

## **Zaštita od buke**

# Sadržaj

<b>UVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>1 POLAZIŠTE SMJERNICA</b> .....	<b>2</b>
<b>2 POZADINA</b> .....	<b>5</b>
<b>3 TEHNIKE NADZORA BUKE</b> .....	<b>7</b>
3.1 Smanjenje buke .....	7
3.2 Rješenja za nadzor buke .....	8
3.2.1 Smanjenje i sprječavanje buke.....	8
3.2.2 Planiranje i upravljanje nadzorom buke .....	8
3.2.3 Nadziranje buke na izvoru .....	9
3.2.4 Nazdiranje širenja buke .....	11
<b>4 NEKI PRIMJERI IZ SEKTORA OBUHVAĆENIH IPPC DIREKTIVOM</b> .....	<b>13</b>
4.1 Vađenje kamena i ruda .....	13
4.1.1 Mogući učinci eksplozija.....	14
4.1.2 Smanjivanje utjecaja eksplozija.....	15
4.2 Radovi na odlagalištu .....	15
4.3 Stanice za pretovar otpada, sustavi za oporabu I centri za obradu otpada .....	16
4.4 Proizvodnja metala .....	17
4.5 Proizvodnja hrane .....	18
4.5.1 Metode smanjivanja buke .....	18
<b>5 VREDNOVANJE BUKE</b> .....	<b>24</b>
5.1 Čimbenici određivanja graničnih vrijednosti i nadzora buke .....	24
5.2 Ocjenjske razine za buku s istaknutim tonovima I buku s impulsima .....	24
5.3 Opće smjernice i ograničenja za IPPC postrojenja .....	26
5.4 Utvrđivanje graničnih vrijednosti emisija buke .....	26
<b>6 PRAĆENJE RAZINA EMISIJA I PROCIJENJIVANJE USKLAĐENOSTI S KRITERIJIMA I GRANIČNIM VRIJEDNOSTIMA</b> .....	<b>28</b>
<b>7 DIREKTIVA O BUCI U OKOLIŠU</b> .....	<b>30</b>
<b>8 POJMOVNIK</b>	<b>31</b>

## UVOD

### 1 POLAZIŠTE SMJERNICA

Ključna je značajka IPPC direktive zahtjev da se dozvole temelje na primjeni najboljih raspoloživih tehnika (NRT). Najbolje raspoložive tehnike utvrđene su Zakonom o zaštiti okoliša. Ukratko, NRT podrazumijeva: sve tehnike, uključujući tehnologiju, planiranje, izgradnju, održavanje, rad i zatvaranje pogona, koje su primjenjive u praksi pod prihvatljivim tehničkim i ekonomskim uvjetima te su najučinkovitije u postizanju najvišeg stupnja zaštite okoliša kao cjeline. Od listopada 2007. godine, sva postrojenja trebaju ishoditi objedinjenu dozvolu koja određuje granične vrijednosti emisija temeljem NRT-a. Ovaj je niz smjernica nastao kako bi pomogao u određivanju NRT-a.

Ovo je jedna iz niza bilješki koje opisuju zaključke o najboljim raspoloživim tehnikama (NRT) za industrijske sektore. Sve bilješke imaju cilj pružiti čvrst okvir za postojeane i transparentne propise o postupcima i postrojenjima. Pripremljeno je nekoliko priručnika o horizontalnim pitanjima a Priručnik o NRT-u u svezi zaštite od buke je dokument broj **xxxxxxx** i na njega se treba pozvati prilikom utvrđivanja uvjeta za dozvolu.

- Prilikom određivanja NRT-a za novo postrojenje, treba koristiti zaključke iz referentnih dokumenata o NRT-u (BREF), ili, gdje je primjenjivo, naprednije tehnike. Pri određivanju na lokalnoj razini, NRT-u pridružene granične vrijednosti emisija (BATAEL) ne smiju se prekoračiti, već bi trebalo primijeniti niže razine bilo kojeg opsega.
- Kod određivanja NRT-a za postojeće postrojenje, moguće je odlučiti se za odstupanje koje u obzir uzima troškove i koristi zaštite okoliša i na lokalnoj razini odrediti nešto manje strože granične vrijednosti. Čitav skup čimbenika može se razmatrati prilikom odlučivanja o najpogodnijim tehnikama koje pružaju najbolju zaštitu okolišu kao cjelini. Cilj je odrediti uvjete dozvole kako bi se postrojenje približilo što je moguće više normama postavljenim za novo postrojenje, ali uzimajući u obzir ekonomičnost, vremenski raspon i praktičnost izmjena na postojećem postrojenju. Prilog IV IPPC direktive navodi okolnosti koje treba razmotriti prilikom određivanja NRT-a na lokalnoj razini.
- Tokom procjene primjenjivosti NRT-a ili pridruženih graničnih vrijednosti emisija za postojeće postrojenje, odstupanja se mogu prikazati kao stroža ili manje stroža od NRT-a, kako to opisuju referentni dokumenti (BREF). Tehnika koja najviše odgovara ovisi o lokalnim čimbenicima pa će možda biti potrebna lokalna procjena troškova i koristi raspoloživih rješenja kako bi se utvrdilo najbolje. Objašnjenje opravdanosti odstupanja od zaključaka iz BREF-a mora biti jasno i zabilježeno.
- Odstupanja mogu biti opravdana temeljem troškova i koristi zaštite okoliša, kao i lokalnih uvjeta kao što su tehnička svojstva predmetnog postrojenja, njegov zemljopisni smještaj i lokalni okolišni uvjeti, no ne i temeljem profitabilnosti pojedine tvrtke.
- Svi su postupci predmetom NRT-a. Općenito, ono što je NRT za jedan tehnološki postupak u sektoru, vjerojatno je i NRT za drugi usporedivi postupak. iako, kod svakog slučaja, u praksi je na regulatorima (podložno prizivu) da odluče što je NRT za pojedini tehnološki postupak, a u obzir trebaju uzeti promjenjive

čimbenike (kao što su konfiguracija, veličina i druga svojstva postupka) i smiješaj (kao npr. blizinu posebno osjetljivih prijemnika). U konačnici, NRT je svojstven pojedinoj lokaciji, no ove smjernice odnose se na većinu postupaka unutar sektora i tomu treba posvetiti naročitu pozornost kako bi se u najvećoj mjeri postigla odgovarajuća konzistentnost dozvola.

- Smjernice su namijenjene:
  - regulatorima, koji moraju smjernice uzeti u obzir prilikom pregleda zahtjeva i preispitivanja važećih odobrenja i dozvola,
  - operatorima, kojima se također savjetuje uzimanje u obzir smjernica prilikom sastavljanja zahtjeva, kao i tokom daljnjeg postupka,
  - predstavnicima javnosti, koji mogu biti zainteresirani da znaju što se podrazumijeva pod odgovarajućim uvjetima za nadzor emisija kod većine postupaka unutar određenog industrijskog sektora.
- U vrijeme nastanka, ove su smjernice temeljene na poznavanju i razumijevanju:
  - Referentnih dokumenata o NRT-u
  - Smjernica o zaštiti od buke Agencije za zaštitu okoliša iz Irske i Velike Britanije
  - važnosti buke u definiranju utjecaja na okoliš i
  - kako zaštita od buke čini dio NRT-a i potpada pod ciljeve IPPC direktive.
- Pored referentnih dokumenata (BREF-ova), korištene su i smjernice nastale u drugim zemljama koje, također, mogu pružiti dodatne informacije.
- Povremeno, smjernice mogu biti izmijenjene i dopunjene kako bi se išlo u korak s usavršavanjem NRT-a, uključujući poboljšanje tehnika i nova saznanja o utjecajima na i rizicima po okoliš. Takve izmjene mogu biti u obliku cjelovitog dopunjenog izdanja ovog dokumenta, ili u obliku zasebnih dodatnih smjernica koje se bave posebnim pitanjima.
- Isto tako, u svrhu sveobuhvatnog razumijevanja ovih pitanja, potrebno je razmatrati i sljedeće hrvatske smjernice za:
  - procjenu NRT-a
  - energetske učinkovitost
  - tehnike praćenja (monitoringa)
  - zaštitu od buke
  - stavljanje postrojenja izvan pogona
  - smanjivanje količine otpada
  - sustave upravljanja okolišem
  - procjenu onečišćenja tla
  - emisije iz difuznih izvora ili fugitivne emisije

## 2 POZADINA

Buka je svaki zvuk koji može uzrokovati uznemirenje, nelagodnost i psihološku napetost osobi koja joj je izložena, ili svaki zvuk koji može uzrokovati stvarnu fiziološku ozljedu osobi koja joj je izložena, ili fizičko oštećenje na nekoj građevini koja joj je izložena.

Buka (i zvuk) obično se mjeri na skali decibela, koja je logaritamska skala, temeljena na omjeru u odnosu na referentnu vrijednost (20 mikropaskala). Razina zvučnog tlaka ( $L_p$ ) u decibelima, koja odgovara zvučnom tlaku,  $p$ , izražava se kao:

$$L_p = 10 \log_{10} (p/p_0)^2 = 20 \log_{10} (p/p_0) \text{ gdje je}$$

$p_0$  referentni zvučni tlak od 20 mikropaskala ( $\mu\text{Pa}$ ).

Ljudsko uho nije podjednako osjetljivo na svim frekvencijama. Stoga, strogo uzevši, razina zvučnoga tlaka nije mjerilo glasnoće zvuka. Kako bi se dobio rezultat mjerenja koji se pobliže odnosi na percepciju glasnoće, isti sadržava i frekvencijsko vrednovanje.

U pokušaju procjenjivanja moguće ljudske reakcije na zvuk, obično koristimo A-mrežu vrednovanja, u skladu s međunarodnim normama. Očitavanja A-vrednovanja najbliže odgovaraju reakciji ljudskoga uha.

Jedinice A-vrednovane ljestvice decibela izražene su kraticom dB(A), međutim, izraz 'razina zvuka' općenito daje naslutiti da je primijenjeno A-vrednovanje, osim ako je drugačije naznačeno.

U nastavku navedena tablica prikazuje kako se u određenoj sredini opaža buka.

Razina zvuka u decibelima dB(A)	Opis
0	Potpuna tišina
25	Vrlo tiha prostorija
35	Spuštanje večeri bez vjetra u seoskom području
55	Dan, 0,5 km udaljena užurbana prometnica
70	Restoran pun gostiju
85	Prepun kafić, potrebno je vikati kako bi vas čuli
100	Disco ili rock koncert
120	Neugodno glasno, nemoguće je razgovarati
140	Buka uzrokuje bol u ušima

Kako emisije buke ne bi uzrokovale značajne utjecaje na okoliš (npr. uzrokovale smetnje ljudima), potreban je nadzor u svrhu smanjenja ili uklanjanja nekih vrsta buke.

IPPC dozvole mogu sadržavati uvjete vezane za nadzor buke. Ti uvjeti mogu obuhvaćati granične vrijednosti emisija za emisije buke koje se ne smiju prijeći, ili, pak, metode sprječavanja ili nadzora buke.

Nakon uspostave ograničenja za emisije buke, razmatra se širok raspon čimbenika a s najvažnijima među njima bavi se ovaj dokument.

Procjena buke i uspostava odgovarajućih ograničenja ponekad mogu nagnati procjenitelja da pomiri potrebu za infrastrukturom i industrijom s proturječnom nužnošću smanjivanja buke. Prosudba je tijela ovlaštenog za izdavanje dozvole važna a operateru objekta/postrojenja može zatrebati stručan savjet i pomoć.

Sve nadležne osobe moraju biti sposobne i posjedovati kombinaciju tehničkog znanja, iskustva i vještina koje, u najmanju ruku, obuhvaćaju:

- dobro poimanje i iskustvo s relevantnim akustičnim normama
- jasno razumijevanje u postupku izdavanja dozvola obveza koje se tiču buke
- poznavanje opreme za praćenje akustike i raspona indeksa buke, uključujući:  $L_{A1}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A90}$ ,  $U_{max}$ ,  $L_{Aeq}$ , i  $L_{Ar,T}$
- praktično znanje i iskustvo s analizom spektra – pojasa oktave i analize pojasa 1/3 oktave te sposobnost procjene zvučnih i impulsnih elemenata
- sposobnost da analiziraju, tumače i objasne rezultate
- sposobnost da izrade potrebne akustične izračune i predviđanja, kada je potrebno te
- sposobnost da uoče kada je potrebna uža stručnost.

Nadležna osoba mora pokazati kako praktičnu, tako i teoretsku kompetenciju i treba se trajno stručno usavršavati.

## 3 TEHNIKE NADZORA BUKE

### 3.1 Smanjenje buke

Mjere smanjenja mogu se u širem smislu svrstati pod mjere za izbjegavanje (tj. primjenu alternativnog pristupa uklanjanju utjecaja) ili mjere smanjenja (smanjenje jačine utjecaja). Mjere ublažavanja utjecaja na okoliš mogu uključiti bilo što između:

- preinaka tehnološkog postupka u svrhu smanjenja emisija
- primjene zvučnih ograda
- ugradnje ili preinake nadzorne opreme
- ograničavanja broja sati ili intenziteta rada uređaja i
- promjena na lokaciji ili samom uređaju, mjestima ispuštanja, itd., radi smanjenja utjecaja emisija.

Mjere same po sebi mogu povremeno imati sekundarne utjecaje a njih treba prepoznati i procijeniti prije primjene (primjerice, ugradnja akustičnog atenuatora ili drugog kontrolnog mehanizma može utjecati na izvedbu određene opreme ili može rezultirati smanjenom energetsom učinkovitošću).

Dok se utvrđivanje i primjena mjera uglavnom razmatraju tijekom planiranja ili izrade studije utjecaja zahvata na okoliš, za upravljanje i nadzor buke potrebna je primjena mjera tijekom vijeka trajanja aktivnosti (uključujući i fazu stavljanja izvan pogona).

Na nekim mjestima, kombinacija čimbenika, primjerice: uređaj koji je svojstveno tih i/ili učinkovita zaštitna obloga izvora buke, jamče da je buka u okolišu relativno mali problem pa se ne očekuju značajan porast utjecaja na okoliš. Međutim, u slučaju mnogih uređaja mora se stalno planirati djelovanje kako bi se osigurala učinkovita razina nadzora emisija buke s lokacije. S tim u svezi, pravilnim se smatra uvođenja programa upravljanja bukom, temeljnim na procjeni rizika, za većinu postrojenja/lokacija. Neki čimbenici koje naglašava odjeljak 3.1 pomoći će pri određivanju karaktera i opsega programa upravljanja bukom. Stupanj pozornosti i prioriteta koga zahtijeva program odredit će se ovisno o svojstvenosti lokacije, prema procjeni rizika.

Većina postrojenja/lokacija može se svrstati u niskorizične ili visokorizične s obzirom na buku.

Mnoga će postrojenja/lokacije trebati nekakav oblik programa upravljanja bukom dok samo u izuzetnim slučajevima to neće biti potrebno. Takve okolnosti obuhvatit će mjesta gdje:

1. uređaju/lokaciji pripisive razine buke uvijek su u skladu s relevantnim ograničenjima buke; ocjenska razina ( $L_{ArT}$ ) je niža od 55 dB tijekom dana i  $L_{Aeq}$  je niža od 45 dB tijekom noći na granici lokacije/postrojenja
2. uređaju/lokaciji pripisive ocjenske razine nisu više od 5 dB veće od pozadinske buke (mjerene kao  $L_A$ , 90 razina u odsutnosti buke iz uređaja/s lokacije)
3. je buka širokopojasna, tj. ne postoji buka s istaknutim tonom ili impulsom, određena subjektivnim i objektivnim procjenama, na granici uređaja/lokacije te u ranijim razdobljima nije bilo opravdanih pritužbi a osjetljivi receptori udaljeni su ili dobro zaštićeni od prevladavajućih izvora buke.

Ukoliko svi prethodno navedeni čimbenici nisu primjenjivi, treba pretpostaviti da je program upravljanja bukom potreban, a njegovo područje iopseg koga zahvaća trebaju biti proporcionalni stupnju uređaju/lokaciji pripadajućeg rizika

Program upravljanja bukom može se definirati kao dio sveukupnog sustava upravljanja koji se bavi pitanjima buke u okolišu koja su povezana s uređajem/lokacijom. Pristup sustava upravljanja okolišem k trajnim poboljšanjima u širokoj je primjeni a prilagodba je modela sustava ISO 14001 EMS, u cilju stalnog poboljšanja, odgovarajuća.

Prioriteti programa upravljanja bukom trebali bi biti jasno utvrđivanje važnih pitanja buke u okolišu koja je povezana s postrojenjem/lokacijom, planiranje i provedba nadzora buke, procjena i aktivnosti za ublažavanje te periodična preispitivanja.

Kako je već navedeno, zbog nužnosti donošenja formalnog programa upravljanja bukom u svakom postrojenju, potrebno je usvojiti pristup koji uključuje procjenu rizika. Međutim, čak će i postrojenja/lokacije s malim rizikom trebati stalno brinuti o svojim emisijama buke, i to u okviru cjelovitog pristupa sprječavanju i nadzoru onečišćenja. U tom smislu, vrijedno je pažnje da ugradnja nove opreme za nadzor emisija može značajno povećati emisije buke.

Ostale situacije koje predstavljaju moguće probleme operaterima uključuju proglašenje novog područja u neposrednoj blizini postojećeg postrojenja stambenim i/ili područjem osjetljivim na buku, ili, pak, promjene razina pozadinske buke uslijed vanjskih čimbenika.

## **3.2 Rješenja za nadzor buke**

Mjere ublažavanja štetnih učinaka i mjere nadzora buke mogu se u širem smislu svrstati među tehnike planiranja i upravljanja, nadzora izvora buke te nadzora širenja buke. Iako postoje očita preklapanja nekih od njih, u odjeljcima koji slijede navedeni su i primjeri dobre prakse te mogući pristupi nadzoru.

### **3.2.1 Smanjenje i sprječavanje buke**

Buka i vibracije predstavljaju uobičajene probleme industrije a izvore buke nalazimo u svim industrijskim sektorima. Buka iz tehnološkog postupka u postrojenju koja se ispušta u okolinu čimbenik je koji je do sada izazvao mnogo pritužbi a prikupljene su i informacije o uzrocima i pristupima sprječavanju i smanjivanju buke i vibracija. Učinak buke na operatere unutar postrojenja nije predmetom ovih smjernica.

Veliki izvori buke su promet i rukovanje sirovinama i proizvodima, tehnološki postupci, uključujući brušenje i drobljenje, uporaba crpki i ventilatora, ispuštanje pare i sustavi uzbunjivanja i obavještanja bez nadzora. Buka i vibracija mogu se mjeriti na niz načina no s tim vezane pojedinosti specifične su za svaku lokaciju, kao i s obzirom na uzimanje u obzir frekvencije zvuka te blizine naseljenih područja.

### **3.2.2 Planiranje i upravljanje nadzorom buke**



Treba razviti svijest o ključnim pitanjima buke u okolišu (veliki izvori, bučni tehnološki postupci i njihov učinak na lokacije osjetljive na buku). U svakom je postrojenju važno usvojiti logičan i sustavan pristup upravljanju bukom. Prvi je korak kod postojećih postrojenja procjena postojećih ili planiranih izvora buke i njihovog relativnog doprinosa ambijentalnim razinama.

Sljedeći je korak ustanovljavanje ciljnih razina buke za određenu situaciju ili izvor. Tada se može procijeniti stupanj potrebnog smanjenja razine buke. Nakon utvrđivanja potrebnog smanjenja buke, sljedeći je korak primjena načela projektnog rješenja nadzora buke.

Krajnje rješenje problema buke moglo bi uključivati više od jedne mjere nadzora buke (npr. apsorpciju, pored analitičkog pregleda/screeninga, ili izolaciju, kao i prigušivanje). Učinkovito planiranje i upravljanje također može značiti postupanje po zdravom razumu i dobroj praksi prije nego primjenu rješenja visoke tehnologije. Neka važna rješenja upravljanja/nadzora podrazumijevaju:

- gdje je održivo, buku treba spriječiti na izvoru tijekom aktivnosti planiranja i provedbe; to postiže odgovarajućom radnom praksom i odabirom tihih uređaja i opreme
- gdje je buka neizbježna treba je udaljiti što je dalje moguće od osjetljivih receptora
- kada određen uređaj treba zamijeniti ili preinačiti, nadzor bi buke trebao biti ključno pitanje a za novu bi opremu trebalo postaviti ciljeve u svezi akustične izvedbe
- gdje je moguć nastanak problema s bukom, od samoga početka treba poticati dobar akustičan projekt i praksu
- gdje je održivo, naročito bučne djelatnosti ne bi se trebale odvijati tijekom noćnih sati ili ranoga jutra, u situacijama gdje je vjerojatan učinak izvan lokacije
- omogućavanje da postojeći nadzorni sustavi dobro funkcioniraju, primjerice, gdje je praktično treba zatvoriti vrata i prozore prema mjestima gdje se odvija bučan tehnološki postupak u vrijeme rada uređaja, dok poklopce i akustične prekrivke/ograde treba dobro pričvrstiti i zabrtviti
- primjenu obzidavanja radi zaštite od izvora buke
- obujmljivanje bučnog uređaja ili sastavnica nekog uređaja konstrukcijom koja apsorbira zvuk
- uporabu antivibracijskih nosača i međuspojeva za opremu
- usmjeravanje strojeva koji stvaraju buku dalje od receptora
- promjenu frekvencije zvuka
- osposobljavanje zaposlenika i podizanje njihove svijesti, jer u nekim slučajevima oni mogu biti kritični čimbenici u održavanju nadzora, primjerice, izbjegavanjem prekomjernog 'turiranja' (broja okretaja) strojeva, smanjivanjem učinka buke i isključivanjem opreme kada nije u uporabi
- redovno, proaktivno održavanje strojeva i uređaja, s posebnom pozornošću posvećenoj opremi za nadzor buke i
- česta ispitivanja buke i izrade procjena od strane stručnog osoblja.

### **3.2.3 Nadziranje buke na izvoru**

Nadziranje buke na izvoru daleko je najpoželjniji oblik ublažavanja no, može biti skupo i tehnički zahtjevno. Za svaki veliki ili problematičan izvor buke, potrebno je opširno ispitivanje svih mehanizama stvaranja buke. Pored toga, potrebna je i procjena kako određeni stroj ili postupak odašilje buku.

Većina problema nadzora buke može se prikazati pomoću jednostavnog dijagrama energetskog toka. To obično potiče dva glavna pristupa za nadzor, to jest, smanjenje snage izvora ili sprječavanje akustične energije na njenom putu prijenosa. Mehanizmi, prema kojima se proizvodi zvuk i točan dio stroja/opreme koji je za to odgovoran uvelike diktiraju rješenja za upravljanje bukom.

Buku, s izuzetkom aerodinamične buke, uglavnom izaziva sila koja uzrokuje vibriranje površine. Površine ili ploče najuspješnije odašilju zvuk na ili blizu neke od svojih modalnih ili rezonantnih frekvencija a neke nadzorne mjere uključuju primjenu obloga ili prigušnih slojeva te sprava za mehaničko ukrućivanje koje razdjeljuju ploču tako da se modalne frekvencije kreću prema gore i postaju manje problematične.

I dok je projektiranje rješenja za nadzor buke predmet rada stručnjaka, u mnogim situacijama cilj je razdvojiti mehaničku putanju između izvora vibracije i površine odašiljanja.

Mnogo izvora buke kao što su industrijski strojevi, projektirano je tako da je na njima teško načiniti preinake bez smanjenja radne aktivnosti ili smanjenja njene uspješnosti no, buka često nastaje uslijed turbulentnog protoka plinova i fluida a te je vrste izvora buke moguće modificirati u svrhu smanjenja izlaznih razina buke. Uobičajeni primjeri toga uključuju ispuštanje i ispuhivanje zraka ili pare koji uzrokuju buku mlaza, kao i turbulenciju koju uzrokuju kontrolni ventili cjevovoda. U većini sustava, emisija buke izravno je proporcionalna stupnju turbulencije pa su, stoga, nadzorne tehnike usmjerene na smanjenje brzine i tlaka fluida, kao i na izgladivanje protoka.

### **3.2.3.1 Buka od mlaza i ventila**

Dvije su temeljne metode nadziranja buke mlaza: (i) smanjivanje brzine mlaza i (ii) omogućavanje lokalne apsorpcije oko izvora buke. Učinkoviti nadzor sustava smanjivanja tlaka može se postići uporabom prigušivača za mlaz ili ventile koji se sastoje od kućišta s apsorbtivnim obrubom.

Mlazovi pare su posebice pogodni za smanjenje brzine istjecanja putem ubrizgavanja vode, odnosno, hladna se voda miješa s parom visoke temperature prije samog ispuštanja mlaza a za predmetni maseni protok to znači smanjenje brzine mlaza.

Buka iz ventila uglavnom se počinje smatrati važnom kada se protoci plina i način podešenosti ventila nađu u kombinaciji koja tvori supersonični protok kroz otvor. Ondje gdje je visoki tlak neizbježan, trebalo bi se usmjeriti na njegovo postupno smanjenje radije no na smanjenje u jednom koraku a to je moguće postići uporabom nekoliko ventila u nizu. Pored toga, na tržištu su dostupni ventili koji stvaraju malu buku, oni imaju filter ili porozni materijal (npr. sinterirani metal) kroz koji mora proći sav plin. Time se nastoji postupno smanjiti veliku brzinu mlaza kako bi se onemogućio nastanak područja velikog gradijenta pomaka (karakterističnog za jedan mlaz).

### **3.2.3.2 Buka iz ventilatora I cjevovoda**

Neki su unutarnji provodni kanali, cjevovodi, plinovodi, dovodi za zrak obloženi u pokušaju da se smanji buka. Iako postoje razne vrste obloga u svrhu toplinske izolacije, mnoge od njih nisu odgovarajuće što se tiče akustične izolacije. Jedan od osnovnih uvjeta akustične izolacije jest da neprobojan vanjski sloj koji potpuno oblaže treba učvrstiti preko sloja koji izolira vibracije a omotan je oko cijevi. Sloj za izolaciju vibracija može biti načinjen od vlaknastog materijala kao što je mineralna ili staklena vuna, sposobna podupirati težinu vanjskog sloja.

Buka ventilatora s visokih razina ili namještenih na krovu može značajno povećati emisije buke, koje mogu biti tonalne. Zbog toga, poseban naglasak treba staviti na izvedbeno rješenje i ugradnju ventilatora. Krična pitanja u tom smislu obuhvaćaju: brzinu ventilatora, učestalost prolaska lopatice i broj lopatica ventilatora. Pored toga, važne su i antivibracijske ugradnje te ugradnja otpornih provodnih kanala. Potrebno je pobrinuti se da odabrani ventilator radi na ili blizu najveće aerodinamičke učinkovitosti, odnosno na preporučenom statičnom tlaku za uvjetovanu stopu protoka volumena.

U nekim sustavima, nužno je ugraditi prigušivače u jednom nizu, prethodno i/ili slijedno, radi smanjenja odašiljanja buke ventilatora kroz provodni kanal. Postoje dvije različite vrste prigušivača: disipativni (ili absorptivni) te reaktivni prigušivači, međutim, oba mehanizma mogu se koristiti za postizanje smanjenja buke.

Najjednostavnija vrsta apsorpcijskog prigušivača je provodni kanal sa stjenkama obrubljenim čvrstim apsorpcijskim materijalom. Reaktivni prigušivači rade mijenjajući presjeka cijevi ili provodnog kanala stvarajući tako promjenu u akustičnoj impedanciji koja uzrokuje da energija zvuka bude odbijena natrag prema izvoru buke. Nastala količina atenuacije ovisi o omjeru područja presjeka u proširenim i izvornim dijelovima cijevi.

### **3.2.3.3 Preventivno održavanje**

Pritužbe na buku mogu nastati zbog propusta operatera da uoči oštećenja poput istrošenih nosača, opuštenog pogonskog remenja, neurovanoteženosti strojeva ili trenja uslijed nedovoljnog podmazivanja. Pored toga, pritužbe u svezi buke mogu nastati kada su akustični atenuatori (to jest, prigušivači uređaja za loženje) oštećeni i/ili pregorjeli ili, pak, kada su akustične brtve ili ograde oštećene ili labave. Program preventivnog održavanja može koristiti kod promptnog utvrđivanja problema s bukom a može i smanjiti mogućnost izvanrednih zastoja.

### **3.2.4 Nadziranje širenja buke**

U najjednostavnijem slučaju, položaj izvora bučnoga zvuka (npr. kompresora) unutar prostora u kom je uređaj sam će po sebi imati potencijal značajnog smanjenja emisija buke u okoliš. Međutim, to može nagovještavati problem profesionalne izloženosti tim emisijama. Dobro izvedbeno rješenje i obraćanje pozornosti na detalje (npr. uočavanje loše izgradnje i/ili loše ugrađenih vrata i prozora može uzrokovati gubitak izolacijskih svojstava) obvezni su kod smještanja bučne opreme u prostoriju radi osiguranja učinkovitosti zvučne izolacije. Sustavi prirodne ventilacije mogu značajno smanjiti svojstva zvučne izolacije prostora u kom je smješten uređaj a neke će situacije zahtijevati uporabu akustičnih rebara i/ili ventilacijskih sustava s prigušivačima u nizu.

Mnoge oblike uređaja i opreme moguće je opskrbiti njihovom vlastitom ogradom za zvučnu izolaciju, no izvedbeno rješenje i izgradnja ograde na licu mjesta u mnogim su slučajevima neposredni. Postoje neka ključna pravila izvedbenog rješenja:

- zidovi (i strop) moraju pružiti odgovarajući indeks smanjenja zvuka
- pozornost treba obratiti na učinak prilaznih ploča, itd.
- unutar ograde potrebno je osigurati maksimalnu apsorpcija na svim frekvencijama od predmetnog interesa te
- mehanička izolacija između konstrukcije ograde i stroja te svih povezani radnji (npr. cjevovoda, provodnih kanala) mora biti što potpunija.

Mnogi dokumenti pružaju opširne smjernice u odnosu na izvedbeno rješenje ograda za zvučnu izolaciju a jednostavna bi ograda trebala biti brzo sposobna za smanjenje A-vrednovanog zvučnog tlaka za 20 dB. U mnogim slučajevima, međutim, dijelovi opreme (puhala, motori, itd.) trebat će neki oblik ventilacije kako bi im se osigurao uspješan rad. Pored toga, obzira treba imati prema svakom pitanju profesionalne izloženosti koja može nastati kao rezultat primjene ograda. Kao oblik kompromisa, ponekad se učinkovito može primijeniti djelomična ograda ili nadstrešnica otvorenih strana obrubljena apsorpcijskim materijalom u svrhu postizanja smanjenja od 10 dB i više, ovisno o čimbenicima kao što su učestalost zvuka.

Ondje gdje ograde ne odgovaraju, može se koristiti akustičan zaslon ili pregrada, međutim briga je važna i kod njihove izvedbe budući da u nekim slučajevima pregrada može jednostavno prenijeti problem s bukom s jednog prijemnog položaja na drugi. Za maksimalnu djelotvornost, pregradu treba smjestiti što je moguće bliže bilo izvoru buke ili prijemnom položaju.

## **4 NEKI PRIMJERI IZ SEKTORA OBUHVAĆENIH IPPC DIREKTIVOM**

### **4.1 Vađenje kamena i ruda**

Iako ove djelatnosti nisu izričito obuhvaćene IPPC-om u ovom stupnju, često su povezane s IPPC djelatnostima poput proizvodnje cementa pa su stoga uključene u ove smjernice. Upravljanje prometom element je primjenjiv na mnoge IPPC lokacije.

Na mjestu kamenoloma, slijed radnji bi trebao biti što više zaklonjen prirodnom topografijom. Pristupne ceste na lokaciji trebale bi, gdje god je moguće, biti zaklonjene prirodnom topografijom ili materijalom skupljenim na gomile. Pored toga, količina gradijenta na cesti trebala bi biti smanjena na najmanju mjeru kako bi se izbjeglo da vozilo ima veliki broj okretaja (turira) u maloj brzini.

U obzir bi trebalo uzeti cestu malog profila radi smanjenja cjelokupne visine što će zauzvrat pomoći pri akustičnoj zaštiti od emisija buke. Trebalo bi se pobrinuti da se smanji visina s koje materijal pada s kamiona ili drugog uređaja a gumene obrube moguće je koristiti u žljebovima za ispuštanje, kamionima za samoistovar i drugim mjestima prijenosa u svrhu smanjenja buke koja nastaje kada kamen padne na metalnu podlogu. Ostale tehnike nadzora buke uključuju ograničavanje uporabe određene vrste uređaja, ograničavanje broja sredstava korištenih u bilo koje vrijeme te održavanje opreme radi osiguranja ispravnosti prigušivača.

Na mnogim lokacijama, reverzni zvučni znaci za uzbunjivanje ili obavješćavanje mogu uzrokovati uznemiravanje na područjima osjetljivim na buku. Primjena alarmnih jedinica 'bijeke buke' koji se prilagođavaju buci okoline, ili moduliranih usmjerenih alarma također mogu značajno smanjiti učinak buke izvan lokacije. Iako se ovdje vrši procjena od slučaja do slučaja, u obzir treba uzeti sva novonastala pitanja u svezi zdravlja i sigurnosti.

Mnoge su opće tehnike nadzora buke o kojima govori odjeljak 4 primjenjive na kamenolome i rudnika ali upravljanje povezanim pitanjima prometa često može biti temeljem dobrog nadzora buke.

Učinkovite mjere upravljanja prometom mogu obuhvaćati:

- smanjenje broja vozila/teških uređaja koji su aktivni na lokaciji u bilo koje doba
- osiguranje redovnog održavanja vozila i periodičnog procjenjivanja razina zvuka pripisanih svakom stroju, npr. mjerenjem buke na točno određenim referentnim udaljenostima
- osiguranje da bučna vozila budu smještena što je dalje moguće od područja osjetljivih na buku
- održanje površina cesta kako bi se smanjila buka i vibracije
- isključivanje strojeva u praznom hodu gdje god je moguće i sprječavanje prekomjernog turiranja te
- brigu da vozači budu svjesni da buka može izazvati smetnje i uznemiravanje lokalnog stanovništva, kako i da vozači iskažu dužan obzir ulaskom i odlaskom s lokacije (npr. bez nepotrebnog trubljenja).

Buka može izazvati porast broja pritužbi kada kod razina buke značajno prekorači prethodnu razinu ili kada god prekorači dozvoljene razine. Budući da su kamenolomi i rudnici uglavnom smješteni na udaljenim lokacijama; dodatna je opreznost potrebna uvijek kada bučan uređaj radi blizu granice lokacije i/ili područja osjetljivih na buku (npr. tijekom izgradnje nasipa ili prometnica).

Uvijek treba u obzir uzeti utjecaj buke na područja osjetljiva na buku te se mora primijeniti odgovarajući nadzor. Smanjenje rada u ranim jutarnjim i kasnim noćnim satima ključno je u mnogim slučajevima a preporuča se i održavanje dobre komunikacije s obližnjim stanovništvom.

Ostale primjerene mjere upravljanja i nadzora buke obuhvaćaju:

- korištenje zgrada za smještaj bučnih fiksnih uređaja te obavljanje bučnih djelatnosti unutar nekog prostora, gdje je to moguće
- ugradnju opreme za prigušivanje (npr. razni prigušivači) na uređaj i opremu, gdje je izvedivo
- uporabu ograde za akustičnu izolaciju ili zaslona oko uređaja ili opreme
- osiguravanjem, gdje je moguće, da ograde i vrata/prozori prostora u kojima se odvija bučan tehnološki postupak budu odgovarajuće zabrtvljeni ili zatvoreni te bilježenje i ispitivanje svih pritužbi na buku.

#### 4.1.1 Mogući učinci eksplozija

U kamenolomima i rudnicima gdje se eksplozije događaju jednom tjedno ili rjeđe, razine vibracija uzrokovanih eksplozijom ne smiju prekoračiti vršnu brzinu lebdećih čestica (PPV) od 12 mm/s, mjenjenih u sva tri zajednička ortogonalna smjera na prijemnoj lokaciji. Kod češćih eksplozija, vršna brzina lebdećih čestica ne smije prekoračiti 8 mm/s. To su razine za niskofrekvencijske vibracije, tj. manje od 40 Hz. Međutim, kada je frekvencija vibracije manja od 10 Hz, vršna brzina lebdećih čestica ne smije prekoračiti 8 mm/s.

Poznato je da su ljudska bića vrlo osjetljiva na vibracije, s pragom percepcije koji je u pravilu u PPV rasponu od 0,15 – 0,3 mm/s, na frekvencijama između 8 Hz i 80 Hz kod trajnih vibracija te 0,5 – 1,5 mm/s u slučaju naglih vibracija uslijed eksplozija. Smetnje uzrokovane vibracijama mogu se vezati uz pretpostavku da, ukoliko se vibracije mogu osjetiti, tada je šteta neizbježna; međutim, potrebne su ipak znatno više razine vibracija da bi uzrokovale oštećenja na objektima i konstrukcija..

Eksplozije općenito ne bi trebale uzrokovati povišenje vrijednosti pretlaka zraka na osjetljivim područjima koje iznosi preko 125 dB (Lin)<sub>max</sub> vršni. Nametanje ograničenja apsolutnog pretlaka zrak može biti nepraktično, međutim, zbog učinaka raznovrsnih atmosferskih uvjeta ili manjih promjena u izvedbi eksplozije. Najbolja vrsta regulatornog nadzora može biti uključivanje točno određenog ograničenja, izraženog kao 90.- 95. percentilna vrijednost svih rezultata praćenja. Time se dozvoljava nešto zanošenja kod manjeg broja pojedinačnih mjerenja.

Lokalno stanovništvo i vlasnici imovine u blizini aktivnosti koje uključuju eksplozije mogu ponekad biti zabrinuti u svezi mogućnosti dugoročnog oštećenja na njihovim objektima. Ta zabrinutost može biti donekle ublažena ukoliko operater ima dobre odnose s javnošću te brzo i odlučno odgovara na sve zaprimljene pritužbe ili upite. U

tom smislu, u procedure aktivnosti koje se odnose na eksplozije dobro je uvrstiti i redovni raspored eksplozija, procedure proaktivne komunikacije, otvoreni poziv za pregled svih podataka praćenja na lokaciji te redoviti pregled izvedbenog rješenja eksplozije.

#### **4.1.2 Smanjivanje utjecaja eksplozije**

Neka smjernice za izvođenje eksplozije upućuju na dobru praksu:

- odgovarajućeg izviđanja terena i ispitivanja stijena iz zraka prije izrade izvedbenog projekta eksplozije
- brige da izvedbeni projekt eksplozije uključuje odgovarajuće sigurnosne granice
- osiguranja odgovarajućeg opterećenja radi izbjegavanja prekoračenja ograničenja punjenja
- pravilnog punjenja i začepljenja radi nadzora pretlaka zraka i vibracije
- smanjenja maksimalnih inicijalnih punjenja (MIC) te
- gdje je primjenjivo, izbjegavanja izvođenja eksplozija tijekom loših vremenskih prilika, npr. obrata temperature ili kada umjereno ili jako puše vjetar (snage 4 ili više) prema osjetljivim receptorima.

#### **4.2 Radovi na odlagalištu**

Radnje koje se obavljaju na odlagalištima neminovno vode k stvaranju buke. Glavni izvori buke na uobičajenom odlagalištu uključuju kretanje vozila i uređaja koji su povezani s dovozom otpada na odlagalište, odlaganjem, zbijanjem i pokrivanjem otpada, izgradnjom novih odlagališnih ploha, prekrivanjem i sanacijom popunjenih odlagališnih ploha. Što se vrsta vozila i uređaja na odlagalištu tiče, ondje se uobičajeno nalaze vozila za sakupljanje otpada, rovokopači, kompaktori s kotačima. Specifične aktivnosti ili oprema na lokaciji također mogu doprinijeti povremenim lokalnim emisijama buke, npr. kod čišćenja vozila i kotača, podizanja, kod generatora, itd.

Fiksni uređaji, uključujući baklje odlagališnog plina, motore i uređaje za uklanjanje i pročišćavanje procjednih voda također mogu doprinijeti buci na odlagalištu. Neki od fiksnih uređaja, npr. baklja za spaljivanje odlagališnog plina, mogu imati potencijal za ispuštanje buke s karakterističnom zvučnom komponentom pa bi stoga uređaj trebao biti odgovarajuće razmješten unutar lokacije odlagališta, npr. na dijelu odlagališta koje je udaljeno od osjetljivih receptora.

Svim se odlagalištima mora upravljati sukladno uvjetima dozvole za gospodarenje otpadom koju izdaje AZO. Dozvola za gospodarenje otpadom u pravilu uključuje uvjete praćenja emisija buke karakterističnih za lokaciju i utvrđuje granične vrijednosti emisija iz objekta.

Na nekim odlagalištima, reverzni zvučni znaci za uzbunjivanje ili opasnost mogu uzrokovati uznemiravanje na područjima osjetljivim na buku. Uporaba alarma «bijeje buke» koji se prilagođavaju buci okoline ili moduliranih alarma također mogu značajno smanjiti učinak buke izvan lokacije. Iako se ovdje vrši procjena od slučaja do slučaja, u obzir treba uzeti sva novonastala pitanja u svezi zdravlja i sigurnosti.

Mnoge su opće tehnike nadzora buke o kojima govori odjeljak 4 primjenjive na odlagališta. Pored toga, upravljanje prometom igra važnu ulogu u nadzoru buke a neke od mjera vezanih za promet uključuju:

- smanjenje broja vozila/teških uređaja koji su aktivni na lokaciji u bilo koje doba
- osiguranje redovnog održavanja vozila i periodičnog procjenjivanja razina zvuka pripisanih svakom stroju, npr. mjerenjem buke na točno određenim referentnim udaljenostima
- osiguranje da bučna vozila budu smještena što je dalje moguće od područja osjetljivih na buku
- održanje površina cesta kako bi se smanjila buka i vibracije
- isključivanje strojeva u praznom hodu gdje god je moguće i sprječavanje prekomjernog turiranja te
- brigu da vozači budu svjesni da buka može izazvati dodijavanje i uznemiravanje lokalnog stanovništva, kako i da vozači iskažu dužan obzir ulaskom i odlaskom s lokacije (npr. bez nepotrebnog trubljenja).

Buka može izazvati porast broja pritužbi kada kod razina buke značajno prekorači prethodnu razinu ili kada god prekorači dozvoljene razine. Budući da su odlagališta ponekad smještena na udaljenim lokacijama; dodatna je opreznost potrebna uvijek kada bučan uređaj radi blizu granice lokacije i/ili područja osjetljivih na buku.

Uvijek treba u obzir uzeti utjecaj buke na područja osjetljiva na buku te se mora primijeniti odgovarajući nadzor. Smanjenje najbučnijih aktivnosti u ranim jutarnjimi i kasnim noćnim satima ključno je u nekim slučajevima a često pomaže i održavanje dobre komunikacije s obližnjim stanovništvom.

Ostale primjerene mjere upravljanja i nadzora buke obuhvaćaju:

- korištenje zgrada za smještaj bučnih fiksnih uređaja te obavljanje bučnih djelatnosti unutar nekog prostora, gdje je to moguće
- ugradnju opreme za prigušivanje (npr. razni prigušivači) na uređaj i opremu, gdje je izvedivo
- uporabu ograde za akustičnu izolaciju ili zaslona oko uređaja ili opreme;
- primjenu programa redovnog održavanja uređaja i opreme korištene na lokaciji;
- primjenu zaštitnih nasipa oko samih mjesta odlaganja te
- bilježenje i ispitivanje svih pritužbi na buku.

### **4.3 Stanice za pretovar otpada, sustavi za oporabu i centri za obradu otpada**

Buka nastaje tijekom prihvata, rukovanja i obrade otpada u stanicama za pretovar otpada, centrima za oporabu materijala (MRF), centrima za obradu te tijekom uklanjanja otpada izvan lokacije. Buka može nastati tijekom kretanja vozila za sakupljanje otpada i kontejnera, odlaganja, utovara i razvrstavanja otpada te uporabe utovarivača, rovokopača i grabilica za pomicanje otpada. U ovim objektima buka može isto tako nastati tijekom obrade u uređajima poput sjekača, drobilica,



kompaktora, transportnih traka i uređaja za baliranje, kao i od opreme za nadzor emisija poput sustav negativnog tlaka zraka.

Veći centri za gospodarenje otpadom pokriveni su sustavom izdavanja dozvola za gospodarenje otpadom a nadzor emisija buke iz tih objekata u pravilu je točno određen u dozvoli za gospodarenje otpadom.

Mnoge opće tehnike nadzora buke obuhvaćene odjeljcima 4-6 primjenjive su na stanice za pretovar otpada, objekte za oporabu materijala i centre za obradu otpada.

Ostale primjerene mjere nadzora buke uključuju:

- obavljanje bučnih djelatnosti unutar nekog prostora, gdje je to moguće, ili na dijelovima lokacije koji su udaljeni od područja osjetljivih na buku
- uporabu ograde za akustičnu izolaciju ili zaslona oko uređaja ili opreme, ili blizu područja osjetljivih na buku
- primjenu mjera upravljanja prometom navedenih u odjeljcima 5 i 6
- smanjenjem na najmanju mjeru rada izrazito bučne opreme ili uređaja noću
- provedbu programa redovnog održavanja uređaja i opreme za rukovanje i obradu otpada
- osiguravanjem, gdje je moguće, da ograde i vrata/prozori prostora u kojima se odvija bučan tehnološki postupak budu odgovarajuće zabrtvljeni ili zatvoreni ondje gdje uređaji i oprema za rukovanje i obradu otpadom rade unutar zatvorenog prostora te
- bilježenje i ispitivanje svih pritužbi na buku.

#### **4.4 Proizvodnja metala**

Buka i vibracije uobičajeni su problemi ovoga sektora a izvore nalazimo u svim dijelovima industrije. Buke iz tehnološkog postupka koja se ispušta iz postrojenje u obližnji okoliš čimbenik je koji je izazvao mnoge pritužbe a postoje saznanja o uzrocima i pristupima prema sprječavanju i smanjivanju buke i vibracija. Učinak buke na operatere unutar postrojenja nije obuhvaćen ovim smjernicama.

Važni izvori su promet i rukovanje sirovinama i proizvodima, zatim tehnološki postupci koji uključuju pirometalurški postupak, brušenje i glodanje, uporaba crpki i ventilatora, ispuštanje pare te postojanje sustava uzbuñivanja izvan nadzora. Buka se i vibracije mogu izmjeriti na više načina no, općenito, pojedivosti su svojstvene industrijskom objektu a u obzir uzimaju učestalost zvuka i smještaj (blizinu) stambenog područja.

Novi uređaj može biti podešen na niske razine buke i vibracije. Dobro održavanje može spriječiti da oprema, kao što su ventilatori i crpke, postane neuravnotežena. Međusobna povezanost opreme može se projektirati tako da sprječava ili smanjuje prijenos buke. Uobičajene tehnike smanjenja buke su:

- uporaba nasipa koji zaklanja izvor buke
- obujmljivanje bučnih uređaja ili sastavnica konstrukcijama koje apsorbiraju zvuk

- uporabu antivibracijskih nosača i međuspojeva za opremu;
- usmjeravanje strojeva koji stvaraju buku dalje od receptora
- promjenu frekvencije zvuka.

## 4.5 Proizvodnja hrane

Postoji puno izvora buke u proizvodnji hrane i srodnim industrijama. Buka često nastaje kod postupaka isparivanja, posebice iz termalnog kompresora, mehaničkog kompresora, ejektora pare i kod velike brzine fluida u cjevovodu. Time se obično može upravljati primjenom odgovarajuće akustične izolacije.

Buka također može nastati iz ventilatora i motora koji opslužuju rashladne tornjeve, kompresora, rashladne opreme ili vakuumskih sustava te iz dovoda i ispusta zraka iz sušionika. Buka isto tako nastaje u crpkama zbog kavitacije. Emisije buke mogu biti problem kod linija za punjenje boca.

Uredan rad kotlova inače ne podiže buku izvan postrojenja no, to ovisi o mjerama poduzetim za zadržavanje buke, kao i o blizini susjednih prostorija. Tijekom prekida postupka, razdoblja ispitivanja ili stavljanja izvan pogona kraće vrijeme može raditi sigurnosni ventil kotla. Taj bi učinak trebao biti lokalnog karaktera u odnosu na postrojenje no, mogao bi biti izvorom smetnji tijekom toga razdoblja. Velike sigurnosne ventile moguće je opremiti prigušivačima.

### 4.5.1 Metode smanjivanja buke

Buka se može smanjiti brigom, kada god je moguće, da motori budu mehanički izolirani od pripojenih provodnih kanala i cijevi. Pored toga, za fluidne sustave moguće je koristiti prigušivače radi smanjenja buke koja se prenosi putem fluida u sustav cjevovoda. Za sustave rukovanja materijalom, npr. žljebovi za ispuštanje i spremnici, buka koja nastaje uslijed doticaja materijala i žlijeba ili spremnika može se smanjiti izbjegavanjem naglih promjena smjera i smanjenjem udarnih sila putem postizanja doticaja proizvoda s uređajima klizanjem te smanjenja visine pada. Ukoliko je nemoguće izbjeći učinke, mogu se primijeniti obloge od materijala koji potpuno oslabljuje buku.

#### Djelotvorni i tihi ventilatori

Glavni uzrok buke ventilatora jest turbulencija i lokalno ometanje krivulje protoka uslijed vrtložnog odvajanja. Vrtložno odvajanje jest periodično odvajanje vrtloga iz predmeta u fluidnom protoku koje uzrokuje promjenjivu silu koju osjeti predmet.

Najdjelotvorniji i najtiši ventilatori obično su oni s najnižom brzinom lopatica, odnosno oni s najvećim rasponom i niskom brzinom. U predmetnoj radnji, ventilator s unazad zakrivljenim ili unazad nakošenim lopaticama koji je vršno djelotvoran tiši je od radijalnog ventilatora.

Dodatne mjere smanjenja buke uključuju korištenje fleksibilnih spojeva između ventilatora i provodnih kanala radi smanjenja prijenosa vibracije, kao i namještanje ventilatora na izolatore vibracije radi sprječavanja prijenosa vibracije na potporne konstrukcije.

U primjeru sušionika s raspršivanjem, ventilator fiksne brzine od 2500 rpm oslobađajući oko 45000 m<sup>3</sup>/h zamijenjen je s dva manja ventilatora koji su radili na 1500 rpm i oslobađali podjednak ukupan volumen zraka. . Kontrola novih ventilatora radije je postignuta smanjenjem njihove brzine no primjenom prigušivača. Neto smanjenje buke iznosilo je oko 8 dB(A).

Tablica u nastavku prikazuje smanjenje buke koje se može očekivati uslijed smanjenja brzine ventilatora. Svako smanjenje od 3 dB(A) ekvivalentno je prepolovljavanju razine buke.

Smanjenje brzine ventilatora	Smanjenje buke
10 %	2 dB(A)
20 %	5 dB(A)
30 %	8 dB(A)
40 %	11 dB(A)
50 %	15 dB(A)

**Očekivano smanjenje buke uslijed smanjenja brzine ventilatora**

Buke ventilatora prenose se na velikim udaljenostima. Više frekvencije iz ventilatora s mnogo lopatica sklone su raspršivanju na kraćim udaljenostima nego niže frekvencije koje ispuštaju ventilatori s manje lopatica.

### **Smanjivanje buke iz cjevovoda**

Cijevi mogu biti obujmljene zidovima ili polegnute u provodne kanale radi smanjenja razina emisija buke. Optimalni rezultati postižu se bilo oblogom ili ispunjavanjem praznina materijalom koji apsorbira zvuk. Zvučna se izolacija može poboljšati:

- odabiranjem materijala koji ima zvučno-izolacijska svojstva, npr. željezo umjesto plastike
- povećavanjem debljine stijenke cijevi
- izoliranjem cijevi.

Materijal i geometrija stijenke cijevi određuje širenje zrakom nošene buke. Prigušivanje vibracija u stjenkama cijevi koje povećavaju zrakom nošenu buku uzrokuje smanjenje energije zvuka apsorpcijom, budući da se zvuk širi kroz fluid. Ovaj učinak prigušivanja nije značajno na niskim frekvencijama, već se povećava kako raste frekvencija. Učinak se prigušivanja smanjuje kako raste promjer cijevi. Nepravilnosti na površini cijevi također povećavaju učinak prigušivanja. Ukoliko cijevi imaju unutarnju oblogu koja apsorbira zvuk, tada kod više brzine protoka prigušivanje biva značajno smanjeno što se tiče širenja zvuka u smjeru protoka a povećano za širenje zvuka suprotno od smjera protoka.

Kod dimenzioniranja cijevi, važno je osigurati da glavna samopobuđujuća frekvencija razine zvuka koji ulazi u cijev bude dovoljno daleko od prirodnih frekvencija i prolaznih frekvencija cijevi. Sve prirodne frekvencije pod utjecajem su načina smještaja cijevi, puta kojim prolaze, npr. broj i položaj zavoja i svih unutarnjih prigušenja.

Cijevi služe za prijenos plinova, para, tekućina i krutina s prijenosnim medijem. Emisije buke koje nastaju iz cijevi uključuju buku koju prenose fluidi i krutine, kao i zrak. U stvarnosti, buka ne proizlazi iz laminarnih protoka ali rastuća turbulencija dovodi do povećanih razina buke u cijevima.

Kavitacija uzrokuje intenzivnu buku. Kavitacija se javlja kada je statičan tlak lokalno podjednak ili niži od tlaka pare a pojavljuje se, primjerice, kada je smjer protoka promijenjen.

Kada se krutine prenose uz pomoć medija, nastaje dodatna buka uslijed međusobnih dodira krutih čestica, kao i njihovog dodira sa stjenkama cijevi, posebice kada se čvrste čestice prenose uz pomoć plinovitog medija. Razina zvučnoga tlaka ovisi o krivulji protoka, materijalu od kojeg je načinjena cijev te o vrsti krutine. Razine zvučnog tlaka mogu doseći između 85 i 100 dB(A) na udaljenosti od jednog metra od ravnih elemenata cijevi. Porast od dodatnih 10 – 15 dB(A) može se očekivati u zavojima.

### **Zvučna izolacija opreme**

Ograde za zvučnu izolaciju mogu se izgraditi oko izvora onečišćenja bukom. Izolacijska se ograda obično sastoji od metalnog štita obloženog apsorpcijskim materijalom koji potpuno ili djelomično ograđuje izvor zvuka. Smanjenje razine zvuka koje se može postići ovisi o izolaciji zvuka nošenog zrakom koju pružaju zidovi, ili o apsorpcijskom kapacitetu unutarnje obloge. Veličina, oblik i materijali zaslona određeni su izračunima akustične izvedbe kako bi se osigurali postizanje određenih ciljeva izvedbenog rješenja, tj. razine emisija buke. Spajanje ventilatora i provodnih kanala ili kućišta uz pomoć elastičnih spojeva i smještanjem opreme na podloge koje apsorbiraju buku također može smanjiti razine emisije buke.

Neki primjeri uporabe zvučno-izolacijskih materijala u sektoru hrane, pića i mlijeka obuhvaćaju:

- kod linija sa staklenim bocama, ograđivanje tekućih vrpca sa staklenim bocama i pokrivanje napojnih spremnika
- oblaganje unutrašnjosti spremnika s materijalom za potpuno prigušivanje učinka te obloga vanjske strane spremnika i zaštitnih ploča
- kod strojeva za punjenje, oblaganje pokrovnih ploča i oblaganje linija za punjenje
- u proizvodnji mesa, ugradnja napa za prigušivanje buke iznad posuda sa sječkalicom mesa
- u proizvodnji mlijeka, ograđivanje homeogenizatora (tj. s unutarnje strane izoliranih prostorija u koje se rijetko ulazi)
- ograđivanje sušionika s raspršivanjem (tj. s unutarnje strane izoliranih prostorija u koje se rijetko ulazi)
- kod mljevenja, ograđivanje mlinova-čekičara, kružnih mlinova i mješalica
- u škrinjama i hladnjačama, ograđivanje rashladnih strojeva uz osiguranje ventilacije motora i ventilatora
- ograđivanje kompresora pare.

U slučajevima primjene, može biti nužno dozvoliti ulaz ili izlaz zraka iz akustične ograde. To smanjuje mogućnost smanjenja buke no, učinak toga može se smanjiti stvaranjem zavoja u provodnom kanalu zraka radi smanjenja emisija buke. Primjerice, ventilatori mogu biti ograđeni zvučno-izolacijskom ogradom projektiranom tako da smanji rast

reflektirane buke unutar ograde, a potrebno je omogućiti i odgovarajuću ventilaciju za hlađenje ventilatora.

Kod provodnih kanala, umjesto ugradnje prigušivača, često je moguće postići 10 – 20 dB(A) smanjenja buke nošene zrakom iz kanala ili otvora oblaganjem zadnjeg zavoja u provodnom sustavu s materijalom koji apsorbira zvuk ili izgradnjom jednostavnog apsorpcijski obloženog zavoja pod desnim kutom da pristane na otvor. Utvrđeno je da bilo koja strana zavoja treba biti obložena u dužini ekvivalentnoj dvostrukoj veličini promjera provodnog kanala.

### **Razmještaj opreme radi usmjeravanja buke podalje od susjeda**

Neka oprema odašilje različite razine buke u različitim pravcima. Primjerice, sva oprema koja ima ventilacijski otvor ili izlaz s jedne strane imat će i maksimalnu razinu buke na istoj strani. Razmještaj opreme tako da najbučnija strana nije usmjerena prema osjetljivom području može, stoga, tamo smanjiti razine imisija. Ne može se jamčiti da je ovo uvijek učinkovito jer se smjer odašiljanja zvuka mijenja s vremenskim uvjetima.

### **Zvučna izolacija zgrada**

Akustičan proizvod strojeva i akustična svojstva prostorija određuju razine zvučnog tlaka unutar zgrade. Te unutarnje razine zvučnog tlaka i zvučna izolacija koju pruža vanjski omotač, odnosno zidovi, krov, prozori, vrata i otvori, rezultiraju zračno nošenom snagom zvuka, odnosno razinom emisije. To može predstavljati osobit problem kada se oprema nalazi unutar zgrade čeličnog skeleta s omotačem relativno lakog profila. Akustična snaga izvora povezana je s njegovom površinom. Stoga, fasade velikih zgrada mogu odašiljati značajnu akustičnu snagu.

Zgrade mogu biti izolirane protiv zrakom nošene buke. Puno je lakše izolirati protiv buke visoke frekvencije nego niske frekvencije. Dostupna je izolacija jednostrukog ili dvostrukog omotača. Zvučna izolacija sastavnica manje-više homogene konstrukcije ovisi umnogome o njenoj težini po jedinici površine. Isto je tako važna priroda materijala.

Zgrade s dvostrukim omotačem sastoje se od dva gusta omotača odvojena zračnim procjepom ili otpornim izolacijskim slojem. Pod određenim uvjetima, zvučna izolacija koju omogućavaju takvi elementi veća je od one s elementima jednostrukog omotača iste težine. Najvažniji uvjet za bolju zvučnu izolaciju jest da zračni procjep između omotača bude dovoljno velik ili da je svaki izolacijski sloj između omotača dovoljno otporan i otvorene teksture. Izolacijski učinak praznine postiže se njenim popunjavanjem materijalom koji apsorbira zvuk, npr. ploče od mineralnih vlakana. Kruti spojevi između dvostrukih omotača imaju štetni učinak na zvučnu izolaciju.

Zvučna izolacija svakog zida jest samo onoliko valjana koliko i njena najslabija karika. Zvučna izolacija prozora, vrata, krovova i ventilacijskih rebara mora se uzeti u obzir kako bi se mogla izračunati zvučna izolacije cjelokupne konstrukcije. Ukoliko indeks smanjenja zvuka prozora i vrata odgovara ili je približan onome zida, tada će biti postignuta cjelovita djelotvornost. Ako su u zid loše ugrađena vrata ili prozori, tada to značajno smanjuje mogućnost smanjenja buke.

Ukoliko treba zadovoljiti određene ciljeve u projektiranju, tada veličinu, oblik i materijal zaštite treba odrediti izračunima projektne izvedbe u svezi akustike.

## **Zaštita zgrada od lokacija s imisijom buke**

Zaštita zgrada od lokacija s imisijom buke ima učinak smanjenja razine zvučnog tlaka na tim lokacijama. Ostale zgrade u blizini mogu pružiti efekt zaštite ili ga se može stvoriti izgradnjom prepreka kao što su zidovi ili nasipi. Smatra se da potonji mogu postići učinak zaštite više od 5 dB(A) ukoliko ometaju bar optičku povezanost. Što je viša prepreka i bliža izvoru buke i/ili lokaciji imisije, veći je učinak zaštite.

### **Praksa održavanja**

#### Opća

- Bilježenje i promptni popravak mjesta istjecanja.
- Provjera da se rubovi grabilice ispravno poklapaju kako bi se izbjegli gubici kapanjem tijekom prijenosa praškastih krutina.

#### Para

- Osiguravanje da pregled odvajača kondenzata bude rutinska, uredno dokumentirana, aktivnost.
- Popravak mjesta istjecanja pare.
- Osiguravanje uspostave sustava dokumentiranog izvješćivanja i popravaka mjesta istjecanja.
- Osiguravanje da se popravak mjesta istjecanja pare bude visoko na popisu prioriteta. Troškovi naglo rastu uslijed samo nekoliko propusnih ventila

#### Komprimirani zrak

- Uspostavljanje učinkovitog sustava izvješćivanja o istjecanjima.
- Provođenje ispitivanja "izvan radnog vremena", radi "oslušivanja" istjecanja, lociranja i obilježavanja.
- Popravljanje mjesta istjecanja.

Kod nekih tehnoloških postupaka koji traju 24 sata, važnost opskrbe svježim materijalom za brzu obradu može ograničiti mogućnosti da se smanje isporuke tijekom dana. Ovo se ograničenje može odnositi na, primjerice, preradu voća i povrća odmah po ubiranju i preradu, primjerice, rajčice i graška u roku od 24 sata da bi se očuvala svježina i okus.

Može biti teško ograničiti dolazak i odlazak smjenskih radnika kako bi se izbjeglo vrijeme kada buka može dodijavati lokalnom stanovništvu.

Na primjer, razine buke mjerene radnim danom u susjedstvu velike pivovare koja radi punih 24 sata dnevno. Razine buke pripisane pivovari mjerene su na utvrđenim najbližim lokacijama imisije. Nadalje, izračunate su razine emisija najbliže utvrđenih lokacija imisija uzrokovanih prometom u i iz pivovare, poput dostave sirovina (slada) i odvoza konačnih proizvoda (pivo u bocama i konzervama), sporednih proizvoda i otpada (kvasac i ostaci) te unutar postrojenja (viličari, kamioni i ostala vozila). Promet je u i iz pivovare dozvoljen samo tijekom dana.

Šest je građevnih čestica prepoznato kao prijamna mjesta emisija. Osim na jednoj na kojoj su se nalazile skladišta i radionice, na građevnim česticama se nije gradilo.

Mjerenja emisija pripisanih pivovari na najbližim mjestima prijema prikazani su u dolje navedenoj tablici. U obzir uzeti izvori emisija buke bili su ventilatori i kompresori te kratka ispusna buka iz ventila.

Mjesto mjerenja*	L <sub>AFm</sub> (dB(A))	L <sub>AF95</sub> (dB(A))	Izvor buke
1 (udaljenost od 100 m)	43,3	42,0	Ventilatori sustava odvodnje
2 (udaljenost od 110 m)	48,0	46,5	Ventilatori CIP sustava, krovni ventilatori
3 (udaljenost od 75 m)	49,7	48,0	Ventilatori CIP sustava, krovni ventilatori
4 (udaljenost od 120 m)	48,6	46,0	Ventilatori CIP sustava, kompresorska jedinica
5 (udaljenost od 110 m)	45,8	44,5	Kompresorska jedinica
6 (udaljenost od 110 m)	46,9	45,5	Kompresorska jedinica
L <sub>AFm</sub> = najviša razina buke izmjerena/iščitana na mjerачu buke, tijekom promatranog vremena			
L <sub>AF95</sub> = razina buke izmjerena u dB(A), prekoračena za 95 % promatranog vremena			
*Razdoblje mjerenja iznosilo je 1,5 – 10 minuta. Vrijednosti su prosjek triju mjerenja			

#### Mjerenja buke iz pivovare

#### Buke od prometa

U nastavku navedena tablica prikazuje mjerenja emisije buke od prometa unutar lokacije kao i od vanjskih dobavljača za razdoblja dnevnog i noćnog rada.

Lokacija	Djelomična ocjenska razina – noć (dB(A))	Djelomična ocjenska razina – dan (dB(A))	Ocjenjska razina (dB(A))	
			Dan	Noć
1	43,5	52,9	53,7	46,4
2	41,2	51,0	53,7	49,0
3	30,9	44,3	52,8	49,7
4	24,4	37,3	51,2	48,6
5	31,7	41,7	49,1	46,0

#### Buka od prometa

Koncentracija kretanja vozila tijekom dana može imati mješovite implikacije sigurnosti na radu. Tijekom dana, vidljivost je bolja no više je ljudi na lokaciji zajedno s dodatnom koncentracijom vozila, stoga upravljanje kretanjima vozila te odvajanje vozila od ljudi ima prioritet..

Izvan lokacije u smislu prometa postoje negativne naznake zagušenja stoga može biti nužno ograničiti sate predviđene za primitak robe ili odvoz robe s lokacije.



## **5 VREDNOVANJE BUKE**

### **5.1 Čimbenici određivanja graničnih vrijednosti i nadzora buke**

Smjernice o najboljim raspoloživim tehnikama u pravilu točno određuju raspon pridruženih razina emisije (BATAEL) koje su osmišljene radi ograničenja koncentracije onečišćujućih tvari u određenom okolišnom mediju na konačnu kvantitativnu razinu. Buka je, međutim, različita od mnogih onečišćujućih tvari; kod nje nema uobičajenog ostatnog učinka jer kada emisija buke jednom nestane, njoj pridružena akustična energija biva uklonjena sve dok emisija ponovo ne nastane. Buka je također različita po tome što je njen potencijalni učinak ovisan o širokom rasponu čimbenika kao što su:

- osjetljivost osoba koje su joj izložene
- razdoblje i trajanje emisije
- priroda izvora
- položaj primatelja osjetljivih na buku
- razina okolne i pozadinske buke
- priroda i svojstva lokaliteta te
- prisutnost posebnih akustičnih svojstava kao što su tonovi i impulsi elementi.

Buka može uzrokovati smetnje i uznemiravanje ljudi na poslu ili tijekom odmora. Isto tako, može ometati spavanje i imati štetne učinke na opće fizičko i mentalno zdravlje a uzrokom je i velikog broja pritužbi. Nisu svi ljudi podjednako osjetljivi na buku, manjina je, iako značajna, osjetljivija od ostalih.

Primjena nadzora i graničnih vrijednosti treba težiti smanjenju na najmanju mjeru količine buke kojoj su izloženi ljudi u područjima osjetljivim na buku. Primjeri za takva područja su: stambena područja, bolnice, škole, vjerski objekti i mjesta izuzetne ugone.

Hrvatske nacionalne granične vrijednosti buke uspostavljene su za područja nadzora buke i spadaju u odgovornost Ministarstva zdravlja i socijalne skrbi no, ove su smjernice usredotočene na ono što bi se moglo smatrati najboljim raspoloživim tehnikama.

### **5.2 Ocjenke razine za buku s istaknutim tonovima i buku s impulsima**

Nekim izvorima buke i industrijskim djelatnostima svojstveno je da podižu buku s istaknutim tonovima i/ili buku s impulsima. Iako je važno pobrinuti se da ta buka s istaknutim tonovima i/ili impulsima ne uzrokuje dodijavanja ili smetnje, ponekad nije praktično potpuno ukloniti ovu vrstu buke.

Buka s istaknutim tonom ili impulsom ponekad je na tako niskoj razini da bi mogla biti prihvatljiva osjetljivim primateljima i vjerojatno ne bi uzrokovala nikakve smetnje ili dodijavanja. U takvim slučajevima, moglo bi biti problematično uvjetovati potpuno uklanjanje buke s istaknutim tonom ili impulsom.

ISO 1996-2 (1987) i BS 4142 (1997) upućuju na "ocjensku razinu" koja u obzir uzima elemente istaknutog tona i impulsa u spektru buke. Ocjenska razina ( $L_{ArT}$ ) izračunava se primjenom nametnutog dodatka ("kazne") izmjerenom ekvivalentu stalne A-vrednovane razine zvučnog tlaka ( $L_{Aeq}$ ). Svrha je ocjenske razine doći do bolje procjene potencijalne reakcije zajednice na izmjerenu buku.

U odnosu na istaknute tonove, ISO 1996-2 (1987) tumači da ako je razina u jednom pojasu 1/3 oktave 5 dB (ili više) viša od razine dvaju susjednih pojava, tada postoji mogućnost da zvuku bude nametnut dodatak od 5 - 6 dB, ukoliko se tonske sastavnice mogu jasno čuti. Ovaj koncept nametnutog dodatka prepoznaje činjenicu da buka s istaknutim tonovima ima potencijal da postane neugodnija od širokopojasne buke.

U pravilu, svojstvo impulsa određuje se subjektivno budući da bi ga se trebalo jasno čuti. I dok ISO 1996-2 (1987) i ISO 9612 (1997) opisuju objektivne metode određivanja postojanja svojstava impulsa, trenutno ne postoji metodologija koja nedvojbeno definira zvuk impulsa, niti postoji opće prihvaćen postupak vrednovanja dodatnih dodijavanja od zvuka impulsa. Ipak, trenutno se zagovara ocjenska razina utemeljena na nametnutom dodatku za jasno čujnu buku istaknutog tona i/ili impulsa.

Kako bi nametnuti dodatak ("kazna") bio opravdan, element istaknutog tona ili impulsa mora biti jasno primjetljiv i čujan. Situacije u kojima je primjenjiv nametnut dodatak od 5 dB uključuju:

- buku koja sadrži prepoznatljiv, diskretan stalan prizvuk (cvilež, pištanje, škripanje, brujanje, itd.)
- buku koja sadrži izrazite impulse (prasad, škljocaj, klopot, ili mukle udarce)
- buku koja je rijetka pa ju se lako primijeti
- razinu u jednom pojasu 1/3 oktave od 5 dB (ili više) koja je više od razine u dvama susjednim pojasevima a tonske se sastavnice mogu jasno čuti.

U velikoj većini slučajeva, buka s istaknutim tonom ili impulsom primjetljiva je i očita pa je i odluka o nametnutom dodatku ("kazni") nedvosmislena. Ukoliko nastane dvojba ili neslaganje oko prisutnosti buke s istaknutim tonom, tada za procjenu treba primijeniti odredbe ISO 1996-2 (1987), odnosno prisutnost istaknutog tona moguće je otkriti analizom 1/3 oktave ili uskopojasnom analizom. Analizator razine zvuka u stvarnom vremenu (tj. onaj koji uvrštava usporednu obradu) dozvoljava mjerenje više pojaseva istovremeno a time dozvoljava i izravnu usporedbu između izmjerenih razina. To ima prednost u odnosu na uporabu analizatora koji koristi sekvencijalne trajne filtre.

Ukoliko nastane dvojba ili neslaganje oko prisutnosti buke s impulsom, tada se mora primijeniti objektivna i odobrena tehnika procjene (uz odgovornost procjenitelja da opravda primjenu određene metodologije). Tehnika procjene može uključiti izravnu usporedbu  $L_A F, \max$  i  $L_{Aeq, T}$  pa ondje gdje je razlika od 10 dB ili više to bi moglo ukazati na svojstva impulsa. Alternativno, prilikom procjene moguće je služiti se i odredbama ISO 1996-2 (1987). Potonja metoda obuhvaća mjerenje razlike između A-vrednovane razine zvučnog tlaka, određene vremenski vrednovanim svojstvom I, osrednjavanim u istom vremenskom razdoblju te  $L_{Aeq, T}$ . Vrijednost veća od 2 dB (odnosno, gdje je  $L_{Aeq, T} - L_{Aeq, T} = 2$  ili  $> 2$ ) pokazuje svojstvo impulsa (ISO 9612, 1997).

Iako bi sva postrojenja obuhvaćena IPPC-om trebala koristiti NRT za uklanjanje i nadzor komponenti istaknutog tona i impulsa, može biti nepraktično uvijek i posve ukloniti

neke od ovih svojstava. Noću, međutim, ne bi smjelo biti jasno čujne buke s istaknutim tonovima ili impulsom na bilo kom području osjetljivom na buku.

### **5.3 Opće smjernice i ograničenja za IPPC postrojenja**

IPPC postrojenja trebala bi usvojiti sve u praksi razumno primjenjive mjere u svrhu smanjenja utjecaja buke koja proizlazi iz djelatnosti a NRT treba koristiti pri odabiru i provedbi odgovarajućih mjera za ublažavanje štetnih utjecaja buke i odgovarajućih mjera nadzora. Dok NRT treba primjenjivati temeljem svojstava svakog pojedinog slučaja, buka pripisana radovima na lokaciji općenito ne smije prekoračiti vrijednost slobodnog polja  $L_{Ar, T}$  od 55 dB tijekom dnevnih sati (08:00 - 22:00), na bilo kom području osjetljivom na buku.. Tijekom noćnih sati (22:00 -08:00), buka pripisana radovima na lokaciji ne smije prekoračiti vrijednost slobodnog polja  $L_{Aeq, T}$  od 45 dB.

Strogo bi trebalo izbjegavati jasno čujnu buku s istaknutim tonovima i impulsima na svim osjetljivim područjima, posebice noću. Nametnuti dodatak ("kazna") od 5 dB za elemente tona i/ili impulsa treba primijeniti na tijekom dnevnih sati izmjerene vrijednosti  $L_{Aeq}$ , sukladno odjeljku 3.2 ovih smjernica, radi određivanja odgovarajuće ocjenske razine ( $L_{Ar, T}$ ). U svim slučajevima tražit će se subjektivna procjena nadležne i stručne osobe koja određuje ocjensku razinu i pruža objašnjenje i/ili opravdanost vrednovanja. Tijekom noćnih sati, na područjima osjetljivim na buku ne smije se čuti nikakva buka s istaknutim tonom ili impulsom s područja postrojenja.

Pored uspostavljenih kriterija i ograničenja, buka iz IPPC postrojenja ne smije biti tako glasna, stalna, ponavljana, dugotrajna, ili takve visine, ili u takova doba da stvara razumljivo dodijavanje. U tom pogledu, odnosno u slučajevima koji mogu potaknuti parnični postupak, biti će potrebna procjena nadležne i stručne osobe.

U posebno tihim područjima, kao što su udaljeni ili ruralni krajevi, gdje su razine pozadinske buke vrlo niske (npr. ispod oko 35 dB izmjerenih kao  $L_{90}$ ), odgovarajuće bi bile niže granične vrijednosti emisija a to se može odraziti u strožim ograničenjima propisanim dozvolom.

### **5.4 Utvrđivanje graničnih vrijednosti emisija buke**

To znači uspostavu numeričkih graničnih vrijednosti buke koji se ne smiju prekoračiti. Te su granične vrijednosti primjenjive na pojedinačne izvore buke na lokaciji postrojenja, na granici lokacije postrojenja, ili na najbližem području (područjima) osjetljivim na buku. Utvrđivanje graničnih vrijednosti buke na bilo kom ili svim ovim mjestima može biti uvjetovano a o dodjeli ovih pripadajućih vrijednosti odlučuje se tijekom postupka postavljanja uvjeta u dozvoli za postrojenje.

Više granične vrijednosti prije mogu biti utvrđene za granicu lokacije postrojenja nego za područja osjetljiva na buku što odražava činjenica relativne blizine izvoru buke. Granica postrojenja nudi praktičniji i lakši pristup naknadnom praćenju buke. Uobičajeno su granične vrijednosti utvrđene na granici industrijskih objekata te na najbližim područjima osjetljivim na buku i kod primatelja 'jednokratnog' događanja a posebice za područja novih proizvodnih pogona. Alternativno, granične vrijednosti buke mogu se utvrditi za pojedinačne izvore buke, uzimanjem u obzir ciljnih razina graničnih vrijednosti koje treba dostići bilo na granici ili na najbližem području osjetljivom na buku. Ovakav bi se pristup obično razmatrao samo kada bi bilo poteškoća u dobivanju pouzdanih podataka o buci na granici lokacije ili području

osjetljivom na buku. Ograničenja u svezi vremena obavljanja radova mogu se nametnuti za cijelo ili dio postrojenja, međutim ovaj aspekt treba uravnotežiti s gospodarskim i/ili logističkim utjecajem na rad postrojenja.

U nadležnosti nekih samouprava proaktivnim planiranjem i razvojem nastaju zemljišne banke za industrijsku ili stambenu namjenu. Takav pristup dozvoljava primjenu tampon zona radi osiguravanja da ne dođe do nepodudarnih namjena zemljišta. Međutim, u nekim situacijama nova stambena naselja mogu se sagraditi u neposrednoj blizini postojećih industrijskih postrojenja ili centara za gospodarenjem otpadom a to može izazvati poteškoće budući da mnoge dozvole točno određuju granične vrijednosti za sva područja osjetljiva na buku. Stoga operatori postrojenja moraju biti upoznati sa svakim budućim planom zahvata u prostoru u blizini svojih postrojenja i objekata.

## **6 PRAĆENJE RAZINA EMISIJA I PROCJENJIVANJE USKLAĐENOSTI S KRITERIJIMA I GRANIČNIM VRIJEDNOSTIMA**

Periodična procjena buke u pravilu je uvjet za svako postrojenje s dozvolom a vrsta i opseg procjene određeni su uvjetima svojstvenim lokaciji i podacima o ranijoj djelatnosti postrojenja. U pravilu, od IPPC postrojenja će se zahtijevati da izvrše opsežniju procjenu u situacijama u kojima su ranije zabilježene pritužbe na buku. Ostali čimbenici koji će utjecati na vrstu i opseg procjena uključuju:

- smještaj, blizina i osjetljivost područja i receptora osjetljivih na buku
- vjerojatnost emisija buke koje uzrokuju dodijavanje i/ili smetnje
- priroda i svojstva područja te ambijentalne buke u nedostatku buke određenog postrojenja
- prisustvo ili nedostatak topografskih obilježja i/ili zgrada ili drugih konstrukcija koje bi mogle pomoći oslabljenju emisije buke
- svojstva izvora buke na lokaciji postrojenja, npr. je li buka uglavnom širokopojasna, s istaknutim tonom i/ili impulsom
- uobičajeno vrijeme djelovanja izvora buke u postrojenju i moguće promjene ili izvanredne emisije te
- vrsta mjera za ublažavanje štetnih utjecaja buke primijenjenih u postrojenju i uspješnost njihove primjene.

Tijekom procjenjivanja usklađenosti, mjerenje bi emisija obično trebalo obaviti barem 3,5 metra od svake reflektirajuće konstrukcije osim tla (tj. uvjeti slobodnog polja). Povoljan položaj mikrofona je 1,2 do 1,5 metra iznad razine tla.

Potrebno je odabrati i opravdati odgovarajuće i reprezentativne intervale uzorkovanja. U pravilu, uobičajeni intervali ili "vremena osrednjavanja" su 15-30 minuta tijekom dnevnih sati te 5-15 minuta tijekom noćnih sati. U nekim bi situacijama njima trebalo dodati kraće ili duže intervale uzorkovanja. U obzir se mora uzeti svaki vremenski interval točno određen odgovarajućom dozvolom kao i oni određeni za izrazito nepogodan izvanredni slučaj buke u postrojenju.

Korišteni vremenski intervali mogu se prilagoditi uvjetima svojstvenim lokaciji (npr. ciklusima emisija buke u postrojenju). Svako odstupanje od tipičnih vremenskih intervala mjerenja mora se opravdati. Na nekim lokacijama, gdje je  $L_{Aeq}$  uglavnom pod utjecajem strane buke kao što je cestovni promet, 30-minutno uzorkovanje može biti pretjerano. Primjereni i ključni podaci mogu se prikupiti putem niza kratkoročnih intervala uzorkovanja (posebice kada su izvori aktivni na ravnomjernoj razini) kako bi se isključio utjecaj stranih izvora. Alternativno, može se koristiti specijalan akustički računalni program radi ekstrapoliranja i tumačenja rezultata praćenja.

Praćenje usklađenosti općenito bi se trebalo temeljiti na međunarodnoj normi ISO 1996 (s nametnutim dodatkom po toni primijenjenim kako je navedeno gore). Mjerenja buke obavljena kada su vremenski uvjeti uzrokovali neprihvatljive greške u podacima treba utvrditi i poništiti, kada je moguće. Nepovoljni vremenski uvjeti uključuju oborine, brzinu vjetra preko 7 metara u sekundi(m/s). Prosječna brzina vjetra manja od 5 m/s poželjna je granična vrijednost kada se obavljaju mjerenja.

Dobra je praksa povoditi se za meteorološkim podacima i bilježiti brzinu i smjer vjetra na lokaciji tijekom ispitivanja buke. U svim slučajevima treba voditi brigu da se izbjegnu mjerenja vrlo blizu objekata kod kojih se povećava buka koja nastaje uslijed vjetra, npr. od drveća, tornjeva, kablova, zgrada, itd.

U nekim slučajevima, atestiranje usklađenosti s graničnim vrijednostima buke izravnim mjerenjem može predstavljati posebne poteškoće. U takvim okolnostima prihvatljive su računalne metode predviđanja korištenjem ulaznih podatka razina zvučnog tlaka iz sastavnica postrojenja (dobivenih izravnim mjerenjem). Alternativno, mjerenja razina zvučnog tlaka na određenim referentnim mjestima mogu se ekstrapolirati ili koristiti za procjenu razina utjecaja na prijemna mjesta.

U smislu usklađenosti, dugoročne srednje vrijednosti vrednovanih razina buke ne smiju se prekoračiti. Povremena prekoračenja od najviše 2 dB prihvatljiva su, pod uvjetom da je to navedeno u dozvoli koju ima postrojenje. Buka svih radnji treba biti pod nadzorom kako ne bi bila tako glasna, trajna, ponavljana, dugotrajna, ili takve visine, ili u takova doba da stvara razumljivo dodijavanje. Sva IPPC postrojenja moraju obvezno primijeniti NRT radi uklanjanja i nadzora istaknutih tonova ili impulsa te smanjenja utjecaja buke kolikogod je to praktično moguće. Dodatne smjernice o nadzoru i mjerama za ublažavanje štetnih učinaka donose odjelci 4 do 7.

Što se tiče NRT-a, operater uvijek treba primijeniti dobru praksu i usvojiti pristup predostrožnosti kod nadzora buke. Čak i kada nema očitih problema, treba nastojati spriječiti polagane razine ambijentalne buke te smanjiti cjelokupan utjecaj buke kada god je moguće. Sama usklađenost s graničnim vrijednostima emisija nije dovoljna a NRT za buku i vibracije treba procijeniti temeljem posebnosti lokacije.

## 7 DIREKTIVA O BUCI U OKOLIŠU

Postavljeni cilj Direktive o buci u okolišu (2002/49/EZ) jest 'definirati opći pristup prema izbjegavanju, sprječavanju ili smanjenju na prioritarnoj osnovi štetnih učinaka, uključujući dodijavanja, uslijed izloženosti buci u okolišu'. To treba postupno postići putem:

- određivanja izloženosti buci u okolišu uz pomoć izrade karata buke
- objelodanjivanja informacija javnosti i
- usvajanja akcijskih planova od strane država članica, temeljenih na kartama buke, radi smanjenja buke u okolišu, kao i radi očuvanja kvalitete buke u okolišu ondje gdje je ona povoljna.

Direktiva je usmjerena uglavnom na buku iz niza izvora u prometu (cestovnom, željezničkom, zračnom), iako definicija 'buke u okolišu' uključuje i buku iz industrijskih postrojenja. Provedba Direktive uključuje izradu strateških karata buke i provedbu akcijskih planova radi postizanja smanjenja razina ambijentalne buke. Strategije smanjenja buke uključuju planiranje prometa, planiranje korištenja zemljišta, tehničke mjere na izvorima buke te regulatorne ili gospodarske mjere ili poticaje. Svaki bi akcijski plan trebao sadržavati procjenu broja ljudi kojima će koristiti, u smislu uklanjanja ometanja spavanja, dodijavanja ili drugih čimbenika. Izrada strateških karata buke uvjetuje se do 30. lipnja 2007. godine za:

- aglomeracije s više od 250 000 stanovnika
- velike cestovne prometnice s protokom većim od 6 000 000 vozila godišnje
- željezničke prometnice s protokom većim od 60 000 vlakova godišnje
- velike zračne luke s više od 50 000 polijetanja i slijetanja godišnje.

Direktiva navodi određene 'odabrane opće pokazatelje buke' ili indekse i njihovu primjenu. Odabrani pokazatelji su  $L_{den}$  radi procjene dodijavanja i  $L_{night}$  radi procjene ometanja spavanja. To su A-vrednovane dugoročne vrijednosti koje su utvrđene u prilogu I Direktive (kao i u pojmovniku ovih Smjernica) i sve su varijacije  $L_{Aeq}$  koja se uobičajeno koristi u uvjetima dozvole.

Svaka država članica EU-a mora provoditi Direktivu a točno su određeni i rokovi za usklađenost s obvezama. Primjerice, o svim graničnim vrijednostima primijenjenim za nadzor buke iz određenih razreda izvora buke kako je gore navedeno, mora se izvijestiti Europska komisija do 18. srpnja 2005. godine. Te granične vrijednosti moraju se izraziti kao  $L_{den}$  i  $L_{night}$  te, gdje je odgovarajuće,  $L_{day}$  i  $L_{evening}$  (vidi pojmovnik).

Predviđa se da bi uvjeti dozvole mogli uskoro biti podešeni sukladno 'odabranim općim pokazateljima buke'. Iako su ovi pojmovi prvenstveno osmišljeni da budu pripisani dugoročnim razinama buke, primjerena dokumentacija postupka izdavanja dozvole (npr. obrazac zahtjeva, uvjeti dozvole, izvješća o ispitivanju) treba se pozvati na ove pokazatelje. Iako je trenutno teško odrediti bi li  $L_{den}$  bio koristan u uredbi o IPPC postrojenjima i centrima za gospodarenje otpadom, (to je godišnji prosjek i parametar osmišljen za potrebe strategije), provedba Direktive o buci u okolišu može njenu primjenu učiniti nužnom. U situacijama gdje se obavlja neprekidan nadzor, izvješća o procjeni trebaju obuhvaćati pojedinosti o svim relevantnim  $L_{Aeq}$ , percentilima i rezultatima analize pojasa oktave. Nadalje, rezultate treba izraziti kao  $L_{den}$  i  $L_{night}$  te, gdje je odgovarajuće,  $L_{day}$  i  $L_{evening}$ .

## 8 POJMOVNIK

### *Pretlak zraka*

Kada god se detonira eksploziv, nastaju valovi nošeni zrakom ili pretlak zraka. Ovi valovi tlaka sastoje se od energije širokog spektra frekvencija, od kojih su neke čujne i poznate kao zvuk ili valovi buke no, većina je na frekvencijama koje su ispod raspona čujnosti (20 Hz) i poznate kao kontuzija. Pretlak zraka izražavamo kao dB (Lin).

### *Ambijentalna buka*

Potpuno okružujući zvuk u zadanoj situaciji i zadanom vremenu, obično sastavljen iz više, bližih i daljih, izvora zvuka.

### *Dodijavanje*

Dodijavanje se definira kao osjećaj nelagode potaknut bukom ili osjećajem ljutnje, nezadovoljstva, neugodnosti i razdraženosti bukom kada buke ometa nečije misli ili raspoloženje ili smeta u obavljanju radnji. Važno je uočiti da veliki raspon čimbenika ima potencijal izazivanja dodijavanja koji obuhvaćaju i subjektivne te osobne čimbenike.

### *Razina pozadinske buke*

Razina A-vrednovanog zvučnog tlaka rezidualne buke na mjestu procjene koja je prekoračena za 90 posto zadanog vremenskog intervala, T. ( $L_{A90,T}$ ).

### *Mjerilo razine zvuka*

Granična vrijednost razine zvučnog tlaka (s referentnim vremenskim intervalom kao odgovarajućim) koja se može primijeniti na izvor buke, granicu djelatnosti ili na područja osjetljiva na buku u blizini lokacije.

### *Dnevno vrijeme*

Od 08:00 do 22:00 sati (noćno vrijeme se smatra razdoblje od 22:00 do 08:00 sata).

### *Večer*

Od 19:00 do 23:00 sati.

### *Razine fasade*

Razine fasade na lokaciji 1 m od fasade zgrade opisane izrazom *razine fasade* izložene višim razinama zvuka nego one na otvorenim područjima (uvjetima slobodnog polja) uslijed učinaka odraza.

### *Uvjeti slobodnog polja*

To su uvjeti u kojim ispuštanje iz izvora zvuka nije pod učinkom prisustva neke reflektirajuće granice. U praksi, to je polje na kom su učinci granica zanemarivi u odnosu napredmetni raspon frekvencije. Kod buke u okolišu, stvarni uvjeti mjerenja slobodnog polja rijetko se postižu a mikrofoni je obično postavljen na visinu između 1,2 i 1,5 metra iznad razine tla. Kako bi se smanjio utjecaj refleksija, mjerenja se obično izvode najmanje 3,5 metra od svake reflektirajuće površine osim tla.



### *Decibel (dB)*

Ljestvica na kojoj se izražava razina zvučnog tlaka. Definira se kao 20 puta logaritam omjera između RMS tlaka zvučnog polja i referentnog tlaka od 20 mikropaskala (20  $\mu\text{Pa}$ ). 0 dB jest prag sluha, 140 dB jest prag boli. Promjena od 1 dB može se otkriti samo u laboratorijskim uvjetima. Promjena od 10 dB odgovara otprilike prepolovljavanju ili udvostručenju zamijećene glasnoće zvuka.

### *dB(A)*

Decibeli izmjereni mjeračem razine zvuka koji uvrstavaju vrednovanje frekvencije (A-vrednovanje) koje mijenja frekvencijsko (visinsko) reagiranje mjernog instrumenta, kao što je mjerač razine zvuka, radi oponašanja ljudskoga uha.

### *dB (Lin)<sub>maxpeak</sub>*

Trenutačna maksimalna vršna razina zvučnog tlaka izmjerena u decibelima na mjeraču razine zvuka, bez primjene sustava vrednovanja frekvencije.

### *Frekvencija*

Broj vibracija ili fluktuacija tlaka u sekundi. Jedinica je Hertz (Hz).

### *Buka impulsa*

Buka kratkog trajanja (u pravilu manje od jedne sekunde), čija je razina zvučnog tlaka značajno niža od pozadinske.

### *LAeq, T*

Ekvivalentna postojana razina zvuka u dB koja sadrži istu akustičnu energiju kao i stvarna fluktuirajuća razina zvuka u zadanom razdoblju T.

### *LA90, T*

Razina buke prekoračena za 90 % vremenskog intervala T. Ova se razina općenito uzima kao da predstavlja razinu 'pozadinske buke', međutim, ovisno o okolnostima, može biti koristan pokazatelj tipične podne razine stalne industrijske buke.

### *LA10, T*

Razina buke prekoračena za 10 % vremenskog intervala. Ovo je reprezentativna razina tipičnih vršnih vrijednosti i najčešće se rabi u procjeni buke u prometu.

### *I-Arj*

Ekvivalent stalne A- vrednovane razine zvučnog tlaka tijekom određenog vremenskog intervala T, plus određene prilagodbe tonalnog svojstva i impulzivnosti zvuka.

### *LA1eq*

To je A-vrednovana razina zvučnog tlaka, određena vremenski vrednovanim svojstvom I. Može se koristiti u određivanju buke impulsa.

### *Lden*

Dan-večer-noć razina  $L_{den}$  u decibelima (dB) definira se formulom:

$L_{den} = 10 \log_{10} \left\{ (12 * 10^a) + (4 * 10^b) + (8 * 10^c) \right\}$   
Gdje je  $a = 0.1 L_{day}$ ,  $b = 0.1 (L_{evening} + 5)$ ,  $c = 0.1 (L_{night} + 10)$

a:

dan, Lvečer, i  $L_{night}$  su A-vrednovane dugoročne vrijednosti (prema ISO 1996-2: 1987) određene tijekom razdoblja dana, večeri i noći tijekom godine, kako je odgovarajuće. Dan je dvanaest sati dug, večer četiri sata a noć osam sati.

#### *Buka niske frekvencije (LFN)*

LFN se obično uzima kako bi označila buku ispod frekvencije od oko 100 do 150 Hz i često je povezana s bukom u rasponu od 40 - 60 Hz.

#### *Analiza uskopojasne frekvencije*

Analiza frekvencije zvuka na način da je spektar frekvencije vrlo fino dodatno podijeljen na uske pojaseve. Osjetljivost metode bit će definirana sofisticiranom korištenom opremom. Fast Fourier Transform (FFT) analizator često se koristi za utvrđivanje prisustva ili nedostatka tonova na niskim frekvencijama.

#### *Buka*

Nepoželjan zvuk. Svaki zvuk koji ima potencijal uzrokovati uznemirenost, nelagodu ili psihološku napetost subjekta koji mu je izložen, ili svaki zvuk koji ima potencijal uzrokovanja stvarne fiziološke štete subjektu koji mu je izložen ili fizičko oštećenje svakoj konstrukciji koja mu je izložena, prepoznamo kao buku.

#### *Pokazatelj buke*

Pokazatelj jest fizički raspon opisa buke u okolišu, koji je povezan sa štetnim učinkom.

#### *Područja osjetljiva na buku (NSL)*

Svaka stambena zgrada, hotel ili prenočište, zdravstvena ustanova, obrazovna ustanova, vjerski objekti ili objekti za zabavu, ili svaki drugi objekt ili područje visoke ugone koji prema svojoj svrsi zahtijeva nepostojanje buke na razini uznemiravanja.

#### *Analiza pojasa $1/3$ oktave*

Analiza frekvencije zvuka na način da je spektar frekvencije dodatno razdijeljen na pojaseve jedne trećine oktave, svaki. Oktavom se smatra interval frekvencije čija je gornja granica dvostruko veća od donje granice (u Hertz).

#### *Vršna brzina čestice (PPV)*

Maksimalna trenutačna brzina čestice u točki zadanog vremenskog intervala. To je jedinica koja služi za procjenu vibracije u odnosu na radnje koje uključuju eksplozije. PPV ima dobru uzajamnu vezu sa stupnjem ljudske percepcije vibracije, kao i s oštećenjem imovine. Širenje pokreta može se definirati u smislu triju međusobno okomitih sastavnica a one se obično mjere istovremeno. Brzina čestice bit će promjenjiva od nule to maksimalne vrijednosti – vršne brzine čestice – što se izražava kao milimetri u sekundi (mm/s).

#### *Čisti ton*

Zvuk u kom se tlak zraka redovito mijenja na jednoj frekvenciji u vremenu.

### *Ocjenska razina*

Specifična razina buke, plus svaka prilagodba karakterističnim obilježjima buke.

### *Rezidualna buka*

Ambijentalna buka koja se zadržava na zadanom mjestu, u zadanoj situaciji, kada je određeni izvor potisnut do takvog stupnja da ne doprinosi ambijentalnoj buci. Razina rezidualne buke mjeri se u  $L_{Aeq,T}$ .

### *Korijen srednje vrijednosti kvadrata (Root Mean Square-RMS)*

Vrijednost RMS niza brojeva jest kvadratni korijen srednje vrijednosti njihovih kvadrata.

### *Razina izloženosti zvuku (SEL ili $L_{AE}$ )*

To je mjera A-vrednovane energije zvuka koja se koristi za opis bučnih zbivanja kao što je prolazak vlaka ili zrakoplova; to je A-vrednovana razina zvučnog tlaka ukoliko se odvija tijekom razdoblja od 1 sekunde, sadržavat će istu količinu A-vrednovane energije zvuka kao i to zbivanje.

### *Snaga zvuka*

Proizvod energije iz izvora, tj. stopa po jedinici vremena u kom se odašilje energija zvuka. Mjeri se u vatima (Watt).

### *Specifična razina buke*

Sastavnice ambijentalne buke koju je moguće posebno prepoznati uz pomoć akustičnih sredstava a može se povezati sa specifičnim izvorom. U BS 4142, nalazi se preciznija definicija koja glasi: 'ekvivalentna trajna A-vrednovana razina zvučnog tlaka na mjestu procjene, koju proizvodi specifičan izvor buke tijekom zadanog referentnog vremenskog intervala ( $L_{Aeq,T}$ )'.

### *Vremensko vrednovanje*

Jedno od osrednjavanja vremena (brzo, sporo ili impulsno) koje se koristi za mjerenje RMS razine zvučnog tlaka u mjeracima razine zvuka.

### *Istaknuti ton*

Buka sa sastavom uske frekvencije, npr. cvilež ili električni motor.

### *Buka s istaknutim tonom*

Buka koja sadrži jasno istaknuti ton, tj. prepoznatljiv, diskretan ili stalan prizvuk (cvilež, pištanje, škripanje, brujanje, itd.). Prilikom određivanja treba li tonalna prilagodba, treba se pozvati na ISO 1996-2 (1987) - odjeljak 4.1.

### *Vibracija*

Redovito ponavljani pokret oko fiksne točke ili oscilacije, gdje je kvantiteta parametar koji definira pokret mehaničkog sustava.