

# Ergonomijska analiza radnog mjesta strojovođe u Republici Hrvatskoj

---

Rukavina, Lorena

Master's thesis / Diplomski rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:935176>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

## **Diplomski rad**

# **Ergonomijska analiza radnog mjesta strojovođe u Republici Hrvatskoj Ergonomic assessment of the engine driver's workplace in the Republic of Croatia**

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor

Studentica: Lorena Rukavina  
JMBAG:0135258160

Zagreb, travanj 2024.

Zagreb, 26. ožujka 2024.

Zavod: Samostalne katedre  
Predmet: Ergonomija u prometu

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 7471

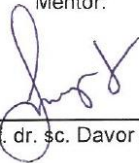
Pristupnik: Lorena Rukavina (0135258160)  
Studij: Promet  
Smjer: Željeznički promet

Zadatak: Ergonomijska analiza radnog mjesta strojovođe u Republici Hrvatskoj

### Opis zadatka:

Ergonomija je znanstvena disciplina koja proučava interakciju između ljudi i njihovog radnog okruženja (u ovome diplomskom radu između strojovođa i radnog okoliša upravljačnice i prometnog okoliša izvan upravljačnice), s ciljem poboljšanja udobnosti, povećanja razine izvedbe i posljedično sigurnosti na radnom mjestu strojovođe. Ergonomijska analiza radnog mjesta strojovođe u Republici Hrvatskoj dati će uvid u trenutno stanje uvjeta i najvažnijih čimbenika radnog opterećenja na radnom mjestu strojovođa, koji rade u tvrtkama proizašlim iz HŽ koncerna. Studentica će u diplomskom radu metodama analize, komparacije i kompilacije spoznaja iz recentne stručne i znanstvene literature, kao i na temelju vlastitih istraživanja, steći formalne kompetencije, u smislu znanja i vještina potrebnih za sustavnu ergonomijsku prosudbu pretežito statičkog sjedećeg radnog položaja strojovođe (samo strojovođe u dizel manevarskoj lokomotivi rade iz stojećeg ili polusjedećeg položaja). Studentica će istraživati hipotezu da pojedini čimbenici dizajna upravljačnice i organizacije radnog mjesta strojovođe znatno utječu na radno opterećenje i izvedbu strojovođa.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

## Sažetak

Ergonomija kao znanstvena disciplina, proučava interakciju između ljudi i njihovog radnog okruženja, u ovome diplomskom radu između strojovođa i radnog okoliša upravljačnice i prometnog okoliša izvan upravljačnice, s ciljem poboljšanja udobnosti, sigurnosti i izvedbe strojovođa. Ergonomijska analiza radnog mjesta strojovođe dat će uvid u trenutno stanje za strojovođe, koji rade u tvrtkama operaterima u Republici Hrvatskoj. Na temelju ergonomijske prosudbe radnog mjesta strojovođe i dizajna upravljačnica lokomotiva i/ili motornih garitura, koja prometuje u Republici Hrvatskoj, detektirani su nedostaci u dizajnu i organizaciji radnog mjesta strojovođe i predložena su moguća poboljšanja u najvažnijim segmentima iz ergonomijskog aspekta.

**KLJUČNE RIJEČI:** upravljačnica, strojovođa, lokomotiva ili motorna garnitura, radno opterećenje, izvedba, sigurnost

## Summary

Ergonomics as a scientific discipline studies the interaction between people and their working environment, in this thesis between the engine drivers and the working environment of the cab and the traffic environment outside the cab, with the aim of improving the comfort, safety and performance of the driver. The ergonomic analysis of the driver's workplace will give an insight into the current state of engine drivers, who work in operator companies in the Republic of Croatia. Based on the ergonomic assessment of the engine driver's workplace and the design of the cab of the locomotive and/or motor railcars operating in the Republic of Croatia, deficiencies in the design and organization of the driver's workplace were detected and possible improvements were proposed in the most important segments from the ergonomic aspect.

**KEY WORDS:** driver's cab, engine driver, locomotive or motor railcar, workload, performance, safety

## Sadržaj

1 Uvod .....	1
2 Čimbenici ergonomijskog dizajna upravljačnica .....	2
3 Čimbenici organizacije radnog mjesta strojovođe .....	8
4 Čimbenici radnog opterećenja i izvedbe strojovođa u Republici Hrvatskoj.....	13
4.1 Fizičko opterećenje strojovođe .....	13
4.1.1 Ergonomičnost upravljačnice u segmentu antropometrijske prilagođenosti .....	16
4.1.2 Ergonomičnost radne stolice.....	17
4.1.3. Vanjske statičke i kinemtičke antropomjere i indeks tjelesne mase .....	19
4.2 Psihičko opterećenje strojovođe .....	21
4.3 Senzorno radno opterećenje strojovođa prometnom bukom .....	21
5 Ergonomijska prosudba upravljačnice dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 ...	25
6 Analiza upravljačnica lokomotiva i motornih garnitura u Republici Hrvatskoj .....	37
7 Diskusija .....	39
8 Zaključak.....	42
Literatura.....	43
Popis kratica .....	45
Popis oznaka i mjernih jedinica.....	46
Popis slika.....	47
Popis tablica .....	48

## 1 Uvod

U svijetu kojim dominira brzi tehnološki napredak, za što je preduvjet dostupan i jeftin prijevoz robe i putnika, ne može se zanemariti važnost osiguravanja osobne dobrobiti (*engl. personal well-being*) i udobnosti vozača, u ovom slučaju strojovođe, što će utjecati i na njihovu izvedbu. Pri tome ergonomijski dizajn upravljačnice može intenzivno utjecati na sigurnost i učinkovitost vožnje. Budući da strojovođe provode duže vrijeme pretežito sjedeći za upravljačkom pločom u radnom okolišu upravljačnice (osim strojovođa u manevarskim lokomotivama), često suočeni s različitim uvjetima u prometnom okolišu (izvan upravljačnice), razumijevanje i optimizacija njihova radnog mjesta postaje jako važan čimbenik sigurnosti.

Ovaj diplomski rad bazira se na primjeni drugog recentnog načela ergonomije, koje podrazumijeva prilagođavanje (prometnog i radnog) okoliša strojovođama kao sudionicima u prometu u mjeri u kojoj je to potrebno i/ili moguće za sigurnu i udobnu izvedbu.

Prilikom prilagođavanja radnog okolišta strojovođe, potrebno je istražiti sve relevantne čimbenike, koje će strojovođi omogućiti nesmetan i ugodan rad. Pritom je važno obratiti pažnju na amijentalne čimbenike poput radne temperature, relativne vlažnosti, brzine strujanja zraka unutar kabine, osvjetljenosti radnih površina, razine buke i posljedično akumuliranoj dozi buke u jednoj smjeni/turnusu. Budući da je promet grana gospodarstva, koja nikada ne staje, radno mjesto strojovođe zahtijeva rad u nejenakomjernim smjenama ili turnusima, koji uključuju i rad noću, što je jedan od razloga zbog kojeg strojovođe imaju beneficirani radni staž.

Statički sjedeći ili stojeći položaj strojovođe u neergonomijski dizajniranom radnom okolišu upravljačnice može značajno utjecati na njihov subjektivni osjećaj udobnosti i njihovo radno opterećenje, te posljedično na izvedbu i sigurnost. Ergonomijska analiza statičkog radnog sjedećeg ili stojećeg položaja strojovođe (dizel manevarska lokomotiva) ključna je za prepoznavanje ključnih čimbenika fizičkog opterećenja strojovođa u lumbalnom dijelu kralježnice.

Hipoteza, koja se želi istražiti u ovim diplomskom radu je da organizacija radnog mjesta strojovođe i dizajn radnog okoliša upravljačnice utječe na radno opterećenje strojovođe, a posljedično i na izvedbu strojovođe i sigurnost prometnog procesa transporta robe i/ili putnika željeznicom.

## 2 Čimbenici ergonomijskog dizajna upravljačnica

Ergonomija je interdisciplinarna znanstvena disciplina, koja istražuje karakteristike i reakcije ljudi na okoliš te daju smjernice za oblikovanje proizvoda, okoliša, alata, strojeva, sustava, uređaja, računala, zadataka, protokola, postupanja, tehnoloških procesa, kako bi se omogućila optimalna izvedba čovjeka u sustavu čovjek – stroj – okoliš [1, 2].

U Europi je u širom kontekstu poznata pod engleskim nazivom Ergonomics, a u USA pod imenom Human factors [2].

Sustav čovjek – stroj – okoliš može se u željezničkom prometu razmatrati kao 2 slučaja [2]:

- vozač – radni okoliš upravljačnice (prometno sredstvo) – prometni okoliš (izvan vozila i upravljačnice);
- putnik – boravišni putnički okoliš (u prometnom sredstvu) – prometni okoliš.

Unutar ovoga rada, naglasak je stavljen na sustav vozač (strojovođa) – radni okoliš upravljačnice (prometno sredstvo) – prometni okoliš (izvan prostora upravljačnice), budući da se naglasak stavlja na istraživanje uvjeta rada i izvedbe strojovođa na njihovom radnom mjestu (upravljačnica) [2].

Postoje 2 glavna načela ergonomije. Prema prvom načelu u kojemu se čovjeka treba prilagoditi zadatku u sustavu čovjek – stroj – okoliš, potrebno je izabrati čovjeka, koji svojim atributima (psihičkim, fizičkim i senzornim) odgovara radnom zadatku. Drugo recentno načelo je suprotnost prvome, odnosno radni zadatak je potrebno u najvećoj mogućoj mjeri prilagoditi čovjeku u sustavu stroj – čovjek – okoliš, na način da se proizvodi, okoliš, alat, strojevi, sustav, uređaji, računala, zadaci, protokoli postupanja, tehnološke procesi oblikuju prilagođenim potrebama i mogućnostima čovjeka [2].

Najčešće posluživane komande u upravljačnici svih lokomotiva i/ili motornih garnitura (ako motorne garniture ili kompozicije nisu namijenjene za transport putnika) su: kočnik, akcelerator, budnik, autostop, sirena, promjena smjera kretanja.

Ergonomičnost upravljačnice, odnosno radni okoliš upravljačnice u segmentu često korištenih komandi posluživanih rukama, podrazumijeva primjenu sljedećih smjernica za dizajn [2]:

- vanjski dizajn samih komandi (materijal, oblik i gabariti), poput sklopki, ručica i/ili tastera za posluživanje;
- razmještaj rukama često posluživanih komandi na upravljačkoj ploči (za lijevu ili desnu ruku, položaj s obzirom na srodne komade i uobičajeni redoslijed korištenja istih), na način da je pozicija komande vidljiva dvookim pogledom unutar vidnog polja u transverzalnoj ravnini (radi raspoznavanja riječi, simbola i boja), bez okretanja glave i/ili pomicanja očne jabučice;
- dostupnost rukama često posluživanih komandi u normalnom doseg ruku u rasponu antropomjera za središnjih 90% (od 5-og do 95-og percentila) iz ciljane populacije vozača, a na temelju mjerenja antropometrijskih raspona na dovoljnom i slučajnom uzorku.

Srodne i/ili sljedive komande povezane s promjenom i/ili održavanjem brzine grupiraju se (maksimalno 3) na višenamjenskim upravljačkim palicama tj. kontrolerima za posluživanje istom rukom, poput kontrolera najčešće za lijevu ruku (kočnik, akcelerator, budnik) u upravljačnicama poput upravljačnice nagibnih dizel motornih garnitura (DMV) serije HŽ 7123 (000) proizvođača Bombardier Transportation iz Njemačke, kao na slikama 2.1 i 2.2.



**Slika 2. 1** Ergonomijski oblikovana ručica višenamjenskog kontrolera za lijevu ruku strojovođe s rezervnom opcijom tastera za posluživanje budnika palcem lijeve ruke

**Izvor:** preuzeto od Sumpor D., 2018. [2]



**Slika 2. 2** Ručica višenamjenskog kontrolera s tasterom za budnik i manje ručice za promjenu smjera kretanja u normalnom doseg u lijeve ruke (točno ispred lijevog ramena vozača)

**Izvor:** preuzeto od Sumpor D., 2018. [2]



Upravljačnica nagibne dizel motorne garniture proizvođača Bombardier Transportation iz Njemačke predstavlja odličan primjer ergonomijski dizajnirane upravljačnice prilagođene u najvećoj mogućoj mjeri strojovođama. Naime, poznato je da se dizajn upravljačnice nikada ne može prilagoditi cijeloj populaciji strojovođa, pogotovo ako je populacija strojovođa miješana (muškarci i žene). Upravljačnica je osno simetrična, a ruke strojovođe su pretežito u normalnom doseg za najčešće posluživane komande. Vidljivo sa slike 2.1, komande koje strojovođa češće koristi i s lijeve i s desne strane su u dosegu vrhova prstiju bez istezanja ruku u maksimalni doseg ruku, dakle može posluživati najčešće korištene komande bez povećanog fizičkog opterećenja. Nadalje, svi najbitniji ekrani i digitalni prikaznici su strojovođi vidljivi bez potrebe za okretanjem glave, a blagi odmak strojovođe od ruba radne površine daje naznaku u to da postoji još prostora za približavanje radne stolice, ukoliko su antropomjere nekog drugog strojovođe, koji je blizu ili čak izvan raspona izvan centralnih 90%, drugačije.

Također, premalena se pažnja u praksi, pogotovo kod rekonstrukcija starijih modela lokomotiva i motornih garnitura (dizel ili električna vuča) pridaje ambijentalnim čimbenicima u upravljačnicama lokomotiva i motornih garnitura (dizel ili električna vuča), poput radne temperature, relativne vlažnosti, brzine strujanja zraka unutar kabine, osvijetljenosti radnih površina, razini buke i posljedično akumuliranoj dozi buke u jednoj smjeni/turnusu [2].

Bitno je naglasiti da je osjećaj termalne neugode subjektivni osjećaj, koji može samo iritirati, ali s druge strane dovesti i do boli i radne nesposobnosti [2]. Četiri osnovna klimatska čimbenika subjektivnoga osjećaja termalne (ne)ugode su [3, 4]:

- temperatura zraka ili ambijentalna temperatura u radnom ili putničkom okolišu  $t_o$ ;
- relativna vlažnost zraka  $RH$ ;
- brzina strujanja zraka  $v$  (*posebnu pažnju obratiti na osjetljive zone vrata i koljena*);
- temperatura okolnih površina  $t_p$ .

**Tablica 2. 1** Preporučljive ambijentalne temperature zraka u okolišu  $t_o$  s obzirom na vrstu radnoga procesa i položaj tijela tijekom rada

Vrsta posla	$t_o$ (°C)
umni sjedeći posao (može se primijeniti na vozače)	21°C
lagani fizički rad sjedeći	19°C
lagani fizički rad stojeći	18°C
težak fizički rad stojeći	17°C
težak rad	15°C – 16°C

Napomena: vrijedi pri relativnoj vlažnosti 50% RH

Izvor: preuzeto od Kroamer i Grandjean, 2000. [3]

Ambijentalne temperature, koja ne izazivaju termalnu neugodnu kreću se u rasponu 18°C – 24°C. Prikazano tablicom 2.1, preporučljiva ambijentalna temperatura zraka iznosi 21°C (izvedba vozača je najsličnija osobi, koja izvodi umni sjedeći posao).

Nije poželjno da se temperaturna razlika između površina i objekata u putničkim prostorijama ili radnom okolišu razlikuje za više od 2°C ili 3°C u plusu ili u minusu. Isto tako, niti jedna velika površina, poput vanjskog stakla u upravljačnici, ne bi trebala biti hladnija od zraka u prostoriji u iznosu većem od 4°C. Ukoliko je razlika u temperaturi veća od 4°C, pojavljuje se subjektivni osjećaj nelagode, bez obzira ako je temperatura zraka okoliša optimalna. Strojovođe u dizel lokomotivama se često iz desne radne pozicije, kada se vuča odvoja dužim krajem dizel lokomotive unaprijed (radi bolje preglednosti prometnog okoliša), naslone na desno staklo pa su u takvim situacijama moguća rješenja grijana stakla [3].

U usporedbi s izračunom operativne, efektivne, sobne ili stvarno percipirane temperature prema Kroemeru i Grandjeanu [3], prema izrazu (1):

$$t_o = \frac{t_a + t_s}{2} \quad (1)$$

u izraz (2) preuzet od Recknagela i sur. [4] umetnut je i utjecaj brzine strujanja zraka u okolišu  $v$  (m/s):

$$t_o = a * t_a + (1 - a) * t_s \quad (2)$$

pri čemu je:

- $a = 0,5$  za  $v < 0,2$  m/s (odabrati zbog ugone prema tablici 2.2.);
- $a = 0,6$  za  $v = 0,2 - 0,6$  m/s;
- $a = 0,7$  za  $v = 0,6 - 1,0$  m/s.

**Tablica 2. 2** Granične vrijednosti brzine strujanja zraka  $v$

$v$ (m/s)	Okolnost	Učinak na čovjeka:
$> 0,5$ m/s	čak i kada je zrak topao	neugodno
$> 0,2$ m/s	obavljanje rada u sjedećem položaju	
$> 0,1$ m/s	obavljanje preciznoga rada u nepokretnom položaju duže vrijeme	
$< 0,2$ m/s	kretanje zraka u razini glave i koljena	ugodno

Izvor: preuzeto od Kroamer i Grandjean 2000. [3]

Prema tablici 2.2, za upravljanje vozilom iz sjedećega položaja optimalna brzina strujanja zraka jednaka je izrazu (1), koji je identičan izrazu (2) za  $a = 0,5$  i za  $v < 0,2$  m/s, a zbog osjećaja ugone vozača u zoni glave i koljena kod  $v < 0,2$  m/s.

Termalna ugodna u jako maloj količini ovisi o relativnoj vlažnosti zraka u Republici Hrvatskoj. U rasponu od 30% do 70%, relativna vlažnost jako malo djeluje na operativnu (efektivnu) temperaturu, odnosno ne izaziva termalnu neugodu.

Općenito, smjernice za smjer strujanja zraka su [3]:

- ugodnije je zračno strujanje sprijeda nego straga;
- vrat i stopala posebno su osjetljivi na propuh;

- toplo strujanje ugodnije je od hladnog propuha.

Gledano na sigurnost i pouzdanost sudionika u prometu, najopasnije posljedice odstupanja od ugodne radne temperature za vozača su [3]:

- gubitak koncentracije;
- povećanje umora s popratnim gubitkom učinkovitosti pri mentalnom radu;
- pad uspješnosti u zadacima vještina, odnosno degradacija izvedbe;
- povećanje broja krivih reakcija (prijevremena reakcija, propust, omaška, pogreška);
- mogući uzroci izvanrednih događaja i/ili prometnih nesreća, a za vozača i/ili putnika:
- moguće nezgode.

Neki od fizioloških efekata, kojima se može izmjeriti učinak povećanja tjelesne temperature na ljudsko tijelo su [2]:

- povećanje srčane frekvencije;
- povećanje krvnoga tlaka;
- umjereno povećanje unutarnje tjelesne temperature;
- naglo povećanje temperature kože (s 32°C na 36°C - 37°C);
- povećano lučenje znoja (za temperaturu kože > 34°C).

Nadalje, drugi naziv za osvjetljenost je iluminacija  $E$ . Osvjetljenost ili iluminacija je količina svjetla, koja iz nekog svjetlosnog izvora (sunca, svjetiljki ili nekog drugog izvora) pada na neku površinu. Mjerna jedinica za osvjetljenje je lux (lx), a mjeri se luksometrom [2, 3].

Sjajnost ili luminanca je količina svjetla, koju reflektira ili emitira neka površina ili objekt gledanja. Mjeri se mjeračem sjajnosti u kandelima po kvadratnom metru (cd/m<sup>2</sup>). Ukoliko izvor svjetla preintenzivno i izravno osvjetljava neki segment upravljačnice, ono stvara visoku lokalnu luminancu, odnosno sjajnost te u pozadini iza sebe stvara tamne sjene. Pretjerana luminanca pak izaziva neizravno blještavilo [2,3].

Kako bi se iz navedenih osvjetljenja i luminance dobila refleksija, potrebno je podijeliti luminancu s osvjetljenjem prema formuli (3) preuteoj iz literature[3]:

$$\text{Refleksija (\%)} = \frac{\text{Luminanca}}{\text{Osvjetljenje}} \times \pi \times 100 \quad (3)$$

Sve površine apsorbiraju količinu svjetla, ali različite količine, pri čemu tamne površine apsorbiraju više i reflektiraju manje, a kod svijetlih površina je obrnuto. Pri tome je važno napomenuti da treba izbjegavati klasičnu industrijsku sivu boju (poput RAL 9006 i sličnih) interijera upravljačnice, jer se strojovođe žale da im subjektivno smeta (utječe na psihi kod višesatnog boravka u upravljačnicama) [3].

Da bi čovjek obavio neki zadatak uz vidnu udobnost i dobar učinak, potrebno da je da umjetna rasvjeta odgovara sljedećem [3]:

- odgovarajuća razina luminance;
- prostorna ujednačenost površinskih luminanci;
- vremenska ujednačenost svjetla;

- izbjegavanje bliještanja tijekom korištenja odgovarajućih rasvjetnih tijela.

Prilikom osvjetljenja određenog radnog mjesta potrebno je uzeti u obzir specifikacije, jer svako radno mjesto zahtijeva i druge okolnosti [3]:

- bliještanje nastalo od ranog materijala i okolne površine;
- udio prirodnog svjetla u osvjetljavanju;
- potreba korištenja umjetnog svjetla tijekom dana;
- dob radnika na radnog mjestu.

Nadalje, jaki kontrasti između velikih površina unutar vidne okoline smanjuju vidnu udobnost i vidljivost. Dob osobe, veličina izvora bliještanja, njegova udaljenost od linije gledanja osobe i intenzitet općeg osvjetljanja u prostoriji, neki su od čimbenika, koji utječu na prihvatljivost kontrasta u specifičnim okolnostima [3].

Upravo se strojovođe unutar upravljačnice suočavaju s problemima razine osvjetljenja kao i kontrasta. Problem kontrasta i bliještanja na radnom mjestu strojovođe opisano je u poglavlju kasnije, na dizel manevarskoj lokomotivi HŽ serije 2132-300.

Što se tiče ergonomijski dizajnirane i na trzaj tijela okretne stolice, koja treba biti pozicionirana na sredini osno simetrične upravljačnice (radi podjednako lakog ulaska i izlaska u stolicu za ljevake i za dešnjake), minimalni zahtjevi za dizajn i podesivost iste objašnjeni su u poglavlju kasnije.

### 3 Čimbenici organizacije radnog mjesta strojovođe

Među najvažnijim čimbenikom organizacije radnog mjesta strojovođe je organizacija smjenskog rada strojovođa, jer strojovođe u Republici Hrvatskoj rade u turnusima ili nejednakomjernim smjenama, koje uključuju i rad noću.

Uzimajući u obzir pouzdanost i ekonomičnost, neizbježan je neprekidni smjenski rad u 2, 3 ili više jednakomjernih smjena, koje često kod vozača, poput strojovođa, nije moguće organizirati iz više razloga.

**Tablica 3. 1** Europski sustav jednakomjernih smjena

Rana smjena	06.00 – 14.00 sati
Kasna dnevna smjena	14.00 – 22.00 sati
Noćna smjena	22.00 – 06.00 sati

**Izvor:** preuzeto od Kroamer i Grandjean, 2000. [3]

Dan u trosmjenskom sustavu je podijeljen na 3 jednaka perioda od 8 sati (jednakomjerne smjene, koje uvijek počinju i završavaju u isto vrijeme). Postoji više varijanata navedenog sustava, no u Europi je sustav smjena prikazan tablicom 3.1 [3]. Europski sustav *jednakomjernih* smjena je teško provediv na radnom mjestu strojovođa u Republici Hrvatskoj, iz više razloga i najčešće se koristi u proizvodnji, a rjeđe u prometu (npr. ručna naplata cestarina u Republici Hrvatskoj uz određene modifikacije, u smislu početka i završetka određenih smjena).

Dnevni ili cirkadijurni ritam je 24 sati ciklus tijekom kojega različite tjelesne funkcije kod ljudi i životinja, poput spremnosti na rad i spavanje fluktuiraju, zbog čega je ljudski organizam danju aktivan (ergotropna faza), a noću spreman za spavanje zbog usporenih funkcija organa noću radi obnove energetske rezervi (trofotropna faza) [3].

Nejednaka kvaliteta sna danju i noću daje uvid u to da je za sinkronizirani 24 satni vremenski ciklus, jedan od vremenskih indikatora prelazak iz svjetla u tamu ili obrnuto. „Vremenski indikatori mogu biti i socijalni kontakt ili vrijeme na satu“ [5].

Dokazano, dugotrajan smjenski rad, koji uključuje noćne smjene često dovodi do zdravstvenih problema, koji se neupitno mogu smatrati profesionalnim oboljenjima te degradira izvedbu, između ostaloga i zbog pojave kroničnog umora. Također je i društveno nepovoljan. S obzirom na navedeno, isti je potrebno uvoditi, samo i jedino, ako je neophodan te s najvećim mogućim oprezom [3].

Kako navodi Gradjean [3], glavni razlozi povećane sklonosti živčanim problemima te problemima želuca i probavnih organa je upravo kronični umor i nepravilne navike uzimanja hrane u smjenskim radnicima, koji rade i noću.

Prema definiciji iz zakonske regulative, strojovođe u Republici Hrvatskoj nisu noćni radnici, jer se pri organizaciji rada strojovođa u turnusima poštuje Članak 193. važećeg Kolektivnog ugovora [6] kojim je propisana okolnost da radnici koji na poslovima vezanim uz sigurnost prometa (poput strojovođa) ne smiju raditi više od 2 noćne smjene uzastopno, što

dodatno otežava mogućnost da strojovođe postanu noćni radnici po definiciji iz Zakona o radu [7].“ Naime, prema Članku. 69 stavku 5 Zakona o radu [6], „Noćni radnik je radnik koji prema svom dnevnom rasporedu radnog vremena redovito radi najmanje tri sata u vremenu noćnog rada, ili koji tijekom uzastopnih dvanaest mjeseci radi najmanje trećinu svoga radnog vremena u vremenu noćnog rada“. Budući da strojovođe nisu noćni radnici, maksimalno trajanje neprekidnog radnog vremena u jednoj smjeni za transport putnika, što vrijedi i za noćnu smjenu, iznosi 10 sati, dok za transport tereta i manevriranje, koje uključuje i rad noću iznosi 12 sati [5]. Primjer organizacije smjene je 12 sati danjskog rada, 24 sata odmora, 12 sati noćnog rada i 48 sati odmora.

Smjernice za organizaciju smjenskog rada, koje umanjuju pojavu umora i posljedično degradaciju izvedbe strojovođa su preuzete iz literature [3], uz napomenu da veći dio ovih smjernica nije moguće primijeniti iz više razloga, što je kratko objašnjeno kasnije u ovom poglavlju:

- prednost organizaciji rada u jednakomjernim smjenama u odnosu na rad u nejednakomjernim smjenama i/ili turnusima (teško provedivo za strojovođe);
- organizacija smjenskog rada u trima jednakomjernim 8-satnim smjenama umjesto u smjenama od 10 do maksimalno preporučenih 12 sati (produljenjem trajanja smjene dokazano pada razina izvedbe (teško provedivo za strojovođe);
- ograničenje na 5 do 7 uzastopnih radnih dana unutar ciklusa, a za standardne jednakomjerne smjene trajanje od 7 do 8 sat (teško provedivo za strojovođe);
- izbjegavanje ranog početka ranojutarnje smjene od 6h (prednost potrebno davati dnevnoj jednakomjernoj smjeni s početkom u 7h ili u 8h) (teško provedivo za strojovođe);
- između dviju uzastopnih smjena najmanje 11 sati odmora;
- što više slobodnih vikenda s najmanje dvama uzastopnim danima odmora u smjenskom rasporedu;
- ograničenje trajanja smjene dulje od 8 sati na najviše 12 sati (uključujući prekovremeni rad) te poseban naglasak staviti na potrebe osjetljivih radnika;
- nakon svake 12-satne smjene 2 uzastopna slobodna dana;
- s obzirom na početak/završetak smjene, u obzir uzeti javni prijevoz ili mogućnost mogućnost prijevoza radnika koji rade u određenim smjenama;
- izbjegavanje dvokratne smjene, osim ako ono nije nužno za ispunjavanje poslovnih potreba (strojovođe u RH to nemaju, ali vozači tramvaja ZET-a u Zagrebu imaju);
- za smjene s promijenjivim duljinama za vrijeme početka i završetka radnoga vremena potrebno ponuditi odgovarajući kompromis;
- ukoliko je to moguće, opseg rada potrebno planirati tako da odgovara duljini i vremenskom okviru radne smjene;
- različite zadatke potrebno rasporediti na način da će se dovršiti za vrijeme smjene, kao i omogućiti radnicima izbor obavljanja zadataka, ukoliko je to moguće (teško provedivo za strojovođe);

- potrebno poticati i promicati korist redovitih stanaka unutar smjena (već imaju 15 minuta odmora nakon 6 sati neprekinute vožnje, iako literatura preporuča takvu pauzu već nakon 4 sata neprekinte vožnje);
- dopuštanje radnicima diskreciju tijekom odmora te sprječavanje radnika na uštedu vremena stanke kako bi ranije napustili posao;
- osiguranje sadržaja i mogućnosti za smjenske radnike slične sadržajima i mogućnostima koje imaju radnici koji rade dnevne radne rasporede (teško provedivo za strojovođe);
- osiguranje da su voditelji smjena i članovi tima koji su odgovorni za planiranje rada smjenskih radnika svjesni rizika povezanih s radom u smjenama te da mogu prepoznati probleme prouzročene smjenskim radom;
- osiguranje redovitih rasporeda smjena te pravovremeno informiranje radnika;
- kontrola prekovremenog rada i zamjene smjena praćenjem i bilježenjem sati rada i razdoblja odmora;
- odgovaranje radnika od preuzimanja drugih poslova;
- u rasporedu rada potrebno osigurati mogućnost odgovarajućeg odmora za radnike, koji su u statusu pripravnosti (čekanja) ili obavljanja poslova na poziv ili imaju prekovremeni rad;
- potrebno poticanje interakcije između radnika i osiguranje načina komunikacije za radnike, koji su tijekom rada odvojeni od drugih radnika;
- osiguranje obuke i informacija za radnike, njihove obitelji i menadžment o rizicima rada u smjenama i strategijama kako se s njime i suočiti;
- omogućeno pohađanje obuka i edukacija radnicima koji rade u smjenama;
- osiguranje adekvatnog osvjetljenja, sigurnosti i zaštićenosti na radnom mjestu i okolišu kao i zaštita radnika od prijetnji nasiljem;
- izbjegavanje noćnog rada u prometnim procesima (nemoguće organizirati za strojovođe);
- za rad noću potreban angažman radnika u dobi od 25 do 50 godina;
- ukoliko je noćni rad neizbježan, potrebno izbjegavanje stalnog rada noću bez rotacija;
- potrebno prebacivanje radnika u dnevnu smjenu nakon duže izloženosti smjenskom i noćnom radu;
- izbjegavanje izvedbe zahtjevnih, opasnih, monotonih i/ili sigurnosno kritičnih zadataka tijekom noći, rano ujutro, pri kraju dugih smjena i tijekom drugih razdoblja niske razine budnosti;
- ograničenje noćnih i ranojutarnjih smjena na 2 do 3 uzastopne smjene, nakon čega potrebno osigurati 2 do 3 dana odmora radnicima radi oporavka (teško provedivo za strojovođe);
- potrebno ograničenje noćne smjene ili smjene u kojima se odvija zahtjevan, monoton, opasan i/ili sigurnosno kritičan rad na 8 sati;
- osiguranje odmora od najmanje 24 sata nakon jedne odrađene noćne smjene;

- izbjegavanje produžene radne sate ili 12-satne smjene, osobito noću, zbog povećanja radnoga opterećenja te opadanja učinkovitosti u zadacima detekcije signala;
- osiguranje minimalno 2 noći punog sna pri prelasku iz dnevne u noćnu smjenu ili obrnuto;
- mogućnost povećanja nadzora izvedbe tijekom ključnih razdoblja niske razine budnosti (razdoblja pretkraj dugih smjena, tijekom noći i u ranim jutarnjim satima, s naglaskom na vremenski period od ponoći do 5h ujutro), moguće organizirati primjenom sustava za detekciju / prevenciju umora i/ili kabinskih distrakcija strojovođa u upravljačnicama;
- davanje prednosti rotaciji u smjeru kazaljke na satu (ujutro/poslijepodne/noć), poznatoj pod imenima „faza kašnjenja” ili „rotacija prema naprijed” u odnosu na rotaciju u suprotnom smjeru od kazaljke na satu (poslijepodne/ujutro/noć), koja je poznata pod imenima „faza uranjenja” ili „rotacija unatrag”;
- zbog kraćega perioda u kojem djelatnik treba podnijeti nemogućnost brze prilagodbe 74 cirkadijurnih ritmova, osiguranje brze dnevne rotacije na bazi 2 do 3 dana; potrebno izbjegavanje rotacije na bazi 1 ili 2 tjedna (teško primjenjivo za strojovođe);
- utvrditi je li strojovođa „jutarnji tip” ili „večernji tip” psihologijskim testovima papirolovska; istu se može u nekoj mjeri primijeniti za organizaciju smjenskog rada, uz napomenu da se isto mijenja s navršenom dobi;
- nakon otkrivanja desinkronizacije cirkadijurnih ritmova potrebno premještanje radnika na dnevni rad najmanje 1 godine (teško provedivo za strojovođe, ne provodi se detekcija desinkronizacije cirkadijurnih ritmova);
- omogućavanje isključivo dnevnog rada radnicima koji imaju želučanih te emocionalnih problema (teško provedivo na radnom mjestu strojovođe, možda zamjensko radno mjesto ako postoji u tvrtci);
- osiguranje toplog obroka neovisno u smjeni (može se pokušati organizirati za strojovođe);
- osiguranje edukacija smjenskim radnicima o važnosti primjene zdrave prehrane te fiksnoga vremena obroka u svrhu bolje tolerancije smjenskoga rada;
- poticanje radnika da obavijeste svoga liječnika o svojim radnim rasporedima;
- osiguranje provedbe besplatnih zdravstvenih pregleda za radnike noćnih smjena;
- promicanje razvijanja zdravih životnih navika poput vježbanja i dijetalne ishrane;
- organizacija i sufinanciranje redovitih sportko-rekreacijskih aktivnosti za strojovođe od strane operatera.

„Strojovođe u Republici Hrvatskoj rade u okolnostima kratkih ciklusa rotacije izrazito nejednakomjernih smjena, što je kompromis, ali i posljedica sljedećeg [5]:

- potreba prometnog procesa (vozni red);
- nedostatak zakonske regulative, koja ne poštuje recentne znanstvene spoznaje;
- nedostatne edukacije prometnih stručnjaka u sklopu preddiplomskog i diplomskog studija na Fpz-u u Zagrebu, jer se ne poštuju u potpunosti recentne znanstvene spoznaje“.



Ispitivanja radnika koji rade u smjenama, koje uključuju noćni rad, daju uvid u konkretne prednosti i nedostatke takvog načina rada. Kao prednosti ističu više slobode u smislu planiranja slobodnih aktivnosti, kao i veću plaću, zbog nakada za noćni rad. S druge strane, negativna strana koja i prevladava, ističe osim nesigurne izvedbe i negativne efekte na radnu sposobnost, zdravlje kao i društveni život. Socijalni kontakti s prijateljima i obitelji radnika, koji rade u smjenama koje uključuju noćni rad pati. Strojovođe ističu bavljenje individualnim hobijima, koji se baziraju na samoći u raspoloživo vrijeme, kao i osjećaj da su isključeni iz društva u potpunosti (edukacije, kulturni, društveni i sportski događaji) te posebno naglašavaju smanjeni broj konzumacije obroka zajedno sa svojom obitelji [3].

## 4 Čimbenici radnog opterećenja i izvedbe strojovođa u Republici Hrvatskoj

Općenito, glavne grupe čimbenika radnog opterećenja u segmentu izvršavanja zadataka u sklopu izvedbe svih sudionika u prometu poput strojovođa, pilota i kontrolora leta su [2]:

- vremenski pritisak tj. kratki vremenski period za izvedu pojedinog zadatka;
- više istovremenih zadataka;
- kompleksnost pojedinog zadatka.

Najizraženiji od navedenih, odnosno čimbenik koji uzrokuje najveći porast radnog opterećenja je vremenski pritisak, u smislu hitnosti zadatka u nekoj izvanrednij prometnoj situaciji u prometnom okolišu, a radno opterećenje općenito se može općenito podijeliti na fizičko, mentalno ili psihičko i senzorno radno opterećenje [2].

### 4.1 Fizičko opterećenje strojovođe

Strojovođe većinu radnog vremena provode sjedeći u upravljačnicama prilikom upravljanja bilo kojom vrstom lokomotiva ili motornih garnitura (dizel ili električna vuča). Ovisno o rasporedu komandi i individualnim statičkim antropomjerama, kod posluživanja potrebnih upravljačkih komandi imaju ruke u zoni njihovog normalnog i/ili maksimalnog dosega. Dimenzije ljudskog tijela, koje imaju značajan utjecaj na dizajn radnog okoliša sudionika u prometu (upravljačnice), mogu se podijeliti na [2]:

- statičke antropomjere - dužinske dimenzije glave, torza i udova u standardnim statičkim pozicijama;
- kinematičke antropomjere - zahvati u pojedinim radnim položajima ili tijekom kretanja povezanih s određenim zadacima (za dizajn upravljačnice u smislu razmještaja često korištenih komandi na upravljačkoj ploči posluživanih rukama najvažnije su kinematičke antropomjere, poput normalnog i maksimalnog dosega ruku);
- dinamičke antropomjere - dinamički momenti tromosti potrebni kod utvrđivanja opterećenja kod gibanja (neće se razmatrati u ovom radu).

Distribucija antropometrijskih varijabli rezultat je više čimbenika genetskog i negenetskog podrijetla. Fenotip ( $Fv$ ) rezultat je interakcije genotipa ( $Gv$ ) i mnogih čimbenika iz okoliša ( $Ev$ ), što je prikazano izrazom (4) prema literaturi [2]:

$$Fv = Ev + Gv \quad (4)$$

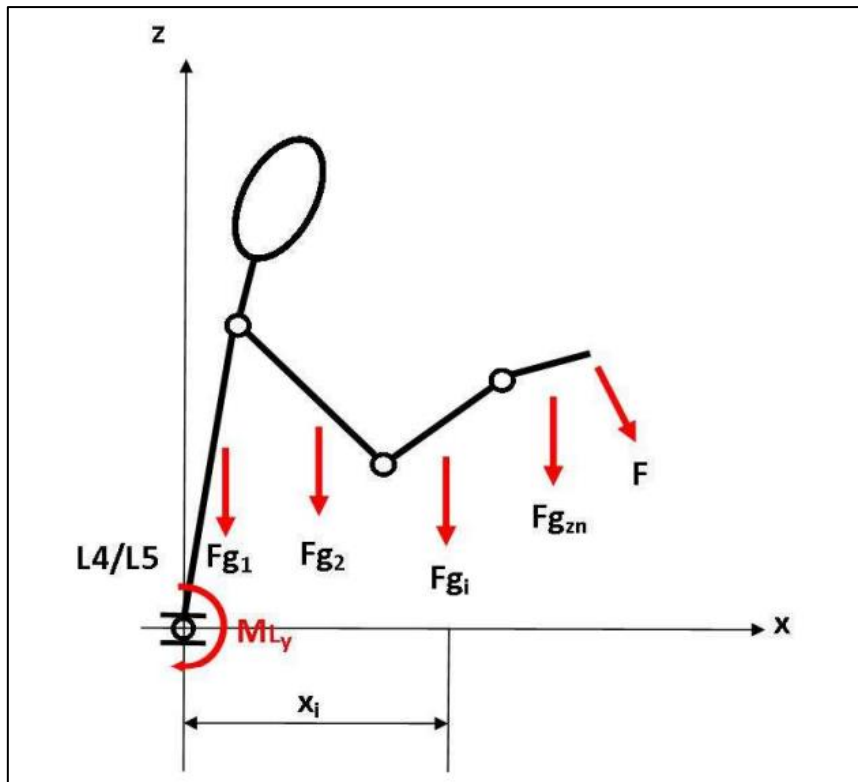
Navedenim čimbenicima iz okoliša pripadaju [8], modificirano od autora:

- socioekonomske razlike;
- razlike u navršenoj dobi ispitanika;
- utjecaj prehrane (neredovita suha hrana);
- tjelesna aktivnost (neodostatak iste kod strojovođa) itd.

U cijeloj populaciji strojovođa u Republici Hrvatskoj tijekom 2024. samo je šest strojovođa ženskog spola, a sve ostalo su muški strojovođe. Prije desetak godina cijela populacija strojovođa u Republici Hrvatskoj bila je muškog spola (2012. godine sveukupno 1357 muških strojovođa). Stoga se je u znanstvenim analizama zadnjih desetak godina cijela muška populacija istraživala s ili bez podjele u tri dobne skupine.

Tijekom izvedbe zadataka vožnje lokomotive ili motorne garniture, mase (i posljedično težine) svih pojedinih segmenata tijela strojovođe u statičkom stojećem ili sjedećem, koje su u neravnotežnom položaju prema slici 4.1.1 (segmenti tijela izmaknuti izvan vertikalne osi z) stvaraju fizičko opterećenje, koje je moguće izmjeriti tj. izračunati pomoću iznosa lumbalnog momenta ML. Disk između 4. i 5. lumbalnog kralješka – točka L4/L5 uzima se kao kritični dio te se lumbalni moment dobije zbrojem svih momenata sila teža segmentalnih masa ispitanika i poznatog tereta u rukama, čiji se krakovi određuju prema procijenjenoj točki položaja kralježaka L4/L5 (Muftić, 2006.). L4 i L5 predstavljaju predzadnji i zadnji slabinski (lumbalni) kralježak u pokretnom dijelu kralježnice, gledano odozgo prema dolje. Biomehaničko naprezanje čovjeka tijekom rada moguće je definirati praćenjem promjene tlaka unutar trbušne šupljine. Međutim, intraabdominalni tlak (IAP), kao mjeru fizičkog opterećenja strojovođa, nemoguće je neinvazivno mjeriti tijekom rada strojovođa (mjeri se kroz kateter umetnut u mokraćni mjehur).

Istraživanja su pokazala da intraabdominalni tlak (IAP) raste u ovisnosti o povećanju tzv. lumbalnog momenta (ML). Na slici 4.1.1 prikazan je dvodimenzionalni model smješten u koordinatni sustav, gdje ishodište koordinatnog sustava predstavlja referentni položaj kralježaka [2, 9].



**Slika 4.1. 1** Dvodimenzionalni model čovjeka u sagitalnoj ravnini

Izvor: preuzeto od Jurum-Kipke et al. 2007. [10]

Za pojednostavljeni izračun lumbalnog momenta  $M_{Ly}$ , kao mjere za brzu procjenu fizičkog opterećenja strojovođa, mogu se koristiti različite regresijske jednadžbe, gdje se kao prediktori za pojednostavljenu i brzu prognozu lumbalnog momenta koriste fizikalne veličine poput  $m$ ,  $h$ , ITM [11, 12]:

- za jednostruku linearnu regresiju  $M_{Ly}$  (ITM) prema formuli (5) ili  $M_{Ly}$  ( $m$ ) prema formuli (6):

$$M_{Ly}(BMI) = 0.7847 \cdot ITM + 3.0787 \quad (5)$$

$$M_{Ly}(m) = 2.0662 + 0.2513 \cdot m \quad (6)$$

- za multiplu linearnu regresiju  $M_{Ly}(m, h)$  prema formuli (7):

$$M_{Ly}(m, h) = -20.782 + 0.218 \cdot m + 0.144 \cdot h \quad (7)$$

Strojovođe koji svoje cijelo radno vrijeme provode uglavnom stojeći (ili ponekad blago oslonjeni u polusjedećem položaju) su strojovođe manevarske dizel lokomotive. S druge strane, strojovođe koji svoje cijelo radno vrijeme provode sjedeći, podižu se kod pokretanja kompozicije ili motorne garniture u stojeći stav uz prozor, kako bi lakše promotrili situaciju na

pruži, zbog nefunkcionalnosti ili nedostatka pojedine opreme na vučnom vozilu (retrovizori koji se ne griju zimi ili ih uopće nema, crno-bijele kamere loše rezolucije i sl.) [5].

Brojni su čimbenici, koji mogu uzrokovati varijacije u veličini ljudskog tijela, a najvažniji su [3]:

- spol;
- navršena dob;
- etničke razlike;

Zaključno, fizički napor strojovođe u stojećem ili sjedećem statičkom radnom položaju u radnom okružju upravljačnice dominatno ovisi o [5]:

- ergonomičnosti upravljačnice, koja se očituje u: dimenzijama, simetričnosti tlocrta upravljačnice po širini, osno simetričnoj i blago zaobljenoj upravljačkoj ploči, rasporedu i dostupnosti često korištenih indikatora i komandi povezanih s promjenom brzine na upravljačkoj ploči i unutar vidnog polja bez okretanja glave i normalnom doseg ruku;
- ergonomičnosti višestruko podesive radne stolice pozicionirane na osi simetričnosti upravljačnice, tj. točno u sredini upravljačnice gledano po širini upravljačnice u tlocrtu;
- antropometrijskoj prilagođenosti upravljačnice u odnosu na statičke i kinemtičke antropomjere ispitanika, posebice o dvije najvažnije antropomjere, tjelesnoj masi i stojećoj visini, iz kojih se pojednostavljeno i uz prihvatljivo odstupanje mogu izračunati sve ostale tjelesne antropomjere (osim širine bokova i širine ramena);
- indeksu tjelesne mase ITM, koji između ostaloga blago ovisi i o navršenoj dobi;
- statičkom lumbalnom kapacitetu strojovođa, koji intenzivno opada sa navršenom dobi strojovođa.

#### **4.1.1 Ergonomičnost upravljačnice u segmentu antropometrijske prilagođenosti**

S obzirom na to da strojovođa u radnom okolišu upravljačnice obavlja više potrebnih uzastopnih koraka za neku operaciju, za konstruiranje iste važno je predvidjeti da se ciklički djelatni zahvati na najčešće korištenoj i rukama posluživanoj upravljačkoj opremi izvode unutar zone normalnog dosega, odnosno unutar područja koje je najlakše dohvatiti rukom i glavnog vidnog polja, kako ne bi bilo potrebno zakretati glavu. Zone dosega ispružene ruke nazivaju se zonama maksimalnog dosega ispruženih ruku te bi se u njima trebali iznimno izvoditi samo periodički zahvati [13, 14].

Često korištene komade na upravljačkoj ploči za posluživanje rukama razmještene u zoni maksimalnog dosega ruku doprinose [2]:

- subjektivnom osjećaju fizičkog opterećenja i umora;
- boli i povećanom fizičkom opterećenju u lumbalnom dijelu kralježnice u vozača;
- u najgorem slučaju trajnom traumom lumbalnog dijela kralježnice, što može rezultirati operacijom ili čak trajnom nepokretnošću.

S obzirom na različite antropomjere strojovođa (i na recentu okolnost da sada već ima i strojovođa ženskog spola), nemoguće je oblikovati upravljačnicu lokomotive tako da je antropometrijski prilagođena svim strojovođama, te je potrebno u svim izmjerenim statičkim

i kinematičkim antropomjerama zanemariti ekstreme, odnosno isključiti 5% najviših (iznad 95c) i 5% najnižih osoba (ispod 5c) iz ciljane populacije strojovođa, kako bi se dobili rasponi za približno središnjih 90% iz slučajno odabranog i dovoljnog uzorka, a za svaku pojedinačnu statičku i kinematičku antropomjeru. Međutim, raspon za centralnih 90% potrebno je odrediti za miješanu mušku i žensku populaciju. Postoji mogućnost da će komanda koja se nalazi u normalnom dosegu ruke za središnjih 90% muške populacije strojovođa predstavljati problem za dio iz središnjih 90% ženske populacije strojovođa. Žene imaju kraće ruke (manje su visine u odnosu na muškarce) te će dohvat iste komade za njih možda biti u maksimalnom dosegu [5].

Kako bi se sve često korištene komande na upravljačkoj ploči pravilno pozicionirale, potrebno je uspostaviti komunikaciju i razmjenu informacija između strojovođa i tehničkog osoblja, koje projektira prometna sredstva, upravljačnice te nadzire i vodi prometne procese. Uz minimalne sigurnosne zahtjeve propisane zakonskom regulativom, takve povratne informacije od korisnika bi tvrtci operatera omogućile da izvršnom dokumentacijom i uvjetima iz kolektivnog ugovora strojovođa, postavi i dodatne zahtjeve proizvođačima lokomotiva i motornih garnitura (dizel ili električna vuča). Pomoću dizajna upravljačnica utjecalo bi se na moguće smanjenje ukupnog psihofizičkog opterećenja strojovođa maksimalnom prilagodbom radnog okoliša njihovim potrebama i karakteristikama [5].

Tehničko osoblje u tvrtkama operaterima treba inzistirati i na podjednakom rasporedu i razmještanju često korištenih komandi posluživanih rukama, kako kod različitih proizvođača tako i kod različitih serija istih proizvođača [5].

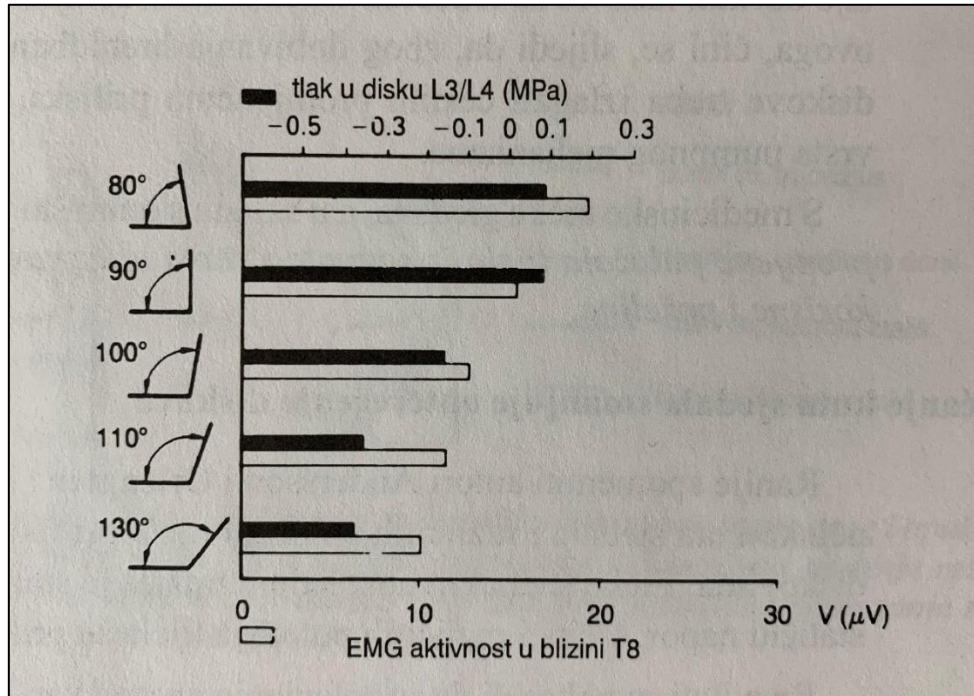
Konačno rješenje ovoga problema je donošenje nacionalnog standarda za dizajn upravljačkih ploča u lokomotivama i/ili motornim garniturama.

#### **4.1.2 Ergonomičnost radne stolice**

Povećani iznosi lumbalnih momenata u kombinaciji s ergonomijski neoblikovanim stolicama u velikoj većini vučnih vozila znatno utječu na fizičko opterećenje, spomenuto unutar drugog poglavlja. Da bi radna stolica u najvećoj mogućoj mjeri bila ergonomijski prilagođena antropomjerama strojovođa (pogotovo za strojovođe ekstremnih antropomjera), trebala bi imati minimalno deset stupnjeva podešavanja: visina sjedala, nagib sjedala, nagib naslona za leđa, nagib naslona za vrat, visina naslona za vrat, visina naslona za ruke, nagib naslona za ruke, rotacija cijele stolice oko vertikalne osi (samo na trzaj tijela bez ručne kočnice), horizontalno primicanje ili odmicanje cijele stolice i/ ili sjedala u odnosu na upravljačku ploču po centralnoj osi simetrije u tlocrtu upravljačnice (transverzalnoj ravni vozača), podesivi lumbalni podupirač na naslonu za leđa.

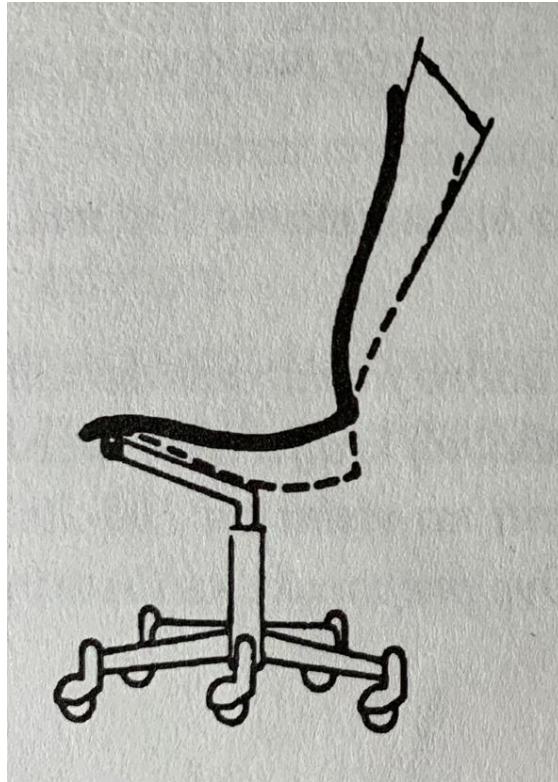
Istraživanjima je zaključeno da su optimalni uvjeti, kada je riječ o tlaku u diskovima i električnoj aktivnosti mišića, prikazano slikom 4.1.2.1, nagib naslona od 110 do 120 stupnjeva u odnosu na horizontalno sjedalo, odnosno 20 ili 30 stupnjeva iza vertikale. Lumbalni oslonac od 50 mm visine iznad sjedala 50 cm, odnosno ispupčeni dio naslona za leđa tzv. lumbalni podupirač, bitan za ispravan položaj i ispravno savijanje kralježnice tijekom sjedenja, te lagano

konkavno zakrivljenje u razini toraksa, jasno je prikazan Gradjeanovom uredskom stolicom na slici 4.1.2.2. Navedeno naglašava da prilikom naslanjanja leđa na nagnuti zaslon, naslon trpi veći dio težine gornjeg dijela tijela, s čime se opterećenje diskova i mišića značajno smanjuje [3].



**Slika 4.1.2. 1** Učinci veličine kuta između sjedala i naslona na tlak u disku i električnu aktivnost leđnih mišića, snimljenu na razini osmog torakalnog kralješka

Izvor: preuzeto od Kroamer i Grandjean, 2000. [3]



**Slika 4.1.2. 2** Gradjeanova uredska stolica

Izvor: preuzeto od Kroamer i Grandjean, 2000. [3]

Odgovori na pitanja i rješenja vezana uz radnu stolicu u upravljačnicama su isti kao i kod implementacije svih ostalih rješenja za ergonomičnost upravljačnice. Potrebna je interakcija između strojovođa i osoblja zaduženog za dizajn i proizvodnju upravljačnica.

#### **4.1.3. Vanjske statičke i kinemtičke antropomjere i indeks tjelesne mase**

Dužine tjelesnih segmenata, prema Muftiću i suradnicima (1999.) [15], kod većine mlađih ljudi normalne konstitucije proizlaze iz stojeće visine  $h$ , gdje se stojeća visina  $h$  računa pomoću kanona osam visina glave  $h_g$ . Ispitanici iz svih ciljnih skupina, koji su sudjelovali u istraživanju, nemaju više idealne harmonijske dužine tjelesnih segmenata u odnosu na stojeću visinu  $h$ . Dio ispitanika ima različite tipove konstitucije tijela i/ili različite varijacije ljudskog tijela u različitim kanonima visine glave. Prema dosadašnjim istraživanjima koautora (Sumpor 2012., Sumpor i sur. 2009., 2010., 2013., Jurum-Kipke i sur.2011., 2011.b, Musabašić i sur. 2012.) [5, 16, 17, 18, 19, 20, 21] čak od 78,8% do 86% ispitanika muških vozača iz Bosne i Hercegovine i Republike Hrvatske ima pretjeranu ili prekomjernu tjelesnu težinu prema slici 4.1.3.1, razmatrano prema kriteriju indeksa tjelesne mase. Indeks tjelesne mase je jednako važan i inženjerima, koji se bave antropometrijom i ergonomijom i liječnicima, jer sadrži dvije najvažnije statičke antropomjere: stojeću visinu  $h$  i tjelesnu masu  $m$ . Pomoću harmonijske metode Muftić-Zerderbauer (1999.) [15] i regresijske metode Donskij-Zacijorski (1979.) [22], iz 2 navedene najvažnije statičke antropomjere moguće je izračunati gotovo sve potrebno za



pojedinih ispitanika (duljina udova, kinematičke antropomjere, distribucija tjelesnih masa, lumbalno opterećenje na razini kralježaka L4/L5) Izračun se izvodi uz određena, ali prihvatljiva odstupanja [23].

Indeks tjelesne mase statističke je naravi te ne govori ništa o individualnoj distribuciji mase po ljudskom tijelu. Raspodjela masa za isti iznos indeksa tjelesne mase nije ista za vozača, koji se ne bavi sportom i ima zapušteno tijelo i vozača, koji je amaterski sportaš [2].

Muški ispitanici		Vozači			Nevozači	
		strojovođe u RH	vozači tramvaja u BiH (Sarajevo)	vozači tramvaja u RH (Zagreb)	ručna naplata cestarina u RH	
Ukupni broj ispitanika iz slučajnog uzorka n:		50	64	52	50	
Navršena dob	Raspon (god.)	28÷53	26÷54	29÷64	23÷60	
	Srednji iznos (god.)	44,9	35,3	47,2	39,9	
Srednji iznos visine $\bar{h}$ (cm)		180,4	180,2	181,0	181,0	
Standardna devijacija $\sigma_h$ (cm)		6,2	6,6	6,1	6,5	
Raspon visina uzorka $\Delta h$ (cm)		165÷194	164÷195	168÷192	167÷197	
Za središnjih 90 % izračunati raspon visina $\Delta h_{90\%}$ (cm)		170,2÷190,6	169,3÷191,0	170,9÷191,0	170,4÷191,7	
Raspon tjelesnih masa $m$ (kg)		64÷138	62÷127	75÷120	53÷125	
Godina mjerenja		2012.	2012.	2013.	2011.	
ITM	Raspon (kg/m <sup>2</sup> )	20,5÷41,7	19,6÷38,3	23,3÷38,1	19,0÷34,9	
	Srednji iznos (kg/m <sup>2</sup> )	29,0	28,6	28,0	27,7	
ITM	Normalna tjelesna masa $ITM = 18,5-24,9$	n	9	9	11	8
		%	18,0 %	14,0 %	21,2 %	16,0 %
	Prekomjerna tjelesna masa: $ITM = 25-29,9$	n	23	38	28	30
		%	46,0 %	59,4 %	53,8 %	60,0 %
	Pretjerana tjelesna masa $ITM >30$	n	18	17	13	12
		%	36,0 %	26,6 %	25,0 %	24,0 %
	Prekomjerna i pretjerana tjelesna masa: $ITM >25$	n	41	55	41	42
		%	82,0 %	86,0 %	78,8 %	84,0 %

**Slika 4.1.3. 1** Iznosi dvije najvažnije antropomjere za sudionike u prometu u Republici Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini

**Izvor:** preuzeto od Sumpor D., Jurum-Kipke J., Musabašić N., 2014. [23]

Vrijednosti indeksa tjelesne mase označavaju [23]:

- 18,5 ÷ 24,9 za normalnu tjelesnu masu u odnosu na tjelesnu visinu;
- 25 ÷ 29,9 za prekomjernu tjelesnu masu u odnosu na tjelesnu visinu (gojaznost);
- 30 za pretjeranu tjelesnu masu u odnosu na tjelesnu visinu (pretilost).

Provedena istraživanja na uzorku od 42 strojovođe iz Republike Hrvatske [24] potvrđuju da je poslije 30te godine, između 72,73% i 92,31% ispitanika pretilo i da ima prekomjernu tjelesnu težinu s obzirom na visinu BMI.

Navedeni trend u postotnom udjelu od 66,9% pretilih ili gojaznih djelatnika potvrđuju i istraživanja provedena tijekom 2011. u Sloveniji (Ostan i sur., 2012.) [25] na 245 djelatnika u željeznici.

Slika 4.1.3.1. također potvrđuje da sjedeći radni položaj svih muških sudionika u prometu iz Bosne i Hercegovine i Republike Hrvatske tijekom rada pogoduje povećanom postotnom udjelu prekomjerne i pretjerane tjelesne mase [23].

Što se tiče raspona stojećih visina  $\Delta h$ , oni su podložni blagim promjenama tijekom godina jer su fenotipske varijacije antropomjera cijele populacije zbroj varijacija genotipa i varijacija ekoloških čimbenika iz okoliša (Jurum-Kipke i sur., 2007.) [8, 23]. Npr. unutar zadnjih pedesetak godina srednja visina muške populacije se je u Republici Hrvatskoj za vršnjake povećala za cca 10-ak cm (s 172 cm na 182 cm). Dakle, ako pojedina lokomotiva i/ili motorna garnitura (dizel ili električna vuča) prometuje 50-ak godina i ova grupa čimbenika utječe na radno opterećenje strojovođa.

#### 4.2 Psihičko opterećenje strojovođe

Psihičko opterećenje veže se najčešće uz subjektivni osjećaj sigurnosti strojovođa i sigurnost odvijanja prometa, posebno u situacijama kada je iz pozicije strojovođa potrebno mijenjati tj. povećati brzinu u vremenu, radi poštivanja voznog reda kao osnovnog plana rada na željeznici. Navedeno je posebno opasno u situacijama kada ne postoji instalirane sve komponente autostop sustava na nekoj dionici. Dakle, najčešći razlozi nefunkcioniranja autostop sustav je da ga nema ugrađenog na vučnom vozilu ili postoji, no njegovi dijelovi nisu ugrađeni na nekoj dionici pruge u Republici Hrvatskoj [5].

Nadalje, svrha odvijanja prometa također utječe na psihičko stanje strojovođe. Prilikom prijevoza robe strojovođe su opušteniji, dok je briga za putnike dominantnija. Neke lokomotive poput dizel ili električne lokomotive zbog neadekvatnog zatvaranja vrata u putnički prostor stvaraju veće psihičko radno opterećenje za strojovođe nego vuča bučnije teretne kompozicije istim lokomotivama, što je čimbenik senzornog radnog opterećenja [5].

Na psihičko stanje strojovođe utječu i uvjeti vožnje (vožnja danju ili noću), vremenske prilike i neprilike, posebne prometne situacije, stres [5].

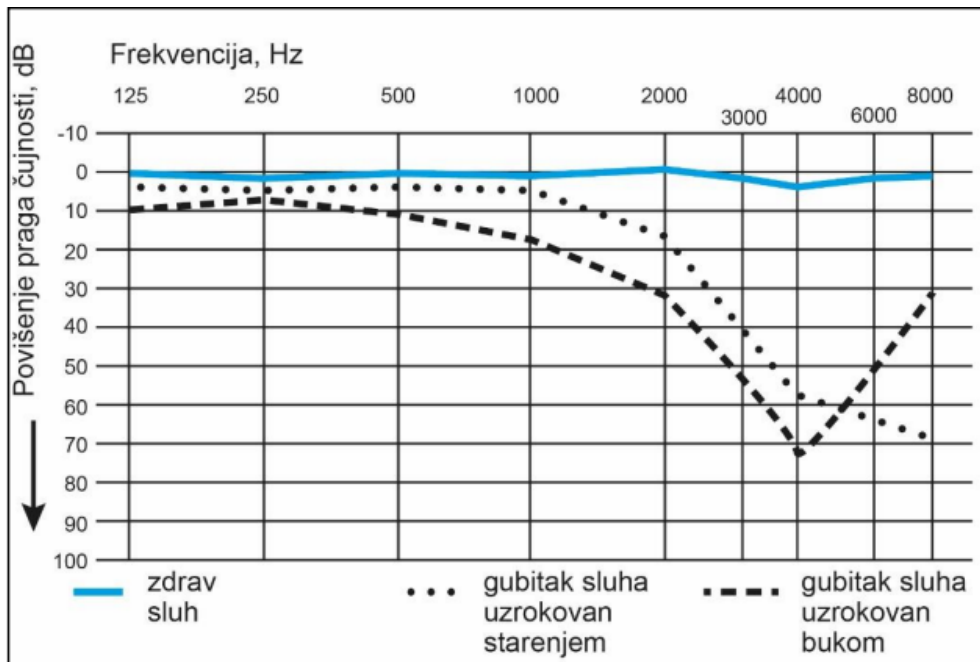
#### 4.3 Senzorno radno opterećenje strojovođa prometnom bukom

Istraživanja dokazuju da je dizel vuča puno napornija i dugoročno puno opasnija za strojovođe u odnosu na elektrovuču, razmatrano u aspektu akumulirane doze buke po jednoj smjeni i/ili turnusu, u smislu trajnog pomaka praga čujnosti kod strojovođa koji pretežito poslužuju dizel vuču.

Godine 2014. za 44 slučajno odabranih strojovođa muškog spola dizel vuče u Republici Hrvatskoj provedena je analiza trajnog pomaka praga čujnosti PTS-a (*engl. permanent threshold shift*) [25].

Vidljivo na slici 4.3.1, „uleknuće” na krivulji čujnosti kod frekvencije  $f$  od 4 kHz [27] daje uvid u gubitak sluha prouzrokovan bukom. Prilikom analize, važno je napomenuti da se razlikuju audiogrami za [2]:

- zdrave mlade ispitanike;
- gubitak sluha prouzrokovan navršenim godinama;
- gubitak sluha prouzrokovan bukom NIHL (*engl. noise-induced hearing loss*).

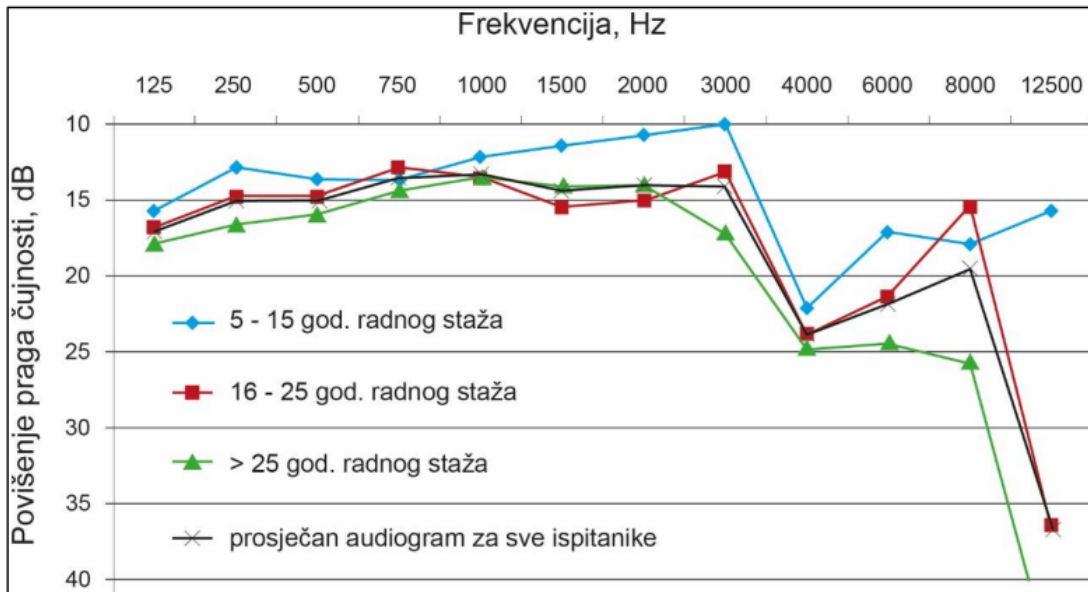


**Slika 4.3. 1** Audiogrami za sluh zdravog ispitanika, za gubitak sluha prouzrokovan navršenim godinama te za gubitak sluha prouzrokovan bukom

Izvor: Coles, R .R. A et al. 2000. [27]

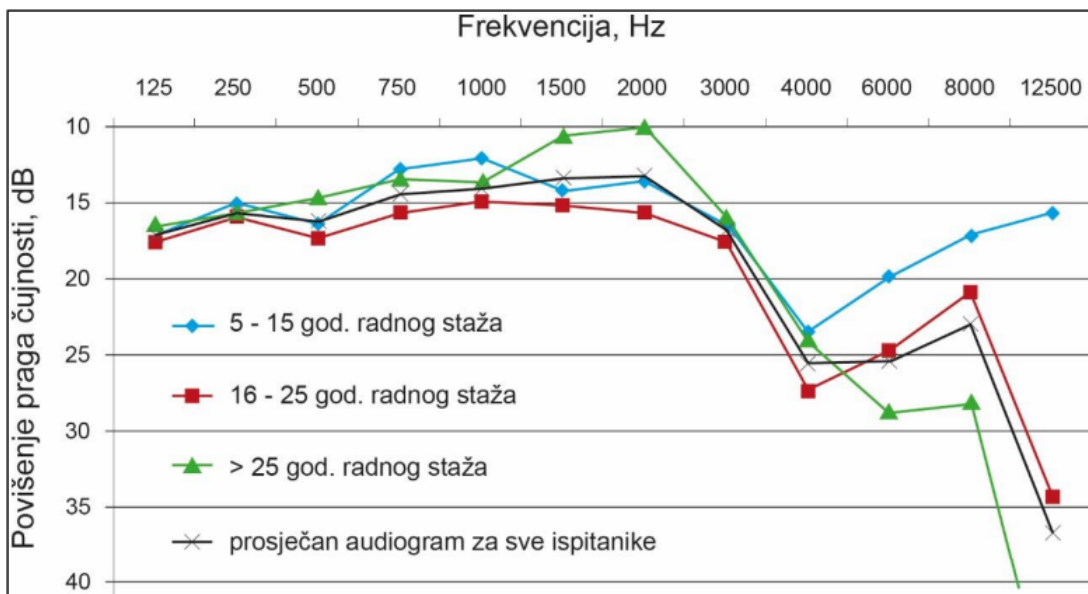
Slika 4.3.2 prikazuje srednji audiogram desnog uha za strojovođe iz Republike Hrvatske, a slika 4.3.3 srednji audiogram lijevog uha za strojovođe iz Republike Hrvatske. Za oba audiograma, ispitanici su strojovođe iz Republike Hrvatske, koji rade na dizel vuči ili pretežno na dizel vuči. Linija crne boje je linija za cijeli uzorak, a 3 linije u boji su linije za ispitanike, koji su podijeljeni prema radnom stažu (godinama rada). „Uleknuće“ kod frekvencije  $f = 4 \text{ kHz}$  uočljivo je i za cijeli uzorak za oba uha (crne linije) i za sve 3 skupine strojovođa podijeljenih prema radnom stažu. Trajni pad granice čujnosti najizraženije je vidljiv kod strojovođa s najvećim radnim stažom, s više od 25 godina (zelene linije), što je posebno izraženo za lijevo uho prema slici 4.3.3. Kod stojovođe u dizel lokomotivi, kada sjedi desno za smjer kretanja naprijed dužim krajem, svi izvori zvukova visokih frekvencija smješteni lijevo [2].

Korištenje zaštitnih antifona za uši s ugrađenom radio vezom otpada kao mjera zaštite, jer strojovođa tada ne čuje zvučne signale iz prometnog okoliša.



**Slika 4.3. 2** Srednji audiogram na dizel vuči za desno uho za tri skupine strojovođa

Izvor: Ivošević, J. i sur. 2014. [26]



**Slika 4.3. 3** Srednji audiogram na dizel vuči za lijevo uho za tri skupine strojovođa

Izvor: Ivošević, J. i sur. 2014. [26]

Navedeno istraživanje provedeno je uz pomoć audiometra, prikazanog slikom 4.3.4, kojim se mjeri prag čujnosti ljudskoga sluha unutar raspona zvučnih frekvencija koje čovjek čuje (pojedinačno za svaku frekvenciju i za oba uha).



**Slika 4.3. 4** Audiometar Bell Plus HDA280

Izvor: Ivošević, J. 2013. [28]

Prema NIOSH standardu, strojovođa tijekom 8 sati rada u upravljačnici smije biti izložen preporučenoj dnevnoj dozi čujne buke u Republici Hrvatskoj u iznosu od 85 dB, što je i preporučena stopostotna dnevna doza. Ukoliko se ekvivalentna razina buke poveća za 3 dB, preporučeno vrijeme izloženosti T se prepolovljava. Međutim, bez obzira na zakonske obveze u praksi se preporučenih iznosa ne pridržava, isti se ne mjere, ne kupuju se zaštitna sredstva, niti se kažnjavaju operateri. Posljedica toga je, zavisno o navršenoj dobi i stažu strojovođe, velika većina nagluhih strojovođa izloženih visokim frekvencijama na dizel vuči, kao i mogućnost trajnog pomaka praga čujnosti [2].

## 5 Ergonomijska prosudba upravljačnice dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300

Dizel manevarska lokomotiva HŽ serije 2132-300 lokomotiva je namijenjena za ranžiranje vlakova u kolodvorima. Manverasku lokomotivu većina strojovođa navodi kao najgoru lokomotivu za rad te je upravo na njoj provedena analiza za ovaj diplomski rad. Ispitanik je strojovođa muškog spola, visine 182 cm (što je jako blizu srednje aritmetičke visine za strojovođe u Republici Hrvatskoj), navršениh 56 godina, ljevak (podjednako dobro služi se i desnom rukom).

Proizvođač dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 je Jenbach Austria, a modificirane verzije ove lokomotive putnički promet ima od 2006. godine. Masa lokomotive iznosi cca 44 tone, a prema slici 5.1 maksimalna brzina kojom lokomotiva smije prometovati izvan kolodvora, odnosno na otvorenoj pruzi je 60 km/h, u kolodvorima 30 km/h, prilikom prijevoza čovjeka na stepenici 20 km/h, a u depou je 10 km/h. Strojovođe rade u turnusima 12/24, 12/48 te se ponekad na „manevri“ aktivno provede i do 12 sati.



Slika 5. 1 . Najveće dopuštene brzine dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300

Lokomotiva se pali pomoću glavnog prekidača na centralnom pultu u lokomotivi, prikazanog na slici 5.2. Osim glavnog prekidača, na centralnom pultu nalaze se i ampermetar, prekidači za osvjjetljenje lokomotive, manometri zraka kočnice, prekidač za odabir režima vožnje, prekidači za grijanje upravljačnice (što su sve rijeđe korištene komande i/ili indikatori i prikaznici). Kada je lokomotiva zakočena, ručna kočnica na sredini pulta prikazana slikom 5.3 izvučena je okomito naprijed (što je dobro rješenje, jer postoji vizualna razlika na komandi za zakočenu i otkočenu lokomotivu).





**Slika 5. 2** Centralni pult dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300



**Slika 5. 3** Ručna kočnica dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 otkočenom položaju

Strojovođa manevarske dizel lokomotive ne može se opustiti i računati na rutinu kod izvedbe, jer prometnu situaciju izvan upravljačnice može vidjeti za okolnosti vuče lokomotive naprijed dužim krajem ili natrag kraćim krajem, iz radnog položaja uz lijevi prozor ili iz radnog položaja uz desni prozor, a za oba položaja uz lijevi ili desni prozor leđima ili prednjom stranom tijela okrenutom prozoru, što je prikazano slikama 5.4 i 5.5. Dakle unutar jedne smjene tj. jednog turnusa više puta mijenja stranu tijela (nogu i ruku) kojima posluhuje najčešće korištene komande. Uzastopna privikavanja na promjenu strane tijela (i posljedično strane mozga) kod posluživanja komandi uzorkuju mentalni napor kod strojovođa, potrebno im je neko vrijeme za prilagodbu kada nastupi promjena radnog položaja, strane u upravljačnici i smjera kretanja lokomotive.



**Slika 5. 4** Položaj strojovođe prednjom stranom tijela okrenut prozoru (pogled prema kraćem, odnosno stražnjem dijelu manevarske dizel lokomotive – vožnja unazad)





**Slika 5. 5** Položaj strojovođe leđima okrenut prozoru (pogled prema kraćem, odnosno stražnjem dijelu manevarske dizel lokomotive – vožnja unazad)

Najčešće korištene komande u navedenoj manevarskoj lokomotivi su: budnik, autostop, kočnik, akcelerator i mijenjač smjera kretanja (naprijed nazad), zatim sirena pa sve ostale komande. Gledano s lijeva na desno na slici 5.6, lijeva ruka strojovođe nalazi se na kočniku lokomotive, dok je desna ruka na promjeni smjera i ručici akceleratora. Gore iznad lijeve ruke (plavo) je indirektni kočnik za kompoziciju. U naravi, strojovođe najčešće i samoinicijativno (ne postoji pisana uputa na tu temu) poslužuju uvijek te tri komande samo jednom rukom, zbog toga jer im je to manje naporno, spontano i puno lakše te da ne bi pogriješili u redoslijedu posluživanja.

Poznata je činjenica da lijevu stranu tijela kod čovjeka kontrolira desna strana mozga i obrnuto (dakle promjena ruke za posluživanje znači i promjenu strane mozga koji kontrolira taj zadatak posluživanja).



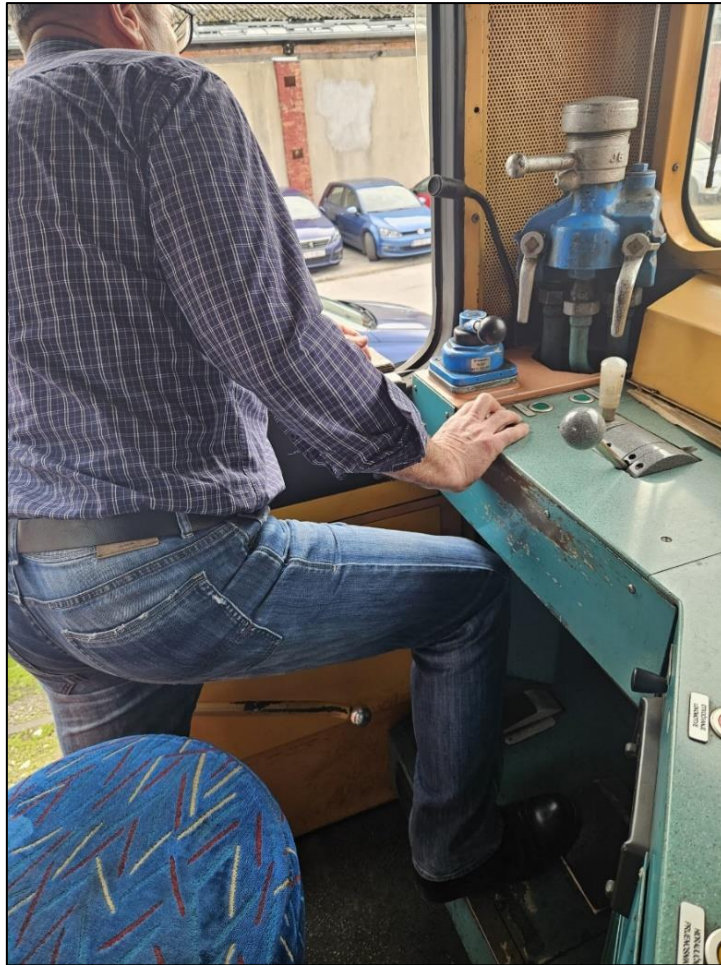
**Slika 5. 6** Ruke na kočnici lokomotive, ručici promjene smjera i ručici gasa

Budnik u dizel manevarskoj lokomotivi HŽ serije 2132-300 na lijevoj strani upravljačnice (uz lijevi prozor) može se posluživati desnom nogom, prikazano slikom 5.7 i po potrebi lijevom ili desnom rukom, prikazano slikom 5.8. Gledano s ergonomijske strane, navedeno predstavlja olakšanje kod spontanog prebacivanja posluživanja s desne noge na desnu ruku, kada je strojovođa na lijevoj strani upravljačnice okrenut licem prema prozoru. S druge strane predstavlja i problem i dodatni napor, te mogući propust ili omnašku u radu kada je strojovođa na lijevoj strani upravljačnice okrenut leđima prozoru, kad se s lijeve noge prebacuje na posluživanje desnom rukom. Već prije je objašnjeno da lijeva strana mozga upravlja desnom stranom tijela, a desna strana mozga lijevom stranom tijela.



**Slika 5. 7** Sirena (lijeva pedala) i budnik (desna pedala)





**Slika 5. 8** Posluživanje budnika desnom nogom i po potrebi lijevom ili desnom rukom

Slikom 5.9 prikazani su budnik i sirena na desnoj strani kabine. Vidljivo je da je obrnut redoslijed budnika i sirene nego na lijevoj strani kabine. Budnik je na lijevoj strani, a sirena na desnoj, što predstavlja dodatni napor stojovođi i usporava strojovođu zbog nekog kraćeg vremena potrebnog za prilagodbu. Sve navedeno dešava se u okolnostima kada strojovođa npr. mijenja stranu u upravljačnici dok se lokomotiva kreće u istome smjeru. Pedalom budnika rukuje se ritmičkim otpuštanjem, drži se pritisnut desnom nogom i ritmički otpušta svakih 25 sekundi, ako je brzina lokomotive veća od 5 km/h. U slučaju da se budnik ne otpusti, prvo upozorenje je zvuk, brzo nakon toga trepćuće svjetko (žute boje) te se nakon 5 sekundi lokomotiva zaustavlja.

Ukoliko strojovođa ne koristi sirenu lijevom nogom, može ju koristiti desnom rukom, prikazano na slici 5.10, što je promjena strane tijela i posljedično promjena strane mozga, što predstavlja dodatni napor uz potrebno kraće vrijeme za prilagodbu.



Slika 5. 9 Pult s najčešće korištenim komandama



Slika 5. 10 Budnik (lijeva pedala) i sirena (desna pedala) na desnoj strani upravljačnice



Kabina istraživane dizel manevarske lokomotive je klimatizirana kod zadnje rekonstrukcije, međutim strojovođe biraju često rad s otvorenim prozorima i ljeti i zimi (glava strojovođe kroz prozor kod okolnosti mrtvog kuta) i pri tome najčešće isključuju klima uređaj u upravljačnici jer im je teško podnositi izrazito veliku temperaturnu razliku između temperature u klimatiziranoj upravljačnici i temperature okoliša izvan upravljačnice. Klima uređaj postoji, nalazi se na krovu kabine, prikazano slikom 5.11. Strojovođe moraju paziti koliko će staviti glavu van kroz prozor, zbog mogućih udaraca od stupove, vagona, rubove zgrada ili bilo kojeg drugog predmeta, koji je blizu ruba slobodnog profila. Glavu smiju staviti kroz prozor do vanjskog ruba zaštitnog stakla. Strojovođe istraživane dizel manevarske lokomotive prijavljuju izmjerene temperature čak do 45°C ljeti u upravljačnici, u okolnostima otvorenih prozora.



**Slika 5. 11** Klima uređaj dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300

Znanstvene smjernice preporučuju da bi temperatura zraka unutar upravljačnice trebala biti između 20°C i 24°C, zavisno o godišnjem dobu. Temperatura okolnih objekata i površina ne bi se trebala razlikovati od temperature zraka, odnosno razlika ne bi trebala biti veća od 2 ili 3°C, a vanjski zid prostorije (poput vanjskog bočnog stakla u upravljačnici) ne bi smijela biti hladnija od zraka u prostoriji za više od 4°C [3]. Međutim, to je teško postići kod dizel manevarske lokomotive, zbog često otvorenih prozora.

S obzirom da je analizirana dizel manevarska lokomotiva rekonstruirana, najveći problem prije rekonstrukcije je bio ulazak dimnih plinova i uljnih para u kabinu, jer je auspuh bio u sredini upravljačnice u centralnom dijelu, bilo je slabije grijanje, slabija rasvjeta, puno veća buka i puno veće vibracije nego sad. Razlog tomu su bili dvotaktni dizel motori. U današnjim rekonstruiranim dizel manevarskim lokomotivama ugrađeni su američki četverotaktni dizel motori. Postoje slučajevi u prošlosti gdje su strojovođe prilikom očekivanja posla znali odmoriti na madracu, koji bi plegli u prostoru lokomotive te se znali ugušiti ugljičnim monksidom, kada bi zimi zatvorili prozore. Slikama 5.12 i 5.13 prikazani su otvori za grijanje u današnjim rekonstruiranim lokomotivama.



**Slika 5. 12** Otvori za grijanje dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300



**Slika 5. 13** Otvori za grijanje dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300

Izvorne lokomotive bile su cijelog inventara obojene u sivu boju na što su se strojovođe žalili kao veliki problem, jer su morali provoditi 12 sati u takvom jednoličnom sivom i depresivnom ambijentu, što im je negativno djelovalo na psihu.

Strojovođe se i dalje žale na buku, vibracije i ispušne plinove. Prilikom vožnje lokomotive s dužim krajem prema unaprijed s otvorenim prozorima, iz auspuha koji je ispred centralnog dijela upravljačnice, plinovi ulaze u upravljačnicu kroz otvorene prozore ili ih uvlači propuh, prikazano slikom 5.14. Puno veću buku emitira opterećeni motor. Kod teretnih vagona je maksimalna buka zbog velike težine, odnosno mase, jer se razvija veća snaga na motoru manevre. Na glavnom kolodvoru uglavnom se manevrira s putničkim vagonima (putnički vagoni imaju masu u rasponu od cca 45 do 50 tona). Klasični teretni vagoni su sami po sebi glasniji od putničkih i zbog toga jer imaju drugačiju neaerodinamičnu konstrukciju kočnica od putničkih i nisu aerodinamični kao putnički. Jedan natovareni teretni vagon ima masu od 80 tona (oko 20 tona po osovini).

Također, upravljačnice se slabo čiste, što jako smeta strojovođama jer ponekad provode neprekidno i po 12h u istima.





**Slika 5. 14** Prednji dio dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300, pogled iz lijeve strane upravljačnice

Otvoreni poklopci na prednjem dijelu manevre iznad motora pomažu da manje ispušnih plinova ulazi u kabinu, međutim to ometa hlađenje motora i ne može se otvarati poklopce kad je kiša, što je također prikazano slikom 5.14.

Po noći strojovođe potenciometre (tamo gdje postoje) za osvijetljenje prikaznika i displeja stavljaju na minimum, jer im smeta to svjetlo prilikom obavljanja radnih funkcija, lošije vide situacije izvan upravljačnice.

Poseban problem i primjer nepotrebnog senzornog radnog opterećenja je autostop plavo svjetlo, koje svjetli bez prestanka, a nema potenciometra za smanjenje intenziteta svjetlosti i to strojovođe na manevri navode kao jaku kabinsku distrakciju noću.

## 6 Analiza upravljačnica lokomotiva i motornih garnitura u Republici Hrvatskoj

Dizelmotorni vlakovi pojedinih serija proizvođača Kalmar & Fiat nemaju često korištene komande u normalnom doseg ruke, čime se stvara dodatno fizičko opterećenje. Također, da bi strojovođe uočili bitne svjetlosne indikatore, moraju okrenuti glavu [5].

Kod pojedinih dizel i elektro lokomotiva primijećen je loš raspored tastera za posluživanje budnika i AS sustava, koji su izvan normalnog dosega ruke strojovođa. Unutar tih lokomotiva, budnik se najčešće poslužuje pomoću lijeve nožne pedale, a njegov svjetlosni indikator se ne nalazi u vidnom polju strojovođe [5].

Kod nekih serija, budnik se poslužuje desnom nogom, a sirena lijevom, što je ponekad za strojovođe zbunjujuće. U podseriji 100, raspored je promijenjen uz proširenje, a dešava se ponekad da isti strojovođa u istoj smjeni poslužuje obje podserije DMV. Dodana je opcija posluživanja istog lijevom rukom na upravljačkoj ploči, što je unutar normalnog dosega ruke [5].

Kod nagibnog vlaka DMV serije HŽ 7123 (000) proizvođača Bombardier Transportation budnik se poslužuje lijevom nogom pomoću široke, centralno pozicionirane pedale. Zbog navedenog nema potrebe za drastičnim zakretanjem stolice u slučaju grča u lijevoj nozi (samo blagi zaokret za promjenu noge). Dodana je i mogućnost posluživanja budnika palcem lijeve ruke (ista strana tijela) unutar normalnog dosega ruke, putem tastera na vrhu ručice kontrolera. Ukoliko se prije i tijekom početka pokretanja vlaka radi o stojećem radnom položaju, uz oba bočna prozora nalazi se taster za posluživanje budnika zajedno s drugim potrebnim komandama [5].

Ergonomijski neoblikovane stolice s premalo stupnjeva podešavanja prema individualnim antropomjerama strojovođa zajedno s povećanim lumbalnim momentom kod gojaznih i pretilih strojovođa u većini vučnih vozila utječu na fizički napor strojovođe. No, takav slučaj nije i kod nagibnih vlakova [5].

Uzimajući u obzir udobnost radne stolice, mogućnost individualnog podešavanja te njezin smještaj unutar upravljačnice, stolice u pojedinim dizelskim i električnim lokomotivama navedeno ne zadovoljavaju. Unutar upravljačnice, stolice su loše pozicionirane, nisu anatomske oblikovane (osim kod EL), nemaju potrebnu amortizaciju (kod svih DL), nije moguće podesiti naslon za glavu i ruke te je relativno mali broj stupnjeva podešavanja [5].

Prilikom dizajniranja radnog okoliša upravljačnica u Republici Hrvatskoj, važno je obratiti pozornost na [5]:

- osnu simetričnost, ergonomičnost i klimatiziranost upravljačnice, koja ima blago zaobljenu upravljačku ploču i ravan i protuklizni pod;
- bolja dostupnost i preglednost često korištenih upravljačkih elemenata i elemenata vizualnog nadzora unutar vidnog polja uz eliminaciju potrebe za zakretanjem glave;
- ugodno osvjetljenje upravljačnice i svjetlosnih indikatora noću (s mogućnošću podešavanja pozadinskog svjetla na analognim i/ili digitalnim prikaznicima zavisno od doba dana dan/noć i navršene dobi strojovođe);

- postojanje anatomski oblikovane višenamjenske ručice s više srodnih komandi (budnik, kočnik, akcelerator) za posluživanje iz sjedećeg radnog položaja u normalnom doseg ruke u svim serijama i modelima lokomotiva i/ili motornih garnitura, uvijek na istom mjestu i istoj strani na svim upravljačkim pločama;
- višestruko posluživanje budnika nogom i/ili rukom (uvijek za istu stranu tijela), postojanje tastera uz lijevi i desni prozor za posluživanje budnika rukom u uvjetima kada nema kamera i vanjskih retrovizora ili su isti neispravni ili negrijani;
- postojanje kvalitetnih kamera u boji (ili minimalno grijanih retrovizora), kojim se pokrivaju mrtvi kutevi, što je jako bitno za putničke kompozicije;
- postojanje ergonomijski oblikovane stolice, koja se nalazi u sredini osno simetrične upravljačnice, s minimalno deset ili više stupnjeva podešavanja;
- poznavanje raspona statičkih i kinematičkih antropomjera kod središnjih 90% iz cijele miješane populacije strojovođa (muškaci i žene) u Republici Hrvatskoj (bazirano na rasponima iz dovoljnog i slučajnog uzorka), radi antropometrijske prilagođenosti upravljačnica ciljanoj populaciji strojovođa u RH.

S obzirom na navedeno, nije dovoljno propisati da ručni kontroler zračne kočnice vlaka treba biti na desnoj strani upravljačke ploče, a upravljački višenamjenski kontroler elektromotornog vlaka na lijevoj strani te se za njihov položaj pozivati na određeni standard Međunarodne željezničke unije [29]. Usvajanje tuđih standarda za dizajniranje upravljačnica, bez istraživanja povratnih informacija od korisnika strojovođa (*engl. feedback*), nije zadovoljavajuće rješenje. U obzir je potrebno uzeti iskustva i navike strojovođa iz Republike Hrvatske i njihov mogući utjecaj na vrijeme reakcije [5].

## 7 Diskusija

Ergonomija kao interdisciplinarna znanstvena disciplina proučava prilagodbu radnog i prometnog okoliša čovjeku, u ovom diplomskom radu kod strojovođa, u segmentu unaprijeđenja dizajna upravljačnica i poboljšanja radnog mjesta strojovođa.

Da bi strojovođa ostao u zoni komfora i posljedično imao optimalnu izvedbu, važno je voditi brigu o optimalnim rasponima ambijentalnih čimbenika poput radne temperature, relativne vlažnosti, brzine strujanja zraka unutar kabine, osvjetljenosti radnih površina, razini buke i posljedično akumuliranoj dozi buke u jednoj smjeni/turnusu.

Preporučljivi raspon ambijentalne temperature zraka, koji ne izaziva termalnu neugodu kreće se od 18°C do 24°C tijekom godine. Za umni sjedeći posao, koji je najslabiji izvedbi vozača (u ovom diplomskom radu strojovođe) iznosi 21°C, pri čemu je važno napomenuti da temperaturna razlika između površina i objekata u putničkim prostorijama ili radnom okolišu ne bi trebala iznositi više od 2°C ili 3°C, u plusu ili u minusu. Da bi strojovođa u upravljačnici imao osjećaj ugone prilikom strujanja zraka, posebno u zoni glave i koljena, ono ne bi trebalo iznositi više od 0,2 m/s. U rasponu od 30% do 70% relativna vlažnost jako malo djeluje na operativnu (efektivnu) temperaturu, odnosno ne izaziva termalnu neugodu. Većina tih ambijentalnih čimbenika može se postići pomoću klima uređaja, što je problem u realitetu jer su bočni prozori na upravljačnici veći dio vremena otvoreni.

Osvjetljenost radnih površina u upravljačnicama strojovođa predstavlja jedan od problema. Zbog odvlačenja pozornosti te nemogućnosti potpune vidljivosti prometne situacije izvan upravljačnice, strojovođe ponekad ekrane i prikaznike bez potencijometara za podešavanje pozadinskog osvjetljenja prekrivaju, kako bi navedeni problem zaobišli. Svi prikaznici i ekrani u upravljačnici trebaju biti opremljeni potencijometrima za regulaciju pozadinske osvjetljenosti (zbog razlike uvjeta noć i dan, kao i zbog različitih individualnih potreba kod strojovođa u odnosu na navršenu dob).

Izlaganje prevelikoj dnevnoj dozi čujne buke može dovesti do privremenih smetnji, ali i do trajnog gubitka sluha, koji se manifestira kao pomak praga čujnosti i to se najviše manifestira na najvišim frekvencijama. Unutar vremenskog perioda od 8h (duljina jedne standardne smjene), strojovođa smije biti izložen dnevnoj dozi čujne buke razine od 85 dB. Bez obzira na zakonske obveze, ne pridaje se velika važnost zaštiti od buke, niti kontrolnim mjerenjima razine buke u upravljačnicama i akumuliranih dnevnih doza kod strojovođa, kao ni kupnji zaštitnih sredstava.

Neupitan je razlog zbog kojega strojovođe imaju beneficirani radni staž. Nejednake smjene i turnusi, koje uključuju i rad noću, prijemi od 0 do 24, uvelike utječu na radnu sposobnost strojovođa, na njihovo zdravlje kao i na reducirani društveni život strojovođa, iako sve navedeno strojovođa omogućuje veće plaće i slobodu planiranja slobodnog vremena u pojedinim elementima života, koji se nažalost većinom svode na individualne aktivnosti.

Čitav je niz čimbenika o kojima ovisi fizičko opterećenje među kojima su ergonometričnost upravljačnice, ergonometričnost podesive radne stolice, razmještaj i dostupnost često korištenih

komadi posluživanih rukama, te konačno masa i visina čovjeka sadržana u indeksu tjelesne mase.

Poželjno je da se sve često korištene upravljačke komande posluživane rukama nalaze unutar normalnog dosega ruke u rasponu antropomjera za središnjih 90% iz ciljane populacije. Komande, koje se nalaze u maksimalnom dosegu ruku mogu uzrokovati subjektivan osjećaj fizičkog opterećenja i umora te bol u lumbalnom dijelu kralježnice. Srodne komande potrebno je grupirati u sklopu ergonomijski oblikovane višenamjenske upravljačke palice (maksimalno do tri komande) te na taj način olakšati izvedbu strojovođe, ali i smanjiti broj individualnih komandi na upravljačkoj ploči. Sve često korištene komande i najvažniji indiktori i ekrani trebaju biti unutar glavnog vidnog polja strojovođe, bez pomicanja glave. Trebala bi postojati mogućnost posluživanja određenih komadi poput budnika rukom i nogom na istoj strani tijela (npr. lijevom rukom i lijevom nogom). S obzirom na navedeno, unutar Republike Hrvatske potrebno je donijeti nacionalni standard za dizajn upravljačke ploče lokomotiva i motornih garnitura, tako da između ostaloga sve često korištene komande kod svih serija i svih proizvođača budu smještene na istu stranu upravljačnice.

Da bi radna stolica zadovoljavala potrebe strojovođe, trebala bi imati minimalno deset osnovnih stupnjeva podešavanja: visina sjedala, nagib sjedala, nagib naslona za leđa, nagib naslona za vrat, visina naslona za vrat, nagib naslona za ruke, visina naslona za ruke, rotacija cijele stolice oko vertikalne osi na trzaj, horizontalno primicanje ili odmicanje cijele stolice i/ili sjedala u odnosu na upravljačku ploču, podesivi lumbalni podupirač na naslonu za leđa. Preporučani nagib naslona, kako bi se opterećenje prenijelo s leđa na stolicu iznosi 110 do 120 stupnjeva u odnosu na horizontalno sjedalo, odnosno do 20 ili 30 stupnjeva iza vertikale. Jedan od bitnijih čimbenika ergonomijske radne stolice je i lumbalni podupirač za ispravno savijanje kralježnice u lumbalnom dijelu, tijekom sjedenja.

Također, prema kriteriju indeksa tjelesne mase, dokazano je da statički radni sjedeći položaj u turnusima i/ili nejednakomjernim smjenama, što uključuje i rad noću, pogoduje prekomjernoj i/ili pretjeranoj tjelesnoj masi. Nažalost, u organizaciji rada strojovođa gotovo je nemoguće osigurati povoljniji raspored rada u jednakomjernim smjenama s bržim rotacijama smjena na temelju samo nekoliko dana, sukladno recentnim znanstvenim i stručnim smjernicama. Strojovođe s pretjeranom i/ili prekomjernom tjelesnom masom, u odnosu na stojeću visinu, povećanim lumbalnim momentom sami sebi pretjeranom ili prekomjernom masom uzrokuju dodatno fizičko opterećenje na kralježnicu u lumbalnom dijelu, u odnosu na strojovođe koji su u rasponu normalnog iznosa indeksa tjelesne mase, a za istu radnu operaciju posluživanja komandi rukama na upravljačkoj ploči. Da bi se fizičko opterećenje na kralježnicu u lumbalnom dijelu smanjilo, potrebno je educirati strojovođe o čimbenicima koji to uzorkuju, te poticati strojovođe na redovitu sportsku ili rekreacijsku fizičku aktivnost i kvalitetniju ishranu (izbjegavanje suhe hrane). Operaterima se preporuča organizacija toplih obroka, gdje je to moguće, te sufinanciranje i organizaciju redovitih sportsko-rekreacijskih aktivnosti izvan radnog vremena.

Dizel manevarska lokomotiva HŽ serije 2132-300 primjer je neergonomijski izrađene lokomotive na koju se žale gotovi svi strojovođe u pojedinim segmentima. S druge pak strane,

važno je napomenuti da je dizel manevarska lokomotiva HŽ serije 2132-300 dizajnirana na određeni način zbog prirode njene upotrebe za manevarski rad, koji je potpuno drugačiji od standardne vuče (putnički i teretni prijevoz).

Primjer najbolje dizajnirane upravljačnice motorne garniture, koja zadovoljava gotovo sve ergonomijske standarde i preporuke iz znanstvene i stručne literature je niskopodna nagibna dizel motorna garnitura (DMV) serije HŽ 7123 (000) proizvođača Bombardier Transportation, ali ista je uvezeni proizvod iz Njemačke.

Poželjno je da nadležne službe u tvrtkama operaterima strojovođa kroz edukacije osiguraju informacije o čimbenicima, koje će uvelike utjecati na njihovu izvedbu, zdravlje i kvalitetu život s aspekta radnog opterećenja na radnom mjestu, kao i na moguće načine za poboljšanje.

Bitno je da se upravljačnice dizajniraju prema karakteristikama i statičkim i kinematičkim antropometrijskim mjerama za centralnih 90% strojovođa iz ciljane populacije strojovođa (radi interoperabilnosti to je sada cijela EU, a ne samo RH) te prema najnovijim znanstvenim i stručnim spoznajama, ali je potrebno pri tome potrebno kroz istraživanja na dovoljnom i slučajnom uzorku uvažavati i povratnu informaciju od korisnika strojovođa, koji zbog višegodišnjeg iskustva mogu lako detektirati i opisati čimbenike, koji im degradiraju izvedbu.

## 8 Zaključak

U ovome radu dokazana je hipoteza da organizacija radnog mjesta strojovođe i dizajn radnog okoliša upravljačnice utječe na radno opterećenje strojovođe, a s time i na izvedbu strojovođe i sigurnost prometnog procesa transporta željeznicom. Također je ukazano na okolnost da većina lokomotiva i motornih garnitura (pogotovo starijih), koje prometuju u RH, još uvijek nema adekvatan dizajn radnog okoliša upravljačnice prilagođen potrebama i karakteristikama stojovođa.

Ergonomijska prosudba čimbenika upravljačnice dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 obuhvatila je radne temperature, relativne vlažnosti, osvjetljenosti radnih površina, buke kao ambijentalnih čimbenika, stupnjeve podešavanja radne stolice i njezin položaj u upravljačnici, kao i položaj najčešće korištenih komadi komandi unutar normalnog dosega ruke, što su najvažniji čimbenici dizajna upravljačnice koji mogu utjecati na izvedbu. No, da bi strojovođa utjecao na svoje fizičko opterećenje prilikom statičkog sjedećeg i/ili stojećeg radnog položaja, mora biti educiran da može voditi brigu i o samome sebi koliko je to moguće u segmentu čimbenika, koji mogu uzrokovati prekomjernu tjelesnu masu u odnosu na visinu i posljedično fizičkog opterećenja zbog toga.

Analiza antropometrijskih raspona za centralnih 90% iz ciljane populacije, ergonomijske prosudbe čimbenika iz radnog okoliša, istraživanja o utjecaju buke, ambijentalnim čimbenicima i nejednakim smjenskim radom, koji uključuje noćne smjene, ukazuje na moguće segmente za poboljšanja kod organizacije radnog mjesta strojovođe i dizajniranja upravljačnica u Republici Hrvatskoj. Uzimajući u obzir čimbenike analizirane unutar ovog diplomskog rada, proizvođači operateri i inženjersko osoblje u istima bi tijekom narudžbe i izrade lokomotiva i motornih garnitura, kao i tijekom upravljanja prometnim procesom transporta putnika i robe željeznicom, trebali staviti naglasak na komfor i sigurnost strojovođa prilikom izvršenja zadatka vuče.

Da bi se postigao povoljan radni ambijent u upravljačnici za statički pretežito sjedeći radni položaj za strojovođe (osim maverere gdje strojovođa pretežito stoji), potrebne su stalne inovacije, skupljanje povratnih informacija od korisnika stojovođa, kao i suradnja s istraživačima za ergonomiju u tehničkom području, dakle zaključno razmatrajući, predanost dizajnu usmjerenom na korisnika uz uključivanje svih dionika u željezničkom prometu zajedno s inženjerskim osobljem i istraživačima.

## Literatura

- [1] Taboršak, D.: Studij rada, Orgadata, Zagreb, 1994.
- [2] Sumpor, D.: *Ergonomija u prometu i transportu*, fakultetski priručnik, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018., ISBN: 978-953-243-108-7, Dostupno na: <https://static.fpz.hr/files/Ergonomija-u-prometu-i-transportu-Fakultetski-prirucnik.pdf> (preuzeto 28. travnja 2024.)
- [3] Kroemer, K.H.E., Grandjean, E.: *Prilagođavanje rada čovjeku*, Naklada Slap, Jastrebarsko, 2000. (Original: Kroemer, K.H.E., Grandjean, E.: *Fitting the Task to the Human, A Textbook of Occupational Ergonomics, Fifth Edition*, Taylor & Francis, London, 1997.)
- [4] Reccknagel i sur.: *Grejanje i klimatizacija 05/06*, šesto izdanje, Interklima, Vrnjačka Banja, 2004. (Original: Recknagel, Prenger, Schramek: *Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik*, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München, 2004.)
- [5] Sumpor, D.: *Metodologija ergonomске prosudbe tehnološkoga procesa prijevoza željeznicom*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
- [6] HŽ Cargo: Kolektivni ugovor, Zagreb, 30. listopada 2019. Dostupno na: <https://www.szh.hr/wp-content/uploads/2020/07/Kolektivni-ugovor-H%C5%BD-CARGO-30.listopad-2019..pdf> [preuzeto: 29 travnja. 2024. ]
- [7] Republika Hrvatska: *Zakon o radu*, izdanje 93, Narodne novine, Zagreb, 2014. Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/307/Zakon-o-radu> [preuzeto: 30. travnja 2024.]
- [8] Jurum-Kipke, J., Baksa, S., Kavran, Z.: *Anthropometric Relations Of Human Body In The Function Of Traffic Environment Analysis*, Proceedings of 3rd International Ergonomics Conference, Zagreb, 2007, pp. 239-247
- [9] Čehajić N., Čerkezović, S.: *RAČUNALOM PODRŽANA ERGONOMSKA ANALIZA RADNIH OPTEREĆENJA ISPITANIKA*, 2013. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/160096> (preuzeto 27. travnja 2024.)
- [10] Jurum-Kipke, J.; Baksa, S.; Sumpor, D.: *Implementation of Ergonomic Judgement of the Passenger Workload in Virtual Aircraft Cabin Space*. Proceedings of International Scientific Conference „Science and Traffic Development – ZIRP 07”. Ivaković, Č. (ur.). University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 28 and 29 March 2007.
- [11] Sumpor, D., Taboršak, D., Jurum-Kipke, J.: *Anthropometric Measures Important for Control Panel Design in Locomotive or Railcar*, *Technical Gazette*, 22(1), 2015, p.p.1-10, DOI: 10.17559/tv-20140206135045.
- [12] Sumpor, D., Tokić, S., Leder Horina, J., Žebec, M. S.: *The Engine Drivers Lumbar Moment Estimation in a Static Sitting Working Position by using the Multiple Linear Regression*, *Promet*, 36 (2), 2024, doi: 10.7307/ptt.v36i2.575
- [13] Baksa, S., Muftić, O., Sumpor, D.: *Computer Aided Ergonomics Analysis of Exhibition-Transport Element*, Proceedings of 3rd International Ergonomics Conference “Ergonomics 2007”, Croatian Ergonomics Society, June 13th–16th, Stubičke toplice, 2007, pp. 249.-258.
- [14] Taboršak, D.: *Ergonomija, Tehnička enciklopedija, sv.5., Leksikografski zavod, Zagreb, 1976., pp. 349.-352.*



- [15] Muftić O., Milčić, D.: *Ergonomija u sigurnosti*, IPEOZ, Zagreb, 1999.
- [16] Sumpor, D., Toš, Z., Ivanković, B.: *The System Of Ergo-Assessment Factors Of The Locomotive Drivers Working Environment*, Proceedings of Third International Conference on Rail Human Factors. Lille, 2009.
- [17] Sumpor, D., Jurum-Kipke, J., Petrović, D.: *ErgoAssessment of Locomotive Drivers' Traffic Environment*. Promet, Pardubice, Portorož, Sarajevo, Trieste, Zagreb, Žilina, 36 (2), 2010.
- [18] Sumpor, D., Toš, Z., Musabašić, N.: *Static anthropometry measures of tram drivers in Bosnia & Herzegovina important for tram control panel design*. London, 2013.
- [19] Jurum-Kipke, J., Sumpor, D., Musabašić, N.: *Cognitive Ergo-assessment of Human Factor During Manual Toll Collection*. Wien, 2011.
- [20] Jurum-Kipke, J., Sumpor, D., Musabašić, N.: *Čimbenici opterećenja djelatnika na poslovima ručne naplate cestarina*. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.b.
- [21] Musabašić, N., Toš, Z., Sumpor, D.: *Sufficient Number of Respondents for Ergo-Assessment of Physical Appearance Factors Tram Drivers in B&H*. University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, Zagreb, 2012.
- [22] Donskij, D.D., Zacijorski, V.M.: *Biomehanika*. Moskva, 1979.
- [23] Sumpor, D., Jurum-Kipke, J., Musabašić, N.: *KOGNITIVNI PRISTUP ERGONOMSKOM DIZAJNU RADNOG I PROMETNOG OKOLIŠA*. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/183062> (preuzeto 28. travnja 2024.)
- [24] Mikulčić, M., Modrić, M., Sumpor, D.: *Application Possibility of Engine Drivers' Body Segments Ratios in Designing the Cab' Working Environment in Croatia*, Proceedings of the 26th International DAAAM Symposium, 18-25 Oct. 2015, Zadar, Croatia, 2016, p.p. 842-848, DOI: 10.2507/26th.daaam.proceedings.117
- [25] Ostan, I., Poljšak, B., Podovšovnik Axelsson, E.: *Motivations for Healthy Lifestyle in Railroad Employees*. Pardubice, Portorož, Sarajevo, Trieste, Zagreb, Žilina, 2012.
- [26] Ivošević, J., Sumpor, D., Ugrina, I.: *Permanent threshold shift analysis of diesel traction engine drivers*. Proceedings of the 7th Forum Acusticum Krakow, Borkowski, Bartłomiej (ed.), Polish Acoustical Society, Krakow, 2014, ISSN: 2221-3767.
- [27] Coles, R. R. A., Lutman, M. E., Buffin, J. T.: *Guidelines on the diagnosis of noise-induced hearing loss for medicolegal purposes*. Clinical Otolaryngology. 25. Blackwell Science. 2000. pp. 264–273.
- [28] Ivošević, J.: *Laboratory Equipment Catalogue of Laboratory for Aircraft Emissions*. University of Zagreb. Faculty of Transport and Traffic Sciences. Zagreb, 2013. Dostupno na: <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijskeopreme/Laboratorij-za-zrakoplovne-emisije.pdf>, (preuzeto 28. travnja 2024.)
- [29] Juretić, S. at all, HŽ putnički prijevoz: *Elektromotorni vlak za gradsko - prigradski promet, Specifikacija tehničkih zahtjeva za novi EMV*, Zagreb, 2009.

## Popis kratica

<b>AS</b>	Autostop sustav	<b>Auto Stop</b> (system)
<b>BMI</b>	Indeks tjelesne mase	<b>Body Mass Index</b>
<b>DMV</b>	<b>Dizel motorni vlak</b> (garnitura)	Diesel Motor Composition (railcar)
<b>DL</b>	<b>Dizelska lokomotiva</b>	Diesel locomotive
<b>EL</b>	<b>Električna lokomotiva</b>	Electric locomotive
<b>EU</b>	Europska unija	<b>European Union</b>
<b>Ev</b>	Čimbenici okoliša	<b>Environmental factors</b>
<b>Fpz</b>	<b>Fakultet prometnih znanosti</b>	Faculty of Transport and Traffic Sciences
<b>Fv</b>	<b>Fenotip</b>	Phenotype
<b>Gv</b>	<b>Genotip</b>	Genotype
<b>HŽ</b>	<b>Hrvatske željeznice</b>	Croatian Railways
<b>IAP</b>	Intraabdominalni tlak	<b>Intra abdominal pressure</b>
<b>ITM</b>	<b>Indeks tjelesne mase</b>	Body mass index
<b>L4/L5</b>	Razina između četvrtog i petog lumbalnog kralješka	<b>Level between the fourth and the fifth lumbar vertebrae</b>
<b>NIHL</b>	Gubitak sluha prouzrokovan bukom	<b>Noise-induced hearing loss</b>
<b>NIOSH</b>	Nacionalni institut medicine rada i zaštite na radu	<b>National Institute for Occupational Safety and Health</b>
<b>PTS</b>	Trajni pomak praga čujnosti	<b>Permanent threshold shift</b>
<b>RH</b>	<b>Republika Hrvatska</b>	Republic of Croatia
<b>ZET</b>	<b>Zagrebački električni tramvaj</b>	Zagreb Electric Tram

## Popis oznaka i mjernih jedinica

Oznaka	Mjerna jedinica	Definicija ili naziv
5c	cm	Vrijednost varijable $h_i$ za peti percentil za $n$ ispitanika iz slučajnoga uzorka
95c	cm	Vrijednost varijable $h_i$ za devedeset i peti percentil za $n$ ispitanika iz slučajnoga uzorka
E	lx	Osvijetljenost radnih površina ili iluminacija
F	Hz	Frekvencija zvučnoga vala
$h_g$	cm	Visina glave čovjeka kao funkcija tjelesne visine
$h$	cm	Izmjerena stojeća visina tijela čovjeka
ITM	kg/m <sup>2</sup>	Indeks tjelesne mase
$h$	cm	Izmjerena visina u stojećem ravnotežnom položaju
$m$	kg	Izmjerena masa čovjeka
RH	%	Relativna vlažnost
T	h	Preporučena dnevna izloženost buci prema nekom kriteriju
$t_a$	°C	Ambijentalna temperatura zraka u radnom okolišu
$t_o$	°C	Operativna (efektivna, sobna) stvarno percepirana temperatura u radnom okolišu
$t_p$	°C	Temperatura okolnih površina
$t_s$	°C	Srednja vrijednost temperature okolinskih objekata i površina u radnom okolišu
$v$	m/s	Brzina strujanja zraka

## Popis slika

<b>Slika 2. 1</b> Ergonomijski oblikovana ručica višenamjenskog kontrolera za lijevu ruku strojovođe s rezervnom opcijom tastera za posluživanje budnika palcem lijeve ruke .....	3
<b>Slika 2. 2</b> Ručica višenamjenskog kontrolera s tasterom za budnik i manje ručice za promjenu smjera kretanja u normalnom doseg u lijeve ruke (točno ispred lijevog ramena vozača) .....	3
<b>Slika 4.1. 1</b> Dvodimenzionalni model čovjeka u sagitalnoj ravnini .....	15
<b>Slika 4.1.2. 1</b> Učinci veličine kuta između sjedala i naslona na tlak u disku i električnu aktivnost leđnih mišića, snimljenu na razini osmog torakalnog kralješka.....	18
<b>Slika 4.1.2. 2</b> Gradjeanova uredska stolica .....	19
<b>Slika 4.1.3. 1</b> Iznosi dvije najvažnije antropomjere za sudionike u prometu u Republici Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini.....	20
<b>Slika 4.3. 1</b> Audiogrami za sluh zdravog ispitanika, za gubitak sluha prouzrokovan navršanim godinama te za gubitak sluha prouzrokovan bukom .....	22
<b>Slika 4.3. 2</b> Srednji audiogram na dizel vuči za desno uho za tri skupine strojovođa .....	23
<b>Slika 4.3. 3</b> Srednji audiogram na dizel vuči za lijevo uho za tri skupine strojovođa .....	23
<b>Slika 4.3. 4</b> Audiometar Bell Plus HDA280 .....	24
<b>Slika 5. 1</b> . Najveće dopuštne brzine dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300.....	25
<b>Slika 5. 2</b> Centralni pult dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 .....	26
<b>Slika 5. 3</b> Ručna kočnica dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 otkočenom položaju .....	26
<b>Slika 5. 4</b> Položaj strojovođe prednjom stranom tijela okrenut prozoru (pogled prema kraćem, odnosno stražnjem dijelu manevarske dizel lokomotive – vožnja unazad) .....	27
<b>Slika 5. 5</b> Položaj strojovođe leđima okrenut prozoru (pogled prema kraćem, odnosno stražnjem dijelu manevarske dizel lokomotive – vožnja unazad) .....	28
<b>Slika 5. 6</b> Ruke na kočnici lokomotive, ručici promjene smjera i ručici gasa .....	29
<b>Slika 5. 7</b> Sirena (lijeva pedala) i budnik (desna pedala).....	30
<b>Slika 5. 8</b> Posluživanje budnika desnom nogom i po potrebi lijevom ili desnom rukom .....	31
<b>Slika 5. 9</b> Pult s najčešće korištenim komandama .....	32
<b>Slika 5. 10</b> Budnik (lijeva pedala) i sirena (desna pedala) na desnoj strani upravljačnice.....	32
<b>Slika 5. 11</b> Klima uređaj dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300.....	33
<b>Slika 5. 12</b> Otvori za grijanje dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 .....	34
<b>Slika 5. 13</b> Otvori za grijanje dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300 .....	35
<b>Slika 5. 14</b> Prednji dio dizel manevarske lokomotive HŽ serije 2132-300, pogled iz lijeve strane upravljačnice .....	36

## Popis tablica

<b>Tablica 2. 1</b> Preporučljive ambijentalne temperature zraka u okolišu $t_o$ s obzirom na vrstu radnoga procesa i položaj tijela tijekom rada .....	4
<b>Tablica 2. 2</b> Granične vrijednosti brzine strujanja zraka $v$ .....	5
<b>Tablica 3. 1</b> Europski sustav jednakomjernih smjena.....	8

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je DIPLOMSKI RAD  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom ERGONOMIJSKA ANALIZA RADNOG MJESTA STROJONOŠE U REPUBLICI HRVATSKOJ, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 30.04.2024.

LORENA RUKAVINA, Lorena Rukavina  
(ime i prezime, potpis)