



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Projekt TeksErgo: Primjena računalne podrške u unaprjeđenju radnih mjesta

dr. sc. Damir Kralj

Veleučilište u Karlovcu, Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni skup
Zagreb, 24. listopada 2025.

PROJEKT "TEKSERGO"

- ❖ **Područje:** tekstilna industrija (odjevna)
- ❖ **Stanje:**
 - nepovoljni radni uvjeti,
 - visoko opterećenje pri korištenju strojeva i druge radne opreme,
 - rad je izrazito psihofizički i statodinamički intenzivan
 - radnik podložan i profesionalnim oboljenjima.
- ❖ **Cilj projekta:**
 - istraživanje postojećeg stanja,
 - optimizacija radnih pokreta kod posluživanja strojeva,
 - unaprjeđenje radnih mjesta,
 - izrada priručnika za rad na siguran način.

PROJEKT "TEKSERGO"

❖ Metodologija: (9 koraka)

1. Pretraživanje relevantnih domaćih i inozemnih znanstvenih i stručnih radova iz područja zaštite na radu i opterećenja i zamora radnika u proizvodnim procesima;
2. Mjerenje parametara radne okoline;
3. Analiza osnovnih pokazatelja sigurnosti na radu;
4. Analiza indeksa radne sposobnosti;
5. Analiza prisutnosti mišićno koštanih poremećaja;
6. Analiza metoda rada;
7. Analiza radnog opterećenja primjenom računala;*
8. Simulacija preoblikovanog radnog mjesta primjenom računala;*
9. Izrada priručnika za rad na siguran način.

PROJEKT "TEKSERGO"

❖ Doprinos:

❖ Mjerljivi pokazatelji:

- prijedlozi mjera za smanjenje statodinamičkog opterećenja i zamora radnika,
- prijedlozi za smanjenje psihofiziološki napor radnika,
- implementacija specijalizirane sklopovske i programske podrške i u nastavni proces,
- izrada prijedloga mjera za unapređenje sigurnosti radnih mjesta u okviru industrije 4.0 i industrije 5.0,
- izrada priručnika za rad na siguran način,
- publikacija rezultata kroz predviđeni broj radova u časopisima i stručno-znanstvenim skupovima.

❖ Nemjerljivi pokazatelji:

- postizanje kulture sigurnosti kod izvođenja poslova,
- predlaganje mjera za smanjenje psihofizičkih i statodinamičkih napora => može omogućiti smanjenje bolovanja radnika,
- programski pokazatelji => jačanje ljudskih potencijala za znanstveni rad na Veleučilištu u Karlovcu,
- unapređenje istraživačke infrastrukture i suradnja Veleučilišta u Karlovcu i tvornica tekstilne industrije,
- jačanje interdisciplinarnosti znanstvenog rada i povezivanje s drugim znanstvenim institucijama u istom znanstvenom području te popularizacija znanosti preko održavanja seminara za industriju.

MJERENJE PARAMETARA RADNE OKOLINE

- ❖ primijenjen kombinirani uređaj METREL MI 6201 Multinorm
- ❖ mjereni parametri:
 - buka
 - protok zraka
 - rasvjeta



UPITNICI ZA SAMOPROCJENU PSIHOSOCIJALNIH RIZIKA

Poštovani, molimo vas za sudjelovanje u ispitivanju psihosocijalnih rizika na radnom mjestu.

Istraživanje se provodi u okviru projekta „Ergonomski aspekti i razvoj kulture sigurnosti u tekstilnoj industriji“ na Veleučilištu u Karlovcu. Rezultati će se koristiti isključivo za potrebe istraživanja i biti će prikazani skupno.

Molimo Vas da pažljivo pročitate svaku tvrdnju i procijenite koliko se ona odnosi na Vaš posao

Molimo Vas da odgovorite na svako pitanje. Cijelo je anonimno

	ZAHTJEVI RADA	Nikad	Često
1.	Različiti ljudi na poslu zahtijevaju od mene obavljanje radnih zadataka koje je teško međusobno uskladiti.	1	5
2.	Imam nedostizne vremenske rokove.	1	5
3.	Moram raditi jako intenzivno.	1	5
4.	Moram zanemariti neke radne zadatke jer imam previše posla.	1	5
5.	Nemam dovoljno stanki za odmor.	1	5
6.	Primoran/a sam raditi prekovremeno.	1	5
7.	Moram raditi jako brzo.	1	5
8.	Imam nerealne vremenske rokove.	1	5
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/8			

	MEĐULJUDSKI ODNOSI	Nikad	Često
1.	Izložen/a sam uznemiravanju u obliku nepristojnih riječi ili ponašanja.	1	5
2.	Postoji nesloga ili napetost među kolegama.	1	5
3.	Izložen/a sam maltretiranju na poslu.	1	5
4.	Odnosi na poslu su napeti.	1	5
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/4			

	KONTROLA U RADU	Nikad	Često
1.	Mogu odlučiti kad ću ići na stanku za odmor.	5	1
2.	Mogu utjecati na brzinu rada.	5	1
3.	Mogu odlučiti o načinu na koji ću obavljati svoj posao.	5	1
4.	Mogu odlučivati o svojim radnim zadacima.	5	1
5.	Mogu donekle utjecati na način na koji obavljam svoj posao.	5	1
6.	Moje radno vrijeme je fleksibilno.	5	1
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/6			

	NEDOSTATAK PODRŠKE NADREĐENOG	
1.	Dobivam jasnu povratnu informaciju za posao koji radim.	
2.	Mogu se osloniti na svog neposrednog nadređenog da će mi pomoći u problemima vezanim uz posao.	
3.	Mogu razgovarati sa svojim neposrednim nadređenim o nečemu što me uznemiruje ili naljutilo u vezi posla.	
4.	Dobivam podršku u slučaju emocionalno zahtjevnog posla.	
5.	Dobivam ohrabrenje na poslu od neposrednog nadređenog.	
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/5		

	NEDOSTATAK PODRŠKE SURADNIKA	
1.	Ako posao postane težak, kolege će mi pomoći.	
2.	Dobivam potrebnu pomoć i podršku od kolega.	
3.	Dobivam poštovanje koje zaslužujem od svojih kolega.	
4.	Moji kolege su voljni slušati o mojim problemima vezanim uz posao.	
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/4		

	RADNA ULOGA	
1.	Jasno mi je što se od mene očekuje na poslu.	
2.	Znam kako obavljati radne zadatke.	
3.	Jasno su mi moje obveze i odgovornosti.	
4.	Jasni su mi ciljevi i svrha mog odjela (radne jedinice).	
5.	Razumijem kakav se moj rad uklapa u sveukupni cilj radne organizacije.	
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/5		

	NEUPUĆENOST U PROMJENE	Nikad	Često
1.	Imam dovoljno prilika pitati nadređene o promjenama u poslu.	5	1
2.	Zaposlenike se uvijek pita za mišljenje o promjenama u poslu.	5	1
3.	Kada dođe do promjena u poslu, jasno mi je kako će one funkcionirati u praksi.	5	1
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/3			

UKUPNI REZULTAT: zbroj odgovora na svih 35 pitanja / 35

	SKALA NESIGURNOSTI POSLA	Uopće se ne slažem	Ne slažem se	Niti se slažem, niti se ne slažem	Slažem se	Potpuno se slažem
1.	Brinem se hoću li zadržati svoj sadašnji posao.	1	2	3	4	5
2.	Strah me da ću izgubiti posao.	1	2	3	4	5

3.	Mislim da bih u skorijoj budućnosti mogao/la ostati bez sadašnjeg posla.	1	2	3	4	5
4.	Siguran/na sam da mogu zadržati ovaj posao.	5	4	3	2	1
PROSJEČNI REZULTAT = zbroj svih pitanja/4						

Što Vam predstavlja najveći izvor stresa na poslu?

Koje posljedice najviše doživljavate kao **rezultat izloženosti stresu na radu?**

Izaberite jedan odgovor (A, B ili C), ovisno o tome u kojoj se kategoriji najviše pronalazite.

A	- povremene i kraće epizode uznemirenosti i negativnih osjećaja: npr. ljutnja, tuga, strah, frustracija povremene stresne reakcije kratkog trajanja bez narušavanja zdravstvenog stanja - povremene pogreške i nezgode na radu - kratka razdoblja smanjene radne učinkovitosti
B	- na psihološkoj razini često prisutni sljedeći simptomi: uznemirenost, zabrinutost, razdražljivost, frustracija, promjene raspoloženja, poteškoće s koncentracijom i odlaživanje, poteškoće sa spavanjem - povećano prisutni fizički simptomi: npr. glavobolje, bolovi u leđima, mučnina, bolovi u prsima negativni osjećaji prema poslu - povećan broj pogrešaka, nezgoda ili oštećenja na radu kraća bolovanja - produljena razdoblja smanjene radne učinkovitosti i smanjene radne motivacije

MJERENJE OPTEREĆENJA NA RM

- **mjerenje opterećenja radnika u odjevnoj tekstilnoj industriji (RM za šivaćim strojem)**
- **korištenje aplikacija HRV NAWO Solution, NOITOM Perception Neuron 3.0 IMU senzora i video kamere**
- **koristi se prijenosno računalo s poboljšanom grafikom tzv. mobilna radna stanica**
- **metode procjene MSD primjenom RULA, REBA (mjernim sustavom) i BORG (upitnik za samoprocjenu)**

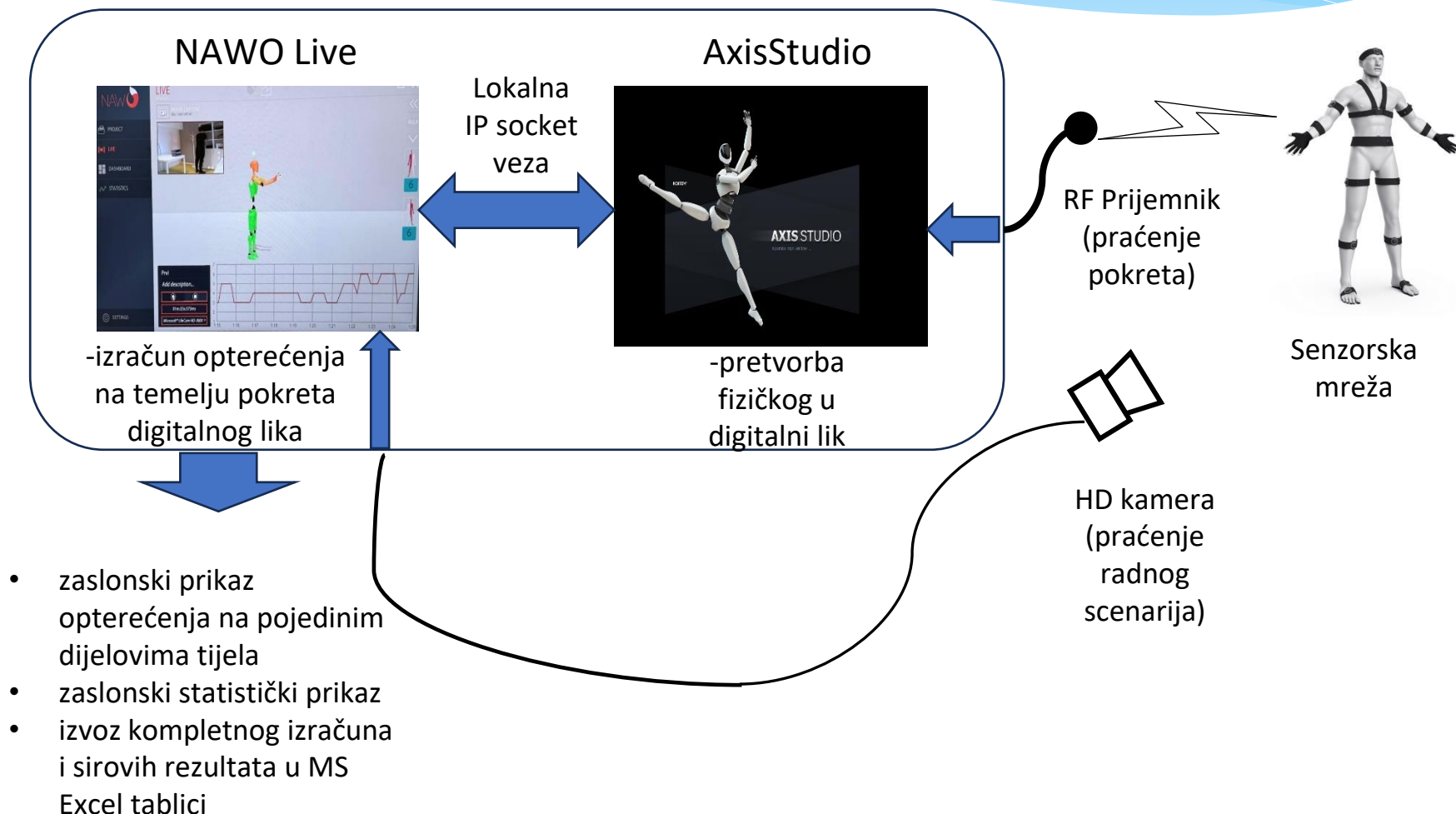
KOMPLET NOITOM PN3 IMU SENZORA

- 17 namjenski definiranih senzora + 1 pričuvni (promjenjiva namjena)
- PN3 je jedan od najmanjih ekstrinzičnih IMU senzora



HEMA SUSTAVA ZA SNIMANJE POKRETA

Mobilna radna stanica



POSTUPCI PRIJE POSTAVLJANJA SENZORA NA OSOBU

- magnetska kalibracija - "Gdje je magnetski sjever?"
- žiroskopska (statična) kalibracija - "Što je gore, a što je dolje?"



- mjerenje neželjenih magnetskih polja na radnoj sceni (indukcija mora biti $< 50 \mu\text{T}$) →
- može se koristiti npr. mobilna aplikacija "EMF Detector"

-senzori na stalku postavljeni na sredinu radne scene (statična kalibracija)



POSTAVLJANJE SENZORA, ANTROPOMETRIJA I POSTUPAK SNIMANJA

- senzori se pričvršćuju na tijelo pomoću elastičnih traka s "čičkom" prema planu postavljanja
- radna scena snima se i video kamerom radi lakše navigacije pri analizi radnog scenarija



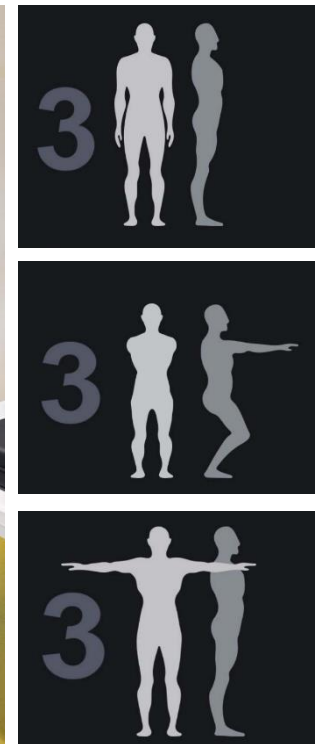
- nakon postavljanja senzora unose se antropometrijski podaci (ili se koristi standardni predložak spol/visina)
- nakon antropometrijske prilagodbe slijedi kalibracija posture (A, S i T stavovi)

The screenshot displays the 'Body Dimension' tab of the TeksErgo software. It features a dark-themed interface with various input fields for anthropometric measurements. The 'Template' dropdown is set to 'male170'. On the right side of the input fields, there are three icons: a human figure, a crosshair, and a list icon.

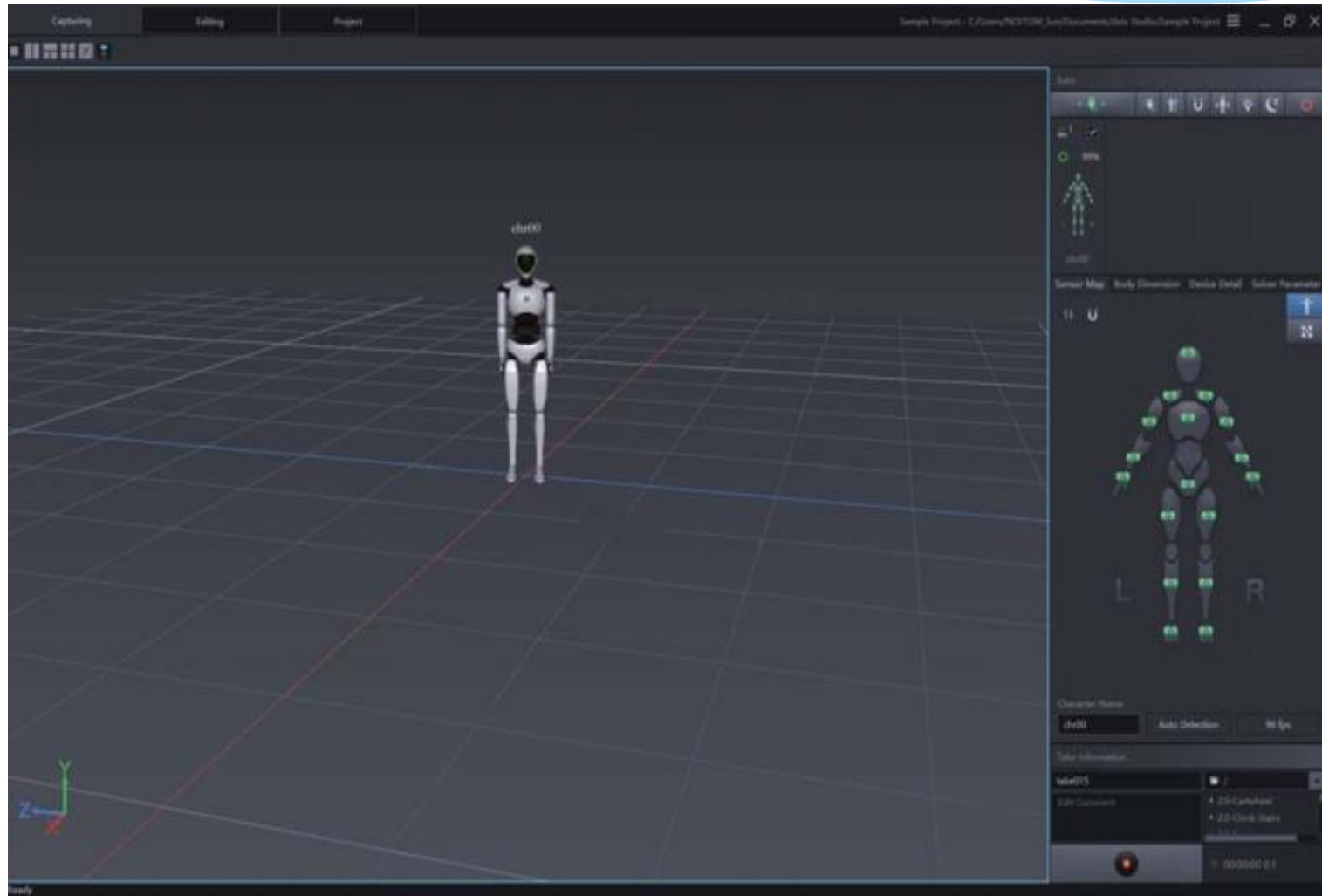
Measurement	Value
Head	15.95
Neck	9.47
Shoulder Width	32
Body	55.84
Upper Arm	26.5
Forearm	26
Palm	17.5
Hip Width	18.5
Upper Leg	41.87
Lower Leg	41.87
Heel Height	7.69
Foot Length	25

Template: male170

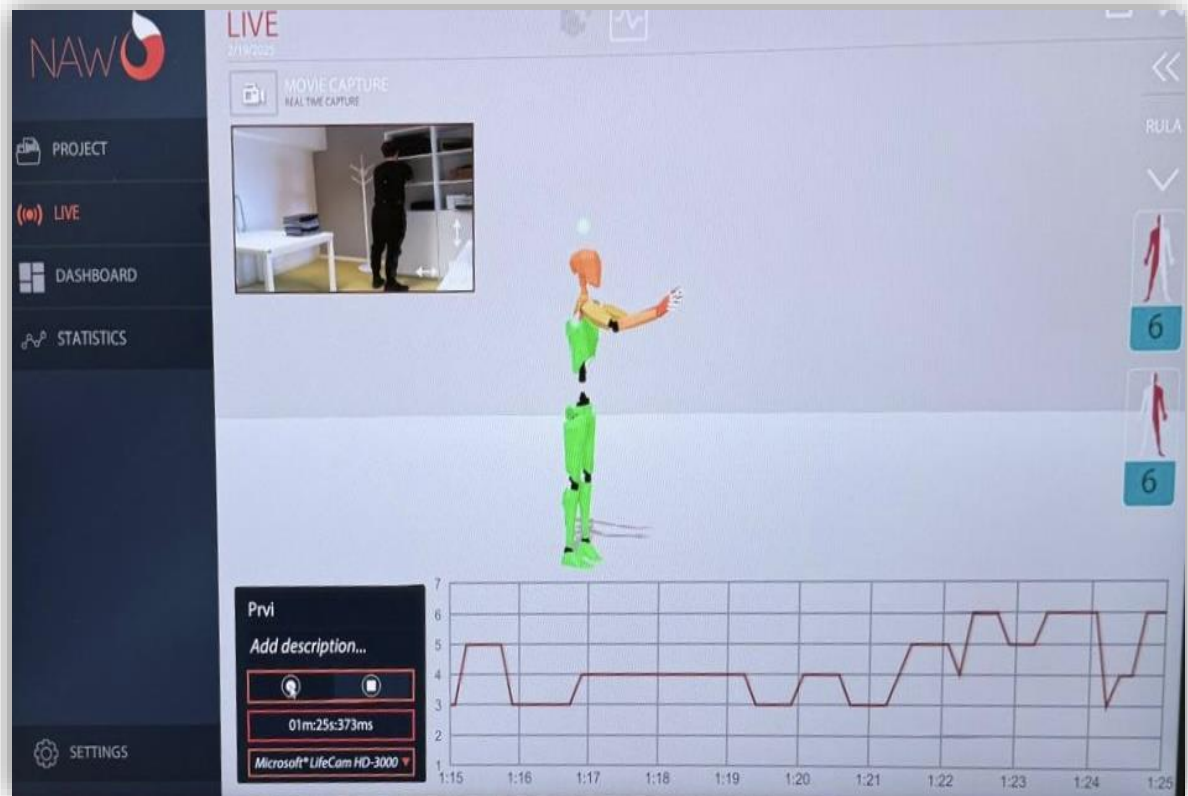
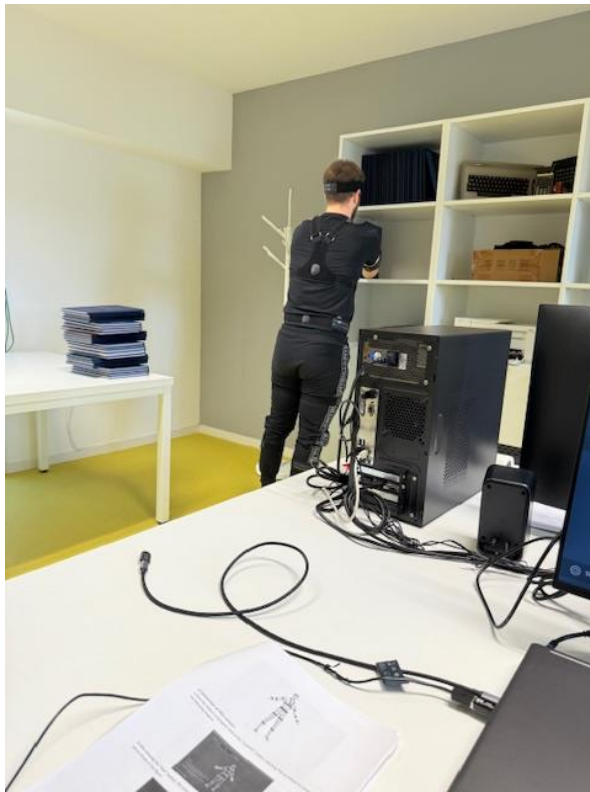
Buttons: Import, New



- po završenim kalibracijama u aplikaciji "AxisStudio", digitalni lik je spreman za snimanje pokreta



- u "NAWO Live" otvara se novi projekt i podesi način snimanja radnog scenarija
- nakon snimanja više ciklusa radnih operacija vrši se izbor sekvenci i metode analize opterećenja (RULA, REBA, NIOSH)

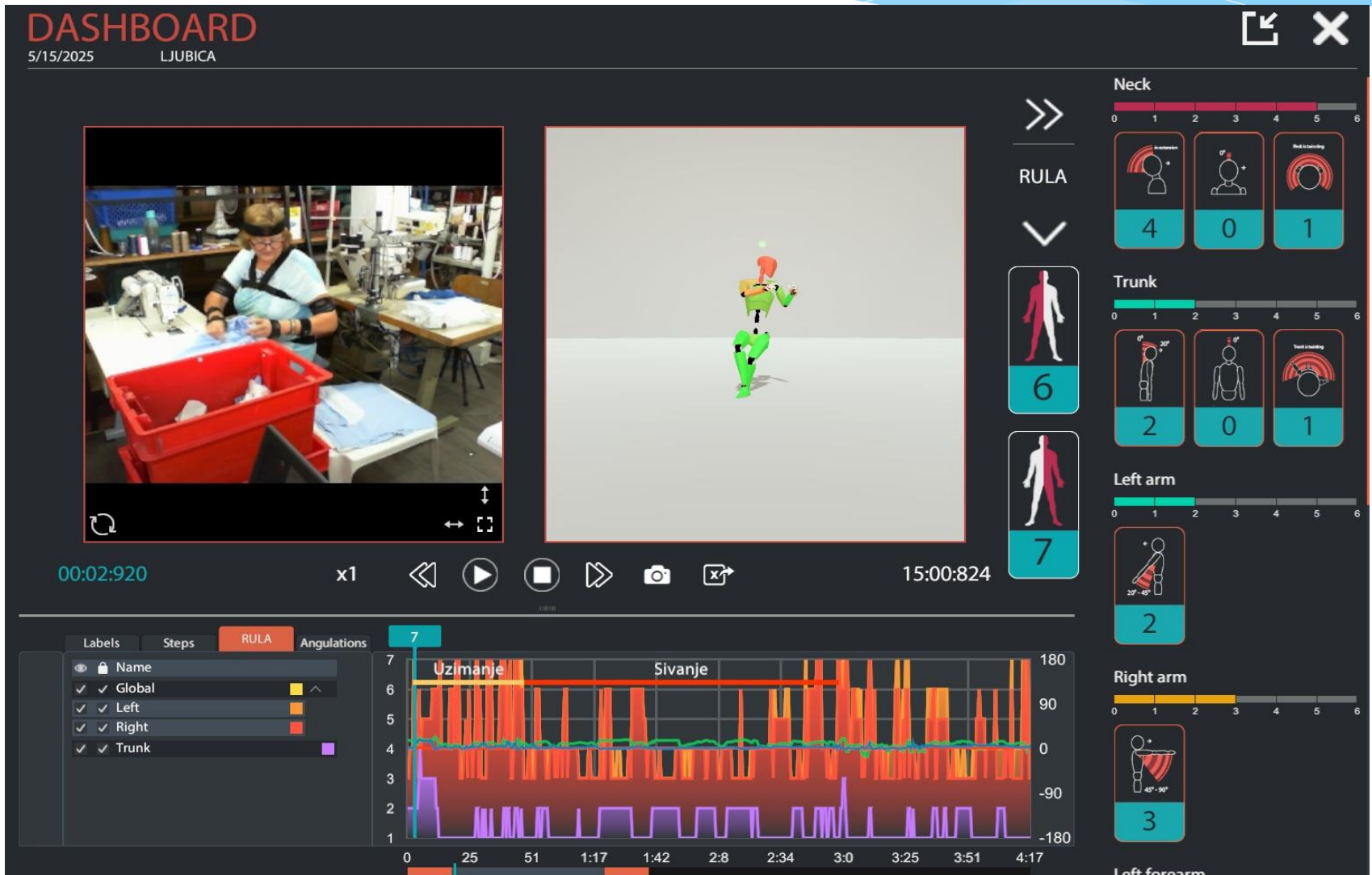


POSTUPAK SNIMANJA NA TERENU

- statične kalibracije, postavljanje senzora, kalibracija posture, 5 - 10 minuta za prilagodbu snimane osobe (ukupno 35 – 45 minuta)
- snimanje (10 – 15 minuta), skidanje senzora (5 – 10 minuta)



- naknadna analiza snimke na zaslonu računala te odabir ključnih sekvenci i metode analize opterećenja



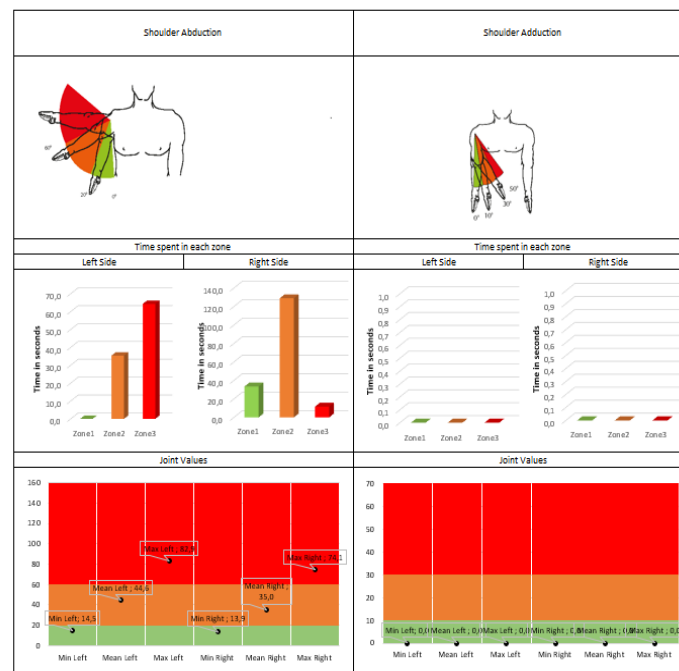
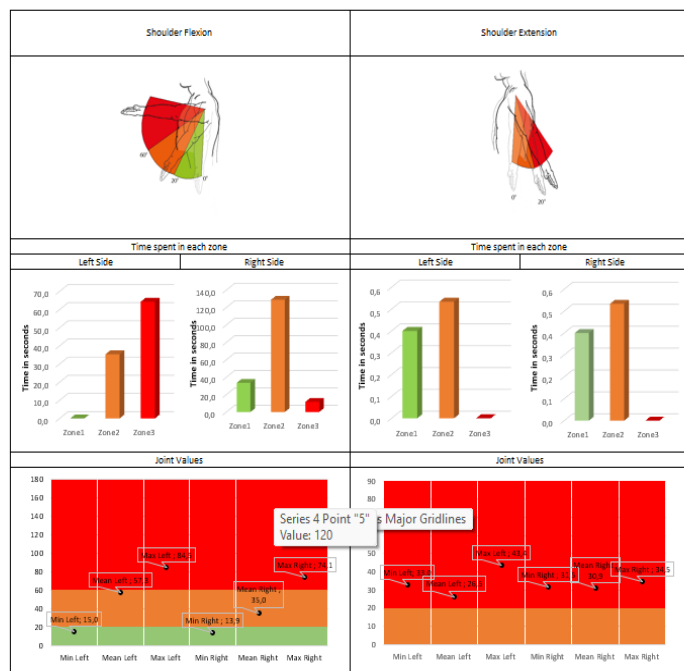
- izvoz izvješća u MS Excel formatu (sirovi podaci i analiza po metodi, sekvenci i ključnim dijelovima tijela)

• ramena

Nawo Nawo Ergonomic Report

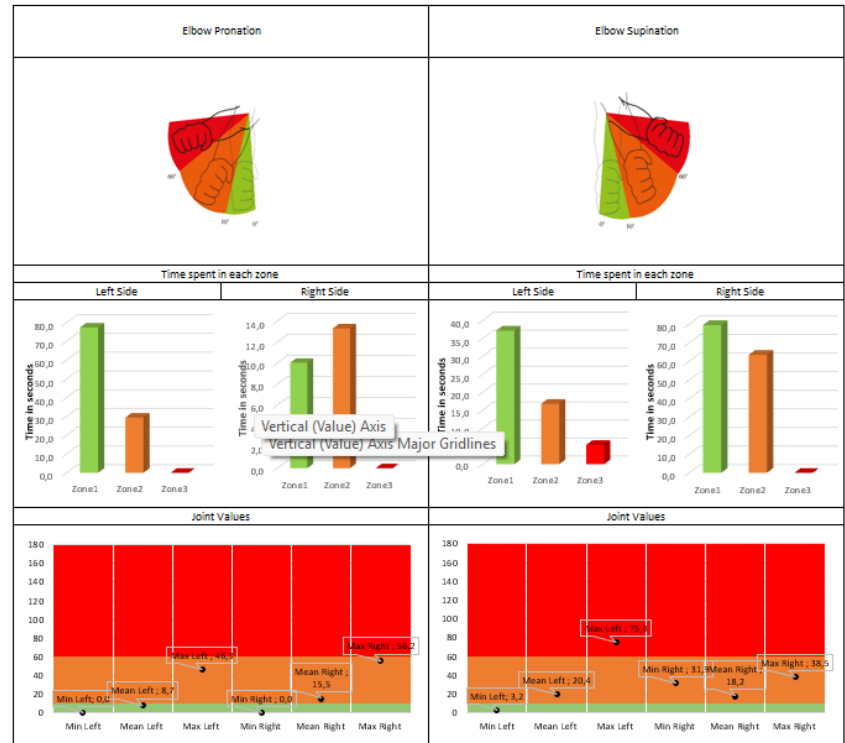
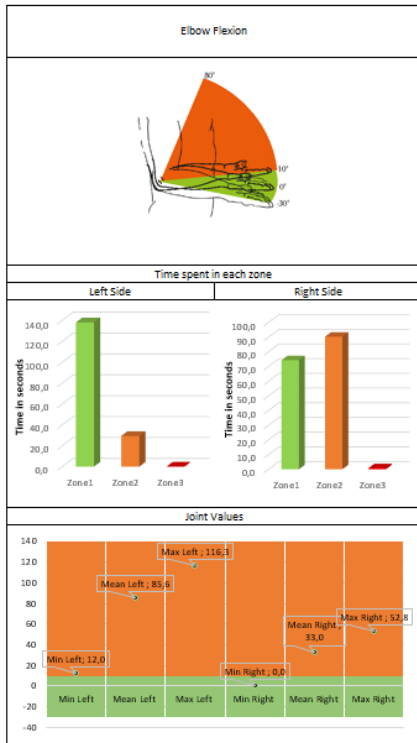
In this section, the joint angles are analyzed as well as the holding times in each risk zone (Zone 1: Low Postural Risk; Zone 2: Medium Risk; Zone 3: High Risk), which is defined according to ergonomic standards and methods. For each joint movement, the min, mean and Max value observed during the working cycle are summarized

Shoulder



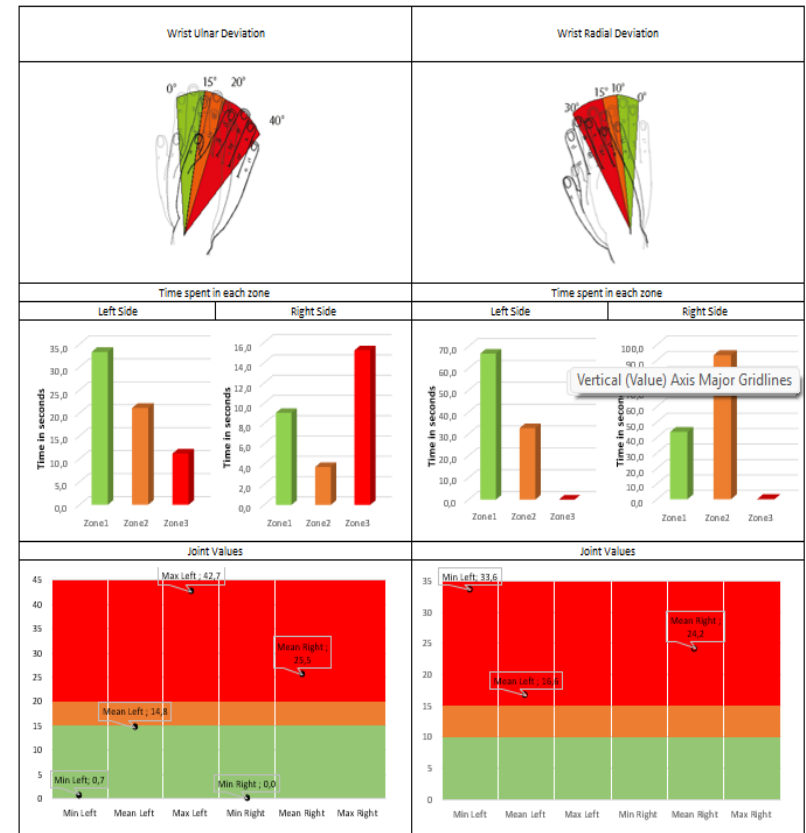
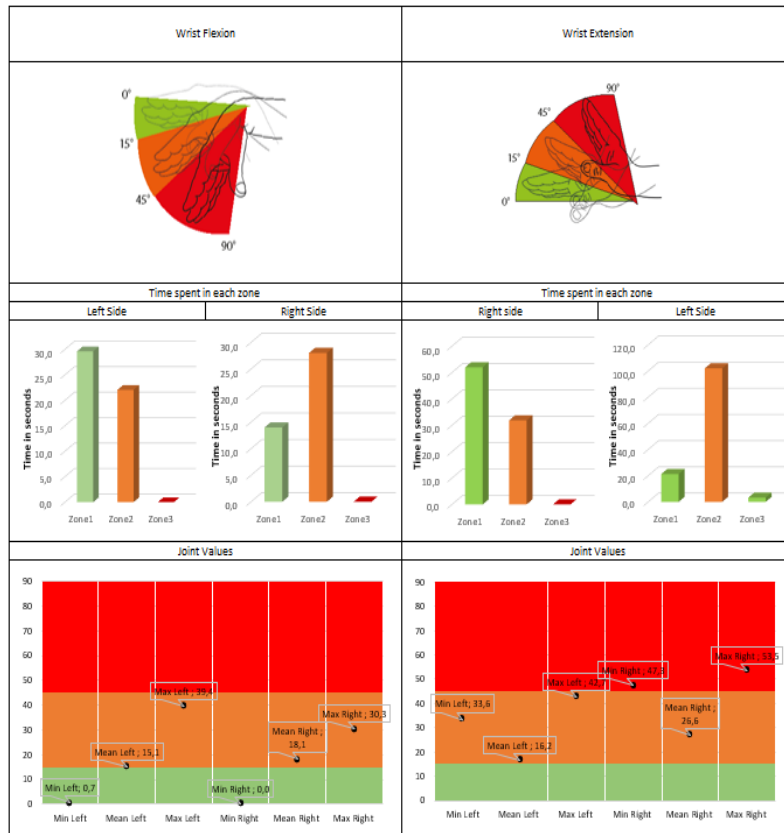
laktovi

Elbow



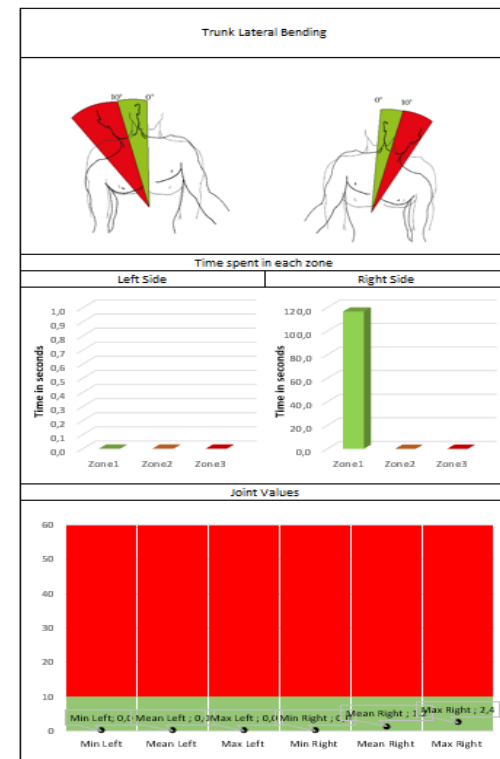
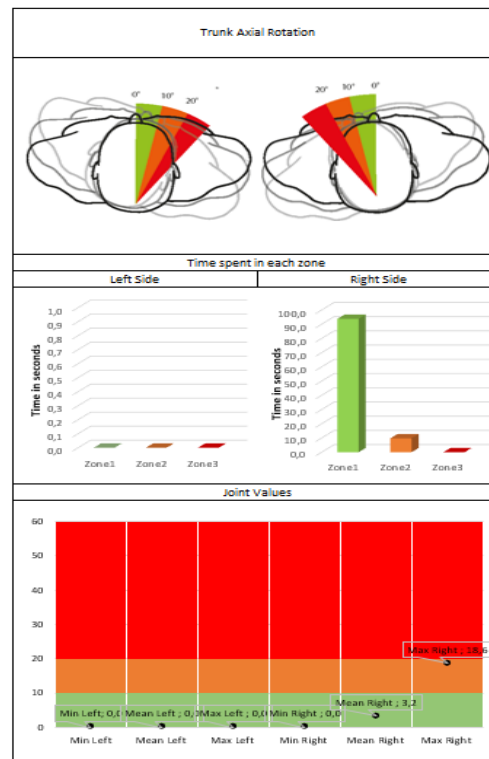
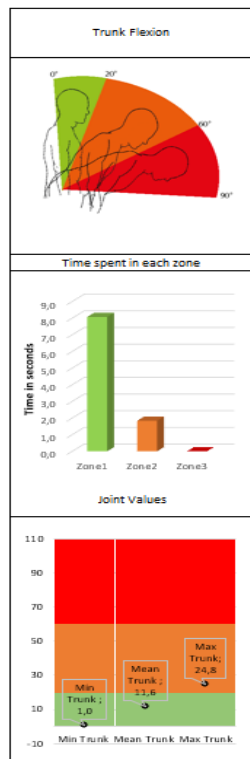
- ručni zglobovi

Wrist



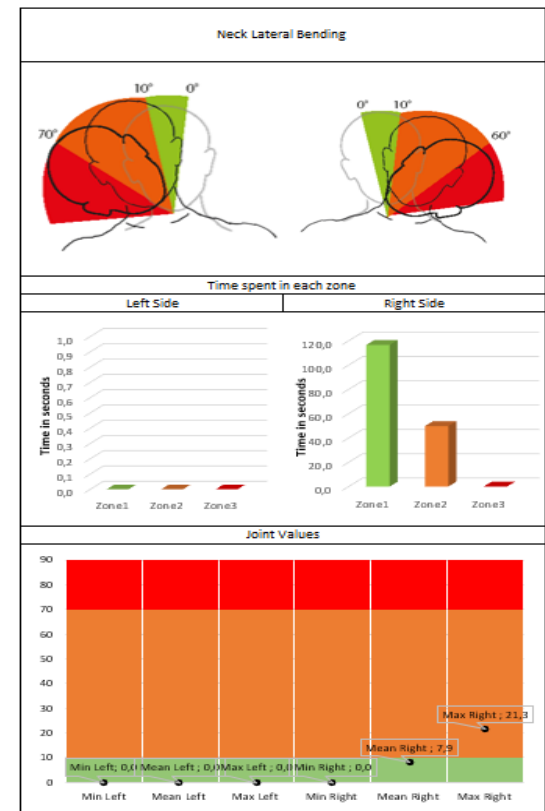
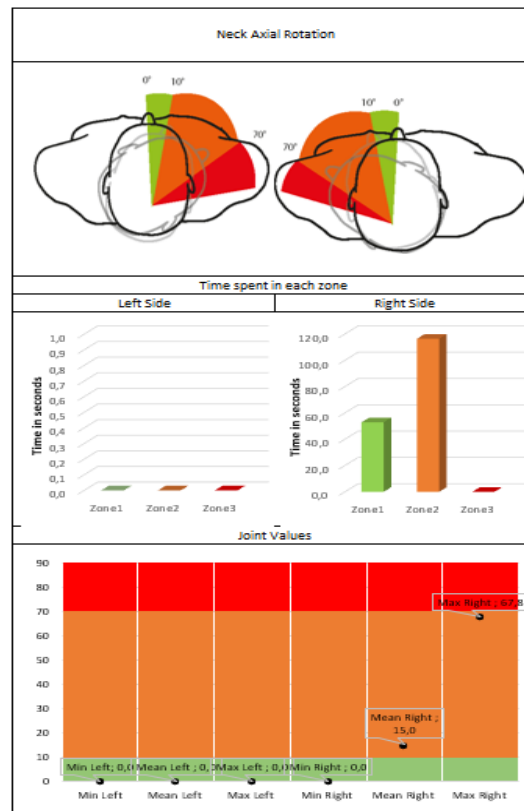
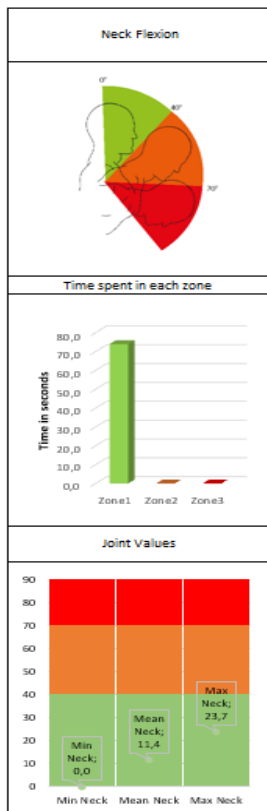
- trup

Trunk



- vrat

Neck



ISKUSTVA I UOČENI PROBLEMI U PRAKSI

- primjena IMU senzora daje mogućnost preciznog snimanja pokreta npr. rotacije u $\pm 1^\circ$
- postupak postavljanja/skidanja senzora i kalibracije traje relativno dugo → kočenje redovnog radnog procesa na terenu
- za svako pojedino mjerenje trebalo bi u potpunosti napuniti senzore, a to vrijeme ovisi o napunjenosti i stanju baterije pojedinog senzora → u praksi dopušteno ograničeno vrijeme snimanja => nema vremena za naknadno punjenje (max. 3 mjerenja)
- u pravilu je potrebno točnu antropometriju provesti za svaku osobu → nedostatak raspoloživog vremena, koristi se univerzalni predložak spol/visina (za RULA i REBA nije kritično, za NIOSH jest)
- za svako radno mjesto bi trebalo ponovno provesti statične kalibracije → uglavnom imamo vremena za prebacivanje vrpce sa sensorima s osobe na osobu, mjerenje EM polja i kalibraciju posture (ako se digitalni lik ispravno ponaša => mjerenje će se uspješno provesti)

IZ PERSPEKTIVE I5.0

-usmjerenost čovjeku –unaprjeđenje
načina i uvjeta rada na RM



- u smislu održivosti i otpornosti u primjeni postupka u domeni projekta i kasnije u nastavi →
 - visoke cijene sklopovlja i licenci za softver,
 - pouzdanost i trajnost sklopovlja,
 - kontinuitet objave pojedinih softvera => (HRV je iz kompleta "NAWO Solution" izbacio aplikacije "NAWO Smart" i "NAWO Studio" zbog problema u primjeni)



NAWO Smart (mobilna, besplatna)

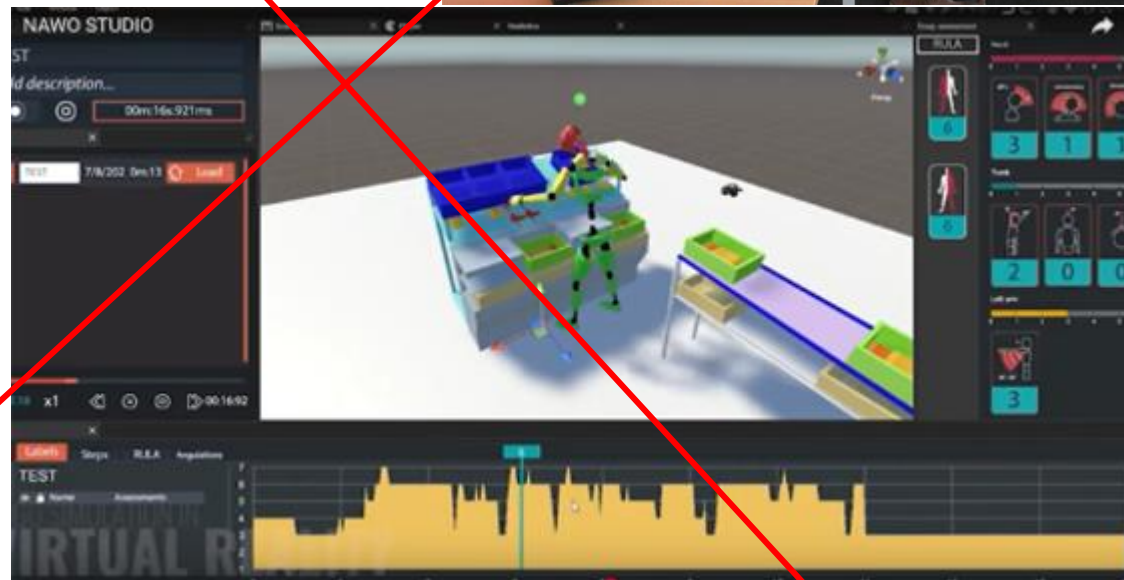
- mogu je koristiti radnici i studenti na praksi tijekom rada → kasnije analiza u NAWO Live => problemi ako je radnik sniman iza neke prepreke



	Sessions	
☒	2020/07/07 - 11:44:07	0m:11s
☐	2020/07/07 - 10:13:39	-
☐	2020/07/03 - 17:49:48	0m:03s
☐	2020/07/07 - 11:39:54	0m:01s
☐	2020/07/03 - 17:48:55	0m:03s
☐	2020/07/06 - 10:30:23	0m:06s
☐	2020/07/06 - 10:37:19	0m:03s
☐	2020/07/06 - 10:35:46	0m:21s
☐	2020/07/07 - 11:44:23	0m:11s
☐	2020/07/06 - 10:30:55	0m:08s

NAWO Studio (VR simulacija RM)

- problem kompatibilnosti VR formata
- nekompatibilnost s VR setovima
- osjetljivost sklopovlja



Hvala na pozornosti !!!

