

Center za fizikalne meritve
Laboratorij za okoljske meritve

Št: LOM – 20220451/2 – RZ

Datum: 06.10.2022

Vpliv vibracij na okolje

KAMNOLOM LIBOJE

LIBOJE
3301 Liboje

Upravljavec:	VOC Ekologija d.o.o. Cesta Kozjanskega odreda 21 3230 Šentjur
Naročnik:	VOC Ekologija d.o.o. Cesta Kozjanskega odreda 21 3230 Šentjur
Vrsta naloge:	Vpliv vibracij na življenjsko okolje
Številka naročila:	e - naročilo
Datum naročila:	29.08.2022
Poslano:	Naročnik (1 x) Arhiv ZVD (1 x)
Oceno izdelala:	mag. ANDREJ KOTAR, univ.dipl.inž.str. podpis LUKA ČUROVIĆ, mag. med. fiz. podpis
Poročilo pregledal:	ROK ZULE, dipl. inž. fiz. podpis
Poročilo odobril:	dr. GREGOR OMAHEN, univ. dipl. fiz. podpis

Dokument vsebuje 8 strani. Poročilo je dovoljeno reproducirati samo v celoti za potrebe naročnika z dovoljenjem ZVD d.o.o.

KAZALO

1. NALOGA IN PREDMET OBDELAVE.....	4
2. NASTANEK IN PRENOS VIBRACIJ	4
3. UPORABLJENE METODE	4
4. PREDPISI IN NJIHOVA VSEBINA.....	5
5. REZULTATI MERITEV VIBRACIJ	7
6. MONITORING VIBRACIJ	7
7. OMILITVENI UKREPI	8

1. NALOGA IN PREDMET OBDELAVE

V sklopu naloge ocenjujemo vpliv vibracij na življenjsko okolje v času obratovanja Kamnoloma Liboje. Najpomembnejši vir vibracij je razstreljevanje (miniranje) na območju kamnoloma, ki se izvaja za potrebe pridobivanja mineralnih snovi. Pri izdelavi ocene smo upoštevali meritve vibracij, ki so bile izveden v času miniranja v Kamnolomu Liboje. Namen ocene je ugotoviti prisotnost vibracij, ki bi jih lahko človek dojemal kot moteče.

2. NASTANEK IN PRENOS VIBRACIJ

Vsiljene vibracije, ki se iz okolice širijo na razne gradbene elemente v izpostavljenih prostorih stavbe, imajo večinoma prevladujoče frekvence v določenem delu spektra, prenos gre v glavnem po konstrukciji. Envelopa prenosne sile se pri tem približno periodično spreminja s frekvenco ponavljanja določenega režima $f = \omega / 2\pi$, oziroma števila obratov posameznih virov vibracij $f = 60 \times$ (št. obratov/min) (Hz). Odziv na vibracije, ki jih vzbudi obratovanje vibracijskih virov, ni odvisen samo od njihove moči, temveč tudi od njihovih statičnih in dinamičnih lastnosti ter odzivnih lastnosti sredstva po katerem te vibracije potujejo, oziroma jih vzbujajo.

3. UPORABLJENE METODE

Preiskava razširjanja vibracij po stavbah in podobnih konstrukcijah običajno zahteva dobro teoretično predpripravo, zasnovano na načelih modalne analize. Dodatno je v zvezi s tem predhodno potrebno poskrbeti za podatke o vrstah in dimenzijah uporabljenih gradbenih materialov, njihovih masah, dinamičnih in elastičnih lastnostih. Enako velja tudi za preiskovane vire vibracij. Tovrstne študije so dolgotrajne in drage. Zato se je potrebno poleg teoretičnih dognanj poslužiti tudi meritev in nekaterih eksperimentalnih metod.

Vpliv vibracij je pomemben v nizkofrekvenčnem območju med 1 in 100 Hz. V zvezi z vibracijami, ki lahko povzročajo poškodbe posameznih delov stavbe in neugodno počutje ljudi v teh stavbah zaradi vibracij, je pomembna hitrost vibracij, ki jo dobimo z integracijo merjenega pospeškovnega signala v določenem frekvenčnem območju kot:

$$v(t) = \int_0^T a(t)dt \quad [3]$$

V dovolj ozkem frekvenčnem pasu, kjer lahko obravnavamo vibracijski signal kot harmoničen, dobimo kot rezultat zgornje integracije naslednjo zvezo med hitrostjo in pospeškom vibracij

$$v(t) = \frac{a(t)}{2 \pi f} \quad [4]$$

Meritve vibracij so opisane v Poročilu o meritvah potresnih učinkov miniranja v kamnolomu Liboje – VOC EKOLOGIJA d.o.o. v času od 24.04 do 15.12.2020, Vibrolab d.o.o. in Poročilu o meritvah potresnih učinkov miniranja v kamnolomu Liboje – VOC EKOLOGIJA d.o.o. v času od 17.05. do 25.10.2019, Vibrolab d.o.o. Meritve so bile izvedene na temelju župnijskega doma Liboje na oddaljenosti 270 m do 600 m od mesta razstreljevanja.

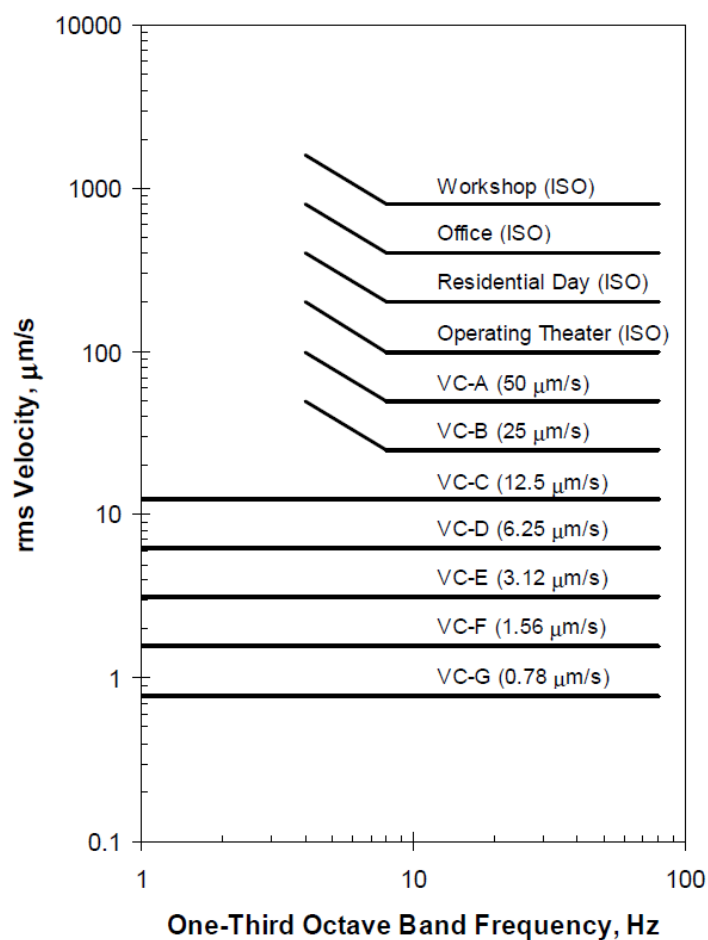
4. PREDPISI IN NJIHOVA VSEBINA

Področje vibracij, ki posredno ali neposredno vplivajo na človekovo zdravje in počutje je še relativno neraziskano oziroma neobdelano, zato so tudi predpisi iz tega področja redki. Pri analizi vibracijskega signala, ki se prenaša na po konstrukcij so pomembni predvsem štirje parametri: 1) frekvenca vzbujanja v Hz, 2) smer vzbujanja, 3) hitrost vibracij v ms^{-1} izražena kot vrednost RMS in 4) ekspozicijski čas, ki je pomemben za oceno učinkovne dnevne izpostavljenosti vibracijam.

Glede ogroženosti ljudi, konstrukcij in naprav z vibracijami v stavbah pri nas trenutno še ni primerne zakonodaje, ki bi regulirala njihove mejne vrednosti. V takem primeru vzamemo priporočila, ki jih najdemo v strokovni literaturi (npr. DIN 4150 - Erschutterungen in Bauwesen in ISO 4866 - Mechanical vibration and shock - Vibration of buildings - Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on building, ISO 2631 - 2: Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole body vibration in vodilo VC).

Za stavbe velja, da so poškodbe na konstrukcijah malo verjetne pri izmerjenih hitrostih v horizontalni smeri, ki so manjše od 10 mm/s. Občutljivost človeškega organizma je odvisna od številnih faktorjev, vendar pa je prag občutljivosti na vibracije pri efektivni hitrost v_{rms} okrog 0.2 mm/s oziroma 200 $\mu\text{m/s}$. Hitrosti do 0.7 mm/s se smatrajo za sprejemljive, do 1.8 mm/s pa še kot tolerantne. Hitrosti nad 4.5 mm/s praviloma niso dovoljene.

Take vrednosti navaja tudi vodilo VC (vibration criteria). VC krivulje so podane na spodnji sliki 1. Krivulje so povzete iz dodatka C dokumenta IES -RP – CC012.2, izdanega s strani Inštituta okoljskih znanosti IEST, IL iz 2005. Na sliki so navedene tudi krivulje, povzete po ISO 2631 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole body vibration (1. in 2. del), ki se nanašajo na vpliv vibracij na ljudi v posameznih situacijah. V tabeli 1 so podane tudi številske vrednosti.



Slika 1: Krivulje VC kriterija za na vibracije občutljivo opremo ter primernost hitrosti vibracij za nemoteno udobje ljudi.

Tabela 1: Numerične vrednosti VC krivulj, prikazanih na sliki 1.

krivulja	Hitrost vibracij ¹ [$\mu\text{m/s}$]	opis uporabe
Delavnica (ISO)	800	Izrazito zaznavne vibracije. Primerno za delavnice in neobčutljiva območja.
Pisarna (ISO)	400	Zaznavne vibracije. Primerno za pisarne in neobčutljiva območja.
Stanovanja (ISO)	200	Komaj zaznavne vibracije. V večini primerov primerno za spanje. Navadno ustrezno za računalniško opremo, bolnišnične prostore za okrevanje, teste z opremo s polprevodniškimi sondami, mikroskope z do 40 - kratnimi povečavami
Operacijska dvorana (ISO)	100	Nezaznavne vibracije. V večini primerov primerne za operacijske prostore, mikroskope z do 100kratnimi povečavami in opremo z nizko občutljivostjo na vibracije.
VC - A	50	V večini primerov ustrezno za uporabo mikroskopov z do 400kratnimi povečavami, mikrotehtnic, optičnih tehtnic, poravnalniki (bližinski in projekcijski), ki se uporabljajo v litografiji
VC - B	25	Primerno za pregled in litografsko opremo (vključno s koračnim motorjem (stepper)) s širino črte do 3 μm

VC - C	12.5	Primerno za optične mikroskope z do 1000kratnimi povečavami, litografijo in pregledovalno opremo (vključno z zmerno občutljivimi elektronskimi mikroskopi) z do 1 μ m natančnostjo, TFT – LCD procese (s koračnimi motorji, optični bralniki)
VC - D	6.25	V večini primerov primerno za zahtevno opremo, vključno z elektronskimi mikroskopi (SEM, TEM) in sistemi z elektronskimi žarki.
VC - E	3.12	Kriterij, ki ga ni lahko doseči. Predvidoma primeren za najbolj občutljivo opremo za dolge razdalje in majnimi tarčami, ki temelji na uporabi laserjev, litografski sistemi z elektronskimi žarki, delujočimi na nanometerski skali ter preostali sistemi, ki zahtevajo nadpovprečno dinamično stabilnost.
VC - F	1.56	Primerno za ekstremno tihe raziskovalne prostore, na splošno težko dosegljiv kriterij, še posebno v čistih sobah. Ni priporočeno za uporabo kot projektantski kriterij, primernejši za vrednotenje.
VC - G	0.78	Primerno za ekstremno tihe raziskovalne prostore, na splošno težko dosegljiv kriterij, še posebno v čistih sobah. Ni priporočeno za uporabo kot projektantski kriterij, primernejši za vrednotenje.

5. REZULTATI MERITEV VIBRACIJ

Meritve vibracijskih hitrosti na temelju župnijskega doma Liboje na oddaljenosti 270 m do 600 m od mesta razstreljevanja v letih 2019 in 2020 so pokazale, da so največje skupne hitrosti vibracij (seštevek v x, y in z smeri) nižje od 2 mm/s v frekvenčnem območju med 20 Hz in 30 Hz.

Na podlagi meritev lahko zaključimo, da razstreljevanje ne povzroča vibracij, ki bi jih po splošnih priporočilih lahko smatrali kot moteče za večino ljudi. Za stavbe pa velja, da so poškodbe na konstrukcijah zaradi razstreljevanja malo verjetne saj so izmerjene hitrosti v horizontalni smeri manjše od 10 mm/s.

6. MONITORING VIBRACIJ

Vibracije v bivalnem okolju skoraj nikoli niso tako visoke, da bi predstavljale neposredno tveganje za nastanek zdravstvenih okvar, lahko pa motijo delo, koncentracijo in počitek, zato so lahko tudi predmet pritožb. Pritožbe so bolj verjetne v primeru, ko vibracijo vzbuja lažje strukture kot so npr. okenska stekla, kozarce, posodo. V primeru Kamnoloma Liboje pomembnejšega prenosa vibracij do izpostavljenih objektov preko tal ni pričakovati.

Pomembnejši prenos mehanske energije zaradi razstreljevanja pa se lahko prenese po zraku. Tako prenesena energija lahko povzroči vzbujanje nekaterih fasadnih elementov (npr. stekel). V tem primeru je smiselno preučiti in po potrebi znižati vibracije delov stavbe kot posledice prenosa vibracijske energije po zraku. Zaradi tega priporočamo monitoring vibracij, ki naj se izvaja v času razstreljevanja pri najbolj izpostavljenih objektih (npr. Liboje 32). Meritve naj vključujejo tudi meritve hitrosti vibracij. Izvedejo pa naj se tudi meritve nizkofrekvenčnega zvoka v območju med 10 in 20 Hz, saj se v prihodnosti pričakujejo zakonske zahteve in omejitve tudi na tem področju. Meritve se lahko izvedejo

hkrati z meritvami hrupa v okolju. V primeru povečanih vibracij se vzpostavi na teh objektih stalni monitoring.

Monitoring vibracij in nizkofrekvenčnega hrupa naj se pred izpostavljenimi objekti izvede tudi v času obratovanja običajnih proizvodnih virov na območju kamnoloma ter transporta tovornih vozi. Monitoring se izvede vsaj enkrat na leto.

7. OMILITVENI UKREPI

Korektni odnosi s prebivalci, ki živijo v okolici kamnoloma so ključnega pomena. Dobri odnosi s prebivalci se lahko vzpostavijo in vzdržujejo z rednim obveščanjem o vseh aktivnostih na območju kamnoloma in z obravnavo mnenj, pripomb, pritožb ali pobud okoliških prebivalcev. Pri tem je potrebno določiti tudi osebo zavezanca, ki bo pristojna za komunikacijo s prebivalci, ki hrupu in vibracijam kamnoloma izpostavljeni. Pred pričetkom razstreljevanja je potrebno izpostavljene prebivalce obvestiti. Zavezanec naj vodi tudi knjigo pripomb oziroma naj uvede sistem ravnanja z okoljem po standardu SIST EN ISO 14001.

Razstreljevanje se lahko izvaja le v dnevnem času. Število razstreljevanj naj se omeji, tako, da ne bo preseženo večletno povprečje (cca. 60 razstreljevanj).

Redni monitoring vibracij in ukrepanje na podlagi rezultatov monitoring, vključno s povečanjem izolacije izpostavljenih stavb in uporabo manjše količina razstreliva.

Namestitev opreme, ki je vir vibracij na lokacije, ki so od izpostavljenih objektov čim bolj oddaljene.

-KONEC POROČILA-