

# ZAŠTITA OD VIBRACIJA

---

Zubić, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:041367>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Iva Zubić

# **ZAŠTITA OD VIBRACIJA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Iva Zubić

# **PROTECTION FROM VIBRATIONS**

Final paper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Iva Zubić

# **ZAŠTITA OD VIBRACIJA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
dr. sc. Snježana Kirin

Karlovac, 2021.



**VELEUČILIŠTE  
U KARLOVCU**  
Karlovac University  
of Applied Sciences

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9

HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2021

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Iva Zubić

Matični broj: 0248070449

Naslov: Zaštita od vibracija

Opis zadatka: Uz pomoć proučavanja štetnih djelovanja vibracija na čovjeka nastoji se poboljšati kvaliteta zdravlja radnika i njegove sigurnosti. Ovaj završni rad temelji se na prikazu osnovnih vrsta vibracija, poboljšanju ergonomske uvjeta radnog mjesta, procjeni rizika te povezivanju osnovnih strojeva s negativnim učincima vibracija u vlasništvu tvrtke "Cestorad d.d.".

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

1/2021

8/2021

9/2021

Mentor:

dr.sc. Snježana Kirin

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR:**

Ovaj završni rad napisala sam samostalno uz pomoć korištenja stručne literature, izvora dostupnih na internetskim stranicama, dokumenata iz arhive tvrtke „Cestorad d.d.“, u kojoj sam ujedno i obavljala stručnu praksu, kao i znanjima koje sam stekla na preddiplomskom studiju Sigurnosti i zaštite Veleučilišta u Karlovcu.

Zahvaljujem se mentorici dr.sc. Snježani Kirin, koja je svojim stručnim znanjima i usmjerenjima uvelike doprinijela izradi ovog završnog rada, kao i svim profesorima uz čiju sam pomoć stekla sva potrebna znanja i vještine.

Također se želim zahvaliti svojim roditeljima, prijateljima i kolegama koji su me podržavali tijekom ovog studija.

## **SAŽETAK:**

Dobar odnos čovjeka i njegove radne okoline ima veliku važnost za stvaranje dobrih uvjeta rada kako bi se smanjila profesionalna oboljenja i povećala kvaliteta samog izvođenja posla koji se izvodi. U proučavanju odnosa čovjek-stroj-okoliš pomaže nam ergonomija, kojoj je zadatak da istražuje ljudsko ponašanje i pokazuje prilagođenost čovjeka s predmetima koje koristi u svome poslu. Ergonomija kao znanstvena disciplina omogućava da se poveća sigurnost i efikasnost uporabe radnih strojeva i alata. S obzirom na gore spomenuto, u ovom završnom radu proučava se zaštita od vibracija, kao i smanjenje rizika te štetnih djelovanja istih na čovjeka.

**Ključne riječi: zaštita od vibracija, vibracija sustava šaka-ruka, vibracija cijelog tijela, djelovanje vibracija**

## **SUMMARY:**

A good relationship between a person and his work environment is of great importance for creating good working conditions in order to reduce occupational diseases and increase the quality of the work itself. Ergonomics helps us in studying the human-machine-environment relationship, whose task is to investigate human behavior and show man's adaptation to the objects he uses in his work. Ergonomics, as a scientific discipline, allows to increase the safety and efficiency of the use of working machines and tools. Given the above, this final paper examines the protection against vibration, as well as reducing the risk and harmful effects of the same on humans.

**Keywords: protection from vibrations, hand-arm system vibration, whole body vibration, vibration action.**



# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	I
PREDGOVOR: .....	II
SAŽETAK:.....	III
SUMMARY:.....	IV
1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Metodologija izrade rada.....	1
2. VIBRACIJE .....	2
2.1. Vibracije u svakodnevnom životu .....	2
2.2. Vibracije koje nastaju pri radu.....	2
3. VIBRACIJE KOJE SE PRENOSE NA CIJELO TIJELO .....	5
3.1. Profesionalne bolesti uzrokovane prekomjernom izlaganju vibracijama koje se odnose na cijelo tijelo .....	5
4. VIBRACIJE KOJE SE PRENOSE PUTEV SUSTAVA ŠAKA-RUKA.....	8
4.1. Profesionalne bolesti uzrokovane prekomjernom izlaganju vibracijama šake-ruke .....	9
5. DNEVNA IZLOŽENOST VIBRACIJAMA .....	13
5.1. Mjerenja vibracija .....	18
6. PROCJENA RIZIKA .....	22
6.1. Informiranje i obuka radnika .....	25
7. GRAĐEVINSKI STROJEVI .....	28
9. METODE ZA ANALIZU RADNOG OPTEREĆENJA.....	39
9.1. DMQ metoda .....	39
10. EKSPERIMENTALNI DIO .....	43
10.1. O tvrtki.....	43
10.2. Mjerno mjesto.....	43
10.3. Metoda mjerenja .....	43
11. REZULTATI I RASPRAVA.....	45
12. ZAKLJUČAK.....	52
13. LITERATURA .....	53
14. POPIS PRILOGA.....	54
14.1. Popis slika.....	54
14.2. Popis tablica .....	55
14.3. Popis grafikona.....	55

# **1. UVOD**

## **1.1. Predmet i cilj rada**

U građevinarstvu, kao i u drugim djelatnostima, čovjek se izlaže velikim naporima koji mogu biti i fizički i psihički, te tako dolazi do velikog umora gdje se pojavljuju ozljede. Cilj ovog završnog rada je zaštita od vibracija u tvrtki "Cestorad d.d." te povezivanje vrste strojeva s vibracijama i vrste bolova kod radnika. Poboljšanjem ergonomskih uvjeta na radnom mjestu u radnim strojevima i alatima radi se na unaprjeđenju zaštite od vibracija i štetnih učinaka na ljudsko tijelo.

## **1.2. Metodologija izrade rada**

Pri izradi ovog rada koristila se znanstvena stručna literatura, kao i ona dostupna na internetskim stranicama te vlastiti izvori tijekom studiranja i prilikom obavljanja stručne prakse.

## **2. VIBRACIJE**

### **2.1. Vibracije u svakodnevnom životu**

Vibracije su svuda oko nas. Svaka operacija koja se izvodi pomoću građevinskih i industrijskih strojeva dovodi do vibracije. Stroj koji stvara vibracije, iste te vibracije prenosi na radnika, odnosno na osobu koja se nalazi unutar stroja ili koja koristi određeni alat. Nalazimo ih i u svojim domovima, za vrijeme putovanja i obavljanja posla.

Ponekad se javljaju kao negativan efekt, izazivaju kvarove i uništenje strojeva, djeluju štetno na ljudsko zdravlje, uništavaju konstrukcije i utječu na udobnost vožnje. Nasuprot njima javljaju se i one korisne, kao što su strojevi za taloženje betona, razbijanje istog, nabijači, pneumatski čekić i slično. Najčešće djelatnosti koje su povezane sa vibracijama su šumarstvo, drvna industrija, građevinarstvo, poljoprivreda, rudarstvo i slično.[2]

### **2.2. Vibracije koje nastaju pri radu**

Vibracije koje nastaju pri radu definiraju se kao titranje čestica strojeva i dijelova alata, a mogu biti predvidljive i nepredvidljive. Predvidljive vibracije nastaju pomoću motora, radnih strojeva, mehaničkih sklopova i slično, dok nepredvidljive vibracije nastaju pomoću prijevoznih sredstava kao što su: automobil, avion, traktor, bager, vlak, a izazivaju ih vanjski faktori kao što su: pruga, cesta, vjetar, valovi i slično. [1]

Osnovni parametri vibracija su frekvencija, amplituda, ubrzanje i brzina. Frekvencija je broj ponavljanja neke promjene u jedinici vremena [Hz], a amplituda je maksimalno odstupanje vibracije u vremenu jedne periode [mm]. [1]

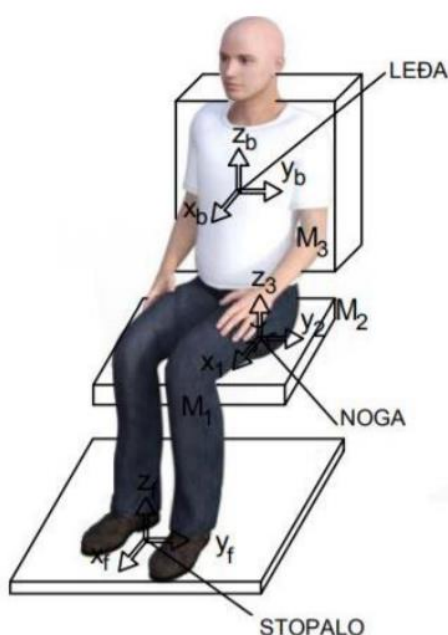
Utjecaj vibracija na organizam čovjeka dijeli se na tri osi:

- Z os- vertikalna vibracija
- Y os- lateralna vibracija
- X os- vibracija naprijed-natrag [1]

*Tablica 1. . Pregled rezonancijskih frekvencija nekih dijelova tijela*

Položaj tijela	Dio tijela	Smjer vibracija	Rezonancija, Hz
Ležeći položaj	Stopala	X	16-31
	Koljena	X	4-8
	Abdomen	X	4-8
	Prsni koš	X	6-12
	Lubanja	X	50-70
	Stopala	Y	0,8-3
	Abdomen	Y	0,8-4
	Glava	Y	0,6-4
	Stopala	Z	1-3
Abdomen	Z	1,5-6	
Glava	Z	1-4	
Stojeći položaj	Koljena	X	1-3
	Ramena	X	1-2
	Glava	X	1-2
	Cijelo tijelo	Z	4-7
Sjedeći položaj	Trup	Z	3-6
	Prsni koš	Z	4-6
	Stup kralješnice	Z	3-5
	Ramena	Z	2-6
	Trbuh	Z	4-5(7)
	Oči	Z	20-25

Položaj tijela osobe koja je izložena vibracijama u velikoj mjeri ovisi o tome koliko će on te vibracije osjetiti. Kada je osoba u stojećem položaju ulaz vibracija će biti preko stopala, kada je osoba u sjedećem položaju ulaz vibracija će biti preko kralježnice, dok je kod ležećeg položaja ulaz sama površina tijela, koja dotiče mjesto na kojemu leži. Osim položaja tijela, djelovanje vibracije ovisi o dodiru dijelova tijela sa izvorom proizvedenih vibracija, o samoj dobi osobe, težini, spolu te samoj građi čovjekova tijela. Kada se promatra štetno djelovanje vibracija u obzir se uzima smjer djelovanja, vrijeme izlaganja i razina vibracija. [1]



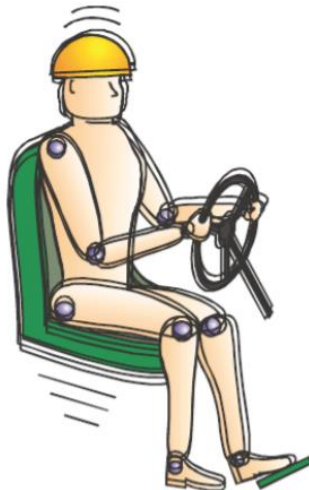
Slika 1. Smjer djelovanja vibracija ovisno o dodirnoj točki

Prema frekvenciji vibracije se dijele na :

- Vibracije koje izazivaju morskbu bolest (*Motion sickness*) pri frekvencijama od 0,1-0,63Hz
- Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo pri frekvencijama od 1-80 Hz
- Vibracije koje se prenose putem sustava šaka-ruka pri frekvencijama od 6,3-800Hz. [1]

### 3. VIBRACIJE KOJE SE PRENOSE NA CIJELO TIJELO

Vibracije cijelog tijela su mehaničke vibracije koje se prenose na cijelo tijelo putem sjedala vozila ili platformi na kojoj radnik stoji uslijed njihovih vibracija. Predstavljaju rizik za sigurnost i zdravlje radnika . [3]



*Slika 2. Prijenos vibracija cijelog tijela putem sjedala*

Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo ovise o položaju tijela zbog čega su djelovanja vibracija na čovjeka vrlo složena. Vibracije uzrokuju sile i gibanja koje mogu prouzročiti nelagodu, pogoršati i povećati postojeće bolesti kralježnice, negativno djelovati na radni učinak i predstavljati rizik po sigurnost i zdravlje radnika.

#### **3.1. Profesionalne bolesti uzrokovane prekomjernom izlaganju vibracijama koje se odnose na cijelo tijelo**

Vibracije niskih frekvencija uzrokuju bolesti kretanja. Najveća oštećenja nastaju u području slabinske kralježnice kao i u području vrata i ramena. U nekim slučajevima utječe i na probavni sustav, periferne vene i ženske spolne organe.[3]

Kao posljedicu djelovanja vibracija imamo 4 stadija pojave simptoma a to su:

1. Stadij: malo simptoma, bolovi u dijelovima prstiju i snižen prag osjetljivosti vibracija

2. Stadij: nedostatak osjećaja bolova u koži, jaki bolovi u kostima, mišićima i zglobovima, moguće liječenje
3. Stadij: bjelina kože pri nižim temperaturama, bolovi kostiju, ne osjećanje boli na prstima, utjecaj na krvne žile i srce i teško liječenje
4. Stadij: atrofija kože, naticanje, nekontrolirana kontrakcija mišića, vrtoglavica i mogućnost gangrene[2]

WBVS ( Whole body vibration syndrome) se javlja kao posljedica djelovanja vibracija preko nogu, odnosno stopala ili zdjelice koje se prenose na cijelo tijelo uzrokujući promjene na organima. Simptomi su: bol i malaksalost u nogama, snižena temperatura stopala, kože stopala i prstiju, mučnine, glavobolje, mišićna atrofija ramenog pojasa i ruku i tremor prstiju [1]

- Bolesti leđa (križobolja) ramena i vrata

Rizik križobolje povećava dulje trajanje izloženosti djelovanju vibracija, kao i veći intenzitet, dok u razdoblju stanke, odnosno neizloženosti vibracijama, taj rizik smanjuje. Radnici koji voze strojeve se tuže na tegobe i bolove u području ramena i vrata. Ovim bolovima nisu krive samo vibracije, nego i položaj tijela tijekom radnog vremena, fizičko opterećenje, antropometrijske značajke osobe, dob, mišićna snaga i odranije prisutne bolesti. Ostali čimbenici u okolišu kao što je temperatura mogu povećati rizik od bolesti kralješnice ili pojave boli u leđima. Osobe koje upravljaju pokretnim strojevima uz štetne vibracije izloženi su i drugim čimbenicima koji štete njihovom zdravlju: dugotrajno sjedenje u nefiziološkom i prisilnom položaju tijela, ponavljajuće izvijanje kralješnice, loše postavljenje upravljačke konzole te iskrivljeni položaj glave i neočekivani pokreti.[3]

Položaj tijela u vožnji je jako važan za smanjenje rizika od bolesti kralješnice. Zauzimanje udobnijeg i primjerenijeg položaja dobiva se povećanjem vizualne preglednosti, premještanjem upravljačkih konzola radi smanjivanja istezanja, osiguravanjem sjedala i veličine kabine i uporabom sigurnosnih pojaseva koji radniku osiguravaju potporu za leđa.[3]



*Slika 3. Prikaz pravilnog sjedenja prilikom vožnje*

- Poremećaji krvožilnog i probavnog sustava

Mnogi vozači koji upravljaju vozilima koja vibriraju žale se na tegobe želudca, gastritisa, kao i peptičog ulkusa. Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo u kombinaciji s dugotrajnim sjedenjem pokazuju nam na pojave varikoznih vena i hemeroida. Kod žena koje su izložene vibracijama, i koje su zaposlene u transportnom sektoru, javlja se učestalost rađanja mrtvorođenčadi koje su veće od očekivanih.

Zdravstveni nadzor provodi se putem fizikalnih pregleda i procjene anamnestičkih podataka. Ispituju se funkcije kralješnice, izdržljivosti mišića leđa i funkcije perifernog živčanog sustava.[3]



#### 4. VIBRACIJE KOJE SE PRENOSE PUTEM SUSTAVA ŠAKA-RUKA

“Vibracije sustava šaka - ruka su mehaničke vibracije, koje pri prenošenju na šaku i ruku predstavljaju rizik za sigurnost i zdravlje radnika, posebice rizik od nastanka poremećaja krvnih žila, živaca, kostiju, zglobova i mišića “

Vibracije sustava šaka-ruka su one uzrokovane ručnim alatom koje se prenose putem ruku i djeluju na ruke i šake ( pneumatski alat, motorna pila, rezači živice..).

[4]



*Slika 4. Prijenos vibracija putem sustava šaka-ruka*

Vibracije koje se prenose na ruke i šake uzrokuju promjene u zglobovima ruke i prstiju i kostima šake, što za posljedicu ima smanjivanje pokretljivosti i prijelome zamora. Rad za vrijeme niskih temperatura povećava rizik navedenih promjena.[4]

Sve je veći broj radnika koji rade u brojnim industrijama u kojima su prisutne razne vrste vibracija koje se prenose na ruke i šake. Povećanim brojem opreme koja ima intenzivna vibracijska svojstva te redovnom uporabom iste povećava se i rizik za zdravlje radnika. Da bi se poboljšala radna učinkovitost, provode se mjere koje kontroliraju koliko je radnik izložen vibracijama te se na taj način smanjuju postojeći rizici.

#### 4.1. Profesionalne bolesti uzrokovane prekomjernom izlaganju vibracijama šake-ruke

Prema HRN EN ISO 5349-1:2008 poremećaji povezani s utjecajem vibracija dijele se na 5 grupa koje se odnose na prenošenje vibracija na sustav šaka-ruka:

- Poremećaji krvožilnog sustava
- Poremećaji u koštanom sustavu
- Poremećaji u perifernom živčanom sustavu
- Poremećaji u mišićima i
- Ostali poremećaji koji su vezani uz cijelo tijelo [1]

HAVS (Hand-arm vibration syndrome) je vibracijska bolest koja nastaje nakon lokalnih djelovanja vibracija koje se prenose preko ruku gdje razlikujemo 4 stupnja:

1. osjetljivost na niske temperature
2. oslabljena snaga u šakama, niska temperatura u prstima, smanjeni osjećaji u predjelu ruke i šake, znojenje šake i bljedilo prstiju.
3. teža pokretljivost zglobova , bolovi u rukama i bijeli prsti
4. poremećaji u krvnim žilama[1]

Radniku koji je često izložen vibracijama ruka- šaka javljaju se problemi u krvnom protoku prstiju, odnosno poremećaji neurološko-koštanog zglobnog sustava. Svi ti poremećaji se nazivaju vibracijski sindrom šake i ruke. Radnika taj sindrom prati kroz cijeli dan, ne samo na poslu, nego i u običajnim radnjama koje radi u obiteljskom i društvenom životu. [1] [4]

- Bolesti krvnih žila:

Kada radnici rade na otvorenom prostoru često se susreću sa vrlo niskim temperaturama. Uz vrlo niske temperature i djelovanje vibracije na ruke i šake,

radniku se javlja bljedilo prstiju zbog privremenog prestanka protoka krvi u prstima. Poremećaj krvnih žila, uz naziv bljedilo prstiju, može se još nazvati i kao bijeli ili "mrtvi" prsti, Raynaudov fenomen profesionalne geneze i bijeli prsti koji su izazvani pomoću vibracija.[4]

Bljedilo prstiju prvo zahvati jagodicu prsta ili više prstiju, ali ako je izloženost vibracijama duže vrijeme, onda se bljedilo spušta i do baze prstiju. Kada krvotok dođe u normalno stanje, kada se uspostavi, prsti postanu crveni i bolni. Normalan krvotok možemo uspostaviti zagrijavanjem prstiju ili masažom. Do poremećaja bljedila dolazi se najčešće zimi, pri niskim temperaturama i njegovo trajanje ovisi o intenzitetu vibracije te može trajati nekoliko minuta ili preko sat vremena. [4]

Ako se izloženost vibracijama nastavi, bljedilo će zahvatiti sve više prstiju i dolazi to toga da radnik gubi osjet u prstima, što dovodi do povećanja ozljeda. Radnik može dobiti napadaj bilo kada u godini pri malom sniženju temperature okoliša. [4]

Mogućnost nastanka ovisi o trajanju djelovanja vibracija, vrsti alata i radnom procesu, temperaturi, buci, strujanju zraka, vlazi, položaju ruke, snazi stiska i zdravlju radnika ponaosob.[4]



*Slika 5. Bljedilo prsta*

- Neurološki poremećaji

Kod radnika koji je izložen djelovanju vibracija ruke i šake javlja se utrnulost prstiju i šake. Što je izloženost vibracijama veća, simptomi se sve više pogoršavaju. Javljaju se ometanja u aktivnostima kojima se bavimo u životu, ali i u radnoj sposobnosti. Dolazi do prestanka osjeta u prstima kao i osjeta temperature i ručne spretnosti.[4]

- Sindrom karpalnog tunela

Sindrom karpalnog tunela, odnosno oštećenje srednjeg živca šake koji prolazi kroz karpalni tunel. S gornje strane smješteni su kosti zapešća. a s donje strane snažni ligament. Do oštećenja dolazi kada se prstima i šakom događaju pokreti koji se ponavljaju te samim pokretima šake događaju se i pokreti u tetivama koje se nalaze unutar kanala i one stvaraju tekućinu. Tekućina stvara pritisak na ostale strukture među kojima je najosjetljiviji središnji živac. Njegovo oštećenje najbolje se osjeti putem trnaca koje prolaze prstima, smanjenim osjetom, osjećanjem peckanja i slabljenjem mišića šake. Sindrom karpalnog tunela, uz građevinske radnike, javlja se i kod fizioterapeuta, frizera, masera, krojača, monter, radnika u mesnoj industriji i radnika koji dosta vremena provode za računalom, pa se često ovaj sindrom zove i "kompjutorska šaka".[4]

- Bolesti sustava za kretanje

Radnici koji su izloženi vibracijama dulji vremenski period većinom se tuže na slabost i bolove u mišićima, kao i smanjenu snagu u mišićima te bol u rukama i šakama.

Povećana bol u kostima lakatnog i ručnog zgloba, kao i okoštavanje u području lakta, najčešće se događaju kod radnika koji upotrebljavaju udarne alate (rudarstvo ,građevinarstvo i metalurgija). [4]

- Upala tetiva

Upala tetiva javlja se pri velikom opterećenju i ponavljajućim pokretima šake. Uz tetive šake, javljaju se i upale tetiva ramenog i lakatnog zgloba. Kada je u pitanju šaka radnika, upala tetiva može se dogoditi u bilo kojem prstu, a najčešće se dogodi u korijenu palca i zove se De Quervainova bolest. Javlja se za vrijeme hvatanja, cijedenja ili štipanja. Upalom tetive dolazi do bolnog klizanja i naziva se škljocavi prst ili "trigger" . Čvrsti stisak ruke uvelike povećava upale tetive.[4]

- Depuytrenova kontraktura

Bolest zadebljanja opne na površini dlana, čije su posljedice ograničena

pokretljivost i savijanje prstiju, a najčešće se javlja kod muškaraca starijih od 50 godina. Prisutna je kod radnika koji rade ručne fizičke poslove gdje se šake najviše koriste. Liječenje se odvija putem fizikalnih terapija i masaža te pomoću vježbi.[5]

Zdravstveni nadzor provodi se putem procjena anamneze i pojedinih fizikalnih pregleda svakog radnika, koji provodi zdravstveni radnik ili liječnik. Uz to provode se i kliničke pretrage, ispitivanja krvožilnog sustava, neurološke i radiološke pretrage, ispitivanje mišićne snage i laboratorijske pretrage.[4]

## 5. DNEVNA IZLOŽENOST VIBRACIJAMA

Dnevna izloženost vibracijama utvrđuje se putem podataka i informacija koje je dostavio proizvođač, na temelju mjerenja ili putem podataka iz literature.

Pravilnikom o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu koje se prenose na ruke-šake propisano je sljedeće:

- “granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je  $5 \text{ m/s}^2$
- upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je  $2,5 \text{ m/s}^2$ .” [5]

Pravilnikom o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti vibracijama na radu koje se prenose na cijelo tijelo propisano je sljedeće:

- “granična vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je  $1,15 \text{ m/s}^2$ ;
- upozoravajuća vrijednost dnevne izloženosti, normirana na referentno razdoblje od osam sati, je  $0,5 \text{ m/s}^2$ .”[5]

Postoje i situacije, odnosno rizik zbog vibracija koje se prenose na šake-ruke, kada su razine izloženosti niže od  $2,5 \text{ m/s}^2$ . Poslodavci su dužni rizike koje se odnose na prenošenje vibracija na ruke i šake svesti na minimum ili ih potpuno ukloniti. [1]

Kada je ubrzanje vibracija  $1 \text{ ms}^2$ , tada je rizik za oštećenje zdravlja tijekom osmosatnog izlaganja zanemariv, pri ubrzanju od  $2,5 \text{ ms}^2$  radnika je potrebno uputiti na opasnosti koje mogu nastati djelovanje vibracija, kada je ubrzanje od  $2,5 \text{ ms}^2$  do  $5 \text{ ms}^2$ , onda je potreban zdravstveni nadzor zbog djelovanja vibracija na čovjeka, a iznad  $5 \text{ ms}^2$  očekuju se oštećenja zdravlja.[1]

Jačinu izloženosti vibracija kojima je izložen vozač odredit će razina vibracija koja se proizvodi dok je vozilo u pogonu. Kada je vozilo u mirovanju, presudna je razina vibracija koja se proizvodi dok vozilo miruje, kao npr. bageri.

Da bi dobili ocjenu razine vibracija, odnosno izloženosti vibracija, najprije je potrebno napraviti izračun vrijednosti dnevne 8-satne izloženosti vibracijama  $A(8)$ . [3]

Dnevna izloženost vibracijama može se izračunati putem jednadžbe:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

gdje je:

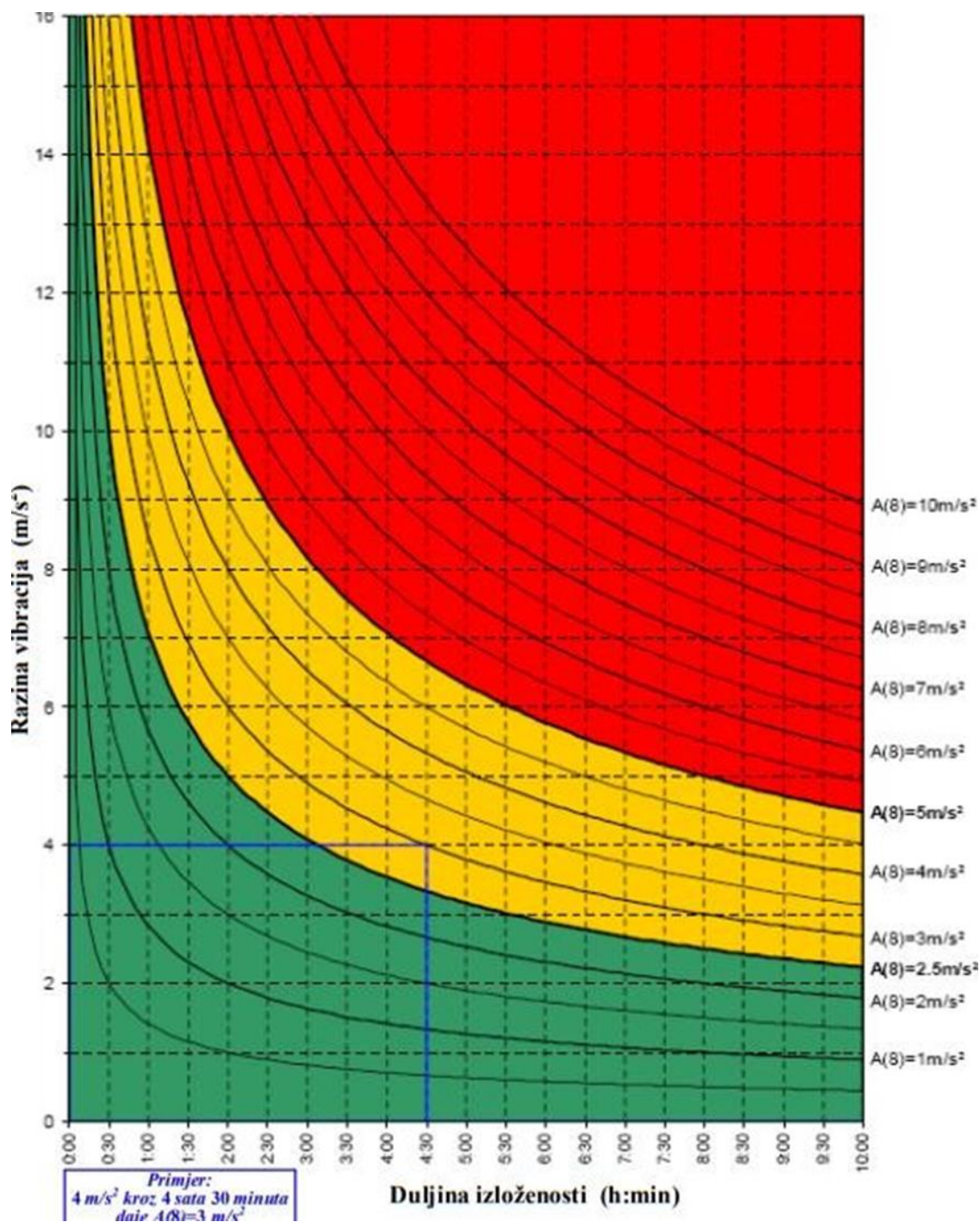
$A(8)$ - dnevna izloženost vibracijama [ $\text{ms}^{-2}$ ]

$a_{hv}$ - razlika vibracije [ $\text{ms}^{-2}$ ]

$T$ - trajanje dnevne izloženosti vibracijom  $a_{hv}$

$T_0$ - referentna vrijednost izloženosti u trajanju od 8 sati.

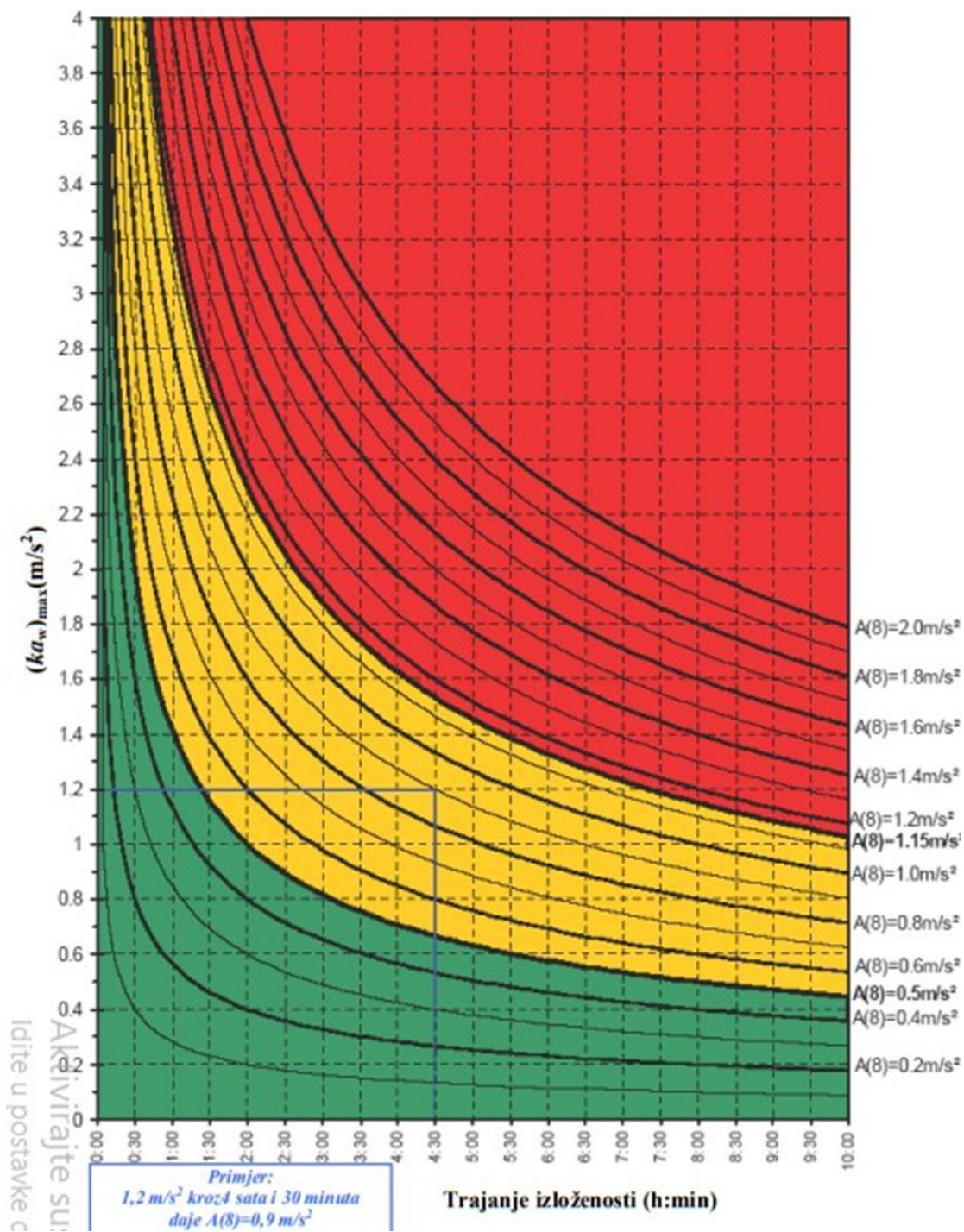
Grafički prikaz dnevne izloženosti vibracija sustava ruka-šaka



Slika 6. Grafički prikaz dnevne izloženosti vibracija sustava ruka-šaka



Grafički prikaz dnevne izloženosti vibracija koje se odnose na cijelo tijelo



Slika 7. Grafički prikaz dnevne izloženosti vibracija koje se odnose na cijelo tijelo

Područje zelene boje na grafikonu pokazuje izloženost nižu od upozoravajuće vrijednosti izloženosti, ali to ne znači da nema štetnih učinaka od vibracija na ljudsko tijelo i zdravlje. Razine izlaganja vibracija kod nekih radnika može uzrokovati poremećaje pogotovo nakon duže izloženosti vibracijama. [3]

Kontroliranje vibracija može se pojednostaviti uporabom ekspozicijskih bodova. Broj ekspozicijskih bodova za svaki alat akumuliran tijekom jednog sata izlaganja može se dobiti podacima vezanih za razinu vibracije.[4]

- Upozoravajuća vrijednost izloženosti  $2,5 \text{ m/s}^2 = 100$  bodova
- Granična vrijednost izloženosti  $5 \text{ m/s}^2 = 400$  bodova

Kada su u pitanju vibracije koje se prenose na cijelo tijelo, za svako vozilo ili stroj, broj ekspozicijskih bodova tijekom jednog sata izlaganja može se dobiti iz podataka o razini vibracija uvećanoj za faktor k. [3]

- Upozoravajuća vrijednost izloženosti  $0,5 \text{ m/s}^2 = 100$  bodova
- Granična vrijednost izloženosti  $1,15 \text{ m/s}^2 = 529$  bodova

Sustav semafora:

Sustav semafora je sustav koji su razvili poslodavci, u kojem je svaki alat za sebe označen određenom bojom koja znači određenu razinu vibracije alata koji se koristi. Radnike treba informirati što znači koja boja i koliko dugo mogu upotrebljavati određeni alat.[4]

Boja	Vrijeme potrebno da se dosegne upozoravajuća vrijednost izloženosti (EAV; engl. <i>Exposure Action Value</i> ) ( $2,5 \text{ m/s}^2$ )	Vrijeme potrebno da se dosegne granična vrijednost izloženosti (ELV; engl. <i>Exposure Limit Value</i> ) ( $5 \text{ m/s}^2$ )
Crvena	Manje od 30 minuta	Manje od 2 sata
Žuta	30 minuta do 2 sata	2 do 8 sati
Zelena	Više od 2 sata	Više od 8 sati

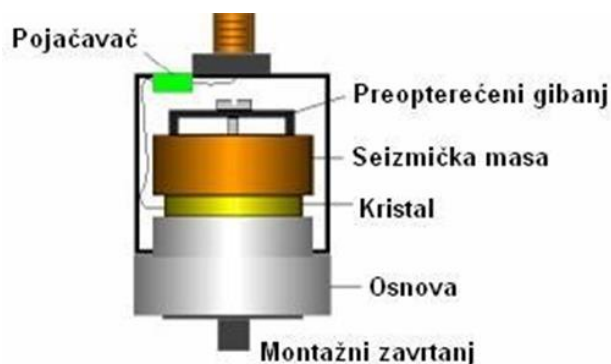
Slika 8 . Sustav semafora

## 5.1. Mjerenja vibracija

Mjerenja vibracija koje djeluju na ruke-šake se obavlja:

- “korištenim metodama koje mogu uključivati uzimanje uzoraka, koje mora biti reprezentativno za osobnu izloženost radnika mehaničkim vibracijama; upotrijebljene metode i mjerne aparate treba prilagoditi karakteristikama mjerenih mehaničkih vibracija, čimbenicima okoliša i karakteristikama mjernih aparata u skladu sa standardom EN ISO 5349-2:2001;
- u slučaju naprava, koje treba držati s obje ruke, potrebno je mjerenje izvršiti na obje ruke. Izloženost se određuje uzimanjem u obzir više od dviju izmjerenih vrijednosti; prilažu se i informacije za drugu ruku.” [6]

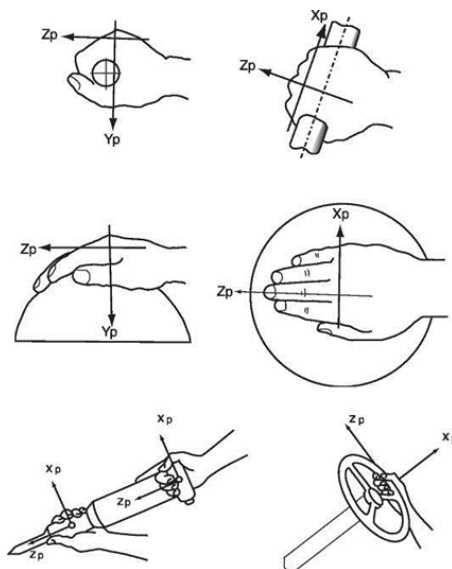
Mjerenje vibracija koje utječu na vibracije ruka-šaka izvodi se na ručkama alata na kojemu radnik radi. Kako bi izmjerili vibracije, koristi se akcelerometar, koji se zalijepi ili pričvrsti na dršku stroja. Potrebno je izvršiti mjerenja u svim radnim postupcima koji se obavljaju na pojedinom radnom mjestu. Akcelerometar se implementira izravno na objekt koji vibrira, pomoću toga se energija vibracija prevara u električni signal koji je proporcionalan trenutnom ubrzanju objekta. Najčešće se koriste 3- osni akcelerometri, koji se sastoje od sustava koji ima 3 akcelerometra, gdje svaki od njih mjeri ubrzanje u različito smjeru, odnosno u ravninama x, y i z. [4]



Slika 9. Dijelovi akcelerometra



Slika 10. Prikaz mjerenja vibracija sustava ruka-šaka



Slika 11. Koordinatni sustav za sustav ruka-šaka

Mjerenje vibracija koje djeluju na cijelo tijelo:

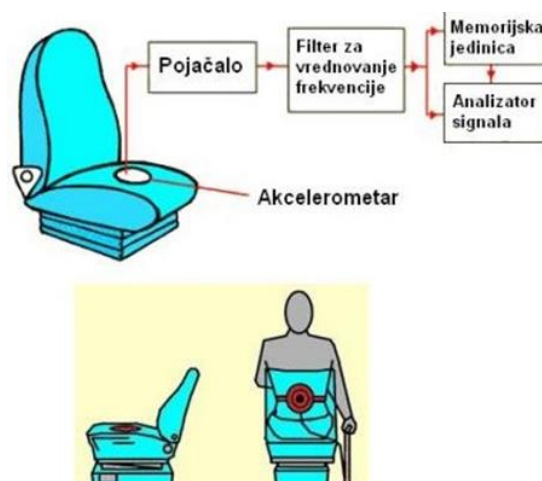
- “upotrijebljene metode mogu uključivati uzimanje uzoraka, koje mora biti reprezentativno za osobnu izloženost radnika mehaničkim vibracijama.
- Upotrijebljene metode treba prilagoditi karakteristikama mjerenih mehaničkih vibracija, čimbenicima okoliša i karakteristikama mjernih uređaja.” [6]

O tome koliko jako će vibracije djelovati na cijelo tijelo radnika ovise cestovna površina, brzina vozila (način upravljanja vozila) i ostali čimbenici. Preporučuje se provedba mjerenja vibracija u svim okolnostima, odnosno onda kada je to moguće, kroz vremensko razdoblje od 20 minuta. [3]

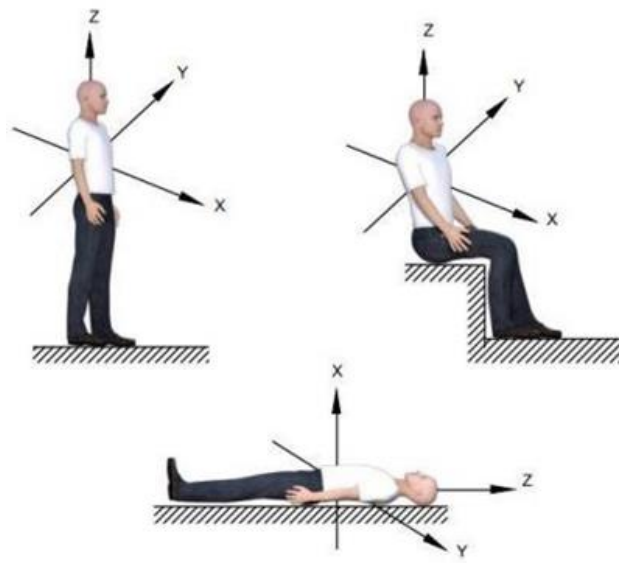
Mjerenje vibracija cijelog tijela provode se na vozačkom sjedalu vozila koje se ispituje; akcelerometar se pričvrsti za sjedalo tako da se pravilno orijentira (x os = grudi i leđa, y os = ramena i z os = duž kralješnice). Sjedalo je potrebno prilagoditi težini vozača. Mjerenje se obavlja u toku radnog vremena i aktivnosti koje su uobičajene tijekom radnog dana. Isti akcelerometar može se koristiti i za naslon. [3] [7]



Slika 12. Prikaz akcelerometra koji mjeri u tri osi



Slika 13. Prikaz postavljanja akcelerometra i njegovi dijelovi



*Slika 14. Koordinatni sustav za sustav cijelog tijela*

## 6. PROCJENA RIZIKA

Procjena rizika kod vibracija koje se prenose na šake-ruke i cijelo tijelo postoji s ciljem donošenja odluka koje bi se trebale poduzeti radi sprječavanja i kontroliranja rizika od štetnih vibracija.

Samom procjenom rizika nastoji se : dokazati postoji li rizik od vibracija koje se prenose na ruke i šake te cijelo tijelo, dokazati razinu izloženosti te istu usporediti sa graničnom i upozoravajućom vrijednosti izloženosti, odrediti potrebne korake kako bi se pratio rizik vibracija, poduzeti potrebne korake i sve dokumentirati. [3] [4]

Procjena rizika ne bi bila moguća bez radnika i predstavnika radnika, koje je potrebno uključiti u cijeli program i na taj način informirati. Podaci koji se koriste za procjenu rizika bit će najbolje i najkvalitetnije popunjeni samo ako se koriste stvarne procjene rada i vremena, pri čemu najviše pomaže učinkovita i dobra suradnja sa radnicima. Predstavnici radnika pomažu radnicima da razumiju i pravilno uporbave sve podatke koji su potrebni kako bi se najbolje očuvalo zdravlje na radu. Potrebno je uvažiti mišljenja radnika i pružiti im priliku da izraze svoja mišljenja jer do radnika ovisi koliko će planirane mjere biti učinkovite. Još jedan koristan alat pri procjeni rizika su kontrolne liste, odnosno neka pitanja koja bi mogla pomoći u poduzimanju daljnjih koraka.[4]

Pri procjeni rizika kod sustava vibracija koje djeluju na ruke-šake koriste se kao pomoć kontrolne liste.

Kontrolna lista vibracije šaka-ruka:

1. Je li provjereno da li se ručni alati ili strojevi s ručnim upravljanjem, koji bi mogli štetno djelovati na zglobove, mogu zamijeniti drugim alatima?
2. Je li provjereno da li se alati ili strojevi za visokobrzinsku obradu, koji bi mogli štetno djelovati na šake, mogu zamijeniti drugim alatima?
3. Osiguravaju li poduzete mjere da dnevna izloženost vibracijama(ukupna

vrijednost koja se odnosi na osmosatni period ) ne prelazi vrijednost  $A(8) = 2,5$  m/s?

4. Jesu li na rukohvate postavljeni prigušivači ili ublaživači udara ?
5. Jesu li specijalne antivibracijske rukavice ispitane (posebno za vanjske uvjete rada ili za rad u hladnom okolišu) i da li se zaista upotrebljavaju? [2]

#### Kontrolna lista vibracije cijelog tijela

1. Jesu li osigurane informacije o upozoravajućim i graničnim vrijednostima izloženosti?
2. Postoji li mogućnost izbjegavanja vožnje u nepovoljnom ili iskrivljenom položaju tijela?
3. Jesu li poduzete mjere koje bi osigurale da površine prometnica budu ravne i da bi spriječile rupe i druga oštećenja?
4. Je li provjereno da li je rad organiziran na način da omogući smanjenje vremena vožnje (trajanje izloženosti)?
5. Je li se kod nabave novih vozila dovoljno obraćala pažnja na odabir vozila s niskom razinom vibracija ( na temelju obveznih podataka vozača)? [2]

Kako bi se izloženost vibracijama svela na minimum ili potpuno uklonila, potrebno je povremeno primijeniti i druge metode rada; što se odnosi na automatizaciju i mehanizaciju radnih zadataka. Odabir opreme kojima radnici mogu upravljati mora biti uspješna za obavljanje radnih zadataka. Krivo izabrana oprema za pojedini radni zadatak može uz veću izloženost vibracijama dovesti i do bespotrebnog gubljenja vremena na radnim operacijama. [4]

Odabir opreme kod vibracija koje se prenose na šake i ruke:

Kako bi se smanjile vibracije, neki proizvođači uz alat preporučuju i dodatni pribor za alat, kao što su, primjerice, oštrica pila, dlijeta i svrdla. Pri nabavi opreme potrebno je voditi računa o vibracijama koje ona proizvodi i zahtjevima koji se trebaju zadovoljiti. Proizvođači trebaju pomoći pri odabiru sigurne opreme



i najpogodnijih alata prema određenim radnim procesima te ujedno trebaju dati informacije o karakteristikama alata i vibracija koje proizvodi, kao i o održavanju opreme. Dužnost poslodavca je svesti rizike vibracije na najmanji mogući nivo i pružiti ostale informacije o nadziranju mogućeg rizika kojeg nisu mogli ukloniti za vrijeme dizajniranja stroja ili opreme.[4]

Proizvođač bi trebao dati savjete o :

- Načinu korištenja opreme za koji se podrazumijeva da će prouzročiti oštećenje zdravlja djelovanjem vibracija koje djeluju na ruke i šake
- Sigurnom korištenju opreme
- Vrstama obuke
- Korištenju alata pri posebnim zadacima
- Potreba OZS-a tijekom upravljanja strojem
- Održavanju alata
- Smanjivanju izloženosti vibracijama [3] [4]

Ergonomski čimbenici koji se moraju uzeti u obzir pri odabiru alata:

- Težina alata
- Sila pritiska
- Dizajn alata
- Rukovanje alatom i njegova jednostavnost uporabe
- Toplina ili hladnoća ručke alata
- Prašina i buka [4]

Odabir opreme kod vibracija koje se prenose na cijelo tijelo:

Prema odredbama direktive o strojevima ( Direktiva 98/37/E) strojevi moraju biti konstruirani i osmišljeni tako da se rizici od vibracija svedu na minimum. Direktiva također navodi potrebno dizajniranje sjedala vozača tako da smanjuje razinu vibracije koja se prenosi na čovjeka. Dobavljači opreme trebaju izvijestiti o svim rizicima vibracija i dati potrebne podatke o:

- Emisiji vibracija
- Svim okolnostima pri kojima stroj proizvodi vibracije čije su razine više od

upozoravajuće vrijednosti izloženosti

- Svim okolnostima pri kojima stroj proizvodi vibracije čije su razine više od granične vrijednosti izloženosti
- Posebnim obukama vozača koje je potrebno proći
- Tome da sjedalo koje se nalazi u vozilu snižava razinu vibracija na minimum [3]

Izloženosti vibracija u većini slučajeva doprinosi vožnja po tvrdoj podlozi ili neravnom terenu, a iste je moguće kontrolirati i umanjiti putem smanjivanja razdaljina, ograničavanjem brzine vožnje vozila, izravnavanjem neravnih podloga, poboljšavanjem cestovne kvalitete i uklanjanjem zapreka na cesti I osiguranjem sjedala sa amortizacijom koja se podesi prema tjelesnoj težini vozača[3]

### **6.1. Informiranje i obuka radnika**

Sve radnike koje koriste vibracijske alate i strojeve pri obavljanju posla i njihove nadležne potrebno je informirati o:

- Oštećenju zdravlja koje je moguće postići ako se pri obavljanju rada koristi vibracijska oprema
- Upozoravajućoj i graničnoj vrijednosti izloženosti vibracijama
- Svim mjerama koje su se provele da bi se otklonio ili smanjio rizik djelovanja samih vibracija na ruke i šake
- Svim mjerama koje su se provele da bi se otklonio ili smanjio rizik djelovanja samih vibracija na cijelo tijelo
- Ispravnim metodama obavljanja rada kojima se izloženost djelovanju vibracija smanjuje na najmanju razinu
- Otkrivanju oštećenja zdravlja te samoj prijavi istog
- Potrebi servisiranja strojeva
- Radnom vremenu i okolnostima gdje radnik ima pravo i mogućnost na zdravstveni nadzor[3] [4]

Informiranje radnika koji koriste alate koji utječu na djelovanje vibracija koje se prenose na ruke-šake:

Radnike je potrebno obučiti ispravnim tehnikama rada koje će im uvelike pomoći pri obavljanju poslova. Treba izbjegavati čvrsto stiskanje, snažno pritiskivanje i guranje alata. Alate i strojeve trebaju koristiti na siguran način kako bi se smanjio rizik od ozljeda, a ujedno je važno znati prepoznati kada određeni stroj ili alat zahtjeva servisiranje. Kada radnik radi na stroju ili alatu koji vibrira, potrebno je šake staviti u ispravan položaj, kako bi izbjegli prekomjernu izloženost. Radnike treba poticati na prijavu svih simptoma koji su povezani za uporabom alata ili strojeva koji vibriraju. [4]

Proizvođač ima dužnost navesti osposobljavanje koje je potrebno proći kako bi se moglo rukovati opremom na ispravan i siguran način i takvo osposobljavanje ponuditi radnicima koji će rukovati sa takvom vrstom opreme. Također je potrebno poticati radnike da alat koji koriste u što više slučajeva oslone na određeni materijal na kojem rade odnosno obrađuju. Alat nije potrebno stiskati niti prihvatiti snažno da se ruke ukoče nego ga je potrebno uzeti labavo, toliko da ne ispada iz ruke.[4]

Bitna stavka za zaštitu od vibracija je oblikovanje radnog prostora. U cilju smanjenja nepotrebnog izlaganja vibracijama koriste se pomoćna sredstva, kao što su naprave koje služe za stezanje i držanje alata kako bi radnik izbjegao dodir sa vibracijama koje proizvodi alat ili sama površina na kojoj alat radi. Koriste se i antivibracijske ručke koje pravim odabirom mogu smanjiti djelovanje vibracija na čovjeka, ali u suprotnom mogu povećati vibriranje ruke. Zbog toga je potrebno pratiti upute proizvođača i na pravilan način odabrati vrstu ručke koja odgovara samoj vrsti posla koji se obavlja. Djelovanje vibracija na radnika može se smanjiti stavljanjem gumenih materijala na ručke alata koji se koristi i koji vibrira ili pomoću drugog elastičnog materijala. Stavljanjem materijala na ručke ne znači da će se vibracije u potpunosti otkloniti, nego da će se u manjoj količini smanjiti, ali će se pružiti veća udobnost pri uporabi istog materijala. Kao što je kod antivibracijskih ručki mogućnost povećanja djelovanja vibracija, tako je i kod alata omotanim

elastičnim materijalima pri krivom odabiru materijala. [4]

Radnici često stiskaju alat svom snagom kako bi bili sigurni da alat neće “pobjeći” iz ruke. U nekim situacijama se treba čvrsto držati alat radi rukovanja i kontrole alata, ali u nekim situacijama se koristi stisak koji je i više nego potreban. Samim pritiskanjem alata radnici štete svome zdravlju. Kako bi se smanjilo djelovanje vibracija na ruke i šake radnika potrebno je smanjiti snagu stiska i pritiska. Za labaviji stisak nužno je promijeniti materijal koji se nalazi na ručki alata kako bi radnik jednostavnije i udobnije rukovao alatom.

Informiranje radnika koji koriste strojeve koji utječu na djelovanje vibracija koje se prenose na cijelo tijelo:

Radnike treba naučiti tehnikama vožnje tako da dok voze izloženost vibracijama svode na najmanju moguću razinu. Treba im pojasniti kako djeluje brzina vožnje te ako je ograničena objasniti zašto je potrebno voziti takvom brzinom.[3]

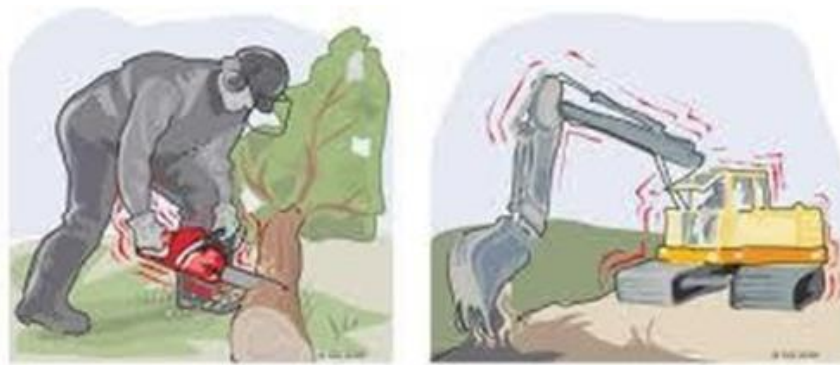
Potrebno ih je uputiti u podešavanje sjedala; radnici trebaju prilagoditi sjedalo svojoj težini i prilikom vožnje zauzeti najpovoljniji položaj za ugodnu vožnju, pri čemu mu pomaže pomicanje sjedala naprijed-natrag, podizanje visine sjedala ili spuštanje i podešavanje nagiba. [3]

Preporučuje se da se radnik u svoje slobodno vrijeme bavi nekom aktivnošću radi održavanja dobre fizičke forme. Kao što njihove slobodne aktivnosti mogu donijeti dobre učinke, tako mogu i loše utjecati na povećavanje rizika po njihovo zdravlje. Moraju imati u vidu utjecaj njihovih aktivnosti na razvoj križbolje, poput nepravilnog podizanja tereta ili zadržavanje tijela u nepravilnom položaju dulji vremenski period.

U vidu smanjenja nepotrebnog izlaganja vibracijama potrebno je održavati cestovne površine, zamijeniti dijelove opreme koji su istrošeni (sustavi sjedala), zamijeniti i provjeriti prigušivače vibracija, ležajeve i zupčanike koji su oštećeni, podesiti motore i održavati gume na vozilu.

## 7. GRAĐEVINSKI STROJEVI

U tvrtki "Cestorad d.d." koriste se razni strojevi i alati koje pokreću vibracije u našem tijelu, bile to vibracije koje se prenose preko ruku, kralješnice ili stopala. Svaki stroj i alat ima svoju svrhu i učinkovitost pri obavljanju posla u cestogradnji.



*Slika 15. Prikaz štetnih djelovanja strojeva*

Strojevi sa kojima sam se susrela u tvrtki su bili građevinski strojevi za betonske radove, zemljane radove i asfaltnerske radove.

Građevinski strojevi za betonske radove:

- Oprema i strojevi za proizvodnju (tvornica betona)
- Oprema i strojevi za montiranje betonskih elemenata i sklopova
- Transport (dizalice, automješalice, crpke za beton)
- Ugradnja svježeg betona (finišeri i vibratorji)

Građevinski strojevi za zemljane radove:

- Strojevi za rad sa kamenim i zemljanim građivima
- Strojevi za transport, iskop, nasipavanje, temeljenje i ugradnju zemljanih materijala
- Dozeri, skrejperi, kamioni, bageri, utovarivači, valjci, grejderi, bušilice...

Građevinski strojevi za asfaltna radova :

- Standardni finišeri, valjci
- Posebna građevinska mehanizacija za proizvodnju asfaltna baze (posebni finišeri)
- Ostala tehnološka oprema za obnovu asfaltna zastora (remikseri i glodalice)

#### 1. Motorna pila

Motorna pila ručni je stroj koji se koristi u raznim poslovima, kao i u cestogradnji za obavljanje manjih poslova. Dugogodišnjom uporabom, uz primjenu zaštitnih sredstava i primjenom pravila i uputstva za siguran način rada, šteti zdravlje radnika. Radniku koji radi s motornom pilom najviše su ugroženi prsti ruke, zatim šake i podlaktice te se preko ruke vibracije prenose na cijelo tijelo. Uz negativne učinke vibracija, radnik je izložen i štetnim utjecajima buke iz čega zaključujemo da mu je u velikoj mjeri ugroženo zdravlje. Najveći problem uzrokuju vibracije prednje i stražnje ručke. Ručke se nastoje amortizirati i smanjiti masa same motorne pile kako bi se vibracije smanjile. Ručka motorne pile je omotana gumenim materijalom kako bi se smanjile vibracije ali pri upotrebi pile mogu se upotrijebiti i antivibrirajuće rukavice uz ostalu dodatnu zaštitnu opremu koja obuhvaća zaštitne naočale, radnu odjeću i čepiće za uši ili slušalice .

Štetne pojave nakon korištenja motorne pile:

- Vibracije viših frekvencija dovode do oštećenja prstiju i šake
- Pojava bijelih prstiju i gubitak osjetila na području jagodice koje ide dalje na prst
- promjene zglobova prstiju



*Slika 16. Motorna pila sa gumenom ručkom*

## 2. Vibracijska ploča "BOMAG"

Vibracijska ploča se koristi za učvršćivanje površina i betona. Stroj ima veliku težinu kako bi mogao gurati stabilnu ploču prema tlu. Ploča funkcionira tako što vibrira mehanizmom udarajući u tlo i pomiče čestice gore-dolje za izravnavanje. Posebno se koriste za izgradnju cesta, odnosno učvršćivanje kamena i uređenja okoliša. Podizanjem i spuštanjem ploče tlo se sabija i ono se odvija u milimetarskom razmaku. Što je stroj teži, imat ćemo veći učinak u obavljanju posla. Frekvencija vibracije je 90 Hz.

Prije početka rada s vibracijskom pločom, potrebno je provjeriti imamo li dovoljno goriva i ulja, nakon toga provjeriti sigurnost rada. Moramo biti vrlo pozorni pri radu sa vibracijskom pločom. Potrebno je nositi zaštitnu opremu koja obuhvaća: usku radnu odjeću, štitnike za uši, zaštitne naočale s bočnom zaštitom, radne cipele, gumene rukavice koje su otporne na vibracije i kacigu.

Prednosti ovog stroja su zbijanje tla uz mali napor, a nedostaci su opterećenje zglobova uslijed vibracija i ostali štetni učinci koji djeluju na čovjeka putem vibracija koje se prenose preko ruke-šake.



*Slika 17. Vibracijska ploča „BOMAG“*

### 3. Valjak

Vibracijski valjak tandem je valjak koji ima dva glatka valjka i spada u samohodne strojeve. Osim što se njime služi za kretanje, služi se i za zbijanje putem vibracija ili statičkim načinom. Tandemski vibracijski valjak pri valjanju asfalta zamjenjuje 2 valjka: teški statički valjak- tri valjka-kotača koji služe za zbijanje statičkim načinom (Za početno zbijanje koje se radi iza finišera). Tandemski valjak koji zbija pomoću vibracija i laki statički valjak- koji služi za završno zbijanje. Tandemski valjak koji zbija bez vibracija [9]

Radnik koji koristi valjak podložan je djelovanju vibracija cijelog tijela. Kralješnica tijela radnika je najviše opterećena jer se radnik nalazi u sjedećem položaju za vrijeme obavljanja rada. Vibracije u radnikovo tijelo ulaze preko stopala, odnosno poda kabine, preko sjedala na kojem sjedi i preko volana na kojemu se nalaze ruke. U radu s valjkom javljaju se predvidljiva i nepredvidljiva djelovanja vibracija. Predvidljivo djelovanje je rad samog motora dok u nepredvidljivom djelovanju veliki značaj na utjecaj vibracija ima cestovna površina koja je u velikom dijelu uvijek neravna. Pri radu s valjkom potrebno je nositi usku radnu odjeću, štitnike za uši, radne cipele i kacigu te reflektirajuće prsluke radi lakšeg uočavanja radnika na radilištu.





*Slika 18. Valjak*

#### 4. Bageri

Bageri su strojevi koji obavljaju poslove vezane za iskop zemljanih materijala te utovar iskopane mase u neka druga prijevozna sredstva. Mogu se koristiti pri kopanju temelja, ravnanju terena, kopanju kanala, kao dizalice i slično. Kreću se na kotačima ili gusjenicama s pneumaticima. Radniku koji radi na bagerima ugroženo je cijelo tijelo zbog djelovanja vibracija ali u najvećem slučaju kralješnica. Vibracije koje utječu na radnikovo tijelo javljaju se zbog samog rada motora i radne površine koja je neravna. Ulazak vibracija u radnikovo tijelo se odvija putem površine poda kabine koja je u doticaju sa stopalima, sjedalom i volanom koji radnik dodiruje. Osim poda kabine vibracije ulaze u radnikovo tijelo putem površine po kojoj hoda ako se radnik nalazi u blizini stroja koji je u pogonu. Radnik je obavezan nositi radnu odjeću, štitnike za uši, radne cipele, kacigu i reflektirajući prsluk radi lakšeg uočavanja na radnom mjestu.



*Slika 19. Liebherr bager 914*

## 5. Kamioni

Kamioni kiperi najčešće su korišteni kao prijevozno sredstvo za prijevoz raznih građevinskih materijala. Imaju ojačanu konstrukciju na kojoj se nalazi sanduk za prijevoz rastresitih materijala, koji se prazni dizanjem u stranu ili dizanjem unazad. Radnici koji upravljaju kamionima na radnom mjestu podložni su vibracijama cijelog tijela. Uz dugotrajno sjedenje na radu dolazi do oštećenja zdravlja, pogotovo kralježnice. Ulazak vibracija u radnikovo tijelo odvija se putem stopala, sjedala i volana koji stvaraju vibracije zbog rada motora i neravnih podloga preko kojih se prelazi.



*Slika 20. Kamion*

Pomoću automješalica u tvrtki Cestorad d.d. omogućena je proizvodnja svježeg betona vrhunskih karakteristika. Tvrtka je automatizirana i ima mogućnost transporta betona vlastitim vozilima. Automješalica ima pojačano djelovanje vibracija zbog mješalice koja se nalazi u sklopu kamiona



*Slika 21. Automješalica Liebherr*

## 6. Traktor s cisternom za navodnjavanje

Traktor je motorno vozilo koje se koristi najčešće u poljoprivredi, ali se koristi i za druge razne stvari. Radnici koji upravljaju traktorima podložni su djelovanju vibracija cijelog tijela. Na zadnjoj osovini imaju veliki nedostatak amortizera, pri kojima se povećava djelovanje vibracije na čovjeka.



*Slika 22. Traktor s cisternom za navodnjavanje*

## 7. Finišer

Finišer je samohodni stroj koji služi za izvedbu nosivih slojeva koji nisu vezani te vezanih asfaltbetonskih i betonskih zastora cestovnih prometnica. Tehnološka oprema koja se kreće pomoću gumenih kotača ili gusjenica. Posebni finišeri upotrebljavaju se pri izradi dužih betonskih elemenata tvorničke proizvodnje i za izvedbu rigola i rubnjaka. Kreću se neprekidno i malom brzinom, a dijele se na finišere za asfaltne zastore i finišere za beton; postoje finišeri različitih veličina i učinaka za ugradnju materijala. Radnici koji upravljaju finišerom podložni su vibracijama cijelog tijela uz predvidljive i nepredvidljive vibracije.



*Slika 23. Finišer*



*Slika 24. Prikaz sjedala u stroju*

Svi strojevi opremljeni su sa sjedalima koji ispod sebe imaju amortizere kako bi se vibracije svele na minimum radi zaštite zdravlja radnika i njegovog života. Radnici koji rade u strojevima trebali bi sjediti pravilno kako bi zaštitili svoju kralješnicu.



*Slika 25. Prikaz uputa za rad na siguran način i zaštitu radnika*

Svaki stroj koji koristi radnik pri obavljanju svoga posla na sebi mora imati .  
upute za siguran rad.

## 8. ZAŠTITNA OPREMA

### Zaštita od vibracija kod sustava ruka-šaka

Antivibracijske rukavice su jedna od najpoznatijih zaštita ruku i šaka radnika. Moraju biti označene znakom CE, što znači da su testirane i da udovoljavaju određenim zahtjevima norme EN ISO 10819:1997. Ne smanjuju rizik od vibracija ako su frekvencije ispod 150 Hz odnosno 9000 titraja u jednoj minuti. Kod alata koji proizvode vibracije koje su visoke frekvencije ili rotiraju velikom brzinom, koje se drže labavim stiskom, donekle i smanjuju djelovanja i rizik od vibracija. [8]



*Slika 26. Antivibracijske rukavice*

Uz antivibracijske rukavice bitna je i zaštita od hladnoće koja povećava bljedilo prstiju ako radnik radi pri niskim temperaturama. Treba iskoristiti svaku mogućnost da se izbjegne posao na otvorenom ,a ako to nije moguće, u slučaju motorne pile, koristiti pile sa ručkama koje imaju mogućnost grijanja ruku. Radniku koji radi na niskim temperaturama i kojima se povisuje izloženost vibracijama zbog hladnoće potrebno je osigurati toplu zaštitnu opremu i zaštitne rukavice. [4]



*Slika 27. Zaštitna odjeća i obuća*

Kada se posao obavlja u zatvorenom prostoru temperatura bi trebala biti takva da radnik ne treba na sebi nositi specijalnu zaštitnu odjeću, odnosno trebala bi iznositi 16 stupnjeva Celzijusa.

Radnik bi trebao izbjegavati rad na alatima koji su od čelika, odnosno na kojima je doticaj sa rukama radnika prekriven čelikom, koje ujedno uzrokuje pothlađivanje ruku. [4].

Zaštita od vibracija cijelog tijela:

Sjedala sa amortizacijskim mehanizmom su glavna zaštita kod radnika koji rade u strojevima. Proizvođači strojeva su dužni osigurati da sjedalo u stroju snižava vibracije do najniže razine, a amortizacijski mehanizam mora biti primjeren vozilu. Sustav amortizacije sjedala u tipičnim uvjetima mora biti takav da ne udara u donju niti u gornju plohu amortizacijskog mehanizma; pojava udaranja dovodi do povećavanja vibracijskih udara što na kraju dovodi do bolesti kralješnice.[3]

## 9. METODE ZA ANALIZU RADNOG OPTEREĆENJA

Prilikom izvođenja proizvodnih procesa i uz ponavljanje radnih zadataka u nepovoljnom radnom položaju, dolazi do javljanja bolesti mišićno- koštanog sustava.

Kako bi se otkrili nepovoljni radni položaji cijelog tijela te gornjih i donjih udova, razvijaju se metode za analizu radnog opterećenja. Najčešće korištene metode su OWAS, MODAPTS, PLIBEL, NIOSH, DMQ, REBA, PDA, QEC i dr. [1]

### 9.1. DMQ metoda

DMQ (engl. *Dutch Musculoskeletal Questionnaire*) metoda je upitnik za mišićno-koštane rizike koja je primjer potpunog i temeljitog ispita za procjenu mišićno-koštanih rizika. Nizozemski upitnik napravljen radi potrebe stručnjaka zaštite na radu kako bi lakše, brže i kvalitetnije procjenili rizike uzrokovanih radom.

Radnici ispunjavaju 60 pitanja samostalno koja se odnose na dob, spol, radno vrijeme, položaj tijela, organizaciju rada i općenito na život izvan radnog mjesta. Zbog velikog broja pitanja upitnikom se odgovara sa da/ne. Na taj način se brže i lakše dolazi do rezultata i primjer je jednostavnijeg ispunjavanja upitnika radnicima. Za provođenje upitnika dovoljni su olovka i papir. [1]

Ova metoda zahtjeva veći angažman korisnika i može se odnositi na radna mjesta ili radne grupe.

*Tablica 2. DMQ upitnik*

DMQ upitnik
Upitnik je napravljen po principu zaokruživanja točnih tvrdnji ( DA/NE )
Spol: M / Ž
Prilikom rada trebate li:
-podizati teški teret ( više od 5 kg)? DA NE



-gurati ili vući teški teret( više od 5 kg)? DA NE

-nositi težak teret (više od 5 kg)? DA NE

Prilikom rada trebate li često podizati teret:

-u nezgodnom položaju? DA NE

-daleko od tijela? DA NE

-iznad visine grudi? DA NE

-kojeg je teško držati? DA NE

-s vrlo velikim opterećenjem ( većim od 20 kg)? DA NE

-sa zakrivljenim trupom? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-stajati duže vrijeme? DA NE

-sjediti duže vrijeme? DA NE

-hodati duže vrijeme? DA NE

-biti u pognutom položaju duže vrijeme? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-lagano pognuti trup? DA NE

-jako pognuti trup? DA NE

-lagano okretati trup? DA NE

-jako okretati trup? DA NE

-okretati i pognuti trup? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-raditi u lagano zakrivljenom položaju duže vrijeme? DA NE

-raditi u jako zakrivljenom položaju duže vrijeme? DA NE

-raditi u lagano pognutom položaju duže vrijeme? DA NE

-raditi u jako pognutom položaju duže vrijeme? DA NE

-raditi u zakrivljenom i pognutom položaju duže vrijeme? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-dosegnuti stvari rukama? DA NE

-držati ruke u visini nižoj od lakta? DA NE

-držati ruke u visini iznad lakta? DA NE

-koristiti svu snagu u rukama ? DA NE

-raditi male pokrete s rukama na visokom radnom mjestu? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-savijati vrat prema naprijed? DA NE

-savijati vrat prema nazad? DA NE

-okretati vrat? DA NE

-držati vrat prema naprijed u pognutom položaju duže vrijeme? DA NE

-držati vrat prema nazad u pognutom položaju duže vrijeme? DA NE

-držati vrat u iskrivljenom položaju duže vrijeme? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-okretati zapešće? DA NE

-iskriviti zapešće? DA NE

-držati zapešće u zakrivljenom položaju duže vrijeme? DA NE

-držati zapešće u iskrivljenom položaju duže vrijeme? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-raditi u neugodnom položaju? DA NE

-raditi u nepromijenjenom/ identičnom položaju? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-raditi uvijek iste pokrete trupom? DA NE

-raditi uvijek iste pokrete rukama? DA NE

-raditi uvijek iste pokrete zapešćem? DA NE

-raditi uvijek iste pokrete nogama? DA NE

Prilikom rada trebate li:

-raditi iznenadne, neočekivane pokrete? DA NE

-raditi kratke ali naporne pokrete? DA NE

-koristiti veliku snagu/ silu u korištenju alata ili strojeva? DA NE

Prilikom rada imate li:

-dovoljno prostora iznad sebe za obavljanje poslova bez naprezanja? DA NE

-previše dodirnih točaka na koje se morate osloniti tijekom obavljanja posla?

DA NE

Prilikom rada:

-dolazi li do poteškoća u obavljanju posla zbog neugodnog položaja? DA NE

-dolazi li do poteškoća dosezanja stvari s alatima kojim radite? DA NE

-poskliznete li se ponekad ili padnete za vrijeme rada? DA NE

-morate li često jako stiskati rukama? DA NE

-jeste li ikada u svom radu osjetili vibracije ili udar struje? DA NE

-koristite li alat koji stvara vibracije u radu? DA NE

-vozite li strojeve? DA NE

-je li Vaš posao psihički naporan? DA NE

-jeste li na propuhu ili vjetru? DA NE

-radite li na niskim temperaturama( hladnjača) ? DA NE

-radite li na visokim temperaturama? DA NE

-mijenjate li često temperature? DA NE

-radite li u vlažnom prostoru? DA NE

## **10. EKSPERIMENTALNI DIO**

Cilj ovog dijela je provođenja DMQ ( engl. *Dutch Musculoskeletal Questionnaire*) metode ispitivanja radnika u radnom procesu cestogradnje u tvrtki „Cestorad.d.d“.

Ispitivanje je provedeno na manjoj radnoj grupi od deset radnika koji se nalaze na radilištu i obavljaju različite fizičke poslove..

### **10.1. O tvrtki**

Nakon razvoja i iskustva stečenih kroz 20 godina na području niskogradnje, a posebice cestogradnje, od 1990. godine tvrtka djeluje pod imenom „Cestorad d.d.“

Tvrtka „Cestorad d.d.“ bavi se izgradnjom građevinskih objekata a posebice cestogradnjom. Koriste najsuvremeniju mehanizaciju za izgradnju cesta, bilo da je riječ o pripremnim zemljanim radovima ili završnim poslovima asfaltiranja. Uz izgradnju ceste bave se i rekonstrukcijom istih te proizvodnjom asfalta i svih vrsta asfaltnih mješavina. Danas je to moderno organizirana tvrtka sa 150 djelatnika.

### **10.2. Mjerno mjesto**

- Radilište

Mjesto na kojem se obavljaju radovi, ujedno i mjesto gdje radnik provede najviše vremena. Tijekom radnog vremena na radilištu, radnik upravlja strojevima i alatima koji stvaraju vibracije. Uz upravljanje strojevima radnici većinu vremena provode u stojećem i hodajućem položaju.

### **10.3. Metoda mjerenja**

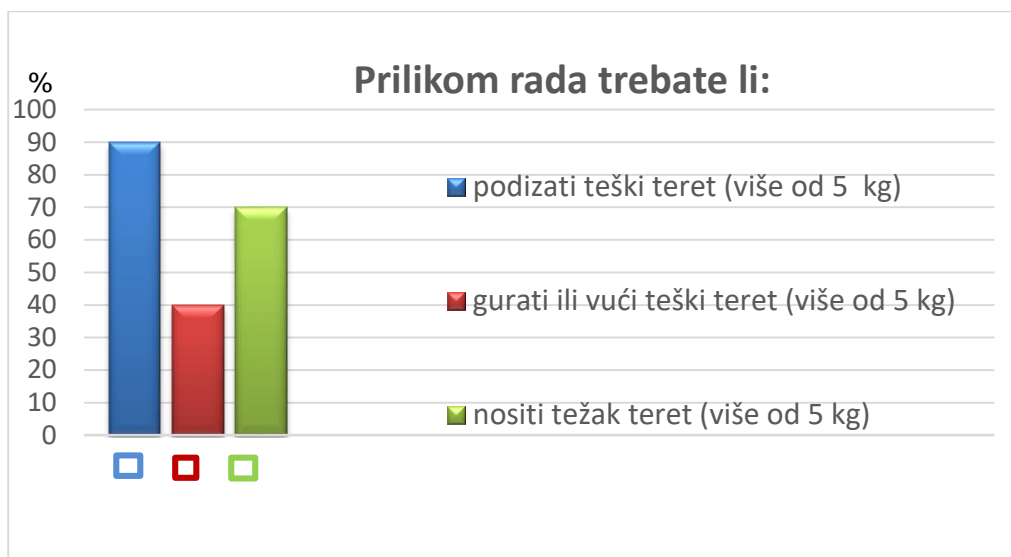
Eksperimentalni dio proveden je putem metode upitnika.

Radnik ispunjava 60 pitanja samostalno koja se odnose na dob, spol, radno vrijeme, položaj tijela, organizaciju rada i općenito na život izvan radnog mjesta.

Za provođenje upitnika dovoljni su olovka i papir. Kako bi se rezultati lakše obradili upitnik je podijeljen na kategorije pitanja.

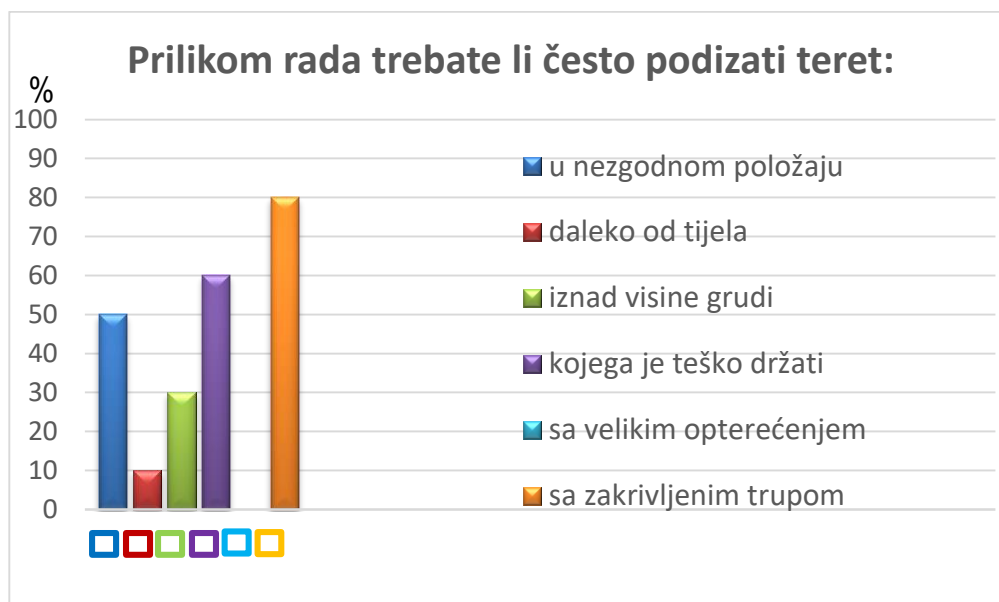
## 11. REZULTATI I RASPRAVA

Na mjernom mjestu radilišta proveden je upitnik na deset radnika različitih godina i sposobnosti. Rezultati upitnika prikazani su na grafikonima u postocima.



Grafikon 1. Rezultati upitnika koji se odnose na teret.

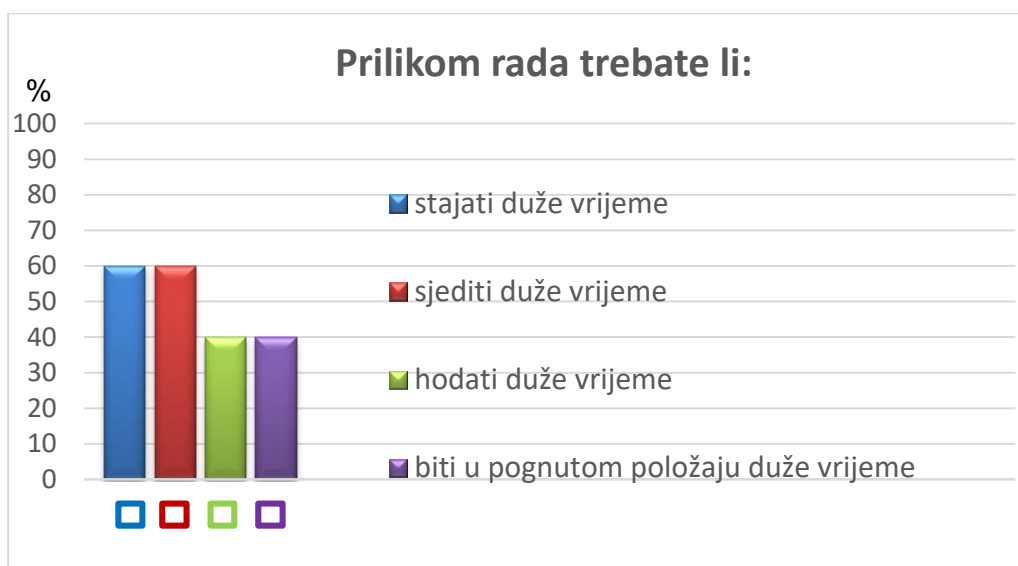
Prilikom rada 90 % radnika podiže teški teret, 40 % radnika gura ili vuče teški teret dok 70 % radnika kroz radno vrijeme nosi težak teret.



Grafikon 2. Rezultati upitnika koji se odnose na podizanje tereta.

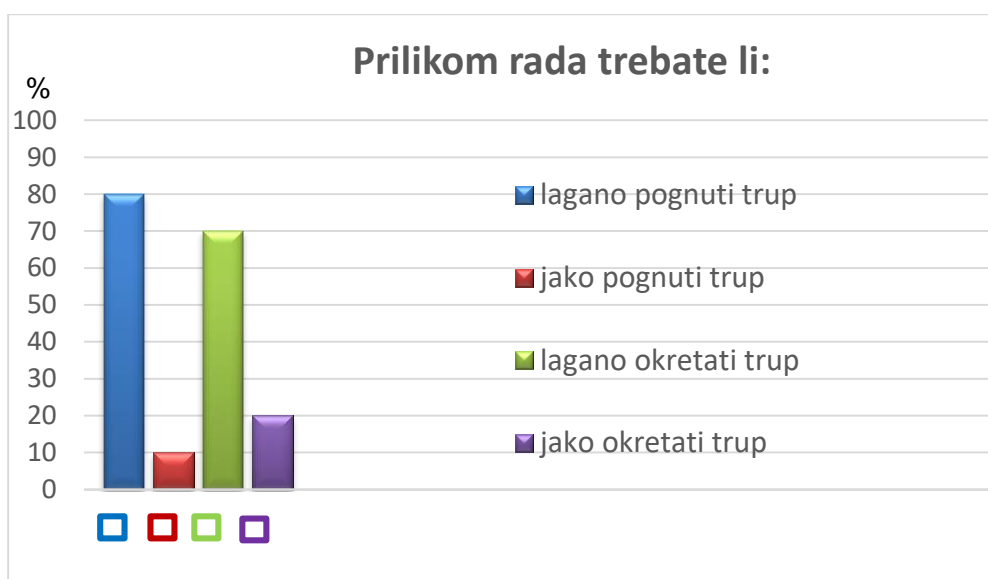
Podizanje tereta, prilikom rada, 50 % radnika obavlja u nezgodnom položaju, 10% daleko od tijela, a 30 % iznad visine grudi. 60% radnika podiže teret kojega

je teško držati ali niti jedan radnik ne podiže teret sa velikim opterećenjem, odnosno iznad 20 kg dok 80 % radnika podiže teret sa zakrivljenim trupom.



Grafikon 3. Rezultati upitnika koji se odnose na stojeći i sjedeći položaj.

Prilikom rada 60 % radnika sjedi i stoji duže vrijeme dok 40% radnika radi u pognutom položaju i hoda duže vrijeme.



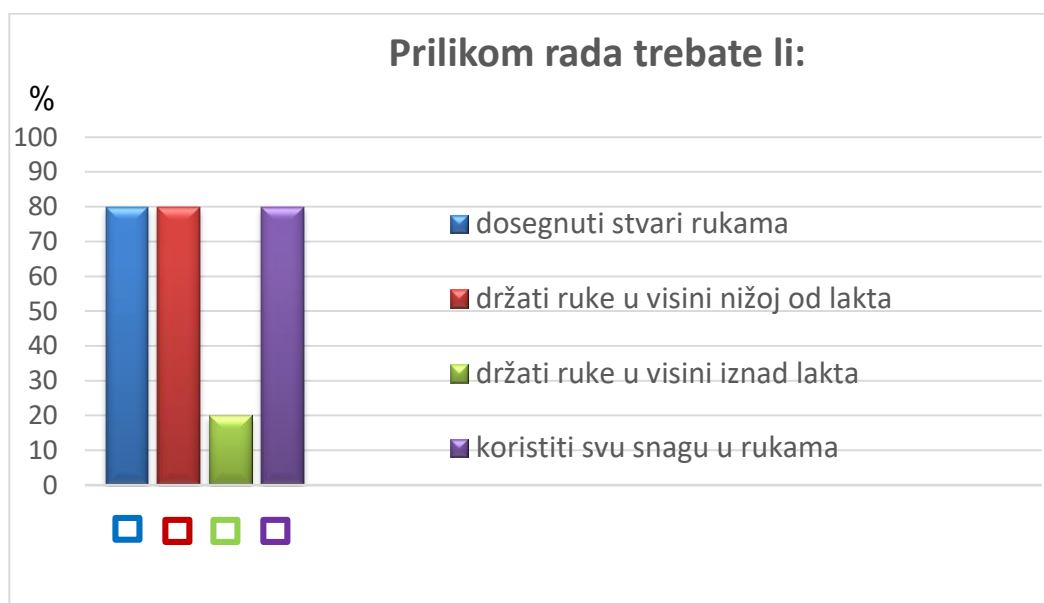
Grafikon 4. Rezultati upitnika koji se odnose na trup radnika.

Prilikom rada 80% radnika radi sa lagano pognutim trupom dok 70% radnika lagano okreće trup. Samo 10% radnika radi sa jako pognutim trupom dok 20% radnika jako okreće trup pilikom obavljanja posla.



Grafikon 5. Rezultati upitnika koji se odnose na položaj tijela radnika.

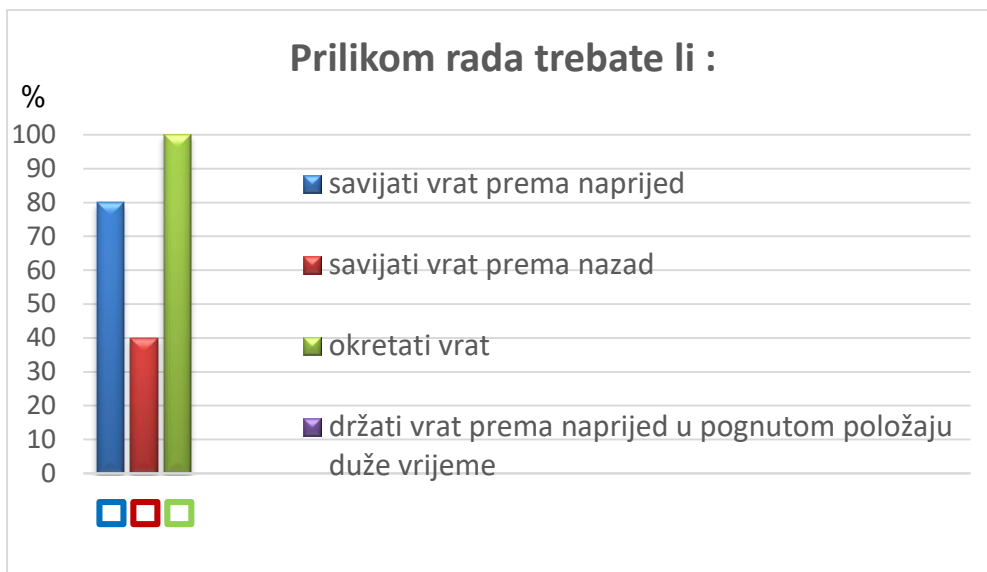
Prilikom rada 60% radnika radi u lagano zakrivljenom položaju duže vrijeme dok svi ispitani radnici, odnosno 100 % radnika radi u lagano pognutom položaju duže vrijeme.



Grafikon 6. Rezultati upitnika koji se odnose na ruke radnika.

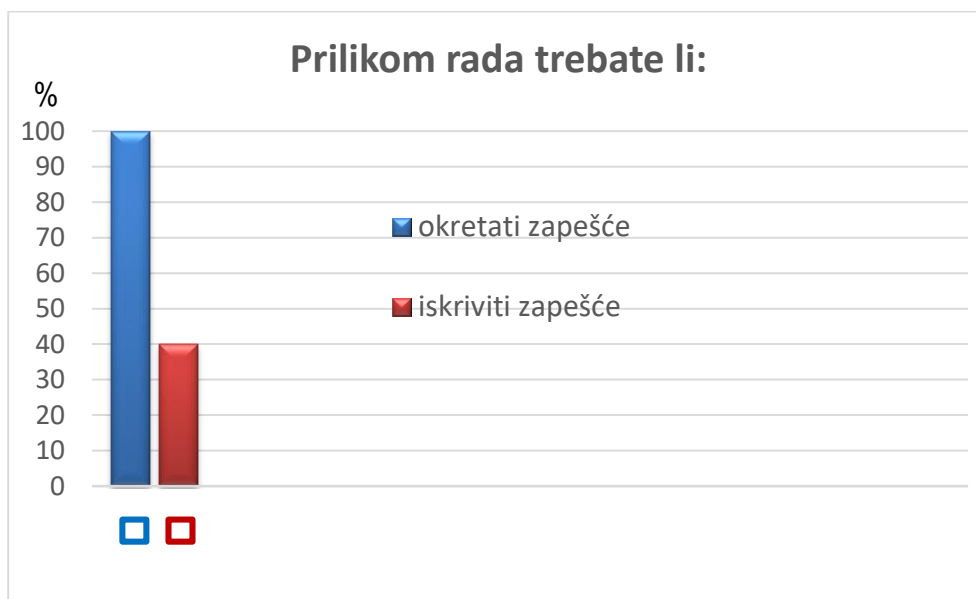
Prilikom rada 80 % radnika doseže stvari rukama, drži ruke u visini nižoj od lakta i koristi svu snagu u rukama, a 20 % radnika drži ruke u visini iznad lakta.





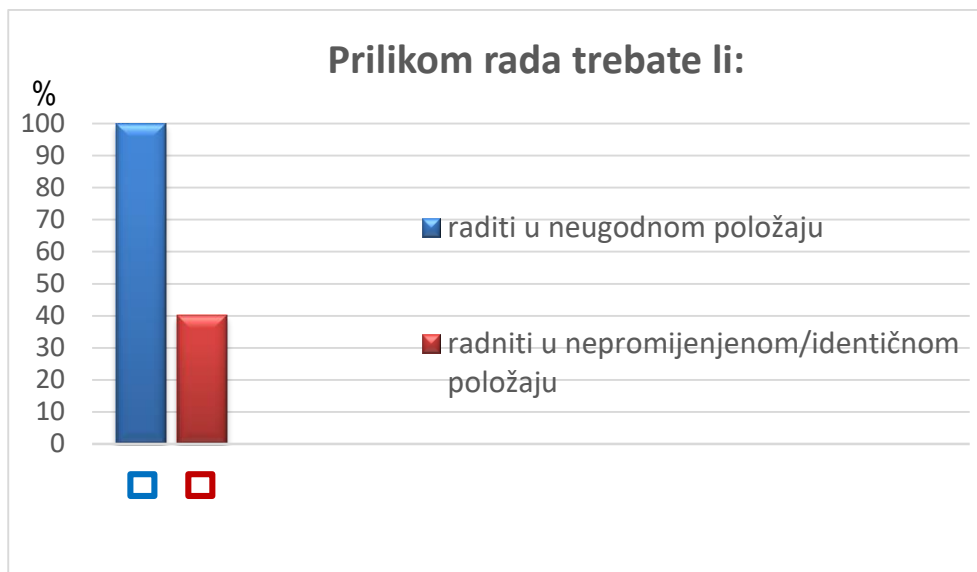
Grafikon 7. Rezultati upitnika koji se odnose na vrat radnika.

Prilikom rada 80% radnika savija vrat prema naprijed, 40% radnika savija vrat prema nazad, a svi radnici, odnosno 100 % radnika okreće vrat.



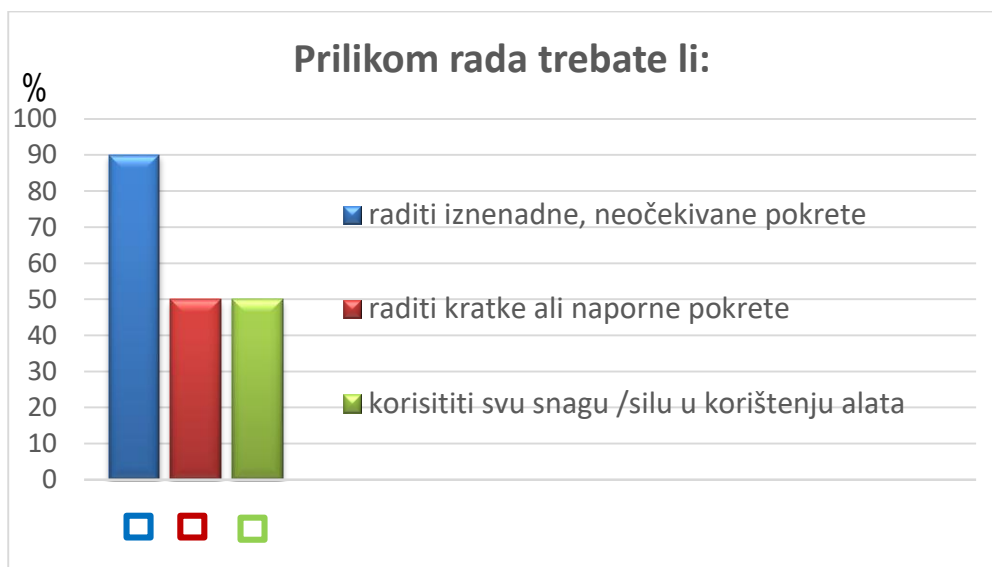
Grafikon 8. Rezultati upitnika koji se odnose na zapešće radnika.

Prilikom rada 100% radnika okreće zapešće, 40% radnika iskrivi zapešće dok niti jedan radnik ne drži zapešće u iskrivljenom položaju duže vrijeme.



Grafikon 9. Rezultati upitnika koji se odnose na udobnost radnika.

Prilikom rada 100% ispitanih radnika radi u neugodnom položaju, a 40% radnika radi u nepromijenjenom/ identičnom položaju.

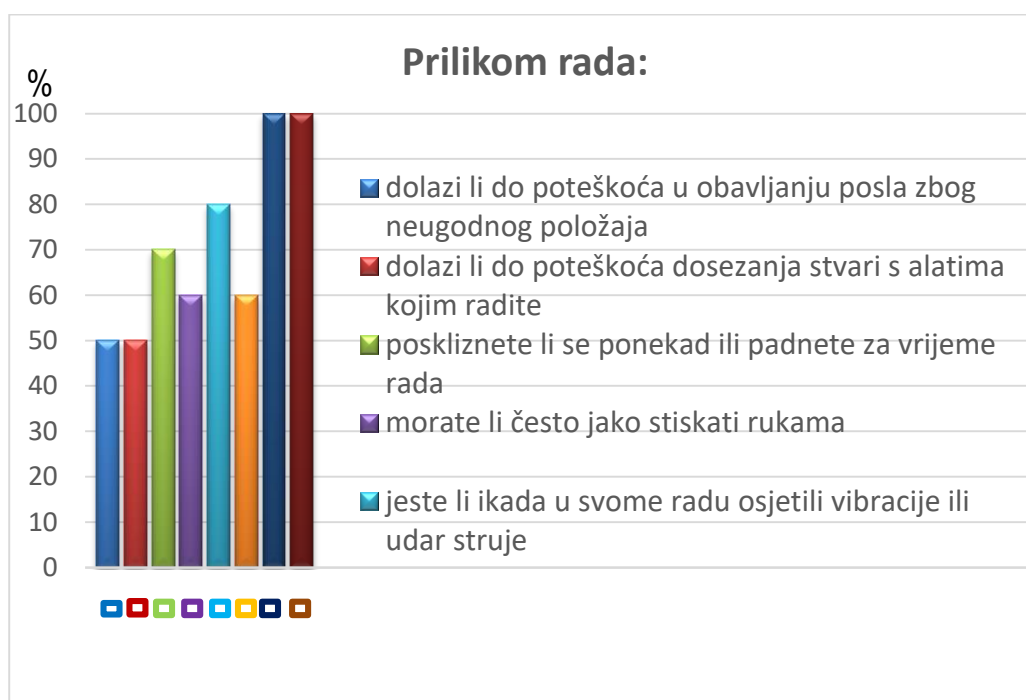


Grafikon 10. Rezultati upitnika koji se odnose na pokrete radnika.

Prilikom rada 90% ispitanih radnika radi iznenadne, neočekivane pokrete, a 50% radnika radi kratke ali naporne pokrete i koristi svu snagu/ silu u korištenju alata.



Grafikon 11. Rezultati upitnika koji se odnose na prostor u kojemu radnik radi. Prilikom rada 100% radnika ima dovoljno prostora iznad sebe za obavljanje poslova bez naprezanja, a 50% radnika ima previše dodirnih točaka na koje se trebaju osloniti tijekom obavljanja posla.



Grafikon 12. Rezultati upitnika koji se odnose na poteškoće pri radu. Prilikom rada kod 50% radnika dolazi do poteškoća u obavljanju posla zbog neugodnog položaja i dosezanja stvari s alatima kojim rade. 70% radnika se za vrijeme radnog vreme ponekad posklizne ili padne. 60% radnika za vrijeme

obavljanja posla treba često jako stiskati rukama. 80% radnika je u svome radu osjetilo vibracije ili udare struja . 60% radnika vozi strojeve. Svi ispitani radnici, odnosno 100% radnika, u svome radnom vremenu rade na visokim ili niskim temperaturama, ovisno o godišnjem dobu.

Nakon završenog ispitivanja radnika pomoću upitnika utvrđeno je da radilište zahtjeva od radnika stalnu pokretljivost, rad u neugodnom položaju zbog kojeg se javljaju poteškoće u obavljanju posla te dizanje teškog tereta pri čemu su opterećene ruke. Dugotrajno sjedenje dovodi do bolova u leđima kao i dugotrajno stajanje koje uz bolove u leđima dovodi i do nesvjestice, vrtoglavice i slabosti. Potrebno im je omogućiti kratke pauze zbog dugotrajnog sjedenja i stajanja. Prilikom sjedenja radnici su izloženi pognutom sjedenju koje dovodi do iskrivljenja kralješnice. Radnici koriste veliku snagu ruku pri korištenju alata i strojeva. Tokom rada podložni su čestom zakretanju trupa i vrata. Prilikom upravljanja strojevima potrebno je često zakretanje vrata, zapešća i iznenadni pokreti, kako bi radnik koji koristi stroj bio oprezan i spriječio nastanak nesreće. Svi radnici koji upravljaju strojevima moraju imati dokumentaciju kojom se utvrđuje da mogu upravljati određenim strojem i pri korištenju istih moraju biti odgovorni. Radnici koji rukuju određenim alatom ili strojem podložni su djelovanju vibracija koje ostavljaju negativne učinke na njihovo zdravlje, a uz njih i radnici koji se nalaze pored strojeva koje za vrijeme svojeg obavljanja posla proizvode vibracije. Vibracije bi se smanjile korištenjem antivibracijskih rukavica i boljom izolacijom između stroja i podloge. Ponekad nemaju dovoljno prostora za kvalitetno obavljanje svoga posla. U taj prostor ulazi prostor radnog mjesta kao npr. Kabine strojeva, konstrukcija strojeva i zaštitnih naprava. Izloženi su visokim temperaturama tijekom ljeta, ali i vrlo niskim tijekom zime te vjetru jer rade na otvorenom prostoru. Radnik je obavezan nositi zaštitne cipele, odjeću i drugu zaštitnu opremu.

Iz grafikona je jasno vidljivo da je cijelo tijelo radnika opterećeno dok su radnici najviše izloženi visokim i niskim temperaturama kao i vibracijama.

## 12. ZAKLJUČAK

U ovom radu dokazano je da vibracijsko djelovanje na čovjeka ostavlja negativne učinke koje su opasne po čovjekovo zdravlje. Vibracije je gotovo nemoguće izbjeći ali se mogu izolirati preventivnim mjerama. Oštećenja koja nastaju djelovanjem vibracija mogu razviti niz bolesti koje se teško liječe. Kako bi se smanjili štetni učinci vibracija potrebno je provoditi mjerenja i korištenje zaštitne opreme radi sprječavanja rizika za zdravlje i mogućih ozljeda. Smatra se da je potrebno iskoristiti razne mogućnosti koje nam daje tehnologija i znanje kako bi štetne učinke vibracija sveli na minimum. Pri korištenju alata i strojeva trebalo bi se strože regulirati prisutnost i ispravnost dodatnih zaštitnih naprava. Osigurati da svaki stroj ima dobro opremljena sjedala sa amortizerima kako bi se vibracije smanjile u što većem broju. U današnje vrijeme iskorištava se samo dio potencijala koji se koristi za zaštitu i mjerenje vibracija koji će se poboljšati razvojem tehnološkog napretka.

Eksperimentalnim dijelom završnog rada provedena je metoda ispitivanja radnika DMQ upitnikom. Rezultati upitnika koji je proveden na radilištu pokazuju kako radno mjesto utječe na radnika i s kojim tegobama se susreće.

Zaključuje se da bi se ispitivanja ovog tipa trebala vršiti češće, na svim radnim mjestima i na velikom broju zaposlenika kako bi se smanjio rizik od nastanka ozljeda i profesionalnih bolesti te kako bi se poboljšali radni uvjeti i organizacija radnog mjesta. Mišićno-koštana oboljenja uvelike ovise o mikroklimatskim uvjetima, u ovom slučaju o visokim i niskim temperaturama, koje dovode do reumatskih bolesti. Poslodavac bi trebao voditi računa o svojim radnicima i poboljšati im uvjete rada koji bi se trebali prilagoditi temperaturama okoliša te na taj način povećati produktivnost radnika, koncentraciju i kvalitetu obavljanja rada. Uz sve to važno je educirati djelatnike o ergonomski ispravnom obavljanju radnih zadataka.

### 13. LITERATURA

- [1] Kirin S.: „Uvod u ergonomiju“ , Veleučilište u Karlovcu, Karlovac (2019.), pristupljeno: 25.7.2021.
- [2] Opasnosti od vibracija koje se prenose na cijelo tijelo i na šake-ruke, <http://www.hzzzs.hr/wp-content/uploads/2016/11/Opasnosti-od-vibracija-koje-se-prenose-na-cijelo-tijelo-i-na-%C5%A1ake-ruke.pdf> , pristupljeno: 27.7.2021.
- [3] Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo, <http://www.hzzzs.hr/wp-content/uploads/2016/11/Vodi%C4%8D-dobre-prakse-Vibracije-koje-se-prenose-na-cijelo-tijelo.pdf> , pristupljeno: 30.7.2021.
- [4] Vibracije koje se prenose na šake i ruke, <http://www.hzzzs.hr/wp-content/uploads/2016/11/Vodi%C4%8D-dobre-prakse-Vibracije-koje-se-prenose-na-%C5%A1ake-i-ruke.pdf> , pristupljeno: 1.8.2021.
- [5] Bolesti šake, <https://www.akromion.hr/usluge/ortopedija/saka/dupuytrenova-kontraktura/> , pristupljeno: 2.8.2021.
- [6] Narodne novine, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_12\\_155\\_4248.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_12_155_4248.html) , pristupljeno: 5.8.2021.
- [7] Kršulja M.: „Vibracije“ , Veleučilište u Rijeci, Rijeka (2020.), pristupljeno: 1.8.2021.
- [8] Antivibracijska rukavica, <https://www.majstoralata.hr/antivibracijska-rukavica-i-sve-o-njoj/> , pristupljeno: 27.7.2021.
- [9] Leksikon građevinske mehanizacije, <http://nazivlje.hr/uploads/files/344fb33e163493d729aa5ce31bfa7874.pdf> , pristupljeno: 5.8.2021.

## 14. POPIS PRILOGA

### 14.1. Popis slika

Slika 1. Smjer djelovanja vibracija ovisno o dodirnoj točki.....	
Slika 2. Prijenos vibracija cijelog tijela putem sjedala.....	
Slika 3. Prikaz pravilnog sjedenja prilikom vožnje .....	7
Slika 4. Prijenos vibracija putem sustava šaka-ruka.....	
Slika 5. Bljedilo prsta .....	10
Slika 6. Grafički prikaz dnevne izloženosti vibracija sustava ruka-šaka .....	15
Slika 7. Grafički prikaz dnevne izloženosti vibracija koje se odnose na cijelo tijelo.....	16
Slika 8 . Sustav semafora.....	17
Slika 9. Dijelovi akcelerometra .....	18
Slika 10. Prikaz mjerenja vibracija sustava ruka-šaka.....	19
Slika 11. Koordinatni sustav za sustav ruka-šaka .....	19
Slika 12. Prikaz akcelerometra koji mjeri u tri osi .....	
Slika 13. Prikaz postavljanja akcelerometra i njegovi dijelovi .....	20
Slika 14. Koordinatni sustav za sustav cijelog tijela.....	21
Slika 15. Prikaz štetnih djelovanja strojeva .....	28
Slika 16. Motorna pila sa gumenom ručkom.....	30
Slika 17. Vibracijska ploča „BOMAG“ .....	31
Slika 18. Valjak.....	32
Slika 19. Liebherr bager 914 .....	33
Slika 22. Kamion .....	33
Slika 21. Automješalica Liebherr .....	34
Slika 23. Traktor s cisternom za navodnjavanje .....	34
Slika 24. Finišer.....	35
Slika 25. Prikaz sjedala u stroju.....	36
Slika 26. Prikaz uputa za rad na siguran način i zaštitu radnika.....	36
Slika 27. Antivibracijske rukavice .....	37
Slika 28. Zaštitna odjeća i obuća.....	38

## 14.2. Popis tablica

Tablica 1. . Pregled rezonancijskih frekvencija nekih dijelova tijela .....	3
Tablica 2. DMQ upitnik .....	39

## 14.3. Popis grafikona

Grafikon 1. Rezultati upitnika koji se odnose na teret.....	45
Grafikon 2. Rezultati upitnika koji se odnose na podizanje tereta. ....	45
Grafikon 3. Rezultati upitnika koji se odnose na stojeći i sjedeći položaj. ....	46
Grafikon 4. Rezultati upitnika koji se odnose na trup radnika.....	46
Grafikon 5. Rezultati upitnika koji se odnose na položaj tijela radnika. ....	47
Grafikon 6. Rezultati upitnika koji se odnose na ruke radnika. ....	47
Grafikon 7. Rezultati upitnika koji se odnose na vrat radnika. ....	48
Grafikon 8. Rezultati upitnika koji se odnose na zapešće radnika.....	48
Grafikon 9. Rezultati upitnika koji se odnose na udobnost radnika. ....	49
Grafikon 10. Rezultati upitnika koji se odnose na pokrete radnika. ....	49
Grafikon 11. Rezultati upitnika koji se odnose na prostor u kojemu radnik radi. .....	50
Grafikon 12. Rezultati upitnika koji se odnose na poteškoće pri radu. ....	50