

D. Varžić*

PRIMJENA OSOBNE OPREME ZA ZAŠTITU SLUHA

UDK 613.644:687.393
PRIMLJENO: 20.10.2009.
PRIHVAĆENO: 1.4.2010.

SAŽETAK: U radu su opisani mogući učinci buke na čovjeka u radnoj okolini te mogućnosti zaštite od oštećenja sluha. Jedna od mogućih mjera zaštite je i primjena osobne opreme za zaštitu sluha. Osim toga, navedene su tri metode određivanja efektivnih A-vrednovanih razina buke, i to oktavno-pojasna metoda koja se može smatrati referentnom te dvije jednostavnije metode, H-M-L i SNR metoda. One na radnika djeluju zbog gušenja buke osobnom opremom za zaštitu sluha te način njihove primjene.

Ključne riječi: buka, utjecaj buke na ljude, buka na radu, oprema za zaštitu sluha

UVOD

U nastojanju da svoj život učini ugodnijim čovjek se okružio mnoštvom strojeva i uređaja. Oni ga zamjenjuju na poslovima koji su teški, opasni ili se stalno ponavljaju. Omogućuju mu da brže i jeftinije proizvodi, da se brzo kreće po zemlji, vodi i zraku, da si stvori ugodnu mikro-klimu.

Prilikom konstruiranja tih strojeva, uređaja i vozila imala se na umu uglavnom samo njihova osnovna namjena: da čovjeku budu što bolje pomagalo i da im cijena bude niža kako bi bili pristupačniji većem broju ljudi. Buka se pojavila kao popratna pojava rada svakog stroja. U prvi mah to nije djelovalo zabrinjavajuće. Tek kada su se pojavila prva oštećenja zdravlja izazvana bukom, ljudi su postali svjesni propusta učinjenog prilikom konstrukcije.

Svakodnevno su u svijetu milijuni radnika na svojim radnim mjestima izloženi nedopustivo visokim razinama buke koja u određenom postotku uzrokuje i trajna oštećenja sluha te još neke probleme.

Prema dostupnim podacima, u SAD-u preko 50% radne populacije na radnom mjestu izloženo je razinama buke višim od 80 dB(A), a čak 20% radne populacije razinama iznad 90 dB(A). U Europi više od 30% radne populacije pri radu je izloženo razinama buke opasnim za zdravlje.

Broj ljudi s oštećenim sluhom je u:

- SAD-u 20% radne populacije
- EU 7% radne populacije
- RH 5% pregledane radne populacije.

Oštećenje sluha bukom svrstano je na listu profesionalnih bolesti, kako u Europi, tako i kod nas. Od ukupnog broja priznatih profesionalnih bolesti u EU 32% odnosi se na oštećenje sluha bukom, dok se u nas ta vrijednost kreće između 10% i 15%.

*Darije Varžić, dipl. ing. stroj. (darije.varzic@zus.hr), Zavod za unapređivanje sigurnosti d.d., Osijek, Trg Lava Mirskog 3/III.

Uobičajena je podjela djelovanja buke na ljude na ovaj način:

- djelovanje buke na osjetilo sluha (auralno djelovanje ili auditivni učinak),
- djelovanje buke s posljedicom na cijeli organizam (ekstraauralno djelovanje ili neauditivni učinak).

Podjela na auralno i ekstraauralno djelovanje s medicinskog je gledišta sporna. Buka u suštini uvijek djeluje primarno auralno, a ekstraauralne pojave mogu biti samo neizravne posljedice buke. U slučajevima pravoga ekstraauralnog djelovanja štetni se utjecaj prenosi na čovjeka drugim osjetnim sustavima.

Utjecaj buke na čovjeka, koji prvenstveno ovisi o razinama buke kojima je čovjek izložen, prikazan je Tablicom 1.

Tablica 1. Utjecaj buke na čovjeka

Table 1. Effect of noise on people

Razina buke u dB(A)	Utjecaj razine buke na ljudski organizam		Primjeri izvora buke
0	Najtiši zvuk koji se čuje		
20	Razina buke koja nema negativan utjecaj na ljudski organizam; ljudi se osjećaju ugodno		mirna spavaonica
30			mirno radno mjesto
40-50	Poremećaji sposobnosti učenja i komunikacije	Područje psihološkog djelovanja	prigušen razgovor
50	Područje ozbiljnih psiholoških kao i neurovegetativnih smetnji; oštećenja na slušnim stanicama; privremeni pomak praga čujnosti	Ekstraauralne posljedice djelovanja buke	normalni razgovor
65			televizor, prozor koji gleda na ulicu
80			usisavač za prašinu, lajanje psa
82			automobil u prolazu, sušilo za kosu
85	Područje ozbiljnih psiholoških kao i neurovegetativnih smetnji; oštećenja na slušnim stanicama; privremeni pomak praga čujnosti	Auralno djelovanje buke	pijetlovo kukurikanje
90			zračno hlađeni elektromotor
103			motorna pila
110			disko klub, preglasni walkman
120			3 m udaljenosti od rock-sastava
130	Akutno oštećenje sluha već pri kratkotrajnoj izloženosti		pneumatski čekić, hitac iz puške pored uha strijelca
145			u blizini mlažnjaka kod uzlijetanja

Auralno djelovanje buke izražava se preko izravnog oštećenja slušnog organa i time sluha. Kada je riječ o dugotrajnom djelovanju buke, imamo trajna ireparabilna oštećenja. Granica za zaštitu organa sluha za osmosatno dnevno izlaganje jest 85 dB(A). Smatra se da rad u uvjetima gdje razina buke prelazi 85 dB(A)/8 sati u razdoblju duljem od 10 godina nepovratno oštećuje sluh. No, pri djelovanju pucnjeva ili eksplozija nastaje akutno manje ili veće oštećenje u unutrašnjem uhu i čak mehaničko oštećenje bubnjića i slušnih košćica zbog moguće superpozicije jakih zračnih tlakova - pri razinama buke višim od 160 dB(A) dolazi do akustičke traume.

Ekstraauralne posljedice djelovanja buke izražavaju se:

- utjecajem na organe i tjelesne sustave (npr. živčani sustav, krvnožilni sustav, probavni trakt, hormonski sustav),

- utjecajem na ljudsko funkcioniranje i obavljanje posla (umni rad, koncentraciju, pozornost, zapažanje zvučnih signala, govorno sporazumijevanje, odmor, san).

Iz navedenoga vidljivo je da posljedice djelovanja buke na ljude mogu biti ove:

- naglušnost i gluhoća
- neurovegetativne reakcije organizma (stres)
- umor i smanjenje radne sposobnosti
- ometanje komunikacije, tj. govornog sporazumijevanja i čujnosti zvučnih signala
- psihičke reakcije (nelagodnost)
- ometanje odmora i sna.

Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (dalje u tekstu: Pravilnik) propisano je da se pri utvrđivanju stvarne izloženosti radnika buci pri radu za granične vrijednosti izloženosti ($L_{EX,8h} = 87$ dB(A); $L_{C,peak} = 200$ Pa (140 dB(C) re 20 μ Pa) mora uzeti u obzir smanjenje buke zbog uporabe osobne opreme za zaštitu sluha. Nadalje, na radnim mjestima na kojima buku nije moguće smanjiti primjenom osnovnih pravila zaštite na radu, odnosno odgovarajućim organizacijskim mjerama poslodavci su obvezni radnicima staviti na raspolaganje odgovarajuću i dobro prilagođenu opremu za zaštitu sluha. U oba slučaja potrebno je odrediti efektivnu A-vrednovanu razinu zvučnog tlaka kojoj je radnik stvarno izložen, a koja ovisi o razinama buke na radnom mjestu i karakteristikama gušenja buke opreme za zaštitu sluha.

U sprečavanju profesionalnog oštećenja sluha i drugih zdravstvenih tegoba koje uzrokuje izloženost prekomjernoj buci vrlo je važno ispitivanje stanja sluha prigodom zasnivanja radnog odnosa, a nakon toga redovite kontrole radnika u zakonski reguliranim intervalima. Osobe u kojih se ustanovi početni gubitak sluha treba neodgodivo zaštititi, prvenstveno tehničkim mjerama zvučne zaštite ili premještanjem na drugo radno mjesto gdje nisu izložene buci te kao zadnja mjera dosljednom primjenom osobnih zaštitnih sredstava.

Važno je napomenuti da se, sukladno članku 15. Pravilnika, prestaju kao priznata pravila pri-

mjenjivati odredbe Pravilnika o općim mjerama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (Službeni list, br. 29/71.) te se ne primjenjuju niti odredbe članka 12. Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (N.N., br. 145/04.).

OSOBNJA ZAŠTITNA OPREMA ZA ZAŠTITU SLUHA

Samo u slučajevima nemogućnosti sprečavanja rizika osnovnim pravilima zaštite na radu (tišim metodama rada, uporabom najtiše radne opreme, odgovarajućim održavanjem radne opreme, projektiranjem i planiranjem radnih mjesta i radilišta, smanjenje buke izolacijom zračne komponente – oklopi, barijere, ... te izolacijom strukturne komponente – prigušenje, vibroizolacija, ...) ili odgovarajućim organizacijskim mjerama (smanjenje izloženosti, odgovarajući raspored rada s odmorima, osposobljavanjem i informiranjem radnika), poslodavac:

- stavlja na raspolaganje odgovarajuću i dobro prilagođenu osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha s preporukom da je radnici upotrebljavaju kada izloženost buci prelazi donju upozoravajuću granicu izloženosti ($L_{EX,8h} = 80$ dB(A); $L_{C,peak} = 112$ Pa (135 dB(C) re 20 μ Pa), odnosno
- mora radnicima osigurati odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha i kontrolirati njezinu uporabu kada je izloženost jednaka ili viša od gornje upozoravajuće granice izloženosti ($L_{EX,8h} = 85$ dB(A); $L_{C,peak} = 140$ Pa (137 dB(C) re 20 μ Pa).

Pravilnik preporuča uporabu ove osobne zaštitne opreme:

- Naušnjaci
 - kod povremene i kratkotrajne buke, odnosno pri kratkotrajnom zadržavanju u bučnim prostorima
 - kod nemogućnosti uporabe ušnih čepića – uski slušni kanali, sklonost upalama, nepodnošljivost uporabe
 - kod impulsne buke, na poslovima na

kojima je uz zaštitu sluha istodobno potrebno osigurati ili prepoznavanje upozoravajućih zvučnih signala ili mogućnost komunikacije

- Ušni čepići
 - kada nema posebnih razloga za uporabu naušnjaka
 - kod trajne izloženosti djelovanju buke
 - kod jačeg znojenja korisnika naušnjaka
 - kao sredstvo za dodatno prigušenje buke pri uporabi naušnjaka
- Otoplastika
 - izrađuje se prema individualnim mjerama korisnika.

Osim navedenog, Tablica 2. daje sažetak razlika između ušnih čepića i naušnjaka.

Tablica 2. Prednosti i nedostaci osobne opreme za zaštitu sluha

Table 2. Good and bad sides of personal hearing protection devices

UŠNI ČEPIĆI	NAUŠNJACI
<p>Prednosti</p> <ul style="list-style-type: none"> • mali i lako prenosivi • pogodni za uporabu s drugom opremom za zaštitu (mogu se nositi s naušnjacima) • ugodniji za dugotrajno nošenje u toplim i vlažnim radnim prostorima • pogodni za uporabu u skućenim radnim prostorima <p>Nedostaci</p> <ul style="list-style-type: none"> • zahtijevaju više vremena za postavljanje • zahtjevnije umetanje i micanje • zahtijevaju visoku razinu higijene • mogu iritirati ušni kanal • lakše se mogu zagubiti • teže ih se primijeti i nadzire uporaba • veće razlike u gušenju između korisnika 	<p>Prednosti</p> <ul style="list-style-type: none"> • manje razlike u gušenju između korisnika • dizajnirani na način da jedna veličina odgovara većini veličina glave radnika • lako vidljivi iz veće daljine – pomoć pri nadzoru nošenja • ne gube se i ne zameću se lako • moguće ih je nositi i s manjim infekcijama uha <p>Nedostaci</p> <ul style="list-style-type: none"> • teže nosivi i teži • nepogodniji za uporabu uz ostalu zaštitnu opremu • neugodniji za nošenje u vrućim i vlažnim radnim prostorima • nepogodniji za uporabu u skućenim radnim prostorima • mogu smetati kod nošenja sigurnosnih ili propisanih naočala – nošenje naočala rezultira kidanjem brtvila (izolacije) između opreme za zaštitu i kože i rezultira smanjenjem zaštitnog učinka

Poslodavac je dužan omogućiti izbor radnicima osobne zaštitne opreme koja im najbolje odgovara, a koja rizike za sluh uklanja ili smanjuje na najmanju moguću mjeru. Obveza je poslodavca osiguranje nošenja osobne zaštitne opreme te provjera učinkovitosti mjera zaštite od buke.

Učinkovitost osobne zaštitne opreme uvelike se smanjuje ako oprema radniku ne pristaje odgovarajuće ili je radnik nosi samo u dijelu vremena izloženosti buci. Za održavanje njezine učinkovitosti ne smije biti izmjena na njoj. U smislu postizanja punog učinka, oprema se mora nositi tijekom čitavog radnog vremena. Ako se oprema nosi samo kratko vrijeme, zaštitni učinak se znatno smanjuje.

Tablica 3. prikazuje maksimalni zaštitni učinak u slučajevima nekontinuiranog nošenja „100%“ učinkovitog zaštitnog sredstva s vrijednosti maksimalnog gušenja od 30 dB. Primjerice, ako netko skine štitnik u trajanju od 5 minuta tijekom 8-satnog rada, maksimalni zaštitni učinak će biti 20 dB.

Tablica 3. Stupanj učinkovitosti opreme za zaštitu sluha u ovisnosti o vremenu uporabe

Table 3. Level of effectiveness of hearing protection in relation to time

Maksimalna zaštita postignuta nekontinuiranom uporabom sredstava za zaštitu sluha	
Postotak vremena uporabe	Maksimalna zaštita
50%	3 dB
60%	4 dB
70%	5 dB
80%	7 dB
90%	10 dB
95%	13 dB
99%	20 dB
99,9%	30 dB

Najčešća opravdanja zašto radnici ne nose zaštitnu opremu su:

- neudobnost
- utjecaj na mogućnost komunikacije i čujnost signala upozorenja

- uvjerenje da radnici nemaju kontrolu nad neizbježnim procesom koji završava oštećenjem sluha (*Brkić, Novosel, 1999.*)

Nasreću, niti jedan od navedenih razloga ne predstavlja nepremostivu barijeru - odgovarajućim osposobljavanjem i uvježbavanjem moguće je promijeniti loše navike.

Oprema za zaštitu sluha odabire se na način da je:

- odgovarajuća za određeni posao
- u mogućnosti osigurati odgovarajuću zaštitu
- dovoljno udobna da ju se prihvati i nosi tijekom čitavog vremena izlaganja buci.

Obveza je poslodavca ponuditi radnicima odabir opreme određenih svojstava koja im najviše odgovara. Učinkovitost zaštite ovisi o dva osnovna parametra: značajkama opreme i načinu nošenja opreme za zaštitu sluha. Odabrana oprema mora biti u mogućnosti zadržati izloženost uha razinama ispod 85 dB(A).

Radnici trebaju odabrati opremu za zaštitu sluha na temelju:

- razine buke na mjestu rada
- afiniteta radnika koji će se njome koristiti
- podnošljivosti nošenja opreme radnika koji će se njome koristiti
- kompatibilnosti s ostalom zaštitnom opremom
- uvjeta rada – temperatura, vlažnost, atmosferski tlak.

Neki radnici ne prihvaćaju pojedine tipove opreme za zaštitu sluha – svaki čovjek je drugačije anatomske građe te se posebnost uha i slušnog kanala može značajno razlikovati od osobe do osobe.

Kada osobna izloženost buci radnika prelazi 100 dB(A), potrebno je nositi ušne čepiće i naušnjake istovremeno. Važno je napomenuti da će uporaba takve dvostruke zaštite osigurati dodatno prigušenje od samo 5 do 10 dB. Preporuka je da niti ovakva zaštita nije dovoljna u slučajevima osobne dnevne izloženosti iznad 105 dB(A).

Sa zaštitnim učinkom se ne smije niti pretjerati. Preporuka je da efektivna razina buke na uhu radnika koji nosi osobnu zaštitnu opremu ne smije biti ispod 70 dB(A) zbog čujnosti signala opasnosti i/ili upozorenja te mogućnosti komunikacije.

Proizvođači su dužni osigurati informacije o mogućnosti gušenja buke osobnom opremom za zaštitu sluha koje se uobičajeno nalaze u popratnoj dokumentaciji uz osobno sredstvo za zaštitu sluha – primjer je naveden u Tablici 4.

Tablica 4. Primjer podataka o karakteristikama gušenja buke osobnom opremom za zaštitu sluha

Table 4. Data on noise reduction through use of personal hearing protection devices

Frekvencija (Hz)	m_f (dB)	s_f (dB)	$APV_{fx} = m_f - \alpha s_f$ (dB)
63	26,6	9,4	17,2
125	27,7	9,9	17,8
250	28,4	10,9	17,5
500	29,5	9,6	19,9
1.000	29,6	8,2	21,4
2.000	35,6	6,8	28,8
4.000	35,4	9,6	25,8
8.000	38,9	6,7	32,2

SNR=25 dB, H=27 dB, M=22 dB, L=20 dB

LEGENDA:

- m_f – vrijednosti srednjeg zvučnog gušenja opreme za zaštitu sluha,
- s_f - standardno odstupanje gušenja,
- α – konstanta ovisna o stupnju zaštite, x (za $x = 84\%$ $\alpha = 1$),
- SNR – jednobrojna ocjenska vrijednost,
- H, M, L – visokofrekvencijska, srednjofrekvencijska i niskofrekvencijska vrijednost gušenja,
- APV_{fx} – vjerojatna vrijednost zaštite.

Na temelju podataka o izmjerenoj buci na radnom mjestu i podataka proizvođača osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha o vrijednosti gušenja buke moguće je s pomoću nekoliko metoda odrediti efektivnu A-vrednovanu razinu buke kojoj je radnik izložen pri nošenju osobne

zaštitne opreme za zaštitu sluha, i to: oktavno-pojasnom metodom, H-M-L metodom te SNR metodom (postoje još neke metode, primjerice NRR metoda koja se primjenjuje u SAD-u).

METODE PROCJENE UČINKOVITOSTI OPREME ZA ZAŠTITU SLUHA

Općenito

Pri nošenju opreme za zaštitu sluha efektivnu A-vrednovanu razinu zvučnog tlaka trebalo bi utvrditi na temelju oktavno-pojasnih podataka o gušenju buke opremom za zaštitu sluha mjerenim sukladno s normom HRN ISO 4869-1 i oktavnim razinama zvučnog tlaka buke.

Uočeno je, međutim, da u mnogim situacijama podaci o oktavnim razinama buke nisu dostupni. Zbog toga za mnoge praktične svrhe postoji potreba za jednostavnijim metodama utvrđivanja efektivnih A-vrednovanih razina zvučnog tlaka koje se temelje samo na A- i C-vrednovanim razinama buke. U nastavku su navedene obje od ovih situacija - oktavno-pojasna metoda izračuna, kao i dva alternativna pojednostavljena postupka - SNR i H-M-L metoda.

Metoda oktavnih pojasa je izravna računaska metoda koja uključuje oktavne razine zvučnog tlaka na radnom mjestu i oktavne razine zvučnog gušenja opreme za zaštitu sluha koja se primjenjuje. Iako se ova metoda može smatrati referentnom, ona ima svojstvene netočnosti jer se zasniva na vrijednostima srednjeg zvučnog gušenja i standardnim odstupanjima, a ne na specifičnim vrijednostima zvučnog gušenja za pojedinu osobu koja se razmatra.

H-M-L metodom definirane su tri vrijednosti gušenja H, M i L utvrđene iz podataka oktavno-pojasnog gušenja zvuka opreme za zaštitu sluha. Ove se vrijednosti u kombinaciji sa C- i A-vrednovanim razinama zvučnoga tlaka upotrebljavaju za izračun efektivnih A-vrednovanih razina buke pri nošenju opreme za zaštitu sluha.

U SNR metodi definirana je jednobrojna vrijednost gušenja - jednobrojna vrijednost za

ocjenu smanjenja buke utvrđena iz podataka oktavno-pojasnog gušenja buke opreme za zaštitu sluha. Ova se vrijednost oduzima od C-vrednovane razine buke za izračun efektivnih A-vrednovanih razina buke pri nošenju opreme za zaštitu sluha.

Zbog velikog raspona gušenja zvuka koje osigurava nošenje opreme za zaštitu sluha, sve tri metode su vrlo slične u pogledu točnosti u većini „bučnih“ situacija. Čak i najjednostavnija SNR metoda osigurava prihvatljivo točno utvrđivanje efektivnih A-vrednovanih razina zvučnog tlaka kao pomoć u odabiru i specificiranju opreme za zaštitu sluha. U posebnim situacijama, primjerice kod posebno nisko- ili visokofrekvencijske buke prednost može imati primjena H-M-L ili oktavno-pojasne metode.

U načelu, izvor potencijalnih netočnosti u primjeni ove tri metode su ulazni podaci. Ako ulazni podaci nedovoljno točno opisuju stupanj zaštite postignut na ciljanoj populaciji, tada niti jedna metoda izračuna neće osigurati dovoljnu točnost.

Metode su primjenjive kako na razinu zvučnoga tlaka, tako i na ekvivalentnu razinu buke. Iako su u prvome redu namijenjene za ujednačene izloženosti buci radnika, metode su isto tako primjenjive za buku sa sadržajem impulsa. Ove metode nisu odgovarajuće za uporabu pri mjerenjima razina vršnih (peak) vrijednosti zvučnoga tlaka.

Oktavno-pojasne, H-M-L ili SNR vrijednosti pogodne su za utvrđivanje kriterija zvučnog gušenja pri odabiru ili usporedbi opreme za zaštitu sluha i/ili utvrđivanju minimalno prihvatljivih zahtjeva za gušenje buke.

Definicije

Stupanj zaštite

Postotak situacija u kojima je efektivna A-vrednovana razina zvučnoga tlaka L'_{Ax} pri nošenju opreme za zaštitu sluha jednaka ili manja od predviđenih vrijednosti naziva se stupanj zaštite.

Vrijednost se označava dodavanjem indeksa vrijednosti gušenja sukladno različitim metodama, npr. za 80%-tni stupanj zaštite: H_{80} , M_{80} , L_{80} , SNR_{80} .

Vrijednost stupnja zaštite često se odabire da bude 84% što odgovara konstanti $\alpha = 1$ (vidjeti Tablicu 5.). U tom se slučaju indeks vrijednosti gušenja može izostaviti.

Efektivna A-vrednovana razina zvučnog tlaka L'_{Ax}

Za specificirani stupanj zaštite, x , i specifičnu bučnu situaciju efektivna A-vrednovana razina zvučnog tlaka izračunata sukladno bilo kojoj od tri navedene metode kada se dana oprema za zaštitu sluha nosi.

Predviđeno sniženje razine buke PNR_x

Za specificirani stupanj zaštite, x , i specifičnu bučnu situaciju razlika između A-vrednovane razine zvučnog tlaka buke, L_A , i efektivne A-vrednovane razine zvučnog tlaka, L'_{Ax} , kada se dana oprema za zaštitu sluha nosi.

Visokofrekvencijska vrijednost gušenja H_x

Za specificirani stupanj zaštite, x , i danu opremu za zaštitu sluha vrijednost predstavlja predviđeno sniženje razine buke, PNR_x , za buku sa $(L_C - L_A) = -2$ dB.

Srednjofrekvencijska vrijednost gušenja M_x

Za specificirani stupanj zaštite, x , i danu opremu za zaštitu sluha, vrijednost predstavlja predviđeno sniženje razine buke, PNR_x , za buku sa $(L_C - L_A) = +2$ dB.

Niskofrekvencijska vrijednost gušenja L_x

Za specificirani stupanj zaštite, x , i danu opremu za zaštitu sluha, vrijednost predstavlja predviđeno sniženje razine buke, PNR_x , za buku sa $(L_C - L_A) = +10$ dB.

Jednbrojna ocjenska vrijednost SNR_x

Za specificirani stupanj zaštite, x , i danu opremu za zaštitu sluha, vrijednost koja se oduzima od izmjerene C-vrednovane razine zvučnog tlaka, L_C , kako bi se dobila efektivna A-vrednovana razina zvučnog tlaka, L'_{Ax} .

Vjerojatna vrijednost zaštite APV_{fx}

Za specificirani stupanj zaštite, x , i pridruženu konstantu α (vidjeti Tablicu 5.), vjerojatna vrijednost zaštite, APV_{fx} , opreme za zaštitu sluha računa se za svaki oktavni pojas u rasponu 63 Hz do 8000 Hz primjenom ove jednadžbe:

$$APV_{fx} = m_f - \alpha s_f \quad [1]$$

gdje:

- indeks f predstavlja središnju frekvenciju oktavnog pojasa
- indeks x predstavlja odabrani stupanj zaštite
- m_f je srednje zvučno gušenje utvrđeno sukladno HRN ISO 4869-1
- s_f je standardno odstupanje utvrđeno sukladno HRN ISO 4869-1
- α je konstanta s vrijednostima u Tablici 5.

Ako neka od vrijednosti na 63 Hz nije dostupna, tada treba vrijednosti m_f i s_f uzeti za 125 Hz.

Tablica 5. Vrijednosti α za različite stupnjeve zaštite x

Table 5. Values α for varying degrees of protection x

Stupanj zaštite x (%)	Vrijednost (α)
75	0,67
80	0,84
84	1,00
85	1,04
90	1,28
95	1,64

Oktavno-pojasna metoda

Ova metoda zahtijeva oktavne razine zvučnog tlaka i vjerojatne vrijednosti zaštite, APV_{fx} . Kako je metoda ovisna o vrsti buke, potrebno je

izračune obaviti za svaku vrstu buke. Efektivna A-vrednovana razina zvučnoga tlaka pri nošenju opreme za zaštitu sluha, L'_{Ax} računa se prema ovoj jednadžbi:

$$L'_{Ax} = 10 \lg \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{f(k)} + A_{f(k)} - APV_{f(k)x})} \text{ dB} \quad [2]$$

gdje:

- indeks $f(k)$ predstavlja središnju frekvenciju oktavnog pojasa $f(1) = 63$ Hz; $f(2) = 125$ Hz; $f(3) = 250$ Hz; ... $f(8) = 8000$ Hz
- $L_{f(k)}$ predstavlja linearne razine zvučnog tlaka buke u oktavnim pojasi
- $A_{f(k)}$ predstavlja vrijednosti A-vrednovanja sukladno IEC 651:1979 na središnjim frekvencijama oktavnih pojasa.

Ako su mjerene A-vrednovane razine zvučnog tlaka, tada se suma $L_{f(k)} + A_{f(k)}$ zamjenjuje izmjerenim vrijednostima. Nisu li podaci o buci u oktavnom pojasu 63 Hz dostupni, zbrajanje u jednadžbi [2] započinje od 125 Hz. Rezultirajuće vrijednosti treba zaokružiti na najbliži cijeli broj.

Tablica 6. A-vrednovane oktavne razine zvučnog tlaka $L_{A/f(k)}$ od osam referentnih spektara normaliziranih na A-vrednovanu razinu zvučnog tlaka od 100 dB, $(L_C - L_A)$ vrijednosti i konstante d_i

Table 6. A-value octave sound pressure levels $L_{A/f(k)}$ of eight referent spectrums normalised to A-value sound pressure level of 100 dB, $(L_C - L_A)$ value and constant d_i

i	Središnje frekvencije oktava, Hz								$(L_C - L_A)$	d_i
	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000		
1	51,4	62,6	70,8	81,0	90,4	96,2	94,7	92,3	-1,2	-1,20
2	59,5	68,9	78,3	84,3	92,8	96,3	94,0	90,0	-0,5	-0,49
3	59,8	71,1	80,8	88,0	95,0	94,4	94,1	89,0	0,1	0,14
4	65,4	77,2	84,5	89,8	95,5	94,3	92,5	88,8	1,6	1,56
5	65,3	77,4	86,5	92,5	96,4	93,0	90,4	83,7	2,3	-2,98
6	70,7	82,0	89,3	93,3	95,6	93,0	90,1	83,0	4,3	-1,01
7	75,6	84,2	90,1	93,6	96,2	91,3	87,9	81,9	6,1	0,85
8	77,6	88,0	93,4	93,8	94,2	91,4	87,9	79,9	8,4	3,14

H-M-L metoda i izračun vrijednosti H, M i L

Ova metoda zahtijeva C- i A-vrednovane razine zvučnog tlaka te H, M i L vrijednosti.

Izračun vrijednosti H_x , M_x i L_x temelji se na 8 referentnih zvučnih spektara s različitim vrijednostima $(L_C - L_A)$; (vidjeti Tablicu 2) i prividnim vrijednostima zaštite, APV_{fx} opreme za zaštitu sluha. Vrijednosti H, M i L neovisne su o stvarnoj bučnoj situaciji na koju se primjenjuju i računa se prema ovim jednadžbama:

$$H_x = 0,25 \sum_{i=1}^4 \text{PNR}_{xi} - 0,48 \sum_{i=1}^4 d_i \text{PNR}_{xi} \text{ dB} \quad [3]$$

$$M_x = 0,25 \sum_{i=5}^8 \text{PNR}_{xi} - 0,16 \sum_{i=5}^8 d_i \text{PNR}_{xi} \text{ dB} \quad [4]$$

$$L_x = 0,25 \sum_{i=5}^8 \text{PNR}_{xi} + 0,23 \sum_{i=5}^8 d_i \text{PNR}_{xi} \text{ dB} \quad [5]$$

$$\text{PNR}_{xi} = 100 - 10 \lg \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{Nf(k)i} - APV_{f(k)i})} \text{ dB} \quad [6]$$

Vrijednosti $L_{A/f(k)}$ i d_i dane su u Tablici 6; indeks i je broj referentnog spektra buke; d_i je empirijski utvrđena vrijednost.

Rezultirajuće vrijednosti H_x , M_x i L_x treba zaokružiti na najbliži cijeli broj.

Najčešći slučaj u praksi je da su vrijednosti H , M i L izračunate i dane u tehničkim karakteristikama opreme za zaštitu sluha – vidjeti primjer u Tablici 4.

Primjena H-M-L metode za utvrđivanje efektivne A-vrednovane razine zvučnog tlaka

Efektivna A-vrednovana razina zvučnog tlaka, L'_{Ax} , računa se u dva koraka:

a) Predviđeno sniženje razine buke, PNR_x , računa se s pomoću vrijednosti H_x , M_x i L_x te C- i A-vrednovanih razina zvučnog tlaka (buke na radnom mjestu):

- za buku sa $(L_C - L_A) \leq 2$ dB:

$$PNR_x = M_x - \frac{H_x - M_x}{4} (L_C - L_A - 2) \text{ dB} \quad [7]$$

- za buku sa $(L_C - L_A) > 2$ dB:

$$PNR_x = M_x - \frac{M_x - L_x}{4} (L_C - L_A - 2) \text{ dB} \quad [8]$$

b) Efektivna izloženost radnika, L'_{Ax} , računa se s pomoću sljedeće jednadžbe:

$$L'_{Ax} = L_A - PNR_x \text{ dB(A)} \quad [9]$$

Rezultirajuću vrijednost L'_{Ax} treba zaokružiti na najbliži cijeli broj. Umjesto C-vrednovane razine moguće je upotrijebiti L_{lin} vrijednost. Za niskofrekvencijsku buku ovaj postupak može uzrokovati više vrijednosti efektivne izloženosti radnika.

SNR metoda i izračun njezinih vrijednosti

Ova metoda zahtijeva C-vrednovane razine zvučnog tlaka na radnom mjestu i SNR vrijednosti.

Izračun vrijednosti SNR_x temelji se na spektru ružičastog šuma i vjerojatne vrijednosti zaštite, $APV_{f(k)x}$, opreme za zaštitu sluha. Vrijednost SNR_x neovisna je o stvarnom spektru buke za koji se primjenjuje i računa se prema ovoj jednadžbi:

$$SNR_x = 100 - 10 \lg \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{Af(k)} - APV_{f(k)x})} \text{ dB} \quad [10]$$

gdje je vrijednost $L_{Af(k)}$ definirana u Tablici 7.

Tablica 7. A-vrednovane oktavne razine zvučnog tlaka $L_{Af(k)}$ ružičastog šuma koji ima C-vrednovanu razinu zvučnog tlaka 100 dB

Table 7. A-value octave sound pressure level $L_{Af(k)}$ of pink noise with C-value sound pressure level 100 dB

<i>Središnje frekvencije oktava, f, Hz</i>	<i>63</i>	<i>125</i>	<i>250</i>	<i>500</i>	<i>1 k</i>	<i>2 k</i>	<i>4 k</i>	<i>8 k</i>
$L_{Af(k)}$ dB	65,3	75,4	82,9	88,3	91,5	92,7	92,5	90,4

U jednadžbi [10] vrijednost 100 dB predstavlja ukupnu C-vrednovanu razinu zvučnoga tlaka referentnog ružičastog šuma iz prethodne tablice.

Rezultirajuću SNR vrijednost treba zaokružiti na najbliži cijeli broj.

Primjena SNR metode za utvrđivanje efektivne A-vrednovane razine zvučnog tlaka

Vrijednost L'_{Ax} računa se s pomoću SNR_x i C-vrednovane razine zvučnog tlaka buke na radnom mjestu primjenom ove jednadžbe:

$$L'_{Ax} = L_C - SNR_x \text{ dB(A)} \quad [11]$$

Kada je dostupan samo podatak o ukupnoj A-vrednovanoj razini zvučnog tlaka dane buke, SNR je moguće primijeniti ako je poznata razlika ($L_C - L_A$):

$$L'_{Ax} = L_A + (L_C - L_A) - SNR_x \text{ dB(A)} \quad [12]$$

Umjesto C-vrednovane razine moguće je upotrijebiti L_{lin} vrijednosti. Za niskofrekvencijsku buku ovaj postupak može uzrokovati više vrijednosti efektivne izloženosti radnika.

Najčešći slučaj u praksi je da je vrijednost SNR izračunata i dana u tehničkim karakteristikama opreme za zaštitu sluha (primjer se nalazi u Tablici 5.).

Primjena računala prilikom izračuna efektivnih A-vrednovanih razina buke primjenom oktavno-pojasne, H-M-L i SNR metode

Prilikom ručnog izračuna efektivnih A-vrednovanih razina zvučnoga tlaka kojima je radnik izložen pri nošenju osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha, zbog velikog broja ulaznih podataka postoji velika mogućnost pogreške. Navedene izračune zbog toga je uputno raditi pomoću računalnih pomagala. Na nekoliko mrežnih stranica (www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm, www.noisemeters.co.uk/apps/naw/protector.asp) postoje programi koji su, među ostalim, predviđeni za izračun efektivnih A-vrednovanih razina buke s pomoću sve tri navedene metode.

ZAKLJUČAK

Donošenjem Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu započela je sustavna implementacija zaštite od buke na radnom mjestu koja se provodi zakonodavno-administrativnim, organizacijskim, tehničkim, osobnim i medicinskim mjerama.

Navedenim Pravilnikom utvrđena je obveza poslodavca osiguranja osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha u slučajevima nemogućnosti rješavanja problema buke na radnim mjestima tehničkim ili organizacijskim mjerama. Također postoji obveza uzimanja u obzir smanjenja buke zbog uporabe osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha pri utvrđivanju stvarne izloženosti kod graničnih vrijednosti izloženosti. Odabrana oprema za zaštitu sluha mora biti optimalna – ne smije pružiti nedostatnu zaštitu (mogućnost oštećenja sluha), ali niti preveliku zaštitu (donja granica je 70 dB(A), zbog mogućnosti komunikacije te čujnosti signala opasnosti i/ili upozorenja).

Postoji nekoliko metoda za određivanje stvarne izloženosti A-vrednovanim razinama zvučnoga tlaka radnika prilikom nošenja osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha. U radu su navedene tri metode – oktavno-pojasna metoda koja se može smatrati referentnom te dvije jednostavnije metode, H-M-L i SNR metoda. U praksi često nemamo podatke o oktavnim spektrima buke na radnom mjestu te je jedino moguće (jednostavnije i brže) primijeniti HML ili SNR metode koje daju približno iste rezultate, kao i oktavno-pojasnu metodu u uobičajenim bučnim situacijama – bez izrazito nisko- ili visokofrekvencijske buke. Sve metode kao rezultat daju stvarnu izloženost buci radnika prilikom primjene osobne opreme za zaštitu sluha uz uvjet da postoje pouzdani ulazni podaci o buci na radnom mjestu te odgovarajuće nošenje osobne opreme za zaštitu sluha. Navedeni programi za izračun efektivne izloženosti omogućavaju brže i pouzdanije izračune.

Potpuna primjena odredbi navedenog Pravilnika zasigurno će rezultirati manjim brojem slučajeva profesionalnog oštećenja sluha, uz uvjet

da svaka karika u lancu (radnik – poslodavac – inspekcije – služba medicine rada) odgovarajuće odradi postavljene zadatke.

LITERATURA

Brkić J., Z. Novosel: Zašto radnici nerado nose zaštitna sredstva protiv buke, *Sigurnost*, 41, 1999., 3, 215-307.

EN ISO 9612:2009 (en), Akustika - Određivanje izloženosti buci pri radu – Inženjerska metoda.

HRN EN ISO 4869-2:2001(en), Akustika - Štitnici sluha – 2. dio: Procjena efektivnih A-vrednovanih razina zvučnog tlaka pri nošenju opreme za zaštitu sluha (EN ISO 4869-2:1995).

HRN EN 24869-1:1999 (en), Akustika - Štitnici sluha – 1. dio: Subjektivna metoda za mjerenje gušenja zvuka (ISO 4869-1:1990; EN 24869-1:1992).

HRN ISO 1999:2000 (en), Akustika - Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja sluha izazvanog bukom.

Izračun efektivnih, A-vrednovanih razina buke, dostupno na: www.hse.gov.uk/noise/calculator.htm, pristupljeno 2010-06-23

Izračun efektivnih, A-vrednovanih razina buke, dostupno na: www.noisemeters.co.uk/apps/naw/protector.asp, pristupljeno 2010-06-23

Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, N.N., br. 46/08.

Štimac, A.: Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, *Savjetovanje „Zaštita na radu u regiji, Alpe-Jadran“*, Opatija, 2008.

Zakon o zaštiti na radu, N.N., br. 59/96., 114/03., 100/04., 86/08., 116/08. i 75/09.

USE OF PERSONAL HEARING PROTECTION DEVICES

SUMMARY: The paper discusses the possible effects of noise on people in the working environment and modes of protection against hearing damage and loss. One of the possible measures is the use of personal hearing protection devices. In addition, three methods are offered to determine the effective A-value noise levels, the octave-band method which can be used as referent method, and two simpler methods, the H-M-L and the SNR method. The level of noise is reduced by using hearing protection devices.

Key words: *noise, effect of noise on people, noise at the work place, hearing protection devices*

*Subject review
Received: 2009-10-20
Accepted: 2010-04-01*