

## Proračun i izbor optimalne OZO za sluh

**Aleksandar REGENT**

Veleučilište u Rijeci (Collegium Fluminense),  
Vukovarska 58, HR-51000 Rijeka,  
Republic of Croatia

aleksandar.regent@veleri.hr

### Keywords

*Proračun i izbor OZO za sluh  
Uporaba novih tehnologija  
Zaštita radnika od buke*

### Ključne riječi

*Application of new technologies  
Estimate and selection of hearing PPE  
Protection of workers from noise*

Received (primljeno): 2009-12-28

Accepted (prihvaćeno): 2010-10-29

## 1. Uvod

Novi Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu [1] uskladio je područje zaštite od buke na radu s Direktivom 2003/10/EC (*The Physical Agents (Noise) Directive*) [2] i uveo identične karakteristične vrijednosti. To su:

- granična vrijednost izloženosti<sup>1</sup>:  
 $L_{Ex,8h} = 87 \text{ dB(A)}$  i  $p_{peak} = 200 \text{ Pa}$ , odnosno 140 dB(C),
- gornja upozoravajuća granica izloženosti:  
 $L_{Ex,8h} = 85 \text{ dB(A)}$  i  $p_{peak} = 140 \text{ Pa}$ , odnosno 137 dB(C),
- donja upozoravajuća granica izloženosti  
 $L_{Ex,8h} = 80 \text{ dB(A)}$  i  $p_{peak} = 112 \text{ Pa}$ , odnosno 135 dB(C).

Vrijednosti izloženosti odnose se na puno radno vrijeme od 8 h/dan, odnosno tjedno radno vrijeme od 40 h. Stoga bi se s pravom moglo govoriti i o dnevnoj, odnosno tjednoj "dozi buke" kao produktu ekvivalentne razine buke i vremena izlaganja. Pri

Pregledni članak

Stvarna učinkovitost OZO za sluh često je bitno manja od one koja se očekuje. Proračun po nekoj od metoda: oktavnih pojaseva, HML i SNR olakšava izbor OZO za sluh u skladu s Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu i Direktivom 2003/10/EC. No odabir optimalne OZO mnogo je širi od toga, jer je bitno da radnici žele i mogu štitnike koristiti tijekom čitavog vremena izlaganja. U vrlo bučnoj okolini ograničavajući faktor zaštite sve više postaje vrijeme nenošenja OZO, a sve manje razina zaštite koju ona pruža. Učinkovitost zaštite sluha može se poboljšati korištenjem novih tehnologija: minijaturnih dozimetara buke, provjerom stvarne djelotvornosti OZO za sluh i selektivnom atenuacijom zvukova.

### Estimate and selection of optimum hearing PPE

Subject review

Real efficiency of hearing PPE is frequently lower than assumed. Selection of hearing PPE in accordance with new Ordinance on Protection of Workers from Noise at Work and Directive 2003/10/EC is facilitated by use of one of the calculation methods: octave band, HML and SNR. However, a selection of optimum PPE is much more than that, as it is critical that workers wish and can use protectors during the entire exposure time. In a very noisy environment limiting factor of protection is much more time of non-wearing of PPE than level of protection it provides. Efficiency of hearing protection can be enhanced by use of new technologies: miniature noise dosimeters, checking of real efficiency of hearing PPE and by selective attenuation of sounds.

korištenju karakterističnih vrijednosti treba znati da za graničnu vrijednost izloženosti vrijedi da poslodavac pri utvrđivanju stvarne izloženosti radnika u obzir mora uzeti smanjenje buke zbog uporabe OZO za sluh, dok za upozoravajuće vrijednosti izloženosti učinak OZO ne smije uzimati u obzir. Pravilnik [1] stupio je na snagu travnja 2008., a postojeće stanje mora se s njime uskladiti do konca ožujka 2011<sup>2</sup>. Za usporedbu se može navesti da WHO<sup>3</sup> kao sigurnu granicu za očuvanje neoštećenog sluha navodi 75 dB(A) [3]. OZO za sluh primijenit će se ako zaštita radnika od prekomjerne buke nije izvedena nekom od mjera ZNR<sup>4</sup> višeg prioriteta.

## 2. Pogrešne pretpostavke pri uporabi OZO za sluh

Programi zaštite radnika od prekomjerne buke često se baziraju na nizu pogrešnih pretpostavki koje mogu

<sup>2</sup> Zemlje članice EU morale su svoje propise uskladiti s Direktivom 2003/10/EC do 15. veljače 2006.

<sup>3</sup> World Health Organization, Svjetska zdravstvena organizacija

<sup>4</sup> Akronim od »zaštita na radu«.

<sup>1</sup> Sve razine izloženosti iskazane su u odnosu na referentni zvučni tlak od 20  $\mu\text{Pa}$ .

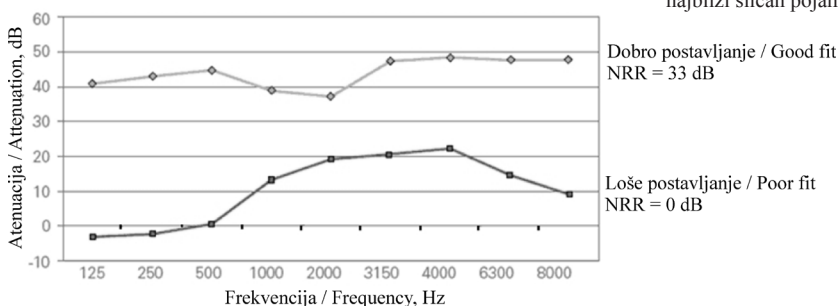
bitno ugroziti postignutost očekivanih rezultata i dovesti do oštećenja sluha unatoč korištenju OZO za sluh. Najčešće pogrešne pretpostavke u praksi su [4]:

1. *Zaštita sluha je sama po sebi jasna i intuitivna.* Pri tom se misli da je pitanje zaštite riješeno time što radnik stavlja čepove u uši ili naušnjake preko ušiju, što jamči odgovarajuću atenuaciju buke. Ispitivanja u V. Britaniji pokazala su da "grupna obuka" radnika daje loše efekte i da se jedino individualnim treningom mogu postići zadovoljavajući rezultati.
2. *Svaki čep u uhu dat će neku atenuaciju.* Loše, tj. "plitko" postavljeni čep nema praktički nikakvu funkciju i zapravo je samo "ukras", a zbog rezonancije može ponekad čak povisiti razinu buke na bubnjiću. Dobro postavljeni čepovi leže duboko u sluhovodu i dobro ga brtve. Ako se korisnik pogleda u ogledalo "en face" ili ga od sprijeda pogleda kolega, dobro postavljeni čepovi su jedva vidljivi, a ako vire van iz ušiju, znak je da su loše postavljeni.
3. *Čep dopola uložen u uho blokira polovinu buke.* Odatle bi slijedilo da, ako ispravno postavljeni čep blokira 30 dB, dopola uloženi čep blokirat će 15 dB. Ako dakle radnik dobije čep s prigušenjem od 30 dB, pa se uz ispravno postavljanje osjeti izoliranim od okoline i ne može dobro komunicirati, izvući će čep do pola i sačuvati polovinu zaštite. Ovakvo rezoniranje je posve pogrešno, jer će dopola uloženi čep često pružiti nultu zaštitu. Ako je za zaštitu dovoljna redukcija buke od 15 dB, potrebno je nabaviti upravo takve čepove i pobrinuti se da se oni koriste ispravno.

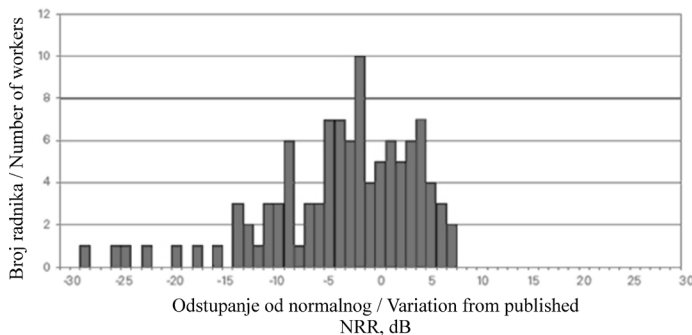
4. *Problem nepravilnog nošenja riješit će se smanjivanjem SNR<sup>6</sup> na polovinu.* Ovaj je pristup također logičan na prvi pogled, a promovirala ga je i američka OSHA<sup>7</sup>. No njegovu neprihvatljivost potvrđuje ispitivanje u nizu tvornica izvedeno u SAD. Tamo je mjerenjem na velikom uzorku od 100 radnika ustanovljeno da cca 1/3 radnika postiže učinak prigušenja jednak ili čak nešto viši od nominalnog, cca 1/3 radnika postiže učinak do 5 dB ispod nominalnog, dok cca 1/3 radnika postiže bitno nižu redukciju buke, čak do 25 dB ispod nominalne i očekivane.
5. *Nema načina da se izmjeri stvarno prigušenje buke s uložnim čepovima.* Ova pretpostavka je netočna jer danas postoje komercijalno dostupne metode za mjerenje stvarnog učinka ušnih čepova. Umjesto uobičajenog oslanjanja na podatke proizvođača o redukciji buke, njezinu je razinu "iza čepova" moguće izmjeriti subjektivnom ili objektivnom metodom.

### 3. Razina buke na radnom mjestu

U svrhu izbora odgovarajuće OZO za sluh potrebno je najprije izvesti mjerenje razine buke i na taj način doći



**Slika 1.** Atenuacija buke s dobrim i lošim postavljanjem ušnih čepova [5]<sup>5</sup>  
**Figure 1.** Noise attenuation with good and poor fit of earplugs [5]



**Slika 2.** Raspodjela atenuacije za 100 radnika u području 125 – 8000 Hz u ovisnosti o postavljanju ušnih čepova [5]<sup>5</sup>  
**Figure 2.** Attenuation distribution for 100 workers in range 125 – 8000 Hz subject to earplug fit [5]

<sup>5</sup> Testni podaci iz Howard Leight Acoustical Laboratory, San Diego.

<sup>6</sup> SNR – Single Number Rating ili Standard Noise Reduction (engl.) je broj koji pokazuje uprosječenu redukciju buke neke OZO u praktički čitavom spektru čujnih frekvencija, od 63 do 8000 Hz (srednje frekvencije oktava).

<sup>7</sup> OSHA je američka Occupational Health and Safety Administration. U SAD se zapravo koristi NRR (Noise Reduction Rating), čemu kao najbliži sličan pojam u Europi odgovara SNR.

do pouzdanih i preciznih brojčanih podataka. Mnogom će se stručnjaku ZNR to učiniti kao pretežak zadatak, pa će u svrhu njegova rješavanja angažirati specijaliziranog vanjskog konzultanta. Ipak, zahvaljujući novoj generaciji bukomjera i dozimetara buke, te uz pomoć nove hrvatske norme HRN EN 458:2009, *Štitnici sluha – Preporuke za odabir, uporabu, njegu i održavanje – Upute* [6], to ne bi trebalo biti pretjerano težak problem. Ova norma obuhvaća različite vrste štitnika sluha i opisuje: načine njihova djelovanja, zahtjeve kojima treba udovoljiti pri odabiru odgovarajućih štitnika sluha, trajanje uporabe, njegu, održavanje, ispitivanje, zamjenu i njihovo skladištenje.

Prva procjena razine buke može biti posve subjektivna. Preporuke britanskog HSE<sup>8</sup> za grubu procjenu buke na radnom mjestu [7] kažu: ako morate vikati da bi vas čuli na udaljenosti od 2 m, razina okolne buke iznosi oko 85 dB, a ako unatoč ometajućoj buci okoline možete razgovarati, tada je razina buke negdje oko 80 dB. Ovakva preliminarna procjena naravno služi samo kao poticaj za početak razmišljanja o buci. Ako mjerenje pokaže da buka ne prelazi granicu od  $L_{Ex,8h} = 80$  dB(A) i  $p_{peak} = 135$  dB(C), nije potrebna nikakva akcija. U sljedećem pojasu širine 5 dB, od donje do gornje upozoravajuće granice izloženosti, tj. do  $L_{Ex,8h} = 85$  dB(A) i  $p_{peak} = 137$  dB(C), poslodavac radnicima na raspolaganje stavlja OZO za sluh, s preporukom da je radnici upotrebljavaju. Iznad 85 dB stvari se zaoštravaju: poslodavac mora radnicima osigurati odgovarajuću OZO za sluh i pobrinuti se za njeno korištenje, izraditi program mjera za redukciju izloženosti buci, a mjesta na kojima razina buke prelazi 85 dB(A) obilježiti i po mogućnosti ograditi. Sve je to potrebno i primjenjivo samo ako izloženost buci nije prethodno dovoljno umanjena drugim mjerama ZNR višeg prioriteta.

Novouvedena gornja upozoravajuća granica je za 5 dB niža od donedavno uobičajene “dopuštene razine buke” na radnom mjestu od 90 dB(A), što na prvi pogled ne izgleda mnogo. Ipak, ona dozvoljenu zvučnu energiju kojoj sluh radnika smije biti izložen smanjuje na približno 1/3. U skladu s Direktivom o buci EU, radnici koji su izloženi buci iznad 85 dB(A) moraju imati

prikladan medicinski nadzor, što uključuje testiranje slušnih sposobnosti i pohranu dobivenih podataka. Nova granična vrijednost izloženosti,  $L_{Ex,8h} = 87$  dB(A) i  $p_{peak} = 140$  dB(C), ne smije se ni u kakvim uvjetima premašiti, što znači da je pouzdana procjena razine buke bitna<sup>9</sup>.

U konceptualnom smislu,  $L_{Ex,8h}$  predstavlja pokazatelj ukupne izloženosti buci kojoj je radnik izložen na bazi radnog vremena od 8 h/dan i rada 5 dana u tjednu. Drugim riječima,  $L_{Ex,8h}$  je dnevna ekvivalentna razina buke, koja se, u slučaju da je dnevno opterećenje bukom različito tijekom dana u tjednu, smije na tjednoj razini iskazati u prosječnoj vrijednosti. To znači da je moguće  $L_{Ex,8h}$  smatrati i za “dozu buke”, imajući u vidu da ona važi za 8 h/dan odnosno 40 h/tjedan, odnosno da se doza buke određuje kao kombinacija razine i trajanja buke. Ako je npr. neki radnik izložen ekvivalentnoj razini buke od 77 dB(A) tijekom 8 h/dan ili pak 40 h/tjedan, on će primiti dozu buke koja je jednaka polovini donje upozoravajuća granica izloženosti od  $L_{Ex,8h} = 80$  dB(A).

#### 4. Primjer proračuna OZO za sluh

Za izbor i ocjenu učinkovitosti OZO za sluh u radnoj sredini koriste se 3 metode proračuna [6]:

- metoda po oktavnim pojasevima,
- metoda prema HML<sup>10</sup> vrijednostima,
- metoda prema SNR vrijednosti.

Smatra se da je SNR metoda najmanje točna, a metoda po oktavnim pojasevima najtočnija, pa time i najpoželjnija. Ipak, metoda po oktavnim pojasevima traži najviše podatke i najviše računanja.

Svaki proizvođač u svojem će katalogu OZO za sluh navesti podatke potrebne za korištenje bilo koje od ovih triju metoda po izboru korisnika, koji mogu biti u obliku prema tablici 1:

<sup>9</sup> Ako se prijede granična vrijednost, poslodavac mora odrediti mjere za smanjivanje buke, razloge za prekomjernu izloženost buci i dopuniti preventivne i zaštitne mjere, kako se prekoračenje ne bi ponovilo.

<sup>10</sup> HML vrijednosti daju redukciju buke za neku OZO pri visokim (H), srednjim (M) i niskim (L) frekvencijama.

<sup>11</sup> PNR (Predicted Noise Reduction) ili APV (Assumed Protection Value), (engl.). PNR je zapravo srednja vrijednost prigušenja umanjena za standardnu devijaciju. Tim pristupom 84 % radnika teoretski dobiva višu razinu zaštite od pretpostavljenog i u laboratoriju izmjerene srednjeg prigušenja.

<sup>8</sup> HSE, Health and Safety Executive, u slobodnom prijevodu: Inspektorat za zdravlje i sigurnost na radu V. Britanije.

**Tablica 1.** Primjer karakteristika redukcije buke neke OZO za sluh [8]

**Table 1.** Example of noise reduction characteristics of a hearing protector [8]

Frekvencija – oktava / Frequency – octave, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Srednje prigušenje / Mean attenuation, dB	14,0	13,0	11,8	18,8	28,9	29,9	37,2	31,9
Standardna devijacija / Standard deviation, dB	4,5	3,5	2,5	2,6	2,9	3,2	4,1	6,2
Pretpostavljena vrijednost zaštite <sup>11</sup> / Assumed protection value, dB	9,5	9,5	9,3	16,2	26,0	26,7	33,1	25,7
SNR = 23	L = 13			M = 19			H = 28	

Podaci u Tablici 1 dati su za stvarne ušne štitnike (naušnjake). Vidljivo je da je razina zaštite viša pri višim frekvencijama, no to je slučaj s većinom OZO za sluh. Općenito, naušnjaci pružaju bolju zaštitu pri višim frekvencijama iznad približno 250 Hz, a ušni čepovi su u prosjeku nešto bolji pri nižim frekvencijama [9]. Bez obzira na to, karakteristike atenuacije odabrane OZO za sluh potrebno je uskladiti s konkretnim spektrom buke.

Kod svih triju metoda primjenjuje se frekvencijsko vrednovanje buke, bilo po standardnoj krivulji A ili po standardnoj krivulji C. Instrument za mjerenje buke njenu razinu mjeri jednoliko po frekvencijama, što je bitno različito od osjeta i utjecaja koji buka ima na ljudsko uho. Standardne krivulje za frekvencijsko vrednovanje buke bitne su, jer buku "konvertiraju" u vrijednosti koje su reprezentativne za način na koji zvuk čuje i osjeća prosječno ljudsko uho. Pojednostavljeno rečeno, ljudsko uho čuje zvukove niske i visoke frekvencije kao oslabljene, dok zvukove frekvencije između približno 1000 i 4000 Hz čuje kao pojačane. Očito se radi o prilagodbi uha ljudskom govoru i ostalim zvučnim signalima iz prirodnog okoliša, koji se uglavnom nalaze u ovom frekventnom području. Veličine korekcije po krivulji A date su u primjeru proračuna po oktavnoj metodi.

Za primjer proračuna odabrano je mjerenje buke koje je dalo sljedeće rezultate [8]:

**Tablica 2.** Izmjerene razine buke (za primjer proračuna)

**Table 2.** Measurement noise levels (for example calculation)

Frekvencija – oktava / Frequency – octave, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Oktavna razina buke / Octave band level $L_p$ , dB	87,2	89,4	96,8	98,5	96,4	87,1	75,5	64,8
Vrednovana razina buke / Weighted noise level	$L_{Aeq} = 100,8$ dB(A)				$L_{Ceq} = 103,1$ dB(C)			

**Metoda SNR** je daleko najjednostavnija za izračunavanje razine buke sa zaštitom. Jedina dva potrebna podatka su C–vrednovana razina buke na radnome mjestu ( $L_C$ ) koju treba izmjeriti i SNR vrijednost koju normalno iskazuje proizvođač OZO. A–vrednovana razina buke sa zaštitom ( $L'_A$ ) dobije se kao razlika izmjerene C–vrednovane razine bez zaštite i SNR vrijednosti. Ako je u pitanju fluktuirajuća buka, mjerenje će biti vrlo teško obaviti s instrumentom koji mjeri samo trenutnu razinu buke, pa se svakako preporučuje koristiti instrument koji će izmjeriti prosječnu razinu buke u referentnom periodu,  $L_{Ceq}$ . U konkretnom slučaju razina buke sa štitnikom bit će:

$$L'_A = L_{Ceq} - \text{SNR} = 103,1 - 23 = 80,1 \text{ dB(A)}$$

Izračunata vrijednost  $L'_A$  uobičajeno se zaokružuje na najbliži cijeli broj, tj. na **80 dB(A)**.

**Metoda HML** traži samo mjerenje A–vrednovane i C–vrednovane razine buke na radnom mjestu u reprezentativnom periodu. Sljedeći koraci ove metode su:

- Izračunati razliku između A i C–vrednovane razine zvučnog tlaka ( $L_A$  i  $L_C$ )
- Izračunati pretpostavljenu razinu zaštite:

Ako je  $L_C - L_A \leq 2$  dB koristiti formulu:

$$\text{PNR} = M - 1/4 (H - M) (L_C - L_A - 2)$$

Ako je  $L_C - L_A > 2$  dB koristiti formulu:

$$\text{PNR} = M - 1/8 (M - L) (L_C - L_A - 2)$$

- Odbiti PNR od izmjerene A–vrednovane razine buke da se dobije A–vrednovana razina buke sa zaštitom.

U konkretnom slučaju bit će:  $L_C - L_A = 103,1 - 100,8 = 2,3 > 2$  dB, pa je:

$$\text{PNR} = M - 1/8 (M - L) (L_C - L_A - 2) = 19 - 1/8 (19 - 13) (103,1 - 100,8 - 2) = 18,7 \text{ dB, i dalje:}$$

$$L'_A = L_A - \text{PNR} = 100,8 - 18,7 = 82,1 \text{ dB(A), što se zaokružuje na } \mathbf{82 \text{ dB(A)}}.$$

**Metoda proračuna po oktavnim pojasevima** je najdugotrajnija i osniva se na mjerenju buke na radnom mjestu po oktavama. Od tih se vrijednosti zatim odbijaju pretpostavljene vrijednosti zaštite po oktavama, obavlja se korekcija prema krivulji A, nakon čega se tako korigirane vrijednosti prigušenja buke po oktavama energijski zbrajaju.

Sada još treba zbrojiti razine buke po oktavama prema formuli:

$$L'_A = 10 \log \sum 10^{L_i/10} = 10 \log (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}), \text{ pa je:}$$

$$L'_A = 10 \log (10^{51,5/10} + 10^{63,8/10} + 10^{80,7/10} + 10^{79,1/10} + 10^{70,4/10} + 10^{61,6/10} + 10^{43,4/10} + 10^{38,0/10}) = 83,3 \text{ dB(A), što se zaokružuje na } \mathbf{83 \text{ dB(A)}}.$$

Evidentno je da su konačno izračunate razine buke sa zaštitom različite po različitim metodama proračuna. Sva tri proračuna dala su rezultat niži od gornje upozoravajuće granice izloženosti, pa bi se zaštita mogla smatrati prihvatljivom.

Za najčešće slučajeve buke u radnom okolišu, razlika u rezultatima dobivenim prema ove 3 različite metoda obično je u granicama od  $\pm 3$  dB. Odstupanja su veća u slučajevima kad se razine buke po oktavama međusobno znatno razlikuju, ili kad dominiraju vrlo visoke ili vrlo niske frekvencije [8]. U praksi se zbog jednostavnosti često koristi SNR metoda:

- za prvi grubi izračun, ili
- kad je razina zaštite sa stvarno odabranom OZO za sluh znatno viša od potrebne, pa uključuje dovoljnu "rezervu".

**Tablica 3.** Primjer proračuna razina buke s OZO po oktavnim pojasevima**Table 3.** Example calculation of noise level with protector by octave band method

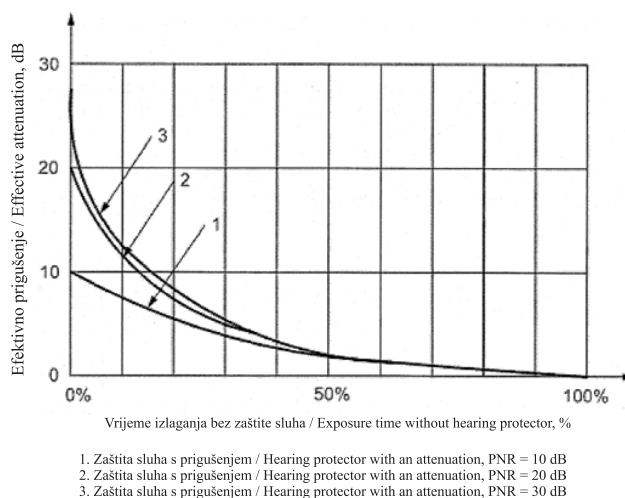
Frekvencija – oktava / Frequency – octave, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Oktavna razina buke / Octave band level $L_p$ , dB	87,2	89,4	96,8	98,5	96,4	87,1	75,5	64,8
Pretpostavljena vrijednost zaštite / Assumed protection value, dB	9,5	9,5	9,3	16,2	26,0	26,7	33,1	25,7
Pretpostavljena razina buke sa zaštitom (APL <sup>12</sup> ) / Assumed band level with protector (APL), dB	77,7	79,9	89,3	82,3	70,4	60,4	42,4	39,1
Korekcija po krivulji A / A-weighting correction, dB	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1
A-vrednovana razina buke sa zaštitom / A-weighted band level with protector, dB/A	51,5	63,8	80,7	79,1	70,4	61,6	43,4	38,0

Da bi korisnicima olakšao proračun OZO za buku, britanski HSE postavio je na svoju internet stranicu <http://www.hse.gov.uk/noise/hearingcalc.xls> javno dostupan kalkulator, koji omogućava korištenje gornjih triju metoda. U kalkulator treba samo unijeti podatke o izmjerenoj buci i odabranoj OZO<sup>13</sup>.

## 5. Izbor OZO za sluh

Možda najvažnije pitanje pri zaštiti sluha je: hoće li zaposlenici željeti nositi odabranu OZO. Besmisleno je nabaviti lijepe i skupe štitnike za sluh koji će razinu buke smanjiti npr. za 30 dB ako ih zaposlenici u bučnom okolišu neće trajno nositi. Ako je radnik izložen buci od 100 dB(A) tijekom vremena od 15 minuta, posljedice su jednake kao da je uz buku od 85 dB(A) radio osam sati, a pri tom se percepcija glasnoće buke povećala sa 100 % na 280 %. Na tako opterećenom radnom mjestu rizik ozljede sluha je uz isto vrijeme izlaganja 32 puta veći. Buka od 115 dB(A), npr. rad s pneumatskom bušilicom, povećava osjet glasnoće zvuka 8 puta, a opasnost od oštećenja sluha za čak 1000 puta. Zbog ove osobine ljudskog sluha treba izbjegavati čak i vrlo kratkotrajna izlaganja visokim razinama buke, čega radnici često nisu dovoljno svjesni. Ovu činjenicu izvrsno ilustrira dijagram na kojem je prikazana efektivna (stvarna) zaštita sluha koju pruža OZO za sluh u ovisnosti o smanjenom vremenu njenog nošenja [6]. Skidanje štitnika sluha, čak i kroz kratko vrijeme, značajno smanjuje razinu ukupne zaštite. Ako radnici ne nose OZO tijekom čitavog vremena koje provedu u bučnoj sredini, ograničavajući faktor zaštite sve više postaje vrijeme nenošenja, a sve manje performance OZO. Npr., ako se OZO za sluh koja buku smanjuje za 30 dB ne nosi svega 2 h od 8 radnih sati u danu, dnevna izloženost radnika smanjit će se za svega 6 dB umjesto

za 30 dB. Naprotiv, OZO koja ima PNR od svega 10 dB, ali koja se ispravno nosi cijelo radno vrijeme, smanjit će razinu izloženosti upravo za 10 dB i time zapravo pružiti bolji, iako, vrlo vjerojatno, nedovoljan učinak.



**Slika 3.** Efektivna zaštita koju pruža OZO za sluh u odnosu na smanjeno vrijeme nošenja [6]

**Figure 3.** Effective protection provided by hearing protectors with decreased wearing time [6]

Izbor optimalnog štitnika sluha dobrim se dijelom svodi na pitanje zdravog razuma. Naušnjake u pravilu ne bi trebalo nabavljati za uvjete vruće i vlažne klime, jer će uzrokovati znojenje i neudobnost. Radnici najčešće vole da sami odaberu svoju OZO i poznato je da će radnik mnogo radije nositi opremu koju je sam odabrao nego onu za koju mu je naređeno da je nosi. Ljudi su različiti: za isti radni okoliš neki će odabrati ušne čepove, neki naušnjake, a neki će se odlučiti za semiauralne štitnike. Vrhunac "individualizacije" vjerojatno su čepovi oblikovani "po mjeri"<sup>14</sup>. Izrađuju se od specijalnih plastičnih materijala (silikona ili akrila) i oblikuju za svakog korisnika (osobu)

<sup>12</sup> APL (Assumed Protection Level), engl.

<sup>13</sup> HSE preporučuje da se izračunata vrijednost buke sa zaštitom po svakoj od metoda uzme s rezervom od 4 dB. Stoga će svaki rezultat izračunat pomoću tog kalkulatora pokazati za 4 dB višu razinu buke.

<sup>14</sup> Ovi čepovi se često nazivaju jednostavno «otoplastika».

posebno prema prethodno izrađenom «odljevku» oblika slušnog kanala korisnika, što znači da su maksimalno individualno prilagođeni. U otoplastični uložak ugrađen je poseban ventil za prigušivanje buke, koji također omogućava prozračivanje unutarnjeg dijela sluhovoda. Otoplastika jest inicijalno skupa, no istodobno pruža najveću vjerojatnost da će pristajati svojem nositelju i pružiti mu potrebnu razinu zaštite. Uz to se može očekivati da će individualno izdanu OZO zaposlenici maksimalno čuvati, pa ima naznaka da cijena ovakve zaštite ne mora biti najviša. Razina motivacije i obuka zaposlenika za nošenje OZO za sluh također imaju bitan utjecaj na učinkovitost njene zaštite.

Na učinkovitost zaštite sluha značajan utjecaj može imati međudjelovanje i kompatibilnost s drugom OZO i individualne karakteristike radnika. Radniku koji nosi dioptrijske ili sigurnosne naočale ili koji ima dugu kosu, naušnjaci možda neće pružiti očekivanu i potrebnu razinu zaštite zbog zračnog raspora između školjki štitnika i glave. U takvom slučaju mogu čepovi ili semiauralni štitnici biti bolji izbor. Neki ljudi imaju zakrivljen slušni kanal, pa kod njih ispravno umetanje čepova može biti teško ili gotovo nemoguće, a posljedica je bitno smanjena učinkovitost zaštite ako su na raspolaganju samo čepovi. Zaštita glave kacigom može također biti uzrok nekompatibilnosti s naušnjacima, pa rješenje može biti uporaba naušnjaka koji su pričvršćeni za kacigu ili ušnih čepova.

**Tablica 4.** Preporučene razine zaštite uz nošenje OZO za sluh (HRN EN 458)

**Table 4.** Assessment of the sound attenuation with hearing protectors worn (HRN EN 458)

Efektivna razina buke na uhu radnika s OZO za sluh / Noise level effective to the ear of worker with hearing protector $L'_A$ u dB	Ocjena razine zaštite / Protection rating
Veća od / Greater than $L_{act}^{17}$	Nedovoljna / Insufficient
Između / Between $L_{act}$ i $L_{act} - 5$	Prihvatljiva / Acceptable
Između / Between $L_{act} - 5$ i $L_{act} - 10$	Dobra / Good
Između / Between $L_{act} - 10$ i $L_{act} - 15$	Prihvatljiva / Acceptable
Manja od / Less than $L_{act} - 15$	Previsoka (Neprihvatljiva) / Too high (Overprotection)

OZO za sluh s prevelikom razinom zaštite može izazvati probleme. U većini slučajeva, ciljna razina buke s uporabom OZO za sluh (reducirane buke) nalazi se u području između 75 i 80 dB(A)<sup>15</sup>, a bitno je da ona ne prelazi 85 dB(A) [7]. Veća redukcija buke u pravilu

<sup>15</sup> Neki autori preporučuju ciljnu razinu buke sa zaštitom od 75 dB(A) [8]

postaje kontraproduktivna, jer se time radnici izoliraju od okoline, teško komuniciraju s kolegama<sup>16</sup>, ne čuju okolne upozoravajuće zvukove kao što je npr. signal uzbune ili prolaz vozila, oprema postaje teža, neudobna za nošenje i sl. Ako radnik zato što ne čuje skine štitnik sluha da bi čuo, takvo izlaganje buci znatno nadilazi prednosti koje mu je prije toga donio povišeni stupanj zaštite.

## 6. Nove mogućnosti optimiranja zaštite sluha

Ako se zaštita sluha shvati kao program stvarne zaštite za stvarne ljude, a ne samo kao dobava ušnih čepova i naušnjaka zaposlenicima radi zadovoljavanja propisa, treba se pobrinuti da oni dobiju maksimum koji je moguć i napraviti još jedan ili nekoliko koraka dalje. Neke nove mogućnosti su ukratko opisane u nastavku.

### 6.1. Dozimetar buke

Za mjerenje razine buke na mjestima na kojima se očekuje da bi OZO za sluh mogla biti potrebna nužno je koristiti precizne, pouzdane i točne instrumente, kojima se mogu lako i brzo dobiti potrebni podaci. To je posebno važno pri mjerenju buke po oktavnim pojasevima, gdje će uporaba mjerne i kalibracijske opreme koja se bazira na suvremenoj tehnologiji eliminirati velik dio mogućih grešaka i doprinijeti pouzdanosti podataka. Za mjerenje buke na radnom mjestu tradicionalno se koriste bukomjeri, koji su prikladni za mjerenje buke u prostorima i na radnim mjestima gdje će takvo relativno stacionarno mjerenje dati dovoljno pouzdane i reprezentativne podatke o razini buke kojoj su radnici izloženi. Ako radnik mijenja radno mjesto, npr. prelazi iz hale u halu ili na otvoreni prostor, ulazi i izlazi iz neke kabine ili sl., pri čemu se razina buke znatno mijenja, a trajanje izlaganja oscilira, može biti prikladnije koristiti dozimetar buke. Suvremeni dozimetar je bukomjer kojeg radnik nosi sa sobom i koji promjenjivu razinu buke stalno mjeri i pohranjuje u svoju memoriju. Dozimetar buke se normalno fizički prikopčava za pojas, a mikrofon koji snima buku nalazi se na ovratniku ili reveru odjeće radnika i spojen je kabelom. Odnedavno su na raspolaganju i dozimetri koji su tako mali<sup>18</sup> da su predviđeni za postavljanje direktno na rame, pa otpada potreba za kabelskim spajanjem [9]. Stoga će se radnik manje odupirati zahtjevu za nošenjem dozimetra, jer može praktički zaboraviti na njega. Uvijek

<sup>16</sup> Izoliranje od okoline i nemogućnost komunikacije s kolegama može znatno utjecati na psihu radnika, što se u konačnoj liniji može odraziti i na kvalitetu njegovog rada.

<sup>17</sup>  $L_{act}$  je nacionalno određena upozoravajuća granica izloženosti, uglavnom 85 dB(A) u Europi.

<sup>18</sup> Dimenzije su približno jednake onima kutije cigareta.

će naravno biti pokušaja nekih zaposlenika da “testiraju i nadmudre novu igračku”, pa će možda vikati u mikrofon, prebirati po njegovim tipkama ili ga namjerno približavati ili udaljivati od izvora buke. U takvom je slučaju najbolje zanemariti zapise snimljene tijekom prvih nekoliko dana, dok se na novine ne zaboravi. Dobra strana dozimetra je da će on snimiti vremenski tijek buke, ali bez raspodjele po oktavama. Taj se zapis može “skinuti” na računalo, pa se podaci o buci mogu prikazati tabelarno ili na grafu u ovisnosti o vremenu. Ako je moguće voditi i evidenciju radova/mjesta na kojima je radnik bio tijekom dana, ili ako je on sam voljan voditi takav dnevnik, moguće je usporedbom tih podataka s vremenskom promjenom buke brzo ustanoviti koji radovi/mjesta su najkritičniji i prioritetni za rješavanje.



**Slika 4.** Minijaturni dozimetar buke [9]

**Figure 4.** Miniature noise dosimeter [9]

## 6.2. Provjera stvarne učinkovitosti OZO za sluh

U praksi je vrlo dobro poznato da se stvarna atenuacija buke na uhu radnika može bitno razlikovati od atenuacije koja je dobivena laboratorijskim mjerenjem. Kako su ti podaci potvrđeni od strane certifikacijskog tijela i nalaze se u specifikaciji OZO proizvođača, normalno se koriste pri planiranju zaštite sluha kao potpuno istiniti, iako njihova valjanost u stvarnosti može biti vrlo upitna. Osim već spomenutih međudjelovanja OZO za sluh s drugom OZO za vid, glavu ili respiratorne organe, može biti prisutno i međudjelovanje s komunikacijskom opremom (radio-uređaji, mobilni telefoni i sl.), pri čemu sve te pojave smanjuju razinu zaštite sluha. Nadalje, nepravilno postavljanje OZO za sluh (namjerno ili nenamjerno) može biti posebno izraženo pri nošenju ušnih čepova, pa razina zaštite u takvom slučaju može pasti gotovo na nulu. Neka regulatorna tijela moguće umanjenu razinu zaštite sluha zbog nepravilnog nošenja OZO pokušavaju kompenzirati tako da smanjuju “računsku” razinu zaštite koju pružaju štitnici sluha, što kao posljedicu ima

prekomjernu atenuaciju buke kod onih radnika koji imaju ispravnu zaštitu, sa svim posljedicama koje takva praksa donosi<sup>19</sup>.

U svrhu poboljšanja zaštite sluha, razvijena su dva programa: “subjektivan” VeriPro i “objektivan” QuietDose. Program VeriPro [5] namijenjen je za jednokratno mjerenje razine zaštite sluha s ušnim čepovima bilo kojeg proizvođača. Tijekom ispitivanja s audiometrijskom opremom, radniku se prikazuje učinkovitost zaštite koju je postigao sa svojim ušnim čepovima i upozorava na eventualne manjkavosti. Uz pomoć posebno razvijenog softvera određuje se razina buke na uhu radnika s i bez uloženi čepova i na ekranu računala zorno prikazuje zaštitni učinak koji je stvarno postignut. Ovaj program pomaže pri izboru optimalnih čepova za konkretnu osobu, a uz to omogućuje da nositelj metodom pokušaja i pogriješke nauči kako treba postaviti čepove da bi postigao traženi i mogući učinak atenuacije koji oni mogu ostvariti.



**Slika 5.** Prikaz “subjektivnog” programa VeriPro [5]

**Figure 5.** An illustration of “subjective” programme VeriPro [5]

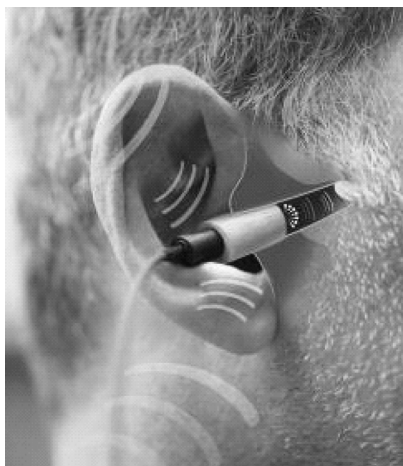
Program QuietDose [5] je nešto drugačiji i cilj mu je da na stvarno korištenoj OZO za sluh (čepovi ili naušnjaci) izmjeri razinu buke koja dopire do slušnog organa svakog radnika zasebno, odnosno njegovu osobnu vrijednost prigušenja buke (PAR<sup>20</sup>). U malenu rupicu u ušnom čepu ili naušnjaku<sup>21</sup> uloženi je minijaturni mikrofon koji mjeri razinu buke s unutrašnje strane čepova ili naušnjaka koje je radnik prethodno postavio. Mikrofon je kabelom spojen na dozimetar buke koji tijekom radnog vremena ili referentnog perioda bilježi

<sup>19</sup> Britanski HSE oduzima 4 dB od pretpostavljene vrijednosti zaštite (PNR), a američka OSHA PNR uzima s 50 % vrijednošću.

<sup>20</sup> PAR, Personal Attenuation Rating (engl.)

<sup>21</sup> Ova OZO mora biti posebno prilagođena.

primljenu buku. Rezultat se prikazuje kao “doza buke” koju je radnik stvarno primio tijekom perioda mjerenja na svom radnom mjestu, tj. moguće je točno odrediti da li je konkretna OZO za sluh u konkretnim uvjetima nošenja na radnome mjestu ispunila svoju svrhu.



Slika 6. Prikaz “objektivnog” programa QuietDose [5]

Figure 6. An illustration of “objective” programme QuietDose [5]

### 6.3. Selektivna atenuacija zvukova

Sljedeći problem pri nošenju uobičajene OZO za sluh jest da se za približno isti iznos umanjuje razina okolne buke i razina korisnih zvučnih informacija (npr. govora) koje zajedno dopiru do uha nositelja. Novorazvijeni sustav zaštite sluha je i tome dobrim dijelom doskočio [11]. Odnedavno se na tržištu nalazi vrlo sofisticirana OZO za sluh koja selektira zvukove što dopiru do uha čovjeka, pa neželjenu buku okoline prigušuje na razinu od 82 dB(A)<sup>22</sup>, dok ljudski govor relativno pojačava. Sam uređaj se normalno nosi za pojasom, a minijaturni mikrofoni smješteni su u ušne čepove ili u naušnjake i povezani s uređajem kablom. Ovaj je uređaj prilagođen i za komuniciranje prijenosnim radiouređajem ili mobilnim telefonom, a vezu s njima može ostvariti pomoću kabela ili Bluetooth-a. Kao zanimljivost se može spomenuti da se ženski govor može bolje odvojiti od okolne buke nego muški<sup>23</sup>. Selekcija zvukova osniva se naime i na razlici intenziteta zvukova po frekventnim područjima, a u ženskom frekventnom području govora “konkurencija” je manja nego u muškome.

## 7. Zaključak

Nova europska direktiva, pravilnik i europske norme za zaštitu radnika od buke traže od stručnjaka ZNR nove napore kako bi razinu zaštite sluha podigli na viši nivo. One istodobno pružaju pomoć i alat za postizavanje ovog cilja. Razina zaštite može se optimirati korištenjem bukomjera i jednostavnog matematičkog aparata, koji će pomoći pri izboru prikladne OZO za sluh. Ipak, za postizanje dobre zaštite u praksi nije dovoljno samo nabaviti i podijeliti štitnike sluha, odnosno učiniti samo ono što nalažu propisi. U obzir bi trebalo uzeti i stvarne uvjete, koji često djeluju u smjeru smanjivanja razine zaštite sluha. Za postizavanje optimalne zaštite radnika te sigurnosti i radnika i tvrtke uputno je napraviti još koji korak dalje te primijeniti suvremene tehnologije mjerenja buke i provjere zaštite sluha koje su danas već na raspolaganju.

## LITERATURA

- [1] Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu. // NN 46/2008.
- [2] Directive 2003/10/EC of the European parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise).// Official Journal of the European Union L 42/38.
- [3] Environmental Health Criteria 12 Noise, WHO, Ženeva 1980.
- [4] WITT, B.: *Bad Assumptions About Hearing Protection*, Occupational Health & Safety, Sept. 2008, 56-60.
- [5] www.sperianprotection.com, 15.11.2009.
- [6] HRN EN 458:2009, Štitnici sluha – Preporuke za odabir, uporabu, njegu i održavanje – Upute (EN 458:2004).
- [7] www.hse.org, 1.11.2009.
- [8] SOUTH, T.: *Managing Noise and Vibration at Work*, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- [9] TURNEY, T. : *Sounding Off About Noise*, Health & Safety International, 30/2009, 69-77.
- [10] www.casellameasurement.com, 15.11.2009.
- [11] www.sensear.com, 17.11.2009.

<sup>22</sup> Uz uvjet da razina buke ne prelazi 110 dB(A).

<sup>23</sup> Osobni utisak autora, potvrđen od predstavnika proizvođača.