушивача, специјалних млазница или изолатора може се понекад показати ефикасном. Још једна метода смањења буке на извору је замена бучне опреме мање бучном опремом. На пример, замена малог брзог вентилатора великим споријим вентилатором често смањује буку.

Када се купује мобилна опрема, треба захтевати да ниво буке у кабини не прелази 85dB. Виши почетни трошкови изоловане покретне опреме могу бити мањи од трошкова модификовања кабина специјалним материјалима и уређајима. Изненађујући ниво буке може да се појави у транспорту материјала. Иако се брзине конвејера често не могу мењати због продуктивности, висине падања могу се често смањити, а тачке удара падајућег материјала могу се обложити гуменим или пластичним јастуцима који смањују буку. Излаз компримованог ваздуха из актуатора на вратима и капијама, такође генерише буку. Излазни ваздух (и бука) могу се одвести цревима и цевима до удаљених места или до излазних пригушивача.

Још један уобичајени извор буке су млазеви ваздуха који се користе за хлађење, сушење, померање или чишћење објеката. На располагању су специјалне ваздушне млазнице које смањују буку обичне млазнице и до 20dB и смањују захтеве за протоком компримованог ваздуха. Табле лима при удару могу да произведу значајан ниво буке. Бука се може смањити пригушивањем вибрација. На пример, пригушење вибрација на улазу и излазу преса за просецање може да смањи буку од 5 до 10dB. Неки пнеуматски ручни алати су веома бучни. Зато постоје алати са смањеном емисијом буке и треба их купити увек када је то могуће.

8.5 Контрола буке деловањем на путању простирања буке

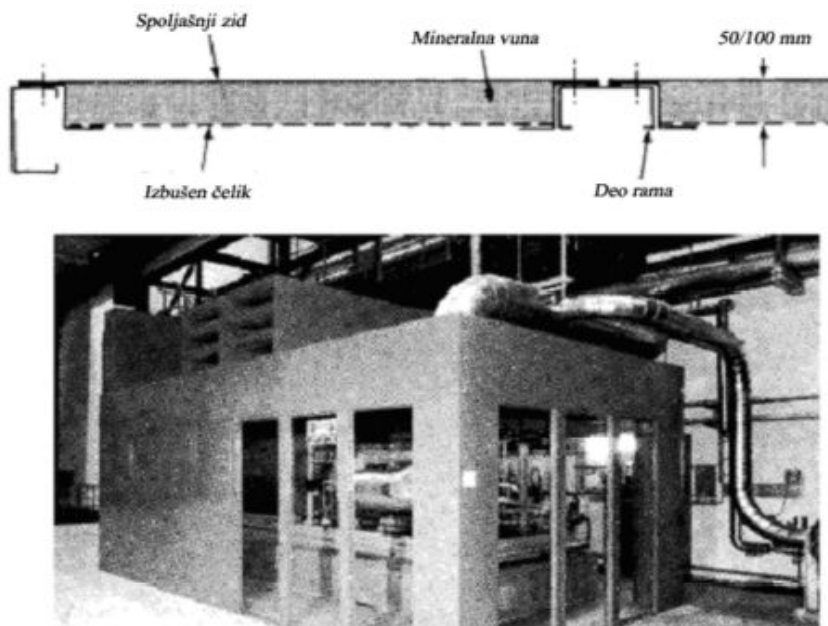
Избор оријентације и локације опреме. Контрола се може постићи удаљавањем извора буке од области осетљиве на буку. У другим случајевима, када машина не емитује буку исте јачине у свим правцима, заокретањем машине могу се постићи знатне уштеде.

Примена звучне изолације. Акустички оклопи су најчешће коришћена мера за контролу буке у многим индустријским гранама. Такви оклопи могу бити у облику оклопа машина или оклопа за раднике и обезбеђују одлично средство смањења изложености буци.

При конструисању акустичког оклопа, потребан је систематски приступ и велика пажња при конструкцији детаља. То укључује одређивање губитка при преносу материјала облоге на основу траженог смањења буке и узимање у обзир појачања буке услед одбијања унутар оклопа.

Редукција звука, атенуација или пригушење се дефинише као разлика у нивоозвучног притиска или нивоу звучне снаге пре и после постављања изолације (или примене било ког другог облика контроле буке). Оклопи који смањују ниво буке између 10 и 30 dB су најбоље решење, јер контролишу и директно поље емисије и поље одбијања компоненти буке.

Типична конструкција оклопа приказана је на слици 11. Основне компоненте су спољашњи дебели зид и унутрашња постава од акустички упијајућег минерала која служи за минимизацију буке одбијене унутар изолованог простора. Унутрашња мрежа од избушеног лима може се користити за минимизирање механичких оштећења.



Слика 11. Изолација буке: пресек типичног изолационог зида и изолационог простора[6]

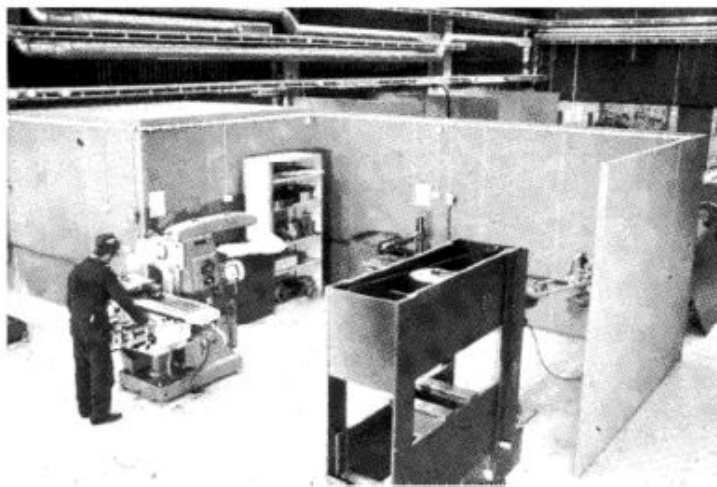
У неким случајевима, радници се могу изоловати од бучних машина стављањем у "тихе" кабине или контролне собе. То обично захтева постављање прозора и, понекад, могућност управљања удаљеном опремом преко даљинских команди. Још један пример је изолована канцеларија на бучном фабричком приземљу.

Када се разматра употреба изолације било ког дела опреме, важно је узети у обзир и друге аспекте, поред захтеваног смањења буке. Мора се обезбедити вентилација ради спречавања прегревања изоловане опреме. Тамо где се тражи вентилација, сваки отвор мора бити пригушен. Посебна пажња, још у раној фази конструисања, мора се посветити захтевима за приступ ради одржавања и производње.

Непокретни извор буке може се поставити у изоловану кутију, кабину или собу. На овај начин се контролишу бучни генератори и машине за рендисање. Оклоп обично има два слоја – спољашњи слој од тешког крутог материјала као што су дрво, метал или бетон и унутрашњи, пенасти слој који апсорбује буку.

8.6 Паравани, преграде и зидови

Употреба акустичких паравана (баријера, завеса). Акустички паравани, слика 12. су ефикасни у смањењу компоненте преноса буке директно од извора и до 15dB. Међутим, највише помажу при високим фреквенцијама, док при ниским фреквенцијама њихово дејство има малог ефекта, а ефикасност опада са удаљавањем од паравана.



Слика 12. Акустични параван[7]

Звучна баријера је штитник или самостални зид који се користи за контролу преноса буке кроз ваздух, када се постави између извора буке и пријемника. Баријере се користе за акустичку заштиту у случајевима када би комплетно покривање машине или другог извора буке утицало на њихов рад.

Акустичке завесе су веома популарне у индустрији, што се може приписати њиховој акустичкој ефикасности, разноликости и лакоћи инсталације. Материјали за израду акустичких завеса су обично глатки најлони, који су савитљиви и отпорни на индустријско окружење. Акустичке перформансе тракастих завеса повећавају се са дебелином и преклопом између трака. Међутим, ретко се остварује смањење буке од преко 10dB.

Апсорпција звука. У ситуацијама када постоји велики степен одбијања звучних таласа, тј. када је зграда "акустички тврда", реверберациона компонента буке може да доминира у пољу буке, у већем делу радне површине. Примена акустички апсорпционих материјала у облику зида и/или функционалних апсорбера на висини плафона, као што је приказана на слици 13, смањује компоненту одбијене буке и до 10dB. Материјали који могу да се користе за апсорпцију буке су: минерална вуна, стаклена влакна или пена.



Слика 13. Примена апсорпционих материјала у смањењу буке[7]

"Маскирање" звука. Тамо где је важна приватност при разговору, може се употребити "маскирање" звука повећањем буке у позадини, која тако маскира говор или неке тонове. Овај принцип може се успешно користити само у просторијама или канцеларијама где нема превеликог одбијања звука и где је ниво буке у позадини мањи од 45dB.

8.7 Заштита радника од буке

Две главне методе заштите радника су обезбеђење "глуве собе" и ношење наушника или антифона, слика 14.



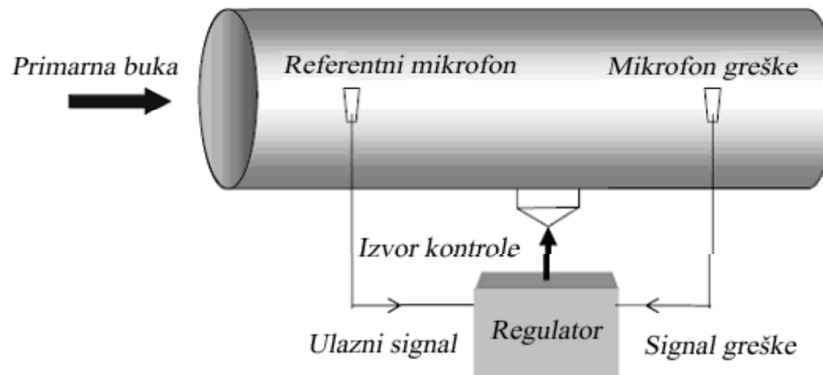
Слика 14. Средства за заштиту слуха радника[7]

Наушници и антифони треба да буду само последња мера за контролу буке. Антифони су ефикасни само до нивоа буке од 100÷105 dB, док наушници могу да пруже заштиту на вишим нивоима буке.

8.8 Активна контрола буке

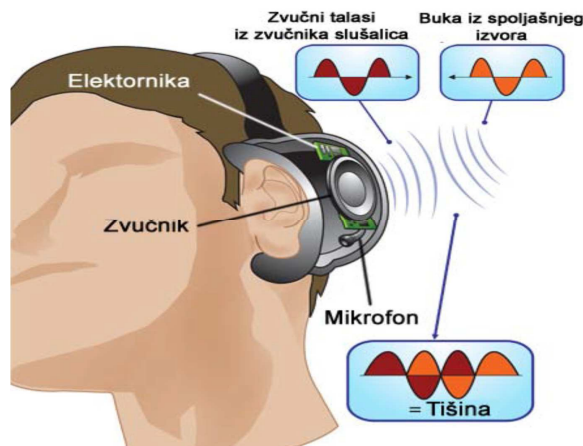
Активна контрола буке је процес смањења постојеће буке увођењем додатне буке. Додатна бука може се увести различитим механизмима.

Основни концепт контроле активне буке илустрован је на слици 15. Референтни или улазни микрофон прати основну буку и претвара звучни притисак у електрични сигнал. Сигнал се шаље у регулатор, где се генерише нови сигнал. Тај нови, контролни сигнал активира контролни извор (звучник) који производи интерференцу која поништава нежељену буку. Сензор грешке открива заостали звук после контроле и шаље сигнал грешке назад у регулатор, који прилагођава и модификује контролни сигнал да би се оптимизирао процес поништавања буке.



Слика 15. Активна контрола буке[8]

Пример су слушалице за поништавање буке, слика 16. У слушалицама се ствара звучни талас који поништава дејство звучног таласа од извора буке.



Слика 16. Принцип рада слушалице за поништавање буке[8]

8.9 Испитивање буке

Звук је субјективни осећај изазван механичким треперењем неког еластичног тела. Бука је субјективни осећај изазван било којим нежељеним звуком или комбинацијом звукова. Шум представља мешавину звукова састављену од нехармоничних звукова.

Јединица физичког интензитета звука односно буке је звучни притисак, који производе акустични таласи на површину од 1 ЕМБЕД Equation.3 и изражава се у микробарима. Јединица за израчунавање јачине звука која води рачуна о субјективном осећању гласности је бел, односно децибел.

9. УПОЗНАВАЊЕ СА ИНСТРУМЕНТОМ КОРИШЋЕНИМ ЗА МЕРЕЊЕ

Voltcraft MS 4 in 1 #DT – 8820 Environment Meter



Уређај који је коришћен за мерење буке је мултифункционални уређај фирме *Voltcraft*, и има могућност мерења више различитих параметара и то:

- Осветљења, до 20000 lux
- Температуре, од -20°C до 750°C
- Влажности ваздуха, од 25% до 95%
- Буке, од 35dB до 130dB, зависно од карактеристике, линеарно или прилагођено људском уху

Ми ћемо се задржати само на мерењу буке, па се у наставку можете мало боље упознати са његовим могућностима.

Могућност мерења нивоа буке је намењена компаративним мерењима и не препоручује се за професионално коришћење, већ је више за кућну употребу и за информативне резултате. Мерење се може извршити према линеарној процени вредности С, и према вредности која је прилагођена људском слуху А. Процедура мерења је јако проста, све што је потребно је укључити уређај, поставити клизач у положај за мерење буке (**dB**) и усмерити микрофон ка извору буке. Зависно од промене нивоа буке, мењаће се и резултат који читавамо на екрану уређаја, па је уколико желимо највишу вредност у току мерења, потребно укључити опцију **MAX**, и у том случају нам на екрану остаје највиша измерена вредност.

Да би резултати мерења били што тачнији најбоље је уређај држати на око 1 метар удаљености од извора буке, и притом је најбоље да уређај стоји на чврстој подлози.

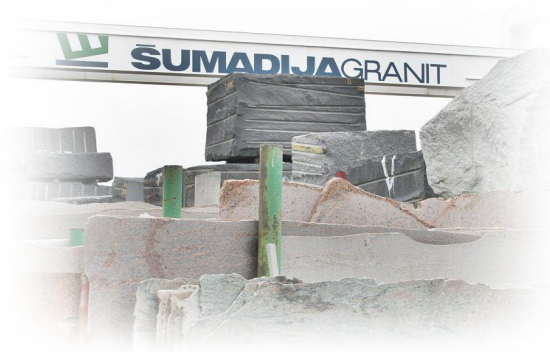
Уређај ради на 2 различита опсега мерења и то:

- *Нижњи опсег, од 35dB до 100dB*
- *Висњи опсег, од 65dB до 130dB*

Уколико ниво буке превазилази ове опсеге, на екрану уређаја ће бити исписано “OVER”, што нам указује на прекораченост нивоа буке.

10. УПОЗНАВАЊЕ СА РАДОМ И РАЗВОЈЕМ ПРЕДУЗЕЋА

ШУМАДИЈА ГРАНИТ ДОО



Шумадија Гранит негује дугу породичну каменорезачку традицију. У периоду дугом преко 50 година, заснована на искуству неколико генерација, предузеће се развијало у споју традиционалне клесарске вештине и умећа и изазова модерне индустрије засноване на високим производним капацитетима, поузданости и квалитету.

Шумадија Гранит увози сирове материјале са свих страна света са циљем да тржишту понуди велики избор боја и квалитета материјала. Инспекција и одабир сирових блокова врши се у каменоломима како би се изабрани материјал ускладио са потребама тржишта. Сирови материјали се увозе из Италије, Шпаније, Бразила, Индије, Јужне Африке имногих других делова света. Ми смо увек у потрази за новим и интересантним материјалима!

Блокови се провозе прекоокеанским бродовима до регионалних лука као што су луке у Ријеци (Хрватска), Констанци (Румунија) и Смедерево (Србија). У овим лукама предузеће има своје магацине сирове робе који нам омогућавају да складиштимо довежену сировину и царинимо по потреби.

Лука у Смедереву

Већина сирових блокова увози се преко луке у Констанци и складишти се у складишту луке у Смедереву, на реци Дунаву.

Шумадија Гранит поседује сву потребну опрему и машине потребне за обављање лучких делатности. Истовар, утовар, претовар робе врши уз помоћ дизалица високих капацитета и великог порталног крана. Предузеће поседује и две самоходне дизалице капацитета преко 100 тона.

Многа страна предузећа користе услуге луке за складиштење и маневрисање робе унутар луке Смедерево.

У сваком тренутку Шумадија Гранит располаже са 4000-5000м³ сировог камена у својим складиштима у региону.

Прерада сирових блокова у Србији и на просторима бивше Југославије

Сирови блокови се секу у плоче различитих дебљина и припремају за даљу употребу. Прерађени материјали, плоче, користе се као сировина за даљу обраду и припрему за грађевинске пројекте или се пак секу за израду елемената који се користе у изради споменика.

Сечење сирових блокова врши се у главном погону који се налази у Аранђеловцу (Србија) као и у погону у Бања Луци (Босна и Херцеговина – Република Српска). У овим погонима прерађене плоче се припремају за продају на свим тржиштима бивше Југославије и у ту сврху Шумадија Гранит сарађује са низом складишта у Србији и региону који продају производе.

11. ПРОИЗВОДНИ ПРОЦЕС

Да бисмо, уопште, почели причу о безбедности на раду, и да бисмо могли да говоримо о буци којој су радници изложени, прво се морамо осврнути на сам производни процес који ће нам реалније приближити причу.

Све почиње од идеје, или нечије жеље и потребе. Када је реч о производу из стандардне палете производа прича је много краћа а сама израда лакша и инжењеру који од модела до техничке документације развија производ, па и раднику на сечењу, преради па и обради. Овом приликом се нећемо везати за неки конкретан производ, већ ћемо говорити о употреби различитих материјала у процесу производње, и о њиховим својствима и понашању при обради, као и о буци која настаје приликом обраде истих.

Шумадија Гранит има софистицирани производни погон који је део модерног индустријског комплекса смештеног на површини од 7 хектара у срцу индустријске зоне.

Машинска одељења производне линије организована су са циљем да се постигне што виши ниво производње а да се при том обезбеде неопходни услови квалитета. Прерада и обрада камена врши се уз помоћ модерних машина увезених од угледних италијанских произвођача.

Погон за сечење сировог блока:

- 3 МастерБретон џамбо гатера
- 1 Гаспари Менотти џамбо гатер
- Мостне фрезе са дисковима пречника 2.7м
- Пеллегрини Дијамантфил
- Погон за површинску обраду – Гаспари Менотти ПГМ линија за полирање са 20 глава
- Пеллегрини линија за паљење и штоковање
- Погон за резање готових плоча – 3 Мостне фрезе за резање елемената за споменике
- и плоча за грађевинске елементе

Смештени у модерним фабричким халама производни погони су организовани око централног складишта сировог блока којим доминирају два портална крана. Складиште сировог блока је богато разним материјалима и увек има преко 2000 кубика блокова у сировом стању. Машинска одељења подељена су пет нових хала од којих највећа има 3500м². Свака хала има један или више дизалица мањих и већих капацитета.

Модернизовани производни процес и високо тренирана радна снага обезбеђују висок ниво продуктивности као и висок ниво квалитета сечења и површинске обраде које тржиште захтева. Производни капацитет полираних плоча достиже 25 000 м² месечно.

Шумадија Гранит обезбеђује потребну количину сировина каменорезачкој индустрији која се бави израдом надгробних споменика. Међутим, поред ове делатности највећи део капацитета је усмерен према производњи грађевинског камена који се користи у архитектонским пројектима.

У протеклих неколико година активно учествују у пројектовању, припреми и уградњи грађевинског камена. Успешно су завршили много пројеката различите величине. Од модерних хотела, пословних простора и приватних домова Шумадија Гранит је изградила богат портфолио успешних пројеката и обезбедила себи важно место у овој грани индустрије.

Шумадија Гранит обезбеђује специјализовану услугу архитектонским бироима, приватним инвеститорима и грађевинским предузећима. Њихове услуге се заснивају на дизајну грађевинског камена у односу на архитектонски пројекат, припрему техничке документације, дизајн подконструкција као и саму припрему камених панела сечених према датим спецификацијама.

Грађевински или архитектонски камен представља поље од посебног интереса за Шумадија Гранит и они полажу велику бригу и улажу велика средства у развој ове гране пословања и у подизање нивоа услуге у овом пољу.

11.1 Пројектовање

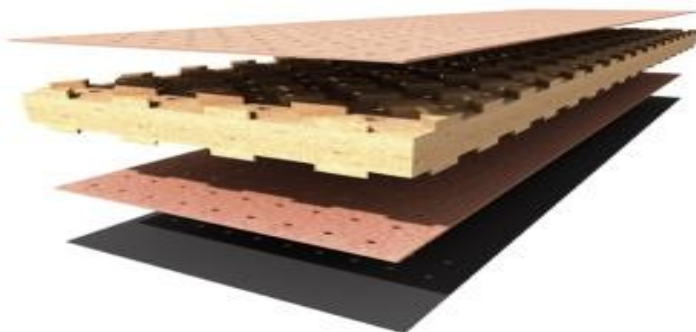
Посматрајући инжењера као полазну карику у производном процесу и некога ко тај процес испрати од почетка до краја, долазимо да сазнања да је он као јединка изложен утицају буке са различитих извора. Неопходно је да увек буде у близини производног погона, како би решавање проблема насталих у ходу било што ефикасније а губитак времена што мањи. Радна места инжењера су на слици 18 обележена бројевима 12 и 13, и налазе се на првом спрату. Положај канцеларија је такав да у сваком тренутку инжењер може да има увид у тренутно стање у хали и да може да испрати производни процес.

Мерење буке у овим просторијама је извршено у свакодневним условима, тј у условима обраде камена, што представља и највећи део производње. Пре него видимо резултате мерења, мало ћемо скренути пажњу на сам квалитет градње ових канцеларија, као и на коришћене материјале и могућност, односно немогућност изолације истих. Као што се са скице може приметити, канцеларије се налазе у горњем делу производне хале и позициониране су тако да се из њих пружа поглед на целокупну производњу. Материјали који су коришћени за њихову градњу су металне цеви, од којих је направљена конструкција која је затворена плочама од универа у доњој зони, и стаклом у горњој зони. Приликом градње нису коришћени никакви

изолациони материјали па је простирање звука, тј буке која долази из хале, умањено само физичком препреком коју чини стакло и универ.

Коришћењем неких од материјала који су добри звучни изолатори, бука би била знатно мања, а сам рад пријатнији и без одсуства концентрације, па би самим тим и продуктивност била знатно боља.

Једна од препорука за облагање ових канцеларија је и специјална иверица која је управо и намењена облагању зидова и пригушењу буке. Од произвођача *EGGER* нам стижу тзв *Acoustic Boards*, плоче које имају сјајну могућност апсорпције звука. Направљене су тако да садрже више различитих слојева од којих сваки има своју улогу, што декоративну што апсорпциону.



Слика 17. Акустична плоча[9]

Друга препорука, за облагање горњег дела зидова, је коришћење дуплог, вакуум стакла, које пропушта знатно мање буке а исто тако и топлоте у зимским и хладноће у летњим условима.

Ово су нека од решења за смањење буке на радним местима која тако рећи нису уско везана за сам извор буке, али их може бити још много, корисних, а не тако скупих, као што је прављење перфорираних зидова од обичне иверице са убацивањем изолационих материјала између две плоче, коришћење бољих заптивних материјала, дихт гума итд.

Сада ћемо се осврнути на резултате мерења, у претходно поменутих условима. У табели која следи можете видети свако мерно место понаособ уз резултате мерења и неке од детаља, чијим би изменама могло доћи до знатно бољих услова уз минимална улагања.

Мерно место	Опис:	Резултат:
<u>1. Канцеларија 12</u> *Канцеларија са три радна места, најближи извор буке дијакраз		1. 74,3 dB 2. 73,4 dB
<u>2. Канцеларија 13</u> *Канцеларија са три радна места, најближи извор буке дијакраз		3. 72,6 dB

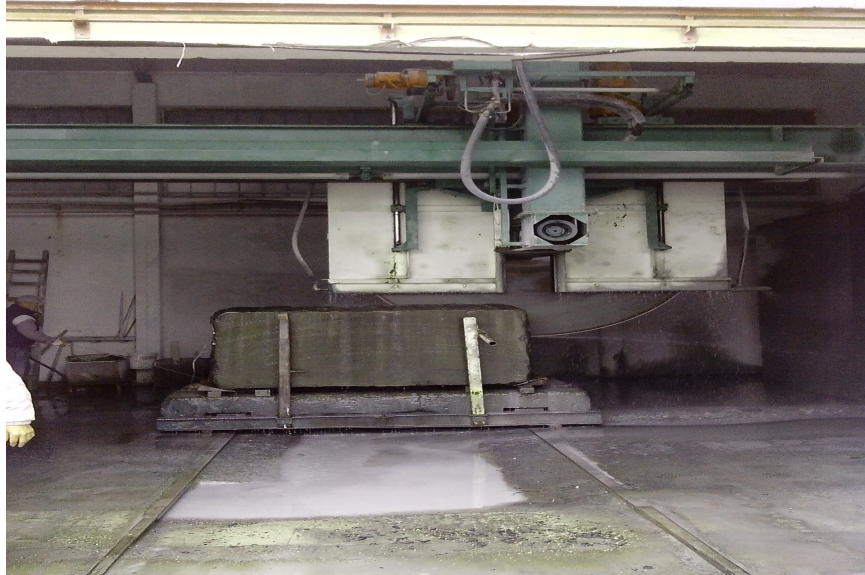
Табела 1: Резултати мерења на радном месту инжењера

Дакле, према резултатима, добијеним мерењем у овим просторијама, долазимо до закључка да је ниво буке превелики, и да је могуће очекивати неке од симптома који се појављују са свакодневном изложеношћу буци овог нивоа, као што су учестале главобоље, пад концентрације, нервоза итд.

С тим у вези, побољшање услова рада је неопходно, а са минималним улагањем се може постићи много бољи ефекат рада, већа продуктивност и бољи резултати рада, а све у вези смањења нивоа буке на радним местима која би требало да буду боље изолована од спољних утицаја.

11.2 Сечење материјала

Након пројектовања и израде пратеће документације, на ред долази сечење материјала. Сечење се обавља мостном фрезом са дисковима пречника 2.7м.



Слика 19. Мостна фреза са дисковима пречника 2.7м. [9]

Приликом прикупљања података о нивоу буке за ову машину, долази се до закључка да ниво буке који се производи може у великој мери да варира и то у зависности од врсте коришћеног материјала, као и од квалитета материјала који као такав стиже од добављача.

Гледано уназад кроз историју најчешће коришћени материјал који се и данас веома често користи је камен. Остали материјали су се мењали временом како се мењала и технологија. У овом делу рада неће бити речи о камену нити о свим материјалима који постоје, већ ће бити речи само о оним материјалима које предузеће Шумадија Гранит користи у својој производњи. Постоји неколико фирми које се баве производњом ових материјала али то још увек није на задовољавајућем нивоу.

У просеку сировина је заступљена у лагеру на следећи начин:

- Црни гранити – око 600м³
- Шарени гранити – око 500м³
- Црвени гранити – око 100м³
- Остали гранити – око 100м³

- Мермери – око 100м³
- Импала – око 800м³

- **Црни гранити**



Гранит је магматска стена и формирана је из магме. Настала је на дубини, није стена настала изливом магме на површину него унутар земљине коре. Обично се то дешавало на дубинама од 1,5 до 50 километара. Долазило је до кристализације из магме на дубини и мешања са другим стенама. Хемијски састав гранита одражава различиту хемијску структуру стене од које је магма из које је настао гранит. Када настану одређени услови унутар површине настаје гранит. Понекад образује мала дубинска (интрузивна) тела, али познатији је по великим неправилним масама званим батолити, за које не знамо докле сежу у дубину. Површина батолита може бити до десетака хиљада квадратних километара.

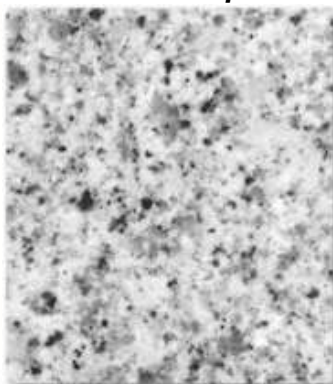
Црвени гранити



Шарени гранити



Остали гранити



- **Мермери**



Мермер или мрамор је метаморфна стена настала поновном кристализацијом кречњака и доломита. Мермер је у грађевинарству цењен као украсни камен, а значајна је и његова примена у вајарству. Највеће налазиште мермера у Србији је на Венчацу код Аранђеловца.

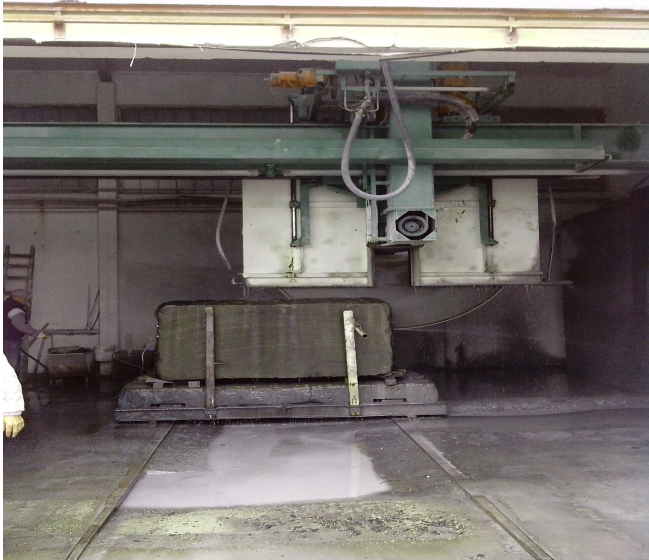
Овде ћемо се задржати и резултате мерења представити на овим, досад наведеним, примерима јер су то тренутно најкоришћенији материјали у производњи предузећа Шумадија Гранит.

Радник који ради на сечењу и управља дијаграмом као и његов помоћни радник су изложени буци са више различитих извора, и то:

- Бука изазвана радом електро мотора који покрећу тестеру за сечење
- Бука која настаје покретањем траке која помера материјал и доводи га у положај за сечење
- И у мањој мери бука која долази од стране околних уређаја и машина.

Мерна места посматрана код ове машине су, радно место радника у производњи, и радно место помоћног радника,

Мерно место	Опис:	Резултат:
<i>1. Радно место Радника у производњи *Радно место се налази уз саму машину где се и налази управљачка јединица, близина главних извора буке је јак близу раднику.</i>		119,6 dB

2. Радно место помоћног радника <i>*Радно место помоћног радника може бити уз машину где обавља прихват готових, тј исечених делова</i>		118,7 dB
---	--	-----------------

Табела 2. Резултати мерења на радном месту у производњи

Према резултатима приказаним у табели, можемо закључити да највећа бука настаје управо при процесу резања, и то што је већа густина и тврдоћа материјала самим тим и ниво буке расте. Радници, распоређени на послове сечења, су изложени буци великог интензитета која није непрекидна већ почиње и завршава се са сваким новим резом, али је учестала и испуњава читав радни дан. Њихова заштита се своди на коришћење антифона, јер је немогуће изоловати буку од мотора и самог процеса сечења због положаја мотора и њиховог покретања у склопу машине.

11.3 Брушење и полирање

Брушење и полирање камена је врло сложена и мукотрпна процедура, а сврха брушења је давање камену стакластог сјаја али и наглашавање лепоте камена. Небрушен сирови камен прилично је неугледан и тешко га је распознавати све док му се брушењем не нагласи структура и боја. Брушени камен је пуно лакше одржавати. Нажалост, мекше врсте камена (нпр. мрамори) се прилично брзо троше а тиме камен губи сјај, отварају се поре и он у себе упија прљавштину. Да би се потрошени камен вратио у првобитно стање треба га брусити и полирати.

11.3.1 Како се то ради?

Прво се заштите зидови да се не би запрљали. Затим се бруси стројевима у више фаза сваки пут све финијим брусевима све док се не добије врло глатка стакласта површина. Брушење камена се врши на мокро тако да по поду има доста каменог муља. Он се током рада одстрањује усисивачима.

11.3.2 Како би било најбоље поставити камен?

Идеалан под се добије када се камен обруси одмах након постављања. Постоје два начина: северни (користи се на северу Европе) и јужни (користи се на југу Европе). Северни начин је када се полирани камен постави на под и након постављања бруси. Јужни начин је да се на под положи небрушени камен који се бруси након поставе. Било да се користи јужни или северни поступак на поду не би било неравнина; под би био раван, сјајан и лакше и јефтиније би се одржавао. Код неравног пода се у подручју спојева плоча таложи прљавштина коју је врло је тешко одстранити па стројно прање пода не даје добре резултате. Примени ли се ручно прање пода, тада енормно расту трошкови одржавања.

Радник који је задужен за полирање се налази под утицајем буке са више различитих извора, од сваке машине понаособ као и од вентилационог система који је директно повезан са машинама. У великој мери бука којој је изложен радник на полирању долази и од других машина, која се налази нешто даље од овог радног места али производи буку великог интензитета па је и овде утицај велики. Резултати мерења, представљени у следећој табели, показује колика је бука којој је изложен радник на полирању.

Мерно место	Опис:	Резултат:
<i>1. Радник на полирању</i> <i>*Радно место полирања се налази у производној хали, али је под утицајем више различитих извора буке.</i>		<i>102,2 dB</i>

Табела 3. Резултати мерења, радника на полирању

Пошто се ово радно место налази у крају производне хале, заштита радника који ради на овом радном месту се мора свести на коришћење заштитне опреме, при чему долазимо до закључка да је ниво буке превелики, и да је могуће очекивати неке од симптома који се појављују са свакодневном изложеношћу буци овог нивоа.

У производној хали постоји још машина, али које овом приликом нису биле обухваћене мерењем јер при раду не производе буку значајно великог интензитета. Бука коју оне производе једино се може мерити у условима када су оне једине које раде у хали у том тренутку, што се практично никада не догађа па су из тог разлога и изостављене.

12. Могућност смањења буке

Пошто сада имамо резултате мерења скоро сваке машине односно скоро сваког радног места понаособ, можемо рећи која радна места су изложена утицају буке, и где се налазе радна места која су највише угрожена.

У овој производној хали, бука је распрострањена по целој површини, тако да скоро и не постоји радно место које није угрожено и које се уклапа у неке номиналне вредности, што се може и видети из предходних мерења.

Једна од могућности за побољшање услова рада и боравка у производној хали је коришћење акустичних паравана. После прегледа сваког радног места понаособ, дат је предлог постављања звучне баријере у виду паравана израђеног од неког акустичног материјала који има добру апсорпцију звука, или га пак скреће са његове првобитне путање, тј смањује директни утицај на радника. Ово може бити корисно али не и најбоље решење, зато је идеја о другачијем распореду машина и груписања извора буке, једно од јефтиних, а јако корисних решења.

Пошто је у овој производњи иначе потребна реорганизација, због обима посла и кратких рокова испоруке, па прибављања све већих количина материјала и проблема њиховог складиштења, као и складиштења готових производа, долазимо до потенцијалне могућности за новим распоредом машина и другачије организованим производним процесом. Производња мора бити тако организована да не долази до застоја у току производног процеса, да не долази до нагомилавања комада између две различите операције и да не постоји уско грло производње и било ком тренутку од поруџбине до испоруке. То је основна чињеница коју не смемо испустити из вида приликом планирања реорганизације

Још једна од ствари које су доста утицале на побољшање резултата је изолација комплетног вентилационог система, као и коришћење квалитетније опреме. Такође, доста буке долази и од виљушкаре чији је рад неопходан у оваквој производњи па се куповином електричне може постићи велики напредак по питању смањења буке као и загађености радног простора издувним гасовима. Велики број практичних техника којима ће се остварити значајна смањења емитоване буке, чија примена неће коштати или ће врло мало коштати и које ће обезбедити корисну уштеду енергије, може се применити као део свакодневних процедура рада и одржавања.

Неке од таквих техника су следеће:

- смањити снагу машина. Бука је пропорционална снази машине. Зато, машина треба да одговара послу који треба да обавља. Вишак снаге значи и вишак буке;
- смањити брзину рада. Машине са малом радном брзином су мање бучне од машина са великом радном брзином;
- одржавати адекватну разлику између радне брзине и резонантних брзина бочног кретања и обртања,
- планирати одржавање уз програм редовног подмазивања уљима и мастима;

Мере заштите од буке можемо сврстати у :

- Мере личне заштите;
- Мере технолошке заштите.

Лична заштита од буке обухвата промену физичких карактеристика средњег уха и неуролошке феномене адаптације и замора. Као мере личне заштите користе се антифони (слушалице, чепићи за уши...).

Мере технолошке заштите од буке обухватају:

- одабир и употребу мање бучних уређаја, средстава за рад и транспорт
- промишљено узајамно лоцирање извора буке или објеката с изворима буке (емитената) и подручја или објеката са садржајима које треба штитити од буке (имитената)
- изведбу одговарајуће звучне изолације грађевина у којима су извори буке, радни и стамбени простори
- примену акустичких заштитних мера на темељу мерења и прорачуна буке на местима емисије, на путевима ширења и на местима емисије буке
- акустичка мерења ради провере и сталног надзора стања буке
- повремено ограничавање емисије звука

13. Закључак

На модерном радном месту бука је готово елиминисана, али су старији штампачи довођени у везу са оштећењем слуха запослених који раде непосредно уз њих. Но, било који извор буке у радном простору може и мора бити ефектно маскиран тако да не угрожава здравље запослених. Такође, при дизајну радног места треба обратити пажњу на тзв. „белу буку”. Као што код светлости бела светлост представља комплетан спектар видљивог светла, тако „бела бука” представља истовремено пуштање звукова свих фреквенција у чујном спектру (20 Хз – 20 кХз). Ову буку (истина веома ниског интензитета) производи готово сваки компјутер, захваљујући вентилаторима и дисковима који, ма колико тихи били, праве белу буку. Дугорочно, бела бука која на први поглед не смета доводи до деконцентрисаности и нервозе корисника.

Нервоза, несаница, стрес и смањени праг толеранције су само неки од проблема који се јављају а којима ни не приписујемо неки значај, све док под утицајем буке не дође до скока крвног притиска, утицаја на вегетативни нервни систем, и синдрома хроничног умора. Није, дакле, само реч о оштећењу слуха због буке, већ постоји неповољно дејство на цео организам, на психу и понашање човека.

Могуће је навићи се, до неке мере, на буку уколико је она континуирана, чак до те мере да је скоро не приметна, али се и даље осећа њен утицај на живот човека, а посебно на осећај умора који постаје увек присутан.

Бука постоји, свуда је око нас, и не треба је занемарити. Када је почнемо осећати кроз разне тегобе и изражене фрустрације, онда је касно скренути пажњу некоме на проблем и тражити решење. Чест је случај неношења личних заштитних средстава за рад у бучним подручјима где људи зарад удобности и навике угрожавају своје здравље.

За разлику од других еколошких проблема, проблем буке наставља тренд пораста, заједно са порастом жалби изложених становника. Зато је неопходно предузети неке од преодочених мера како би се проблем буке свео на прихватљив ниво.

14. Литература

- [1] Јовановић, др М. П. (2008): ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ I, Висока технолошка школа струковних студија- Аранђеловац, Аранђеловац.
- [2] Д. Милорадовић, П. Тодоровић, „Физичке штетности – Бука на радном месту“, поглавље у монографији „Безбедност и заштита на раду – Књига БЗР Едукациони центар, Машински факултет у Крагујевцу
- [3] http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/IV%20semestar/Zastita%20zivotne%20spedine/Predavanja/PredZZS_7_BukaZivotnaSredina.pdf, (23.05.2013.)
- [4] <http://www.izjzkg.rs/centri/centar-za-higijenu-i-humanu-ekologiju/90-buka>, (24.05.2013.)
- [5] <http://zdravlje.krstarica.com//nega/buka-i-zdravlje/> (27.05.2013.)
- [6] http://www.ekopo.co.rs/Grupe/Buka/buka_pitanja/buka8.htm, (29.05.2013.)
- [7] http://www.vpts.edu.rs/saradnja/tempus/tempus158781_prezentacije.html, (01.06.2013.)
- [8] <http://www.vasdoktor.com/medicina-rada/1352-buka>, (05.06.2013.)
- [9] Закон о безбедности и здрављу на раду, Службени гласник Републике Србије
- [10] Николић М. , БУКА , Медицинска књига, Београд – Загреб ,1985;