

## UČINKOVITOST ANTIVIBRACIJSKIH RUKAVICA: I DIO

### THE EFFECTIVENESS OF ANTI-VIBRATION GLOVES: PART I

Vlado GOGLIA\*, Josip ŽGELA\*\*, Igor ĐUKIĆ\*

*SAŽETAK: Izlaganje vibracijama većeg intenziteta kroz duže razdoblje često vodi trajnim oštećenjima dijelova organizma te trajnoj nesposobnosti za rad. Taj je problem prisutan i kod mnogih poslova u šumarstvu. Mnoge se aktivnosti provode s ciljem da se izbjegnu posljedice izlagana vibracijama. Jedna od mjera zaštite od pretjeranog izlaganja vibracijama koje se prenose na ruke je i korištenje antivibracijskih zaštitnih rukavica. Ocjena učinkovitosti zaštite uporabom antivibracijskih rukavica je složena procedura i često ne daje očekivane rezultate. Na tržištu je široka ponuda antivibracijskih rukavica različitih proizvođača te je izbor onih koje će najbolje štititi radnika odgovoran i složen zadatak. Ocjenu kvalitete rukavica moguće je donijeti primjenom postupka ispitivanja istih po proceduri koja je propisana međunarodnim normama ISO 10819-1996 i EN ISO 10819-1996 te nacionalnom normom HRN ISO 10819-2000, ili ispitivanjem istih u stvarnim- pogonskim uvjetima. Prednosti i nedostaci oba načina ispitivanja se obrazlažu u ovome radu.*

*Glavne riječi: ergonomija, vibracije, antivibracijske rukavice, ispitivanje*

#### UVOD – Introduction

Izlaganje rukovatelja mehaniziranim sredstvima rada vibracijama visoke razine, može imati po njega tražične posljedice. To je problem s kojim se susreću stručnjaci zaštite na radu u svim industrijskim granama. Kako je prema statističkim podacima vidljivo, treba mu prići s pozornošću. Posljedice izloženosti prekomjernoj razini vibracija uzrokom su više od 13 % sveukupnih profesionalnih oboljenja u Republici Hrvatskoj (Kacian, N., 1999). Šumarstvo se nažalost kao industrijska grana prema statističkim podacima svrstava u

jednu od najrizičnijih djelatnosti, kako po povredama na radu, tako i po profesionalnim oboljenjima. Profesionalna oboljenja izazvana utjecajem vibracija u šumarstvu su posebice izražene. Stoga ne čudi čitav niz aktivnosti kako u Hrvatskim šumama d.o.o., tako i na Šumarskom fakultetu, usmjerenih prema smanjenju posljedica izloženosti vibracijama. Da bi se ispravno izabrale mjere zaštite, ponajprije treba poznavati prirodu vibracija koje se prenose na ruke, kao i osjetljivost rukovatelja.

#### OSJETLJIVOST SUSTAVA ŠAKA – RUKA NA VIBRACIJE Hand-arm system vibration sensitivity

Opće je poznata činjenica da svaki dio ljudskog organizma ima različite prirodne frekvencije. Izloženosti vibracijama čija se frekvencijska karakteristika može naći u rezonantnom području s vlastitim frekvencija-

ma dijela ljudskog organizma, multiplicira posljedice. To je samo po sebi razumljivo, posebice u slučaju sustava šaka-ruka preko kojega se uglavnom vibracije izravno prenose na tijelo rukovatelja. Isto tako stručnoj je javnosti poznata činjenica da je sustav šaka-ruka najosjetljiviji na vibracije u frekvencijskom rasponu 6-16 Hz (Goglia, 1997; Suchomel, J. i Slancik, M. 2005). Uz frekvencijske karakteristike, razumljivo je da su od velikog značaja još dva parametra za ocjenu

\* Prof. dr. sc. dr. h. c. Vlado Goglia, mr. sc. Igor Đukić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, pp. 422, HR-10000 Zagreb

\*\* Mr. sp. Josip Žgela, Hrvatske šume d.o.o. Lj. F. Vukotinića 2, HR-10000 Zagreb

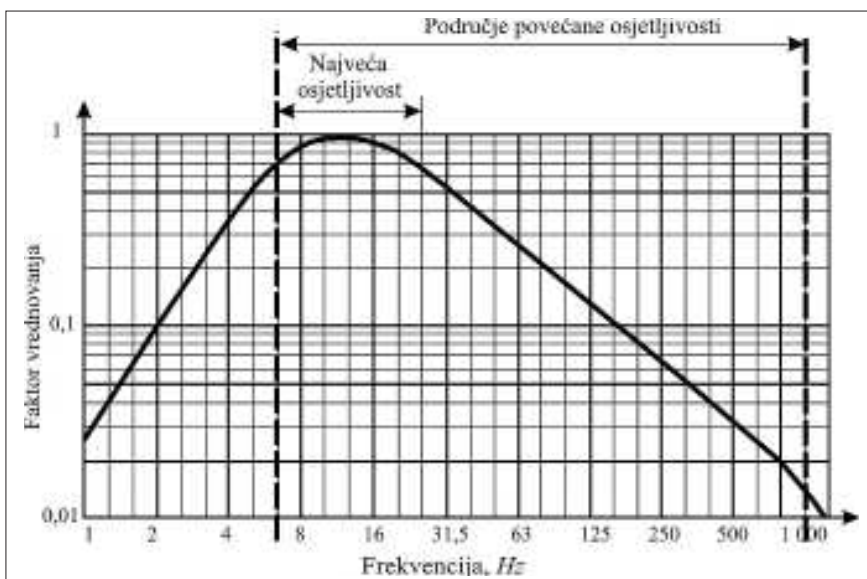
opasnosti izlaganja vibracijama. To su:

- razine vibracija ili intenzitet i
- vrijeme izlaganja.

Stvarni intenzitet vibracija treba promatrati uzimajući usporedno u obzir frekvencijsku karakteristiku i razinu vibracija unutar relevantnog frekvencijskog spektra. Stoga međunarodna norma ISO 5349-1-2001 nalaže da se u izvješću o mjerenju vibracija obavezno navedu vrijednosti vrednovanih ubrzanja po osima. Vrednovanje ubrzanja sukladno se *Annexu A* iste norme izračunava prema relaciji:

$$a_{hw(x,y,z)} = \sqrt{\sum_{i=1}^h (W_{hi} a_{hi})^2} \quad (1)$$

gdje je:  $W_{hi}$  faktor vrednovanja ubrzanja u  $i$ -toj terci;  $a_{hi}$  je intenzitet ubrzanja vibracija u toj istoj terci u  $m/s^2$ . Tijek vrijednosti faktora vrednovanja  $W_{hi}$  u frekvencijskom rasponu zanimljivom sa stajališta izloženosti vibracijama (6,3 do 1250 Hz) pokazuje sl. 1.



Slika 1. Krivulja vrijednosti faktora vrednovanja  $W_{hi}$  za vibracije prenesene na ruke  
Figure 1 Frequency-weighting curve  $W_{hi}$  for hand-transmitted vibration

Procjene sveukupne izloženosti vibracijama koje se prenose na ruke, sukladno se preporukama međunarodne norme ISO 5349-1-2001 obavlja vektorskim zbrojem komponenata ubrzanja u pojedinim osima, te se izračunava prema relaciji:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (2)$$

Dnevna izloženost, na osnovi koje se procjenjuju rizici izlaganja, uključuje i vrijeme izlaganja te se prema preporuci izračunava iz relacije:

$$A(8) = a_{hv} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_o}} \quad (4)$$

gdje je:  $T$  ukupno vrijeme dnevnog izlaganja vibracijama intenziteta  $a_{hv}$  dok je  $T_o$  frekventno vrijeme (raspoloživo vrijeme od 8 h odnosno 28800 s). Ukoliko se tijekom radnoga dana mijenja razina vibracija ili se mijenja njihova frekvencijska karakteristika, valja dnevnu izloženost izračunati iz relacije:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_o} \sum_{i=1}^N a_{hvi}^2 \cdot T_i} \quad (5)$$

gdje je:  $a_{hvi}$  sveukupna izloženost vibracijama (rezultantni vektor) za  $i$ -tu operaciju,  $N$  je broj  $i$ -te operacije, a  $T_i$  je vrijeme trajanja te iste operacije.

Imajući na umu sve ranije rečeno, dnevna se izloženost može izračunati prema relaciji:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_o} (a_{hwx1}^2 + a_{hwy1}^2 + a_{hwz1}^2) \cdot T_1 + (a_{hwx2}^2 + a_{hwy2}^2 + a_{hwz2}^2) \cdot T_2 + \dots + (a_{hwxN}^2 + a_{hwyN}^2 + a_{hwzN}^2) \cdot T_N} \quad (6)$$

### SMANJENJE DNEVNE IZLOŽENOSTI – Daily exposure reduction possibilities

Iz relacije (6) jasno proizlazi da se dnevna izloženost radnika može smanjiti na tri načina:

- 1) organizacijom na radilištu tj. kombiniranjem radnih aktivnosti tijekom smjene
- 1) smanjenjem vremena izlaganja
- 3) prigušenjem vibracija u onom frekvencijskom rasponu u kojem su ruke najosjetljivije.

Sve se te mogućnosti smanjenja izloženosti vibracijama koriste. U ovome se radu razmatra treći način smanjenja dnevnog izlaganja vibracijama – smanjenje izlaganja prigušenjem. Kako je poznato, svi ozbiljniji proizvođači ručnih mehaniziranih sredstava rada ulažu velike napore kako bi prigušili vibracije koje nastaju radom pogonskog motora i alata. Prigušenje se obično ostvaruje prigušnim elastičnim amortizerim, kao i pri-

gušnim materijalima na prihvatnim ručkama. Ukoliko je razina vibracija na prihvatnim ručkama i nakon mjerjenja prije spomenutih prigušnih elemenata iznad dopuštene razine, radnicima koji rukuju takvim sredstvima sugerira se uporaba antivibracijskih rukavica. Međutim, treba istaći velik broj znanstvenika s rezervom gleda na učinkovitost njihove primjene (Koton, 2002). O njihovoj učinkovitosti stručna javnost je upoznata vrlo malo ili nikako. Kakve rukavice treba koristiti, rasprave su koje se vode dugi niz godina, a da se pravi čimbenici u tim raspravama uopće ne koriste. Pri izboru rukavica na raspolaganju stoji velik broj proizvođača koji kao prigušne elemente u rukavicama ugrađuju razne materijale. Učinkovitost pojedinih rukavica u prigušenju vibracija upitna je, te ju treba pobliže upoznati. No, prije nego li se pozabavimo ispitivanjem prigušnih svojstava rukavica, treba spomenuti koji su sve zahtje-

vi kojima rukavice moraju udovoljiti. Rukavice moraju biti gipke kako bi omogućile nesmetano rukovanje u svim uvjetima. Moraju imati dobra toplinsko-izolacijska svojstva, moraju pružati zahtijevanu razinu zaštite od mehaničkih povreda, te na kraju trebaju omogućiti prigušenje vibracija.

Pozabavit ćemo se ovim posljednjim zahtjevom, iako treba naglasiti da i neki od prethodno spomenutih mogu izravno utjecati na izloženost vibracijama kao osjetljivost sustava šaka-ruka. Tako primjerice krute rukavice smanjuju prihvatnu silu, brzo umaraju rukovatelja, pa se sa sredstva kojim se rukuje, na ruke rukovatelja prenose vibracije sve viših razina. Isto tako slabija toplinsko izolacijska svojstva omogućuju potlađivanje ruku rukovatelja te povećavaju njihovu osjetljivost na vibracije.

### ISPITIVANJE ANTIVIBRACIJSKIH RUKAVICA – Antivibration gloves testing

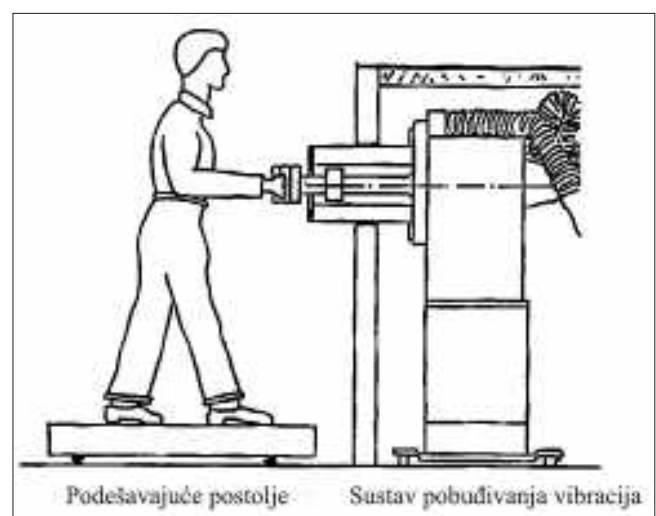
Ispitivanje prigušnih svojstava rukavica može se načelno provesti na dva načina:

- 1) ispitivanje prigušnih svojstava u skladu s preporukama sadržanima u normama i
- 2) ispitivanje u stvarnim – pogonskim uvjetima.

ad1) Metodu mjerenja i ocjenjivanja vibracijskog prijenosnog faktora antivibracijskih rukavica propisuju norme ISO 10819-1996 i EN ISO 10819-1996. Ista je norma na engleskom jeziku 2000. godine preuzeta kao hrvatska norma pod oznakom HRN EN ISO 10819-2000. Normom se određuje metoda laboratorijskog mjerenja, analize rezultata mjerenja i izvještavanja o prigušnim svojstvima rukavica za vibracije koje se s prihvatnih ručki prenose na ruke rukovatelja u frekvencijskom rasponu od 31,5 do 1250 Hz. **U normi se posebno naglašava da na razinu vibracija koje se prenose preko rukavice na ruku može utjecati velik broj utjecajnih parametara, pa se stoga rezultati dobiveni propisanom metodom ispitivanja ne mogu koristiti za ocjenu rizika po zdravlje rukovatelja uslijed izloženosti vibracijama.** U uvodu se naglašava da je norma razvijena kao odgovor na rastuće zahtjeve za zaštitom ljudi od rizika prekomjernom izlaganju vibracijama koje se prenose na ruke. Isto se tako jasno naglašava činjenica da prema postojećim saznanjima ne postoje okolnosti u kojima su rukavice pokazale prigušna svojstva koja bi spriječila posljedice od vibracija. Prema svim dosadašnjim saznanjima, zaštitne rukavice ne osiguravaju značajno prigušenje vibracija u frekvencijskom području ispod 150 Hz. Imajući na umu da su ruke najosjetljivije upravo u tom frekvencijskom području, samo je po sebi jasno da rukavice ne mogu pružiti zaštitu koju očekujemo. Štoviše, neki tipovi rukavica čak pojačavaju vibracije u najosjetljivijem frekvencijskom rasponu. Norma propisu-

je postupak mjerenja vibracija koje se prenose na dlan te ne daje uvid u prijenos vibracija na prste. Budući da se ocjena zaštite koju pružaju rukavice može dati tek onda kada se utvrdi prijenosni faktor prema prstima, navodi se nužnost određivanja drukčijeg mjernog postupka kojim će se utvrditi i taj prijenosni faktor.

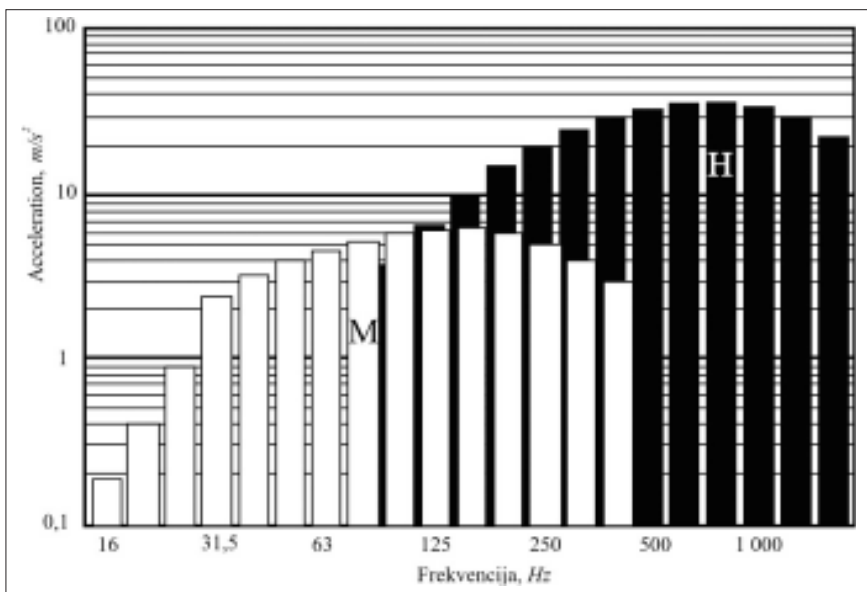
Tijekom mjerenja operater se smješta na postolje elastično ovješeno, prima ručku sustava s mehaničkim pobuđivanjem. Shematski prikaz mjernog sustava dan je na sl. 2. Tijekom mjerenja nadziru se i prihvatna i posmična sila, te ih u izvješću o rezultatima mjerenja treba navesti. Tijekom mjerenja treba održavati prihvatnu silu u rasponu  $30 \pm 5$  N te posmičnu silu u rasponu  $50 \pm 8$  N. Temperatura i vlažnost unutar prostora u kojemu se ispitivanje obavlja također su definirani ( $20 \pm 5$  °C; relativna vlažnost 70 %). Za ocjenu prigušnih svojstava



Slika 2. Shematski prikaz sustava za ispitivanje antivibracijskih rukavica

Figure 2 Schematic representation of the antivibration gloves testing system

rukavica rabe se dva vibracijska spektra (M i H) kako to pokazuje sl. 3. Kod svakog vibracijskog spektra istovremeno se mjere vibracije na referentnoj točki prihvatne ručke, kao i na dlanu operatera sa i bez rukavice. Na temelju rezultata mjerenja izračunavaju se vred-



Slika 3. Spektri vibracija M i H tijekom ispitivanja antivibracijskih rukavica  
Figure 3 Spectra M and H during anti-vibration gloves testing

novane vrijednosti ubrzanja vibracija, te se njihovim omjerom određuje prijenosni faktor za oba vibracijska spektra. Norma sugerira da se za “antivibracijske rukavice” ne mogu smatrati one koje ne udovoljavaju kriterijima:

- prijenosni faktor za vibracijski spektar M < 1
- prijenosni faktor za vibracijski spektar H < 0,6.

Nakon što je provedeno ovo zasigurno složeno utvrđivanje vrijednosti prijenosnih faktora u normi, jasno se naglašava da **udovoljavanje kriterijima ne podrazumijeva da će uporaba takvih rukavica otkloniti rizik izlaganja vibracijama**. Treba istaknuti neke nelogičnosti sadržane u normi:

1. Već se u Uvodu ističe da prema postojećim saznanjima ne postoje rukavice koje mogu učinkovito prigušiti vibracije. Ipak, propisuje se skup i kompliciran postupak ispitivanja njihovih prigušnih svojstava
2. Prigušna se svojstva ispituju u frekvencijskom rasponu koji nije toliko zanimljiv sa stajališta rizika od izlaganja vibracijama. prijenosni faktor kod vibra-

cijskog spektra M je dovoljno da bude < 1, iako se radi o frekvencijskom rasponu značajnijem sa gledišta osjetljivosti ruku na vibracije. Za prijenosni faktor kod vibracijskog spektra H traži se da bude < 0,6. Traži se da rukavice pokažu znatno bolja prigušna svojstva kod viših frekvencija, iako se radi o području vrlo niske osjetljivosti sa stajališta sustava šaka-ruka.

3. I za one rukavice koje udovoljavaju kriterijima koji se postavljaju za “antivibracijske rukavice”, napominje se da to ne znači da će uporaba takvih rukavica otkloniti rizik izlaganja vibracijama. Samo po sebi se nameće pitanje svrsishodnosti takvih ispitivanja. Nedostatke propisane norme iznose u svojim radovima i drugi istraživači (Griffin, 1998; Hewitt, 1998; Dong *et al.* 2002; Reynolds, D. D. i Wolf, E. 2005).

ad2) Mjerenje prigušnih svojstava zaštitnih rukavica u stvarnim-pogonskim uvjetima podrazumijeva mjerenje vibracija na prihvatnim ručkama te na ruci rukovatelja onda kada se između ručke i ruke stavi zaštitna rukavica. Mjerenja se obavljaju u frekvencijskom rasponu koji je odličujući za procjenu rizika izlaganja vibracijama tj. u području najveće osjetljivosti. Ispitivanja se obavljaju na ručkama mehaniziranih sredstava rada na kojima rukavice i trebaju pokazati svoja zaštitna svojstva. Ispitivanja se obavljaju pri režimima rada koji su najzastupljeniji tijekom rukovanja određenim mehaniziranim sredstvom rada. Odnos između rezultantnih vektora vrednovanih ubrzanja dobivenih mjerenjem uz uporabu određenog tipa zaštitnih rukavica i bez njih služi kao mjerilo njihove prigušne učinkovitosti. Ovakva je metoda ispitivanja primijenjena pri ispitivanju rukavica na Šumarskom fakultetu u Zagrebu uz suradnju stručnjaka zaštite na radu Hrvatskih šuma d.o.o.. Ispitan je veći broj različitih tipova zaštitnih rukavica. Ispitivanjem su dobiveni vrijedni rezultati s kojima će stručna javnost detaljnije biti upoznata u drugom dijelu ovoga rada.

## ZAKLJUČAK – Conclusion

Ispitivanje prigušnih svojstava antivibracijskih rukavica po proceduri koju propisuju međunarodne norme ISO 10819-1996 i EN ISO 10819-1996 te nacionalna norma HRN ISO 10819-2000, ne daju rezultate koji

se s pouzdanošću mogu koristiti za ocjenu kvalitete pojedinih tipova antivibracijskih rukavica. Takav zaključak sugeriraju i same norme kako je to u prethodnom tekstu i naglašeno. Nasuprot njima, mjerenje razine vi-



bracija u pogonskim uvjetima na sredstvima rada na kojima će se određeni tip rukavica i koristiti, koji je razvijen na Šumarskom fakultetu u Zagrebu uz suradnju stručnjaka zaštite na radu Hrvatskih šuma d.o.o.,

zasniva se na znatno jednostavnijem postupku mjerenja i na realnijoj procjeni antivibracijskih svojstava zaštitnih rukavica.

#### LITERATURA – References

- Goglia, V. 1997. Ergonomic parameters of forest mechanisation – measuring and evaluation problems. *Mehanizacija šumarstva* 22, 209–217.
- Suchomel, J., M. Slancik, 2005. Influence of some ergonomic criterims on modelling and optimization technology in forestry. Proceedings of the International Conference „Management of human potential in enterprises“, Zilina, 354–359.
- Kacian, N., 1999. Occupational diseases in Croatia, *Work and Safety* 3(1), 83–89.
- Koton, J., 2002. Prevention of hand-arm vibration syndrome by using antivibration gloves. *Medycyna Pracy*, 53, 423–431.
- Griffin, M. J. 1998. Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration. *Occupational and Environmental Medicine*, 55, 340–348.
- Hewitt, S. 1998. Assessing the performance of anti-vibration gloves – a possible alternative to ISO 10891-1996. *Annals of Occupational Hygiene*, 42, 245–252.
- Dong, R. G., T. W. McDowell, D. E. Welkome, W. P. Smutz, A. W. Schopper, C. Warren, J. Z. Wu, S. Rakheja, 2003. On-the hand measurement methods for assessing effectiveness of anti-vibration gloves. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32, 283–298.
- Reynolds, D.D., E. Wolf, 2005. Evaluation of anti-vibration gloves test protocols associated with the revision of ISO 10819. *Industrial Health*, 43, 556–565.
- ISO 10819-1996. Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand. International Standard Organization, Geneva.
- ISO 5349-1-2001. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand transmitted vibration. Part 1: General requirements. International Standard Organization, Geneva.
- HRN EN ISO 10819-2000. Mehaničke vibracije i udari – Vibracije ruke – Metoda mjerenja i ocjenjivanja vibracijskog prijenosnog faktora rukavica na dlanu ruke (ISO 10819:1996; EN ISO 10891:1996). Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb.

*SUMMARY: Exposure to vibration of higher intensity over a longer period of time often causes permanent health damages. Occupational deseases play an important role in many activities in forestry, too. Among many protective measures taken against excessive exposure to hand-transmitted vibration is the use of anti-vibration gloves. The assessment of their efectiveness is a complex procedure which doesn't always yeald expected results.*

*There is a number of anti-vibration gloves available nowadays and it is a very responsible taks to make the right choice. The vibration transmissibility of the anti-vibration gloves can be assessed by using measurement and evaluation procedures prescribed by ISO 10819-1996 and EN ISO 10819-1996 as well as the National Standard HRN ISO 10819-2000, or by field-testing. The paper deals with advantages and disadvantages of these two assessment methods.*

*Key words: ergonomics, vibration, anti-vibration gloves, testing*