

# Škodljivi učinki hrupa na zdravje

Hrup je spremljevalec sodobnega življenja. Ljudje smo že od trenutka našega rojstva dobesedno potopljeni v morje zvokov. Kmalu spoznamo, da je zvok za nas koristen, saj lahko komuniciramo med seboj in uživamo v brezštevilih prijetnih zvokih.



## Avtor:

Prim. prof. dr. Marjan Bilban,  
dr. med., spec. MDPŠ, predstojnik  
Centra za medicino dela  
ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.  
Chengdujska cesta 25  
1260 Ljubljana Polje

## 1 Uvod

Nekateri glasni zvoki nas velikokrat opozarjajo na pretečo nevarnost in kmalu spoznamo, da je sluh zares dragoceni dar. Vendar pa nekateri zvoki, ki nas obdajajo, motijo našo sposobnost komunikacije. Lahko onemogočajo poslušanje zelenih zvokov ali motijo našo sposobnost koncentracije pri opravljanju nalog, razmišljanju in delu, lahko nas prestrašijo, motijo naše spanje, celo ogrožajo zdravje, če povzročajo psihološke strese.

Po statističnih podatkih je nad 50 % celotne populacije v Evropi in s tem tudi v Sloveniji obremenjene s čezmerno ravno hrupa (65 dBA podnevi in 50 dBA ponoči). Okrog 20 % delovne populacije je izpostavljena čezmerni ravni hrupa v delovnem okolju (v proizvodnji in rudarstvu okrog 40 %, gradbeništvu okrog 35 %, kmetijstvu, prevozništvu, komunikacijah okrog 20 %), od tega 50 % ravnem nad 85 dBA. Hrup pa ne povzroča problemov le v industriji ali drugih tradicionalnih gospodarskih dejavnostih. Vse pogostejše se pojavlja kot problem tudi v storitvenih dejavnostih, kot so izobraževanje, zdravstveno varstvo, bari in restavracije:

- študije v vrtcih so odkrile, da so povprečne ravni hrupa tudi več kot 85 dBA;
  - med izvajanjem Labodjega jezera je dirigent izpostavljen ravni hrupa 88 dBA;
  - vozniki tovornjakov so lahko izpostavljeni hrupu več kot 89 dBA;
  - osebje v nočnem klubu je lahko izpostavljeno hrupu več kot 100 dBA;
  - hrup na prašičjih farmah dosega raven več kot 115 dBA ...
- Več kot 10 % populacije razvitega sveta ima pomembne težave s sluhom (vsak drugi človek, starejši od 65 let, ima po navedbah strokovnjakov že težave v komunikaciji oz. je naglušen – z izgubo



sluha po Fowlerju, ki je večja od 55,7 %). Tako zmanjšana kakovost življenja pri starostnikih je posledica poprejšnje okvare sluha s hrupom in superpozicije presbiakuzične komponente. Posebno pa so zaskrbljujoči podatki, da ima več kot 10 % oseb, mlajših od 25 let, že prizadet sluh, pri dveh tretjinah pa je vzrok okvare sluha akustična travma.



Poklicne okvare sluha sta prva opisala Tybee 1826. leta in Fostbrooke 1831. leta pri kovačih. Robert Koch je v drugi polovici 19. stoletja izjavil: »Prišel bo dan, ko bo hrup eden od najpomembnejših sovražnikov človeka, tako da se bomo borili proti hrupu kot nekoč proti kugi in koleri.«

## 2 Izpostavljenost hrupu

Škodljivi učinki hrupa na zdravje so odvisni od akustičnih in neakustičnih dejavnikov.

Akustični dejavniki se delijo na

primarne in sekundarne akustične dejavnike.

Primarni akustični dejavniki:

- jakost zvoka,
- frekvence,
- trajanja zvoka.

Sekundarni akustični dejavniki:

- spektralne sestave zvoka (kompleksnost spektra),
- variacije v frekvenci zvoka,



- variacije v jakosti zvoka (kontinuirani, diskontinuirani, impulzni hrup),
- naraščanja hrupa,
- lokalizacija vira hrupa.

Neakustični dejavniki:

- asociativne vsebine zvoka,
- individualne občutljivosti (in druge osebne lastnosti poslušalca),
- pretekle izkušnje,
- potrebnosti hrupa,
- pričakovanje (pripravljenost) na hrup (adaptacija na hrup, predvidljiv čas nastanka hrupa),

- aktivnost poslušalca (vpliv dela na občutek nadležnosti),
- letni čas,
- doba dneva,
- vrsta prostora.

Človek s svojim življenjem in delom ustvarja obilico zvokov, od katerih so nekateri blaglasni (glasba), drugi pa mu »parajo ušesa« (motorji). Neprijetni zvoki in šumi, ki napolnjujejo prostor, pa niso le posledica človekovega življenja in dela, ampak nastajajo tudi v naravi (grom, potresno bobnenje, pokaenje ledu ipd.). Po zvočnem učinku so ti naravni zvoki mogočni – človek jih na podlagi izkušenj povezuje s katastrofami in mu povzročajo strah in tesno-

bo. Vendar je ta naravni hrup po trajanju kratkotrajen in na človeka nima pomembnejšega vpliva. Veliko bolj nas moti hrup, s katerim se je človek obdal z razvojem industrije in strojev. Viri škodljivega hrupa dandanes niso več klasični: bazična industrija (železarne, rudniki, kovaške delavnice, ladjedelnice, tkalnice), prednjači predelovalna industrija (stiskalnice, vibracijski podajalniki, izpihovalniki, ultrazvočni čistilniki, brušenje ...), tudi promet (zlasti letalski, ladjarstvo ...) in celo sto-





ritvene dejavnosti (glasbeniki). Onesnaževanje s hrupom je vse-splošno in obremenjujoče.

Glede na prostorsko razširjenost hrupa in človekove življenjske navade in potrebe je človek izpostavljen hrupu na prostem ter v zaprtih prostorih.

- a) Na prostem (v naravnem okolju):
- v življenjskem okolju,
  - v delovnem okolju,
  - v okolju oddiha, zabave, razvedrila ...
- b) V zaprtih prostorih (v bivalnem okolju):
- v stanovanju,
  - na delovnem mestu,
  - v prostorih za razvedrilo in zabavo.

Izvori hrupa v naselju in izven njega so stacionarni in nestacionarni. Nestacionarni izvori so vse vrste prometnih sredstev (cestni, železniški, zračni in vodni promet). Stacionarni izvori hrupa odprtih prostorov so lahko zunanje lokacije industrijskih objektov (kompresorske postaje, hladilne naprave, motorji ventilacijskih naprav ...), gradbena dela, obrtniške delavnice, šolska dvorišča in igrišča, stadioni, akustične naprave ipd. Stacionarni izvori znotraj stavb (izključuje izvore v tehnoloških procesih) so najpogostejše dvigala, ventilacijske in klimatizacijske naprave, toplotne postaje, hladilne in sanitarne naprave, hišne in akustične naprave itd.

Hrup v naselju (komunalni hrup) karakterizirata dve značilnosti, od katerih so odvisni pričakovani zdravstveni učinki. Hrup v naselju ima običajno nižjo raven kot pri poklicni izpostavljenosti (ki lahko vodi do okvare sluha) in se zato zdravstveno tveganje pri prebivalstvu omejuje zgolj na ekstraauralne učinke. Druga značilnost tega hrupa je spremenljivost nivoja hrupa v času njegovega trajanja (nagle spremembe nivoja hrupa, kar je še posebej značilnost naselij s prevladujočimi nestacionarnimi izvori hrupa). Prebivalci naselij se najpogostejše pritožujejo, da jih

hrup moti pri mentalnem delu, počitku in spanju ter da povzroča nemir in nerazpoloženje.

Vendar niso samo delavci v industriji izpostavljeni čezmerni ravni hrupa oziroma zvoka. Glasbeniki, zlasti bobnarji in trobentači v ansamblih, ki igrajo pri godbi ali hardrock, haevy metal ali techno glasbo, z glasbili na razdalji okrog 40 centimetrov od ušesa, so izpostavljeni jakosti zvoka med 130 in 140 dB(A) eno uro ali celo več. Posledica tega je, da je okrog 25 % orkestralnih glasbenikov naglušnih, njihove sposobnosti muziciranja pa so zaradi tega zmanjšane. Najstniki in študentje poslušajo glasbo preko slušalk ure in ure pri jakosti od 100 do 120 dB(A). V diskotekah dosega jakost zvoka pogosto od 90 do 110 dB(A). Na zabavnih prireditvah na prostem, ki so po jakosti primerljive s hrupom letala pri vzletanju v neposredni bližini, je stanje še slabše. Podobno je na vojaških poligonih, policijskih in športnih vadbiščih s strelnim orožjem, pri pokanju petard in drugih pirotehničnih sredstvih. V nekaterih šolskih telovadnicah je povprečna raven hrupa zaradi kričanja otrok in udarcev z žogo tudi do 110 dB(A).



Vrsta opravil	Splošni hrup na delovnem mestu zaradi drugih proizvodnih virov v okolici delovnega mesta (dBA)	Hrup na delovnem mestu zaradi neproizvodnih virov – klimatizacija, promet (dBA)
Najzahtevnejše mentalno delo	45	40
Pretežno mentalno delo, pri katerem je potrebna velika koncentracija (šole, zdravstvo ...)	55	45
Enostavna pisarniška in njim podobna pretežno fizična dela, zahtevno krmiljenje sistemov	65	55
Manj zahtevno krmiljenje sistemov, manj zahtevna fizična dela, ki zahtevajo zbranost in pazljivost	70	60
Pretežno rutinska fizična dela, ki zahtevajo slušno spremljanje okolja	80	75
Noseče ženske	80	55

**Tabela 1:** Največje dopustne ekvivalentne ravni hrupa za nemoteno delo pri posameznih vrstah delovnih opravil (Ur. l. RS, 17/2006)

Z razpolovitvijo časovne izpostavljenosti (npr. na štiri ure dnevno) se delovna izpostavljenost delavca zniža samo za 3 dB(A).

### 3 Klinični potek okvare sluha (zaradi izpostavljenosti hrupu)

Škodljive učinke hrupa lahko razdelimo na ekstraauralne in auralne učinke. Ekstraauralni učinki se pojavljajo pri hrupu do 70 dBA, pri bolj občutljivih se med 71 in 90 dBA pojavljajo že auralni učinki, nad to ravno pa so ti zelo verjetni.

Klinični potek prizadetosti sluha zaradi hrupa je počasen. Najprej pride do izgube slušne občutljivosti na področju frekvenc okrog 4000 Hz (začetna ali primarna akustična travma). Poklicno naglušnost razlagamo s spazmom arterije avditive in posledično hipoksijo endolimfe oziroma nekrozo slušnih receptorjev. Arterija

avditiva na področju percepcije od 4 do 6 kHz nima kolateral in so morebiti zato ti predeli najbolj občutljivi za hipoksijo. Po drugi hipotezi pa se zvok frekvenc od 4 do 6 kHz zaradi resonance v zunanjem sluhovodu okrepi in tako deluje v svojem območju polža bolj intenzivno. Ker je s tem prizadeto območje nad govornim področjem (od 1000 do 3000 kHz), je v začetku okvare delavec ne opazi, ker nima pri pogovoru nikakršnih subjektivnih težav. Pozneje se začetna akustična travma pogloblja in širi, zajemajoč večje področje frekvenc ob vse večjem izpadu slušne občutljivosti. Šele tedaj človek občuti, da je naglušen, da ne more spremljati govora itd. Poklicna okvara sluha poteka progresivno. Naglušnost in gluhost poklicne etiologije so v pravilu obojestranski procesi (običajno zaznavna in najbolj intenzivna v višjih frekvencah) in trajni ter nepopravljivi.

Najpogosteje hrup prizadene precizno koordinacijo gibov, podaljšuje reakcijski čas, zmanjšuje ostrino percepcije, vpliva na presojo ipd., zaradi česar je prizadeta uspešnost dela, utrujenost pa je vse večja.

Ekstraauralni učinki hrupa se lahko manifestirajo z zvišanim krvnim tlakom, koronarno boleznijo, motnjami periferne cirkulacije, ravnotežja in vidnih funkcij (slabša barvna občutljivost, zoženje vidnega polja, slabši t. i. nočni vid). Privede lahko do razdražljivosti, nejevoljnosti, občutka ogroženosti ipd. Lahko pride do hormonskih motenj, intolerance za glukozo, disfunkcije ščitnice, težav s prebavo in motenj periferne cirkulacije.

### Nastajanje okvare sluha običajno poteka skozi tri stadije:

**Prvi stadij** – stadij adaptacije – nastane po krajšem delovanju zmerne hrupa, ki ne povzroča



izčrpanosti niti definitivnih sprememb na čutnih celicah. Naglušnost in zvonjenje v ušesih sta prehodna in kratkotrajna, tako da se sluh po odmoru hitro vrača na predhodni nivo. V prvi fazi opisujemo le ozek skotom – ozek upad v avdiogramu od 4 do 6 kHz.

**Drugi stadij** zaznamuje motnja mehanizma slušne funkcije zaradi izčrpanosti senzornih elementov zaradi daljšega delovanja močnega hrupa, vendar še vedno brez definitivnih in trajnih sprememb. Pojavljajo se naglušnost za višje tone, zvonjenje, nelagodnost, napetost, psihične in nevrovegetativne spremembe in prekrvavitvene motnje v različnih delih telesa zaradi povišanega tonusa simpatika. Vse te spremembe so reverzibilne, če hrupa ni več, vendar pa zahtevajo daljše obdobje popravljanja. V drugi fazi se sko-

tom razširi in sega globlje in že ne slišimo visokih tonov. Lahko sega celo v govorni spekter.

**Tretji stadij** zaznamujejo definitivne okvare sluha, ki se praktično ne more več vrniti na normalen nivo niti po daljšem odmoru. Tretja faza je definitivna: izguba je taka, da človek sam opazi, da postaja naglušen.

### Škodljive učinke hrupa razdelimo na štiri ravni.

#### 1. raven: od 40 do 65 dBA

Lahko pride do psihičnih motenj: v odvisnosti od vrste in zahtevnosti dela delavci lahko postanejo utrujeni, razdražljivi, počutijo se nelagodno, predvsem psihično, delo je moteno (tudi slabši spanec).

#### 2. raven: od 65 do 90 dBA

Poleg navedenih motenj pride do neskladnega delovanja posameznih organskih sistemov: zveča se celična presnova in poraba kisika (zvišan simpatikotonus – vzdraženje simpatičnega dela člove-



kovega avtonomnega živčnega sistema – torej dela centralnega živčevja, ki upravlja pomembne življenjske funkcije, a ni pod nadzorom zavesti) z zvišano srčno frekvenco, krvnim tlakom in ravno krvnega sladkorja, zvišan bazalni metabolizem in tonus mišičja – organizem je v borbeni pripravljenosti, ki pa ga izčrpava.

#### 3. raven: od 90 do 110 dBA (močan hrup, ki ga najpogosteje spremljajo tudi vibracije)

Poleg prej omenjenih motenj povzroča začasne ali trajne okvare sluha, naglušnost ali popolno gluhost.

Auralne učinke hrupa, ki nastopajo pri hrupa nad 90 dBA, razdelimo na akutno in kronično akustično travmo.

#### Akutna akustična travma (nenadna okvara sluha):

– Kratkotrajen zvočni udar, povzročen s hrupom zelo velike jakosti – eksplozija ali zračni udar (blast poškodbe) – poškodovanje bobniča, poškodovanje ali prekinitev zvez med slušnimi koščicami (oteklina in okvara senzornih celic Cortijevega organa s krvavitvijo; auralni refleks lahko zmanjša intenziteto hrupa za 20 dBA). Impulzni zvok povzroči zanihanje bazilarne membrane v notranjem ušesu s preveliko amplitudo in tako neposredno poškoduje Cortijev organ. Na celičnem nivoju se to kaže kot otekanje zunanjih čutnic, piknoza jeder, propad čutnic,





vakuolizacija v podpornih celicah, ruptura Reissnerjeve membrane, otekanje živčnih končičev, degeneracija ganglijskih celic. Posameznik to občuti z nenadnim šumenjem in naglušnostjo.

– Čisti zvočni impulzi – mehanske okvare senzornih elementov Cortijevega organa (okvara je reverzibilna in se popolno ali delno popravi (upad sluha pri 4000 Hz).

#### **Kronična akustična travma (industrijski hrup – poklicna naglušnost) nastane zaradi:**

- utrujenosti in izčrpanosti senzornih celic Cortijevega organa;
- hipoksije in metabolnih motenj zaradi spazma a. auditive (povečan tonus simpatika zaradi hrupa) in najmanjšega deleža kolateral a. auditive na področju 4000 Hz;
- zaradi ojačanja zvoka 4000 Hz zaradi resonance tega zvoka v zunanem sluhovodu. Pride do utrujenosti, zatem pa do degeneracije in odmrtnosti senzornih celic Cortijevega organa.

Zmanjša se razumljivost izgovorjenih besed; ne slišimo visokozvonečih – jakostno poudarjenih soglasnikov, ki so pomembni za razumljivost, nižje



frekvence slišimo dobro, torej slišimo govor, ki pa ga ne razumemo. Pomik slušnega praga je v začetku popravljiv in se sluh po dnevu ali dveh v tistem okolju povrne v prvotno stanje. Če pa se izpostavljenost močnim akustičnim dražljajem nadaljuje, se pojavi trajni premik slušnega praga (pri istih frekvencah kot začasni). Čutnice v notranjem ušesu propadajo. Postopoma se okvara širi na področje sosednjih frekvenčnih območij (pogloblja in širi).

Kronična akustična travma ima tipičen skotom med 3000 in 6000 Hz (najpogosteje pri 4000 Hz). Ob tem moramo upoštevati starost pregledovanca in morebitne poškodbe, bolezni oziroma jemanje ototoksičnih zdravil (neomycin, streptomycin). V vsakem primeru je treba brez izjeme pred nastopom dela v hrupnem okolju narediti avdiogram.

#### **4. raven: od 110 do 130 dBA**

Pride do direktnega delo-

vanja na ganglijske celice. Po krajšem času povzroča nelagodnost in bolečine, nezno zvonjenje, izgubo sluha in številne druge težave.

Nad hrupom 130 dBA pride do okvar sluha (in ostalih težav) v trenutku. Pri izpostavljenosti industrijskemu hrupu smo običajno poleg kontinuiranega pogosto izpostavljeni tudi hrupu impulzivnega karakterja – tip okvare sluha je vedno praktično enak – zaznavna ali sensorinevralna izguba, ker so ob čutnicah Cortijevega organa prizadeta tudi odgovarjajoča živčna vlakna. Tak tip prizadetosti sluha daje hrup visokih ali nizkih tonov, vendar je hrup visokega spektra nevarnejši za sluh, ker bo že pri manjši intenziteti povzročil enako okvaro kot mnogo močnejši hrup nizkih frekvenc.

Zato se tudi pri meritvah daje večja teža frekvencam med 1000 in 6000 Hz, kjer je uho najobčutljivejše (zato se jakost hrupa izraža v dBA).



**Akutna poklicna zdravstvena okvara sluha** zaradi izpostavljenosti škodljivemu hrupu je senzorinevralna, konduktivna ali mešana, enostranska ali obojestranska, popravljiva ali trajna, lahka, srednja ali težka. Praviloma nastane v okviru 24 ur dela v škodljivem hrupu. V skladu z veljavno zakonodajo gre za poškodbo pri delu.

**Kronična, poklicna, starostno korigirana izguba sluha**, lahka, srednja ali težka, nepopravljiva, obojestranska, v glavnem simetrična senzorinevralna naglušnost v frekvenčnem območju od 3000 do 6000 Hz (pogosto pri 4000 Hz),

ki je nastala zaradi dela v škodljivem hrupu, se šteje kot poklicna okvara sluha pod zaporedno številko 35 veljavne zakonodaje. Pri ušesno zdravih osebah praviloma ne pričakujemo, da bo prišlo do okvar sluha:

- prej ko v 6 letih, če so izpostavljeni hrupu z jakostjo 90 dBA,
  - prej ko v 10 letih, če so izpostavljeni hrupu z jakostjo 87 dBA,
  - prej ko v 15 letih, če so izpostavljeni hrupu z jakostjo 85 dBA.
- Strokovnjaki menijo, da je varna meja 75 dBA – to pomeni, da pri tem hrupu po 8 urah dnevno ni verjetno, da bi se izpostavljene mu v 40-letni delovni dobi zara-

di hrupa v delovnem prostoru zmanjšala občutljivost za dojetje zvoka.

**Diferencialna diagnoza senzorinevralne izgube sluha** (preden začnemo z oceno stopnje poklicne naglušnosti, je treba izključiti naslednje vzroke naglušnosti):

1. presbiakuza,
2. dedna okvara sluha,
3. metabolne bolezni (npr. diabetes melitus, bolezni ščitnice, ledvic ...),
4. nenadna senzorinevralna izguba sluha,
5. infekcije (meningitis, encefalitis ...),
6. bolezni centralnega živčevja (tumorji: akustični nevrinom, multipla skleroza ...),
7. menierova bolezen,
8. neorganske izgube sluha (rentne tendence ...).

Prirojene nepravilnosti notranjega ušesa so lahko omejene le na uho ali pa združene z okvarami drugih organov. Večinoma je pri pregledu na razpolago obsežna zdravstvena dokumentacija, saj so taki primeri odkriti in vodeni pri pediatrih oziroma šolskih zdravnikih. Poškodbe so pogosti spremljevalci našega načina življenja in dela. Pri mehanskih poškodbah glave so nemalokrat poškodovani tudi organi za zaznavo sluha. Za te poškodbe je značilno, da so enostranske, lahko popravljive, še pogosteje pa dokončne. Specifični poškodbi sta barotravma in kesonska bolezen notranjega ušesa. Pri barotravmi gre za okvaro slušnih čutnic zaradi nenadoma zvišanega hidrostatičnega tlaka labirintne tekočine, pri

A) – akutna naglušnost (popravljiva ali nepopravljiva okvara)
– najnižja intenziteta: 125 dB(A) in več oz. konična raven 135 dB(C) in več
– najkrajše trajanje: trenutno oz. v okviru 24 ur
B) – kronična naglušnost (nepopravljiva, metabolna okvara)
– najnižja intenziteta: dnevna raven presega 80dB(A), za preobčutljive na hrup 75 dB(A)
– najkrajše trajanje: ponavljajoče se oz. dolgotrajno (vsaj 6 mesecev)

**Tabela 2:** Model avralnega učinka hrupa (direktno delovanje preko Cortijevega organa)

Kemijski agensi, kjer je dokazan sinergizem s hrupom	Ototoksični agensi, kjer sinergizem ni bil dokazan	Okoljski dejavniki
Toluen Ogljikov disulfid Trikloretlen Ogljikov monoksid Trialkilati (methyl) Dim cigaret	Butil nitrat Butanol Cianid Heksan Stiren Ksilen Svinec Živo srebro Trialkilati Ethyl	Ročne vibracije (motorna žaga) Vibracije celega telesa (delovni stroji) Spremembe zunanje temperature Spremembe telesne temperature Fizične aktivnosti lahko rezultirajo zaščitno v spremembi sluha

Tabela 3: Ototoksični dejavniki

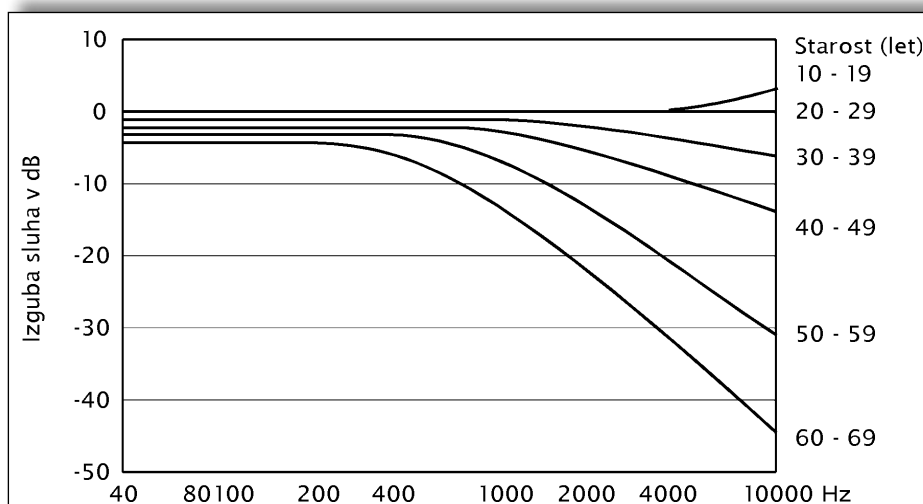
kesonski bolezni pa za prekrvavitvene motnje zaradi zamašenih žilic zaradi nepravilne dekompresije. Redkejši vzroki naglušnosti so tumorji notranjega ušesa ali vnetja. Pomembne so tudi okvare slušnega organa zaradi jemanja zdravil, npr. acetilsalicilna kislina (aspirin), streptomycin (zdravilo za zdravljenje tuberkuloze), kinin (za zdravljenje malarije). Ototoksične lastnosti imajo vsaj tri skupine industrijskih kemikalij: trde kovine, topila (barve in laki) in dušljivci (toluen, trikloretlen, ogljikov tetraklorid).

Sluh upada tudi z leti, to imenujemo prezbiakuza. Pri 50-letniku je upad tja do 40 dBA, pri 70-letniku celo do 90 dBA. Osnovni dejavnik, ki povzroča okvaro sluha, je hipoksija. Zaradi spazma arterije, ki prehranjuje notranje uho, so najbolj prizadete celice na vrhu polža in v predelih visokih tonov pride do starostne naglušnosti (predvsem upad v področju visokih tonov). Vzrok hipoksije pri starejših je tudi ateroskleroza (ki pa ima lahko indirektni vzrok v vplivu hrupa). Ugotovljeno je, da ima po 65. letu starosti pri okvari slu-

ha statistično značilno dominantno vlogo starost (degeneracija čutnih celic Cortijevega organa), pred 65. letom pa hrup.

#### 4 Ekstraavralni učinki hrupa na človeka

Hrup kot ekstraavralni dejavnik lahko povzroča, da se želodec giblje počasi, lahko pride do zaprtja ali pa čezmernega gibanja črevesja – driske. Hrup lahko moti izločanje želodčnih sokov, katerega posledica je draženje želodčne sluznice s posledičnim vnetjem in gastritisom ali celo razjedo (ulkus želodca ali dvanajstnika). Vpliva tudi na izločanje hormonov, padec kožne temperature, razširitev zenic in privede do motenj v prekrvavitvi številnih notranjih organov zaradi vazospazma perifernega žilja s posledičnimi kroničnimi obolenji. Še bolj očitne so motnje v delovanju možganov: delavci postanejo raztreseni, razdražljivi in duševno labilni, pozornost pada, pride do poslabšanja medsebojnih odnosov, motivacija usiha; zaradi sprememb v nevrohumoralnem sistemu pride do pospešenega razvoja ateroskle-



Slika 1: Fiziološko zmanjšanje občutljivosti sluha z leti pri moških (pri ženskah je upad manjši)





roze (pospešen razvoj akutnega srčnega infarkta ali možganske kapi). Poviša se raven celotnega holesterola, viskoznost plazme, poveča število trombocitov, zviša se vrednost estradiola, kortizola, fibrinogena, zmanjša se raven HDL-holesterola, testosterona, antitrombina III).

Nevroanatomske povezave v centralnem živčevju omogočajo, da akustični dražljaj ne deluje le na slušni predel v skorji velikih možganov, ampak se s posredovanjem retikularne formacije razširja še na limbični sistem in druge centre: za vid, gibanje, vazomotorični center, jedra možganskih živ-

cev, hipotalmus in centre notranjih organov. Zato hrup povzroča spremembe fizioloških funkcij in vpliva na delo vitalnih organov in sistemov v celoti.

Hrup povzroča pospešitev srčne frekvenca, ki je odvisna od intenzitete in dolžine delovanja hrupa in individualne občutljivosti delavca ter prisotnosti ostalih škodljivih dejavnikov delovnega okolja. Pospešitev srčne frekvenca razlagamo z vplivom hrupa na povečano beta adrenergično aktivnost simpatika in vazokonstrikcijo, ki povzroča večjo dilatacijo zidov desnega srca, ki z refleksnim mehanizmom pospešuje frekven-

co srčnega dela. Nizkofrekventni hrup visoke intenzivnosti privede do ishemije miokarda in sprememb v EKG-ju v smislu skrajšanja PR-intervalov in ST-segmenta. Hrup favorizira dejavnike tveganja za koronarno bolezen, ker se povečuje vrednost holesterola, trigliceridov in LDL-holesterola. Pod vplivom hrupa se povečuje izločanje kateholaminov, glukokortikoidov in mineralokortikoidov, katerih skupno delovanje stimulira receptorje beta 1 in beta 2 v maščobnem tkivu, kar ima za posledico pospešeno lipolizo in vazodilatacijo v tem tkivu, zaradi česar se povečuje koncentracija prostih maščobnih kislin ter pospešuje sinteza holesterola in trigliceridov iz prostih maščobnih kislin. Kateholamini inhibirajo aktivnost lipoproteinske lipaze, ki v normalnih pogojih z razkrojem trigliceridov in lipoproteinov zelo majhne gostote omogoča ustvarjanje lipoproteinov velike gostote. Zaradi zmanjšanja aktivnosti tega encima se pojavlja povečana koncentracija trigliceridov in lipoproteinov majhne gostote kot pomembnih dejavnikov tveganja za aterosklerozo.

Zaradi povečane stimulacije beta adrenergičnih receptorjev simpatičnega živčnega sistema pod vplivom hrupa pride do porasta kontraktilnosti srčne mišice, povečanega koronarnega pretoka in povečane potrebe srca za kisikom. Ugotovljena je povezanost arterijske hipertenzije in hrupa, pri čemer prevalenca povišanega krvnega tlaka raste z večjo inten-

zitetu hrupa in daljšo izpostavljenostjo. Hrup lahko po različnih mehanizmih vpliva na povišan krvni tlak. Povečana koncentracija cirkulirajočih kateholaminov in nadledvičnih steroidov, povečanje aktivnosti sistema renin-angiotenzin-aldosteron in tudi vpliv hrupa na povečanje celokupne periferne vaskularne rezistence so dejavniki, ki jih povezujejo z rastjo tlaka po izpostavljenosti hrupu. Kronična izpostavljenost (stalna, ponavljajoča se stimulacija) povzroča kroničen dvig simpatičnega tonusa, kar pospešuje razvoj strukturalnih vaskularnih spre-



memb, povečuje rezistenco krvnih žil in tako pripelje do trajne hipertenzije.

Hrup intenzivnosti več kot 70 dBA pripelje do reakcije perifernih krvnih žil v obliki spazma prekapi-larne cone in zmanjšanja pulznih oscilacij zaradi kontrakcij žilnih sten. Vazokonstrikcija se primarno manifestira na periferiji: prsti rok in nog, uhljev. S poskusi je ugotovljeno, da se po 8-minutni izpostavljenosti hrupu 105 dBA zaradi periferne vazokonstrikcije zmanjša periferna oskrba s krvjo za od 20 do 60 odstotkov glede na začetno vrednost. Po prekinitvi

izpostavljenosti se je prekrvavitev (izraženo s pulzno amplitudo) povrnila na prvotno raven (povratek za 60 odstotkov v prvih 6 minutah se jemlje za fiziološkega). Spremembe na ožilju perzistirajo še okrog 60 minut po prenehanju izpostavljenosti hrupu. Reakcija krvnih žil je odvisna od dedne predispozicije, karakterja in intenzitete hrupa.

Predvsem impulziven hrup lahko povzroči »startilno« reakcijo. Ta vključuje kontrakcije fleksornih mišic okončin in hrbtenice, kontrakcijo orbitalnih mišic, ki jo vidimo kot mežikanje in fokusiranje pozornosti v smeri izvora hrupa. Namen tega refleksa je priprava na obrambo. Včasih lahko startilnemu refleksu sledi tudi reakcija boj-beg, pri kateri postanejo evidentni cirkulatorni efekti.

Prav tako je dokazano, da hrup moti bioelektrični potencial možganov, kar pripelje do sprememb v EEG-ju. Te spremembe so nespecifične, funkcionalne in odvisne od intenzitete hrupa in časa izpostavljenosti. Dolgotrajna izpostavljenost privede do povečane razdražljivosti, nejevoljnosti, anksioznosti, občutka ogroženosti, neprenašanja okolice, kar ima za posledico spremembo osebnostnih potez in prave duševne spremembe. Hrup ni direkten vzrok, lahko pa je pomemben dejavnik, ki pospešuje razvoj latentne nevroze. Lahko privede do porušitve psihomotornega ravnotežja, ki se kaže z večjim številom nepreciznih in netočnih odgovorov, povečanjem števila napak pri



delu, podaljšanjem reakcijskega časa, zmanjšanjem hitrosti detekcije signalov in upočasnitvijo odgovorov na svetlobne in zvočne dražljaje. Pride do prizadetosti in slabšanja mentalnega funkcioniranja, zmanjšanja preciznosti pri delu in motene koordinacije gibov. Podaljšano delovanje hrupa lahko zmanjšuje delovno učinkovitost, privede do hitrejši utrujenosti, kar vpliva na varnost pri delu, osebno in kolektivno varnost, ker s porastom števila nepreciznih manipulacij raste možnost nezgod.

Že nizke ravni hrupa so za delavce lahko moteče in povečujejo tveganje za nezgode, ker:

- ovirajo ustno sporazumevanje med delavci;
- prikrijejo zvok bližajoče se nevarnosti in opozorilnih signalov;
- ovirajo delavce, da bi se osredotočili na izvajanje zahtevnejših delovnih nalog;
- povečujejo razdražljivost delavcev in stres pri delu ...





Hrup povzroča kronično utrujenost, ki lahko vodi do različnih nespecifičnih obolenj. Sama utrujenost se lahko pojavi samostojno ali pa posredno zaradi vpliva hrupa na kakovost spanca. Dokazali so simptome ekstremne utrujenosti pri ljudeh, ki so bili izpostavljeni infrazvoku.

Hrup deluje tudi na semicirkularne kanale in labirint ter na poti, ki vodijo do kortikalnih centrov, kar povzroča občutek vrtoglavice, moti ravnotežje in gibi delavca postanejo nezanesljivi in neprecizni, s čimer se ogroža varnost rokovanja z orodjem oziroma nasploh varnost v okolju, kjer je potrebno dobro ravnatežje. Nistagmus, vertigo in problemi z ravnatežjem se pojavijo pri hrupu okoli 130 dBA. Do težav sicer lahko pride tudi pri nižjih vrednostih (od 95 do 110 dBA), toda le v primerih, če stimulacija obeh ušes ni enaka.

Hrup ogroža tudi vid – pride do slabšega razpoznavanja barv, zoženja vidnega polja, padca barvne percepcije, oslabiljenega »nočnega« vida, zmanjšanja svetlobne občutljivosti, dilatacije zenic, zmanjšanja reliefnosti videnja (globinskega vida), kar je še posebej pomembno za voznike v prometu. Vzrok tega je v razdraženju talamusa in retikularne formacije

ter cirkulatornih sprememb zaradi spazma vej arterije centralis retine.

Hrup povečuje delovanje nadledvične žleze, kar se kaže s porastom koncentracije kortizola v serumu in skokom urinarne ekskrecije adrenalina in noradrenalina. Te spremembe so še posebej očitne pri mlajših delavcih. Pod vplivom hrupa pride tudi do povečanega izločanja tiroksina, zaradi česar se poveča poraba energije in celokupni in bazalni metabolizem. Pri velikem deležu hrupu izpostavljenih delavcev je dokazana tudi intoleranca na glukozo. Povišana koncentracija glukoze v krvi kaže na stresno inducirano disregulacijo metabolizma ogljikovih hidratov, ki se pogosto kaže kot metabolni sindrom pri tipu 2 diabetesa. Motnja je pogosto povezana z arterijsko hipertenzijo, oboje pa poveča tveganje za nastanek miokardnega infarkta, aterosklerozе in apopleksije.

Skupno delovanje hrupa in vibracij lahko privede do pogostejših spontanih splavov in menstrualnih težav izpostavljenih delavk. Matere, ki so bile izpostavljene hrupu preko cele nosečnosti, rojevajo otroke z nižjo telesno maso, kar si lahko razlagamo s spazmom arterije uterine in slabšo prehranjenostjo ploda ter večjo incidenco prirojenih deformacij. Fiziološko hrup lahko vpliva na fetus, saj povzroča stres materi, ta pa povzroča konstrikcijo žil in posledično lahko celo preeklampsijo in eklampsijo. Najpomembnejši čas je od 14. do 60. dneva intrauterinega življenja,

ko poteka razvoj bistvenih organov: centralnega živčnega sistema in vitalnih organov.

Hrup povzroča tudi povišanje števila levkocitov, limfocitov, nevtrofilnih in eozinofilnih levkocitov. Hrup (po daljši izpostavljenosti) vpliva tudi na aktivnost levkocitov (hrup do 80 dBA povečuje in nad 90 dBA znižuje aktivnost levkocitov). Nekateri podatki nakazujejo tudi, da hrup vpliva na spremembe v sintezi proteinov, zmanjšanje albumin-globulinskega razmerja in zmanjšanje odpornosti na infekcijska obolenja (delavci, ki delajo pod vplivom visokega hrupa, tako pogosteje zbolevalo zaradi splošnih infekcijskih bolezni in so tudi dlje odsotni z dela – verjetno



zaradi zmanjšane imunobiološke sposobnosti organizma).

Hrup povzroča tudi spazem pilorusa, ruši proces izločanja želodčne kisline, kar privede do pogostejšega pojava razjed želodca in dvanajstnika.

Poleg vseh navedenih negativnih vplivov ima hrup tudi ekstraavralne pozitivne učinke: tonizirajoče in stimulatívno delovanje na psihično sfero, brez česar bi bilo življenje težko, celo neznosno, ker človek popolne tišine ne prenaša (absolutna tišina je velik psihološki problem astronautov).





Hrup ponoči vpliva na kakovost in količino spanja. To se kaže z manjšim deležem spanja REM (Rapid Eye Movement – nagli premiki zrkel; paradokсно spanje), manjšo aktivnostjo delta (delta aktivnost s počasnimi valovi v EEG je značilna za globoko spanje) in z več spontanega prebujanja. Pri tem ni pomembna samo splošna raven hrupa, pač pa tudi informacijska vsebnost. Bistveno slabši je tudi neenakomeren hrup, zlasti če so intervali med posameznimi maksimumi dolgi (daljši od nekaj deset sekund). Ženske in mladi se slabše prilagajajo hrupu med spanjem. Hrup je tudi bolj moteč, ko spimo v neobičajnem času – npr. podnevi. Na spanje ponoči lahko vpliva tudi hrup čez dan (manjši delež spanja REM pri tistih, ki so bili čez

dan izpostavljeni hrupu). Hrup pa ne vpliva le neposredno na kakovost spanja, ampak tudi poviša arterijski krvni tlak med spanjem, poviša srčni utrip, povzroči vazokonstrikcijo, spremembe dihanja, aritmije in nemir med spanjem. Zaradi hrupa se podaljša čas, ki ga ljudje potrebujejo, da lahko zaspijo (tako pri občutljivih kot pri neobčutljivih odraslih to velja za motnje med 50 dBA in 60 dBA). Da se izognemo negativnim vplivom na spanje REM, bi stopnje enakomernega kontinuiranega hrupa v prostorih v času spanja ne smele preseči 30–35 dBA. V primeru, ko gre za nestalni hrup, maksimalne vrednosti korelirajo z motnjami spanca (že pri 45 dBA ugotavljajo zburjanje, spremembe v globini spanca ipd.).

Raziskovalci ugotavljajo, da so otroci bolj občutljivi za hrup. Vrednost krvnega tlaka otrok, ki živijo v hrupnem okolju, so bile veliko večje od otrok na tišjih območjih. Ljudje s srčnimi obolenji predstavljajo večjo tvegano skupino, saj lahko hrup pri njih potencira obstoječi zdravstveni problem zaradi stresa, ki ga hrup povzroča. Ženske so bolj občutljive od moških. Primerjalna študija učinkov hrupa zračnega in železniškega prometa od 70 do 85 dBA je pokazala večje fluktuacije v srčni frekvenci, večjo konstrikcijo žil, povišane vrednosti epinefrina v urinu pri ženskah kot pri moških. Študije povezav med porabo zdravil in javnim hrupom v splošnem podpirajo hipotezo o porastu srčno-žilnega tveganja pri osebah,

izpostavljenih hrupu. Zaznali so večjo porabo srčno-žilnih in antihipertenzivnih zdravil na hrupno bolj izpostavljenih območjih. Na območjih s povprečno dnevno ravno hrupa nad 60 dBA je dokazano večje tveganje za bolezni srca in ožilja (angina pektoris, miokardni infarkt, nepravilnosti v EKG-ju). Učinki hrupa so še večji, če so bili upoštevani dodatni dejavniki (npr. zadrževalni čas v domovih, usmerjenost sobe glede na položaj ceste, odprtost oken ...). Relativna doslednost rezultatov študij kaže tudi na povečano tveganje bolezni srca in ožilja pri ljudeh, ki hrup subjektivno doživljajo bolj moteče.



Motivirani ljudje so drugače dozetni za hrup, saj motivacija in osebnost (predvsem introvertiranost in ekstravertiranost) močno vplivata na dozetnost. Ponoči ali v večernih urah lahko hrup, večji od 60 dBA, bolj moti kot isti hrup podnevi. Ljudje so bolj nervozni zaradi hrupa poleti, verjetno zaradi odprtih oken in dodatnih izvorov hrupa: klimatske naprave, kosilnice ... Bolj jih moti hrup v stanovanju kot zunanji hrup v širšem okolju. **Na splošno lahko posamezne učinke hrupa na zdravje razdelimo na:**



– primarne učinke (pojavi se med obdobjem izpostavljenosti hrupu) – zburjanje iz spanja zaradi hrupa v okolici (akutni učinek), ob nenadnem hrupu ali pa zaradi kopičenja posledic izpostavljenosti skozi hrup cele noči (kumulativne posledice – npr. čezmerno izločanje stresnih hormonov ponoči med spanjem v hrupu);

– sekundarne učinke (posledica primarnih) – običajno se pojavijo že med izpostavljenostjo hrupu in trajajo še v obdobje po prenehanju delovanja hrupa (razdražljivost zaradi motene komunikacije) ali pa se pojavijo šele po prenehanju delovanja hrupa (utrujenost zaradi motenj spanja zaradi posledic hrupa);

– terciarne učinke – primarne in sekundarne učinke lahko nekaj časa toleriramo, po daljšem obdobju pa ti prispevajo k pojavu različnih bolezni, kronične razdražljivosti in sprememb v obnašanju.

## 5 Ukrepi za zmanjšanje hrupa

### A) Pravnoupravni ukrepi:

- predpisana mejna vrednost – za stroje, delovne prostore in okolje,
- periodični nadzor nad delovnimi prostori,
- zdravstveni nadzor zaposlenih.

### B) Tehnični ukrepi (pri izvoru, na poti k sprejemniku, pri sprejemniku)

#### 1. Pri izvoru

Z zmanjšanjem sil, ki vzbujajo nihanje z:

- zmanjšanjem udarcev ali impulzov,
- uravnoveženjem gibljivih mas,
- zmanjšanjem sile trenja s pravilno montažo in mazanjem,
- izolacijo virov,
- zmanjšanjem vrtinčenja zraka pri izpustu iz šob itd.

S spremembo pri delovnih operacijah z:

- zamenjavo hrupnih delovnih operacij ali strojev s tihimi,
- opustitvijo bučnih delovnih operacij.

Z zmanjšanjem odziva komponent sistema na sile vzburjenja s:

- spremembo lastne frekvence resonančnega elementa s povečanjem lastne frekvence ali spremembo dimenzij in mas,
- elastičnim vpetjem virov.

#### 2. Na poti k sprejemnikom:

- jakost zvoka pri odsotnosti odbojnih površin pada s kvadratom oddaljenosti in zaradi tega lahko zmanjšujemo vpliv hrupa na druge prostore, tako da bučne prostore lociramo čim dlje od drugih;
- dušimo širjenje s pomočjo pregrad;
- ogradimo izvor hrupa;
- zmanjšamo odbojni (odmevni) hrup s pomočjo akustičnih oblog na stropu in stenah.

**3. Pri sprejemniku (človeku) s** sredstvi za osebno varnost, ki so obvezna na območju predpisane mejnega hrupa (nad 90 dBA). Priporočeno je, da se uporabljajo že pri hrupu nad 80 dBA. Uporabljajo se ušesni vložki – čepki, ki lahko zmanjšajo hrup za 10 do 15 dBA (če je hrup večji od 95 dBA, niso več primerni), slušalkami ali glušniki s čelado (ki zmanjšajo hrup za 20 do 25 dBA).

	A) duševna sfera	B) avtonomno živčevje	C) endokrini sistem
PRIMARNI UČINKI	Motnje sporazumevanja in spanja (kvantitativne in kvalitativne)	Zvišan simpatikotonus: povečana srčna frekvenca, vazokonstrikcija, zvišan krvni tlak	Povečano izločanje stresnih hormonov: adrenalina, noradrenalina, kortizola
SEKUNDARNI UČINKI	Motnje spanja (kvalitativne), utrujenost, motnje kognitivne sfere, upad delovne učinkovitosti, razdražljivost		
NAJNIŽJA INTENZITETA	Ekvivalentni nivo 30 dB(A) oz. maksimalni hrup 45 dB(A)	Od 60 do 70 dB(A)	Od 60 do 70 dB(A)
NAJKRAJŠE TRAJANJE	Že med izpostavitvijo pri delu (primarni učinki) in neposredno po izpostavljenosti pri delu (sekundarni učinki)	Med izpostavitvijo	Med izpostavitvijo

Tabela 4: Model ekstraavralnih učinkov hrupa

	AKUSTIČNI IMPULZ
STRESOGENO DELOVANJE HRUPA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Retikularna formacija</b> – hipotalamus-simpatikus: povečana srčna frekvenca in periferni žilni upor, zvišan krvni tlak</li> <li>• <b>Retikularna formacija</b> – hipotalamus-hipofiza-suprarenalka: adrenalin in noradrenalin, skorja suprarenalke: kortikosteroidi (kortizol)</li> <li>• <b>Retikularna formacija</b> – limbični sistem – amigdalna telesa: motena čustvena sfera</li> </ul>
TERCIARNI UČINKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kardiovaskularne bolezni:</b> arterioskleroza, arterijska hipertenzija, koronarna bolezen srca</li> <li>• <b>Endokrine motnje:</b> iztirjen metabolizem lipidov, sladkorja, stresnih hormonov, adrenalina, noradrenalina, kortizola, spolnih hormonov</li> <li>• <b>Možne krvne bolezni:</b> povečana viskoznost plazme, trombocitoza, povišan fibrinogen, znižan antitrombin III</li> <li>• <b>Možne bolezni dihal:</b> bronhialna astma, alergija dihal</li> <li>• <b>Možne bolezni prebavil:</b> vnetje sluznice in rana na želodcu</li> </ul>

Tabela 5: Model škodljivega delovanja hrupa





Ugotovljeno je, da 90 % populacije, ki je izpostavljena industrijskemu hrupu, potrebuje redukcijo le za 10 dBA.

Pri uporabi posebne varovalne opreme za varovanje sluha morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- udobnost (oprema se ne bo uporabljala, če ni udobna);
- kompatibilnost z drugo osebno varovalno opremo;
- kompatibilnost z obliko uporabnikovega slušnega kanala, bobniča in srednjega ušesa (če ima uporabnik vnetje sluhovoda ali perforacijo bobniča, naj ne bi uporabljal ušesnih čepov);
- uporabnikova sposobnost rokovanja in koriščenja (izobraževanje in kontrola ustreznosti koriščenja);
- ustreznost osebne varovalne opreme, vezane na klimatske razmere (slušalke se ne morejo nositi v veliki vročini in vlagi);
- primernost za vrsto dela, ki ga izpostavljeni opravlja;
- možnost komunikacije (ušesni čepi lahko nevarno znižajo ko-

munikacijsko sposobnost osebe s slabšim sluhom);

- karakteristike znižanja hrupa osebne varovalne opreme, izražene v velikosti redukcije hrupa (noise reduction rating NRR).

Izbira osebne varovalne opreme za varovanje sluha je odvisna od številnih dejavnikov:

- ravni hrupa,
- vrste hrupa (trajen, nepretrgan, spremenljiv, kratkotrajen, impulziven ...),
- vrste dela in načina izvajanja delovnih nalog,
- potrebe po sporazumevanju s sodelavci (dajanje in sprejemanje navodil ...),
- udobja,
- telesnih značilnosti (oblike ušesa in glave),
- delavčevih želja in predlogov,
- uporabe druge osebne varovalne opreme (čelada, zaščitna očala ...),
- značilnosti delovnega okolja (temperatura, vlažnost, prah, umazanija ...),
- navad in osebnih značilnosti

posameznikov (skrbnost pri umivanju rok, ušes in vzdrževanju osebne varovalne opreme).

## UŠESNI ČEPI

### Prednosti:

- so majhni in jih je enostavno prenašati,
- so primerni za uporabo v kombinaciji z drugo osebno varovalno opremo (lahko jih nosimo skupaj s slušalkami – glušniki),
- so udobni za daljše nošenje v vročih in vlažnih delovnih okoljih,
- so primerni za uporabo v utenjenih prostorih.

### Pomanjkljivosti:

- zahtevajo daljši čas prilagajanja,
- težje jih je vstaviti in odstraniti,
- zahtevajo neko stopnjo higijene,
- lahko razdražijo ušesni kanal,
- lahko jih je založiti,
- težko je nadzorovati, ali jih delavec sploh uporablja ...

## SLUŠALKE – GLUŠNIKI

### Prednosti:

- načrtovane so tako, da ena velikost ustreza različnim velikostim glave,
- omogočajo enostaven nadzor nad tem, ali jih delavec uporablja,
- ni jih mogoče založiti ali izgubiti,
- ni večje nevarnosti za vnetje ušes.

### Pomanjkljivosti:

- so težje,
- so manj primerne za uporabo v

- povezavi z drugo osebno varovalno opremo,
- so neudobne za nošenje v vročih in vlažnih delovnih okoljih,
  - so manj primerne za nošenje v utesnjenih prostorih ...

Kadar je znižanje hrupa ob uporabi osebne varovalne opreme nižje od 3 dBA, uporabljena oprema ni ustrežna.

Za spremljanje nivoja izpostavljenosti hrupu glede na redukcijo hrupa, ki se doseže z uporabo osebne varovalne opreme, se uporablja naslednja formula: dokazana izpostavljenost (dBA) je intenziteta ekspozicije (dBA) – (NRR-7).

Primer: če je delavec izpostavljen hrupu 95 dBA in uporablja ušesne čepe z NRR 27, je njegova izpostavljenost hrupu  $95 - (27 - 7) = 75$  dBA.



### Prvi korak pri reševanju problema hrupa je dokazovanje tega.

**1. Indikacija problema hrupa** (če je delovno okolje prehrupno, je normalno jakostno sporazumevanje moteno):

- ali sodelavci dvigujejo glas, ko se sporazumevajo,
- ali uslužbencem zvonijo v ušesih po končanem delu,
- ali morajo povečati glasnost avtomobilskega radia na poti iz službe,
- ali ima uslužbenec problem pri razumevanju govora na zabavah, v restavracijah oz. kjer je veliko drugih glasov ...

**2. Meritve hrupa na delovnem mestu** (izmeriti je treba predvsem jakost hrupa in časovno izpostavitve hrupu):

- fizični pregled celotnega delovnega okolja, delovnih nalog in



virov hrupa ter iskanje indikacij problema,

- meritve hrupa,
- ocena točne lokacije delavcev glede na hrup in dolžino časa izpostavitve.

Vedno se lotevamo zmanjševanja oziroma zaščite pred hrupom tako, da najprej delujemo na mestu nastanka hrupa, nato na poti širjenja in šele nato, ko so ukrepi prve in druge točke izčrpani, na mestu ogrožene osebe, z osebni varovalnimi sredstvi. Najprej moramo definirati cilje (na osnovi norm, predpisov in drugih zahtev), nato določimo akustične lastnosti izvora hrupa, analiziramo pot širjenja in strukturne komponente hrupa, predvidimo nivo hrupa, napravimo izbor in optimizacijo aktivnosti varstva pred hrupom za doseg postavljenih ciljev in ocenimo ustreznost izvedenih ukrepov.

Proizvajalci osebne varovalne opreme običajno navajajo podatke, da je zaščita z uporabo osebni varovalni sredstev zelo velika. V realni situacija zaščita ni taka zaradi vrste dejavnikov (npr. lasje, brada, okvir očal ipd.). Upoštevati pa je treba tudi udobnost varovalne opreme,





lahkotnost uporabe, čiščenje, trajnost, kompatibilnost z drugo osebno varovalno opremo in obliko.

Eden od razlogov za zavračanje uporabe osebne varovalne opreme proti hrupu je tudi dejstvo, da taka oprema ovira komunikacijo. Pri hrupu 92 dBA je razumljivost govora med poslušalcem in govornikom 70 %, ko uporablja poslušalec osebno varovalno opremo, 50 %, ko pa jo uporabljata poslušalec in govornik, le še 25 %. Pri tem je tudi njun govor spremenjen (2–4 dB tišji, 20 % hitrejši in z do 25 % krajšimi prekinitvami oz. pavzami), zato je potreben dodaten napor, da sporočevalec v hrupnem okolju govori glasneje, počasneje in bolj jasno.

### 3. Organizacijski ukrepi:

- manj izpostavljenih ljudi na hrupnem delovnem mestu,
- krajša izpostavljenost ljudi na hrupnem delovnem mestu,
- izbira opreme, ki ni hrupna,
- znanje in izobraževanje ljudi, da se zavedajo, kako ravnati, da ne povzročajo hrupa in da se zavedajo škodljivosti hrupa.

### Obstaja velika verjetnost, da imamo težave z sluhom, če:

- a. menimo ali smo prepričani, da vsi okoli nas momljajo ali ne govorijo dovolj razločno;
- b. slabo slišimo zvoke, ki imajo visoke tone (npr. glas majhnih otrok, ptičje petje, zvonjenje telefona ...);
- c. slabo razlikujemo med bese-

dami, ki vsebujejo soglasnike C, Č, F, H, S, Š;

- d. med pogovorom večkrat prosimo sogovornika, naj ponovi tisto, kar je že povedal;
- e. se ne smejemo šalam, ker nismo vsega razumeli ali slišali;
- f. moramo med pogovorom nujno stalno gledati sogovornika, ker drugače ne razumemo, kaj nam hoče povedati;
- g. občutimo zvonjenje ali piskanje v ušesih takoj po izpostavljenosti hrupu;
- h. moramo vedno nastaviti glasnost radia ali televizorja na večjo glasnost, kot želijo drugi ljudje v prostoru ...

### Ukrepi za obvladovanje hrupa v delovnem okolju:

- najpomembnejša je ureditev delovnega okolja,
- izvore motečega hrupa je smiselno umakniti iz delovnega prostora,



- smiselna je prostorska umestitev istovrstnih del,
- ureditev manjših prostorov za razprave o problemu,
- ureditev manjših prostorov, v katerih so združeni delavci, ki opravljajo istovrstna dela,





- upoštevati je treba smiselne pobude zaposlenih pri organizaciji delovnega okolja,
- hrup je treba obvladati tudi v domačem okolju z ustrezno zvočno izolacijo zgradb, izklopom računalnika in televizorja kot zvočnih kulis, nabavo ustreznih gospodinjstkih aparatov in primerno glasnostjo glasbe ...

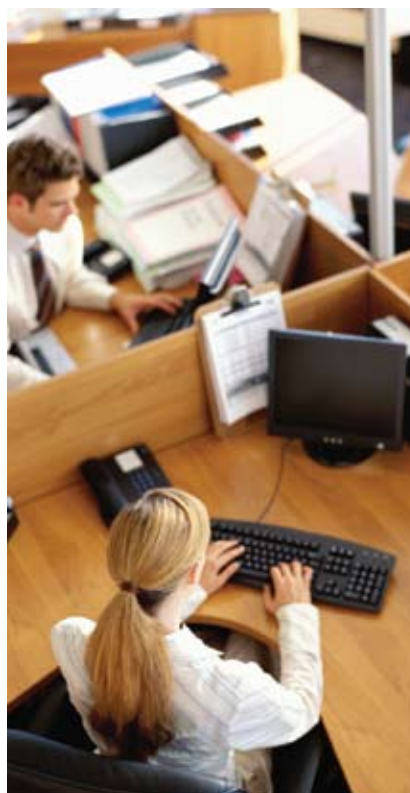
Posebno pomembna naloga je, da so delavci poleg poznavanja škodljivosti hrupa seznanjeni tudi z dejstvom, da posledice nezavarovanega dela v hrupu ne nastopijo takoj, vendar so po krajšem ali daljšem času izpostavljenosti neizbežne. Pomembno je tudi, da delavci vedo, da so sredstva za osebno varnost zanesljivo sredstvo, če jih pravilno in dosledno uporabljajo, in da je poklicna naglušnost le znak, da niso upoštevali predpisov oziroma uporabljali sredstev za osebno varnost.

Zvok lahko prekrije drug zvok, ki ga potem slabše ali pa sploh ne slišimo. Tak zvok imenujemo prekrit ali maskiran (npr. zvok predavatelja), zvok, ki moti, pa prekrivajoč ali maskirajoč zvok (npr. zvok sirene). Prekrivanje je najučinkovitejše, kadar ima prekrivajoči zvok frekvenco prekritega

zvoka. Glas, s katerim govorimo, mora biti vsaj 10 dBA glasnejši kot njegovo ozadje. Razumevanje govora v prostoru je odvisno tudi od njegovega odmeva, ki posamezno besedo popači ali govor poudari.

#### **Raven hrupa na delovnem mestu ne sme presegati dovoljenih vrednosti:**

- da ne moti raznih vrst dejavnosti;
- da ne moti neposrednega sporazumevanja z govorom;
- da ne moti posrednega sporazumevanja s komunikacijskimi sredstvi (telefon, radio);
- da ne moti sprejemanja zvočnih signalov (zato mora biti raven hrupa za 10 dB(A) nižja od ravni



zvočnega signala, ki ga je treba slišati na določenem delovnem mestu);

- da je sluh zavarovan pred okvaro;
- da je čas izpostavljenosti hrupu dovoljen glede na trajanje hrupa določene ravni – vrednosti.

#### **Hrup ima, vsaj glede pozornosti in pripravljenosti na delo, funkcijo (obliko) U – ni dobro, če ga je preveč, pa tudi ne, če ga je premalo.**

Stalen (kontinuiran) hrup z majhnim številom signalov načeloma ne vpliva na učinkovitost pri preprostih nalogah. Nestacionaren, prekinjajoč in neperiodičen hrup (glasba, govor, pok, močni udarci) pa moti pozornost pri delu in vpliva na delovno učinkovitost – predvsem zaradi preusmerjanja pozornosti in občasne prekinitve dela. Po drugi strani pa hrup povzroča tudi veliko alternativnih konkurenčnih dražljajev, ki lahko delujejo pozitivno. Lahko nas odvrta od skrbi ali problemov. Prav tako lahko poveča nivo aktivacije, kar ima zopet različne vplive na delovno učinkovitost (odvisno od vrste naloge). Hrup zmanjšuje produktivnost, kjer je potrebna koncentracija, sposobnost odločanja, delovni spomin in pozornost oziroma kjer delo ni rutinsko, hkrati pa tudi pripomore k večji varnosti, kjer gre za monotono delo ali pri nočnem delu (ker aktivira budnost). Tudi glasba lahko odvrta od delovne naloge, zlasti če vsebuje nepravne napeve. Pisanje domače naloge s slušalkami

na ušesih je zato slaba navada sodobnih mladostnikov. Glasba naj ustvarja prijetno delovno okolje, manjša monotonijo in časovni pritisk. Razne študije prikazujejo njen pozitivni učinek na produktivnost, fluktuacijo, nesreče pri delu in absentizem, vendar so glede na multikavzalnost ti učinki le težko dokazljivi. Glasba deluje na retikularno formacijo in – vsaj dokler ne pride do navade – povečuje budnost. Preko limbičnega sistema vpliva tudi na čustveno stanje. Če delavci glasbe ne spremljajo, gre pravzaprav za nezaželeno zvočno motnjo, torej v bistvu za hrup. Glasba pri delu nikakor ne sme konkurirati s sporočilnim zvokom stroja (s hrupom stroja), prilagojena pa mora biti delovnemu ritmu in čustvom (mentaliteta, starost ipd.) delavcev.

Človek se lahko na določen hrup bodisi adaptira bodisi senzibilizira (mati, ki stanuje ob železniški postaji, mirno spi, ko mimo vozijo vlaki, zbudi pa se, ko zajoka njen dojenček). Sem spada tudi problematika komunalnega hrupa.

#### **Hrup moti naslednje naloge oz. vrste dela:**

- delo, ki vključuje koncentracijo, učenje, analitične procese,
- delo, kjer je pomembna komponenta govorjenje ali poslušanje,
- dela, sestavljena iz natančnih in finih motoričnih gibov,
- dela, ki vključujejo simultane naloge,
- dela, ki potrebujejo stalno zbranost in pozornost za multiple naloge.



#### **6 Literatura**

Kambič, V. Otorinolaringologija, Mladinska knjiga, Ljubljana 1984; 15–20.

Kambič, V. Otorinolaringologija, Mladinska knjiga, Ljubljana 1984; 251–263.

Bilban, M. Medicina dela: Sluh (Hrup), ZVD, Ljubljana 1999; 381–398.

Beretič Strahuljak, D., Žuškin, E., Valič, F. Medicina rada, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990.

Gspan, P. Ekologija dela – priručnik; Iskra Telematika, ZVD SRS, Kranj 1987; 61–73.

Sušnik, J. Ergonomska fiziologija, Didakta 1992; 70–95.

La Dou, J. Occupational & Environmental Medicine, USA 1997; 123–138.

Oblak, J. Priročnik za tečaj iz avdiometrije, KC ORL klinika, Ljubljana 1990.

Pezelj, N., Švagel, J. Sistematska audiometrijska kontrola radnika koji rade u buci i kriteriji za uklanjanje radnika iz buke, ZC Niš, Niš 1985.

Rišavi, A. Otoneurološka dijagnostika, Zbornik udruženja otorinolaringologa Jugoslavije, Arandelovac 1980.

Černelč, S. Čitanje avdiometričnih krivulj (napake pri avdiometriranju), KC ORL klinika, Ljubljana 1987.



Černelč, S., Kambič, V. Možnosti objektivnega vrednotenja sluha in vloga naglušnosti pri ocenjevanju delovne sposobnosti, KC ORL klinika, Ljubljana 1990.

Škibin, L. Postavitev suma na poklicno bolezen zaradi hrupa po predlogu pravilnika za verifikacijo poklicnih bolezni zaradi hrupa pri delu, ULMF Katedra za javno zdravje, Diplomaska naloga, Ljubljana 2002.

Sabadin, A. Ekologija dela za psihologe, FF Oddelek za psihologijo, Ljubljana 1997.

Mikeln, P. Ropot. V: Ergologija 1, UMB, Fakulteta za organizacijske vede, Založba moderna organizacija, Kranj 2000; 99–112.

Polajner, A., Verhovnik, V., Sabadin, A., Hrašovec, B. Ergonomija. UMB, Fakulteta za strojništvo, Maribor 2003.

Črnivec, R. Škodljivi učinki hrupa in vibracij pri delu ter varstvo pred temi učinki; Razširjene teze. KC KIMDPŠ, Ljubljana 2001.

Deželak, F., Bilban, M., Škraba, L. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu s komentarji, ZVD Zavod za varstvo pri delu, knjižica 122, Ljubljana 2001.

Čakš, T. Priročnik iz higijene, ULMF Inštitut za higieno, Ljubljana 2002.

Valič, F. Zdravstvena ekologija, Medicinska naklada Zagreb, Biblioteka sveučilišni udžbenici, Zagreb 2001.

Radanović, B., Salaj, B. Buka i akustička trauma. V: Šarić, M., Žuškin, E.: Medicina rada i okoliša, Medicinska naklada Zagreb 2002; 319–344.

Jovanović J. Ekstraauditivni efekti. V: Vidaković, A.: Medicina rada II, KCS – Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu, Beograd, Udruženje za medicinu rada Jugoslavije, Beograd 1997; 600–02.

Čudina, M. Tehnična akustika, UL Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2001.

Črnivec, R., Trstenjak, D. A., Škibin, L., Dodić, F. M. Poklicne okvare zaradi hrupa (35). Verifikacija poklicnih bolezni v RS, KIMDPŠ, Ljubljana 2009.

Bilban, M. Škodljivi učinki hrupa in delazmožnost, ZVD, Ljubljana 2010.

Pranjić, N. Interakcija buke i sluha. Medicina rada, Arthur, Tuzla 2007; 162–73.

Radanović, B., Salaj, B. Buka i akustička trauma. Šarić, M., Žuškin E. Medicina rada i okoliša, Medicinska naklada, Zagreb 2002; 319–344.

Babisch, W., Fromme, H., Bayer A et all. Increased catecholamine levels in urine in subjects exposed to road traffic noise: the role of stress hormones in noise research. Environ Int 2001; 26: 475–81.

Harris CM. Handbook of Noise control, 2 nd ed. NY, McGraw-Hill 1979.

Babisch, W. Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. Noise health, 2003 Jan–Mar; 5(18)1–11.

Ising, H., Kruppa, B. Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years, Noise health, 2004 Jan–Mar; 6 (22): 5–13.

Spreng, M. Possible health effects of noise induced cortisol increase. Noise and health 2000; 7: 59–63.

Tominšek, J., Bilban, M. Vpliv hrupa na aterogenezo. Zdrav vestnik, SZD, Ljubljana 2010 ( v tisku).

Tratnik, E. in sod. Prenehajte s tem hrupom. Priročnik z osnovnimi informacijami in navodili. Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, Ljubljana 2005.



**Poslovna skupina Sava**