

## Analiza statodinamičkog opterećenja radnika u tehnološkom procesu krojenja

**Snježana Kirin<sup>1,\*</sup>; Anica Hursa Šajatović<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Veleučilište u Karlovcu, Odjel sigurnost i zaštita, Karlovac, Hrvatska

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

\*Dopisni autor: [snjezana.kirin@vuka.hr](mailto:snjezana.kirin@vuka.hr)

Pristiglo 26. siječnja 2023.

UDK 689.022:159.944

### Izvorni znanstveni rad\*\*

Rad u tehnološkom procesu krojenja izvodi se u stojećem položaju uz znatno opterećenje nogu, ruku i šaka te slabinskog i vratnog dijela kralješnice, pri čemu je potreban visoki stupanj usredotočenosti vida. Primjenom RULA metode analizirano je opterećenje radnika u tehnološkom procesu krojenja za dva karakteristična radna mjesta. RULA metodom utvrđeno je opterećenje tijela uzrokovano radnim položajem s obzirom na zahtjevnost radnog zadatka. Rezultati dobiveni analizom ukazuju na opterećenje nogu, prisutnost pojačane fleksije kralješnice i glave te visok udio rada ruku i prstiju što dovodi do zamora radnika. Dan je prijedlog za preoblikovanje postojećih radnih mjesta čime bi se smanjili nepovoljni radni položaji i povećala produktivnost rada.

**Ključne riječi:** tehnološki proces krojenja; RULA metoda; radno opterećenje

### Original scientific paper\*\*

*Work in the technological cutting process requires a high degree of visual acuity and is performed in a standing posture, resulting in significant stress on the lumbar and cervical spine, as well as the legs, arms, and hands. The workload of workers in the technological cutting process was investigated using the RULA approach at two typical workplaces. The RULA method was used to determine the body load resulting from the work posture in relation to the requirements of the work task. The results of the analysis show a load on the legs, the presence of increased flexion of the spine and head, and a high proportion of hand and finger work, leading to worker fatigue. A proposal was made to redesign the current workplaces in order to reduce awkward working postures and increase work productivity.*

**Keywords:** technological cutting process; RULA method; workload

## 1. Uvod

U suvremenim procesima proizvodnje odjeće organizaciji rada poklanja se velika pažnja radi smanjenja vremena izvođenja tehnološke operacije, održavanja potrebne kvalitete, višeg stupnja korištenja opreme i strojeva, brzog protoka materijala izradaka u proizvodnji te smanjenju opterećenja i zamora radnika [1]. Za svaku tehnološku operaciju potrebno je pravilno oblikovati radno mjesto uz određivanje optimalne metode rada čime se u znatnoj mjeri smanjuje psihofizičko opterećenje radnika.

Tehnološki proces krojenja je prva faza u procesu proizvodnje odjeće koja je zastupljena s oko 20% od ukupnog vremena proizvodnje odjevnog predmeta. Tehnološke operacije krojenja karakterizira međudjelovanje radnika, stroja i okoline čineći složen sustav djelovanja koji ovisi o ljudskoj sposobnosti, vrsti tehnološke operacije, vrsti i tehničkoj opremljenosti stroja te o položaju tijela koji radnik zauzima tijekom izvođenja rada [2]. Rad se izvodi u stojećem položaju, a radnik tijekom izvođenja tehnološke operacije krojenja koristi trup i ruke za rukovanje materijalom i/ili strojem.

U tehnološkom procesu krojenja izvodi se iskrojavanje krojnih naslaga ručno vođenim strojevima i to strojevima s udarnim nožem (grubo iskrojavanje) i strojevima s tračnim nožem (fino iskrojavanje). Kod iskrojavanja s udarnim nožem krojna naslaga miruje, a radnik vodi stroj po konturama krojnih dijelova, dok strojevi tračnim nožem miruju, a radnik ručno vodi naslagu po konturama krojnih dijelova.

Iskrojavanje krojnih naslaga strojevima s udarnim i tračnim nožem radnik izvodi u stojećem položaju uz često prisilni položaj kralješnice i glave zbog potrebne motoričke aktivnosti ruku i vidne koncentracije uslijed vođenja krojne naslage ili stroja po konturama krojnih dijelova. Rukovanje dijelom krojne naslage je olakšano kod strojeva s tračnim nožem ako je radna površina stroja opremljena sustavom mlaznica za stvaranje zračnog jastuka pri čemu je smanjeno trenje između radne površine i krojne naslage, a povećana točnost iskrojavanja [3].

Dosadašnja istraživanja opterećenja radnika u tehnološkom procesu krojenja kod tehnoloških operacija iskrojavanja krojnih naslaga pokazala su da radnici rade u nepovoljnom stojećem položaju uz povećanu fleksiju leđa veću od  $15^\circ$  i fleksiju glave s kutom zakrivljenja većim od  $30^\circ$  [4, 5]. Vrijednosti kuta zakrivljenja vratnog i slabinskog dijela kralješnice ovise o vrsti i metodi izvođenja tehnološke operacije i tjelesnoj visini radnika. Nepovoljan radni položaj očituje se kroz povećani zamor, smanjenje kvalitete izvođenja te dulje vrijeme izvođenja tehnološke operacije.

Opterećenje radnika posljedica su neusklađenosti fizičkih, psihičkih i zdravstvenih mogućnosti radnika sa zahtjevima radnog mjesta, nižeg stupnja organizacije rada, nepovoljnih mikroklimatskih uvjeta odnosno zbog nepridržavanja ergonomskih načela kod oblikovanja radnih mjesta.

Stoga je u procesu krojenja potrebno postići dimenzijski sklad čovjek-stroj-okolina uz povoljan položaj stajanja koji omogućava visok stupanj koordinacije pokreta uz ispravan položaj kralješnice i dobar položaj glave. S obzirom na zahtjeve radnog procesa povoljan radni položaj je lagano pognuti gornji dio leđa do  $15^\circ$  i prednjom fleksijom glave do  $30^\circ$ . Prema statičkom i dinamičkom razmjeru radnika u postupku oblikovanja radnog mjesta potrebno je prilagoditi visinu radne površine koja će omogućiti povoljan raspored radnih zona te osigurati prikladnu dinamičnost i ritmičnost rada [6].

## 2. RULA (Rapid Upper Limb Assessment) metoda

RULA (Rapid Upper Limb Assessment) metodu razvili su McAtamney L. i Corlett E.N. 1993. godine s ciljem određenja stupnja izloženosti radnika nepovoljnim radnim položajima koji mogu dovesti do mišićno-koštanih poremećaja. Metoda RULA koristi se za opažanje i ocjenjivanje biomehaničkih položaja cijelog tijela pri čemu su obuhvaćene ruke (nadlaktica, podlaktica, šaka), vrat, trup i noge te djelovanje mišića dijelova tijela. Temelji se na subjektivnom anketiranju promatrača na pojedinom radnom mjestu [7-9].

Za potrebe provođenja ocjenjivanja radnih položaja tijela prilikom izvođenja radnih zadataka dani su slikovni prikazi za položaj ruku (sl.1) te za položaj tijela (vrat, trup, noge) (sl.2).

S obzirom na dobivenu ocjenu pomoću tab.1 utvrđuje se stupanj opterećenja radnika u tehnološkom procesu i potreba preoblikovanja radnog mjesta s ciljem smanjenja stupnja radnog opterećenja i zamora radnika.

Analizom radnih mjesta RULA metodom dobivaju se podaci o dijelovima tijela s povećanim opterećenjem koje je uzrokovano nepovoljnim oblikovanjem radnih mjesta uz korištenje neadekvatne metode rada. Uočavanje nepovoljnih radnih položaja ili pokreta prilikom izvođenja tehnoloških operacija značajan je podatak za pravilno ergonomsko oblikovanje radnog mjesta i povoljne metode rada. Razvojem računalnih sustava razvijen je računalni program RULA koji olakšava analizu ergonomski nepovoljnih radnih položaja u realnim proizvodnim procesima.

|   |    |    |  |                       |                       |  |
|---|----|----|--|-----------------------|-----------------------|--|
| Ruka – nadlaktica   |    |    |  |                       |                       | - ramena podignuta [+1]<br>- nadlaktica ispružena i odmaknuta od tijela [+1]<br>- ruka naslonjena [-1] |
|   | +1 | +2 | +2   | +3                    | +4                    | dodatni položaji   |
| Ruka – podlaktica   |    |    |  |                       |                       |  |
|   | +1 | +2 | +2   | +1 / dodatni položaji |                       |  |
| Ruka- šaka  |    |    |  |                       |                       |  |
|   | +1 | +2 | +3   | +3                    | +1 / dodatni položaji |  |
| Rotacija šake   |    |    | Opterećenje ruke:<br>- nema opterećenja (opterećenje manje od 20 N [0])<br>- malo opterećenje ( 20 N-100 N) [+1]<br>- statičko opterećenje (20-100 N)/ponavljajući intervali (20-100 N) /isprekidano opterećenje (>100 N) [+2]<br>- statičko opterećenje (1001 N)/ ponavljajući intervali (100 N) / veliko opterećenje (>100 N) [+3] |                       |                       |  |
|   | +1 | +2 |  |                       |                       |  |
| Rad mišića ruke:<br>- položaj ruke je većinom statičan (trajanje duže od 1 min) [+1]<br>- rad ruku je ponavljajući [+1] |    |    |  |                       |                       |  |

Sl.1 Prikaz radnih položaja ruke prema RULA metodi [9]

Tab.1 Prikaz ocjene opterećenja tijela RULA metodom [9]

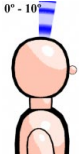







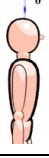


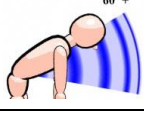






| Ocjena | Rizik | Opis opterećenja   |
|--------|-------|--|
| 1-2    | 1     | Zanemariv rizik; položaj tijela prihvatljiv; preoblikovanje radnog mjesta nije potrebno                                |
| 3-4    | 2     | Niski rizik; opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta u doglednom vremenu       |
| 5-6    | 3     | Srednji rizik; srednje opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta potrebno uskoro |
| 7+     | 4     | Visoki rizik; visoko opterećenje položaja tijela; istražiti detaljnije; preoblikovanje radnog mjesta potrebno odmah    |

### 3. Eksperimentalni dio

Za istraživanje opterećenja radnika u tehnološkom procesu krojenja odabrana su dva radna mjesta iz realnog proizvodnog procesa:

- Iskrojavanje krojne naslage udarnim nožem AYANG CZD 108 s duljinom noža od 12 cm i mogućnošću iskrojavanje krojne naslage do 10 cm (RM1). Visina stola za iskrojavanje iznosila je 95 cm. Radnik tjelesne visine 190 cm je prilikom iskrojavanja krojne naslage tzv. mehaničkim učvršćivanjem – spajalicama učvršćivao krojnu naslagu s krojnom slikom. Po završetku iskrojavanja dijela rotacijom trupa za 180° odlaže krojni dio uz hodanje cca 2-3 koraka na pomoćni stol.
- Iskrojavanje krojne naslage tračnim nožem tt. KURIS RBS 300, s visinom stola od 95 cm, duljinom noža od 4,92 m i mogućnošću rezanja krojne naslage do 20 cm, ali sa radnom površinom bez sustava mlaznica za stvaranje zračnog jastuka. Radnik s pomoćnog stola uzima dijelove krojne naslage hoda do tračnog noža cca 4-5 koraka, izvodi fino iskrojavanje te iskrojene dijelove vraća na isti stol. Tehnološku operaciju izvodi radnik tjelesne visine od 190 cm (RM2).

Snimanje je provedeno pomoću fotoaparata EOS 750D s ugrađenim objektivom EFS 18-135 mm koji ima mogućnost video zapisa.

|  |   |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
| Vrat   |    |    |  |  |
|  | +1  | +2  | +3   | +4  |
| Rotacija vrata   |    |    | dodatni položaji I   |   |
|  | 0   | +1  |  |   |
| Bočni preklon vrata  |    |    | dodatni položaji II  |   |
|  | 0   | +1  |  |   |
| Trup   |    |    |  |  |
|  | +1  | +2  | +3   | +4  |
| Rotacija trupa   |   |   | dodatni položaji I   |   |
|  | 0   | +1  |  |   |
| Preklon trupa  |  |    | dodatni položaji II  |   |
|  | 0   | +1  |  |   |
| Noge   |  |    |  |   |
|  | +1  | +2  |  |   |
| Rad mišića tijela:<br>- položaj tijela statičan više od 1 min [+1]<br>- repetitivni rad [+1] |   | Opterećenje tijela:<br>- bez opterećenja tijelo [0]<br>- opterećenje tijela (20 N-100 N) [+1]<br>- statičko opterećenje(20-100 N) / ponavljajući intervali (20-100 N) / isprekidana sila (>100 N) [+2]<br>- statičko opterećenje (100 N) / ponavljajući intervali (100 N) / veliko opterećenje (> 100 N) [+3] |  |   |

SI.2 Prikaz radnih položaja ruke prema RULA metodi [9]

Snimanje je provedeno za izvođenje tehnološke operacije iskrojavanja udarnim nožem 17 min, a iskrojavanje tračnim nožem 11 min. Veličina snimke je određena prema koeficijentu stabilizacije radnog mjesta (Ks), za 95% vjerojatnost (t=2) i relativnu pogrešku od 5%. Radnik je sniman u sagitalnoj ravnini s desne strane.

#### 4. Rezultati s raspravom

Analiza radnog opterećenja radnika nalazi se u tab.2. Dan je pregled tri karakteristična radna položaja kod iskrojavanja udarnim nožem i tri karakteristična radna položaja za iskrojavanje tračnim nožem pri čemu su dani kutovi zakrivljenja leđnog i vratnog dijela

kralješnice, potrebna rotacija glave i oka te kutovi pokreta nadlaktice i podlaktice za desnu i lijevu ruku. U tab.3 dan je prikaz dobivenih ocjena za karakteristične radne položaje na RM1 i RM2. Na sl.3 dan je prikaz karakterističnih položaja radnika kod iskrojavanja udarnim nožem (RM1) dok je na sl.4 dan prikaz karakterističnih položaja radnika kod iskrojavanja tračnim nožem (RM2).

Iz analize karakterističnih radnih položaja RULA metodom za tehnološku operaciju iskrojavanja udarnim nožem utvrđeno je da radnik stoji za vrijeme izvođenja tehnološke operacije pri čemu radi s prednjom fleksijom i torzijom kralješnice većim od 20°. Glava radnika je u položaju prednje fleksije s kutom većim od 30° uz često bočni naklon i rotaciju trupa. Tijekom iskrojavanja krojnih slojeva radnik radi često s nepovoljnim položajem ruku (nadalaktica-podlaktica-šaka). Za sva tri karakteristična radna položaja opterećenje prema RULA metodi ocijenjeno je ocjenom 7 što zahtjeva analizu radnog mjesta i potrebno je odmah preoblikovati radno mjesto.

Kako bi se postigli povoljniji radni položaji potrebno je tjelesnoj visini radnika prilagoditi visinu radne površine sa 95 na 106 cm. Nadalje se predlaže nabava konzolne izvedbe stroja s udarnim nožem koji omogućava točnije i lakše iskrojavanje, a doprinosi manjem stupnju opterećenja radnika jer konzola preuzima dio mase stroja i olakšava upravljanje strojem s udarnim nožem i rad radnika.

Rezultati analize dobiveni RULA metodom za tehnološku operaciju iskrojavanja tračnim nožem ukazuju da radnik stoji pri čemu radi s prednjom fleksijom kralješnice većim od 15°. Glava radnika je u položaju prednje fleksije, a ruke radnika (nadalaktica-podlaktica-šaka) nalazi se u nepovoljnom položaju. Ukupno opterećenje za karakteristične radne položaje ocijenjeno je ocjenom 7 što zahtjeva preoblikovanje radnog mjesta odmah. Za preoblikovanje radnog mjesta kod tehnološke operacije iskrojavanja tračnim nožem potrebno je radnu površinu sa 95 cm povisiti na 106 cm u skladu s tjelesnom visinom radnika.

**Tab.2** Kutovi zakrivljenja lednog (T), vratnog (C) dijela kralješnice, potrebna rotacija glave i oka (E) i kutovi pokreta nadlaktice (F) i podlaktice (W)

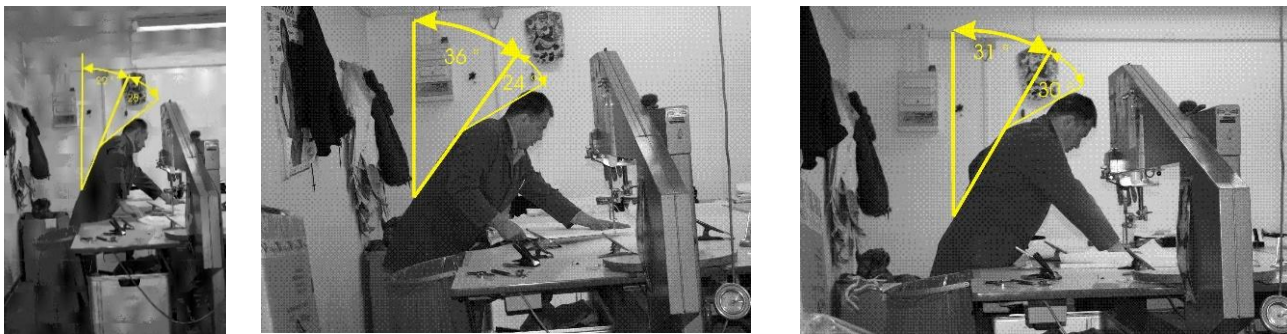
| Tehnološki zahvat                       | Kutovi zakrivljenja leđa (T), vrata (C), rotacija glave i oka (E) [°] | Kutovi pokreta nadlaktice [°] |             | Kutovi pokreta podlaktice [°] |             |
|---|---|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
|   |   | Desna ruka                    | Lijeva ruka | Desna ruka                    | Lijeva ruka |
| <b>RM1 – iskrojavanje udarnim nožem</b> |   |                               |             |                               |             |
| Položaj 1                               | 31/54/50  | 50                            | 30          | 50                            | 45          |
| Položaj 2                               | 57/40/45  | 45                            | 45          | 100                           | 100         |
| Položaj 3                               | 30/50/0   | 20                            | 20          | 30                            | 45          |
| <b>RM2 – iskrojavanje tračnim nožem</b> |   |                               |             |                               |             |
| Položaj 1                               | 22/28/30  | 20                            | 45          | 35                            | 45          |
| Položaj 2                               | 36/24/0   | 25                            | 45          | 45                            | 45          |
| Položaj 3                               | 31/30/0   | 45                            | 20          | 45                            | 45          |

**Tab.3** Prikaz dobivenih ocjena po karakterističnim položajima za RM1 i RM2

| Tehnološki zahvat / opterećenje | RM1 – iskrojavanje udarnim nožem |    |           |    |           |   | RM2 – iskrojavanje tračnim nožem |   |           |   |           |   |
|---------------------------------|----------------------------------|----|-----------|----|-----------|---|----------------------------------|---|-----------|---|-----------|---|
|                                 | Položaj 1                        |    | Položaj 2 |    | Položaj 3 |   | Položaj 1                        |   | Položaj 2 |   | Položaj 3 |   |
| Ruka (desna / lijeva)           | D                                | L  | D         | L  | D         | L | D                                | L | D         | L | D         | L |
| Ruka                            | 7                                | 6  | 6         | 5  | 6         | 5 | 4                                | 6 | 4         | 6 | 6         | 4 |
| Tijelo                          |                                  | 10 |           | 10 |           | 9 |                                  | 9 |           | 7 |           | 7 |
| Ukupno                          | 7                                |    | 7         |    | 7         |   | 7                                |   | 7         |   | 7         |   |



**Sl.3** Prikaz karakterističnih radnih položaja kod iskrojavanja udarnim nožem (RM1)



SI.4 Prikaz karakterističnih radnih položaja kod iskrojavanja tračnim nožem (RM2)

U cilju smanjenja opterećenja tijela radnika (kralješnica-glava-ruke) predlaže se nabava stroja s tračnim nožem koji ima mogućnost podešavanja visine radne površine i ugrađen sustav mlaznica za stvaranje zračnog jastuka koji omogućava lakše rukovanje krojom naslagom te veću točnost iskrojavanja.

## 5. Zaključak

Tehnološki proces krojenja čini složen sustav koji zahtjeva dobre motoričke taktilne i vidne sposobnosti radnika što obuhvaća visoku pokretljivost i koordinaciju pokreta tijela i sustava nadlaktica-podlaktica-šaka. Analizom radnih mjesta kod izvođenja tehnološke operacije iskrojavanja udarnim i tračnim nožem u tehnološkom procesu krojenja RULA metodom utvrđeno je opterećenje radnika i da radna mjesta nisu oblikovana u skladu s ergonomskim načelima. Na oba radna mjesta postoji nesklad u odnosu na tjelesnu visinu radnika što dovodi do statičkih i dinamičkih opterećenja zbog nepovoljnih radnih položaja. Stoga se predlaže usklađivanje visine radne površine tjelesnoj visini radnika. Preoblikovanjem radnog mjesta postiglo bi se manje opterećenje sustava nadlaktica-podlaktica-šaka te manji kutovi prednje fleksije leđnog i vratnog dijela kralješnice. Povoljni kutovi svih kinematičkih lanaca omogućit će dobre motoričke kretnje i njihovo točno i ispravno izvođenje, viši stupanj koordinacije pokreta i povećanje stupnja slobode što će smanjiti opterećenje radnika te omogućiti povećanje satne proizvodnje i dnevnog učinka.

## Literatura:

[1] Šaravanja, B.; Hursa Šajatović, A.; Dragčević, Z. Istraživanje uvjeta radne okoline u tehnološkim procesima proizvodnje odjeće. *Tekstil*,

2018, 67(5-6), pp. 146-154.

<https://hrcak.srce.hr/229012>

- [2] Kirin, S.; Dragčević, Z.: Investigation of Workload in the Technological Sewing Process Using the RULA Method. In: *Proceedings of the 9th International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World of Textiles*, Dragčević Z. Ed, pp. 197-202, Dubrovnik, Croatia, October 7th-10th, 2018, University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zagreb
- [3] Rogale D.; Ujević, D.; Firšt Rogale, S.; Hrastinski, M. *Procesi proizvodnje odjeće*, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska, 2011, pp. 12-18.
- [4] Žunić Lojen, D.; Polajnar, A.; Camlek N. Ergonomsko oblikovanje delovnih mest pri krojenju usnja, *Tekstilec*, 2002, 45(11-12), pp. 341-354.
- [5] Verhovnik, V.; Polajnar, A. *Oblikovanje dela in delovnih mest*, II izdanje, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija, 2007, pp. 45-60.
- [6] Žunić, D., Geršak J. Oblikovanje delovnih mest v konfekcijski industriji, *Tekstilec*, 1991, 34(2-3), pp. 79-84.
- [7] Balantič, Z.; Polajnar, A.; Jevšnik, S. *Ergonomija v teoriji in praksi*, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, Slovenija, 2016), pp. 120-125.
- [8] Stanton, N.A.; Hedge, A.; Brookhuis, K.; Salas, E.; Hendrick, H.W. (Eds.). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods* (1<sup>st</sup> ed.). CRC Press. 2004. <https://doi.org/10.1201/9780203489925>
- [9] McAtamney, L., Corlett, E.N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 1993, 24(2), pp. 91-99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)