

## Računalniško podprta analiza delovnega mesta

*Analiza delovnega mesta je tako kot medicinska preiskava diagnostični postopek. Tako kakor pacient pri preiskavi pričakuje terapijo, tako tudi delavec pričakuje na delovnem mestu ukrepe. Vsi izidi analize tvorijo izhodišče za ergonomske ukrepe, ki jih sestavljajo tehnološke in organizacijske (re)konstrukcije. Pri tem je osrednji strokovnjak inženir oblikovalec, vzporedno z njim sodelujejo še vsaj medicinec dela, biomehanik ter psiholog.*

*V članku je predstavljena primerjalna analiza delovnega mesta med klasično in računalniško podprto izvedbo, ki temelji na presoji podatkov o držah delavca pri delu (opazovalna metoda telesnih drž in položajev OWAS). Dobljeni rezultati kažejo na ustreznost in prednosti računalniško podprte analize.*

***Ključne besede:** računalniško oblikovanje delovnega mesta, OWAS analiza, dinamična analiza*

### Computer-Aided Workplace Analysis

*The analysis of a workplace is a diagnostic procedure, as is a medical examination. The worker expects a remedial action as a result of the workplace analysis just like a patient expects a therapy after a medical examination. The results of a workplace analysis represent the basis for subsequent ergonomic measures that consist of technological and organizational modifications. The central expert involved is the workplace designer (engineer), who is assisted at least by one expert in occupational health (industrial medical officer), and one expert in biomechanics and a psychologist. The paper presents a comparative study of the classical and the computer-aided version of a workplace analysis dealing with the posture of workers at work. The study is based on the assessment of postural data obtained by OWAS (the observation method). The results obtained show the advantages of the computer-aided analysis and confirm its applicability in engineering practice.*

***Keywords:** computer-aided workplace analysis, OWAS analysis, dynamic analysis*

UDK 65.015.3

### 1.0 UVOD

Delo je v tesnem stiku s človekom, njegovo naravo in potrebami. Pri tem je potrebno razmišljati, kakšne so pri tem obremenitve človeka in kako bi mu lahko delo olajšali in s tem povečali učinke dela. Namen oblikovanja delovnega mesta je zagotoviti delavcu prijetno in udobno delovno okolje ter zmanjšati odvečne gibe, ki lahko zaradi ponavljanja privedejo do preobremenjenosti in preutrujenosti človeškega telesa. To se kaže kot zmanjšanje koncentracije pri delu in kot zmanjšanje kakovosti izdelave izdelkov. Prav tako je potrebno delavcu prilagoditi dimenzije delovnega me-

sta. Kadar ima delavec neprimerno nameščene delovne in sedežne površine, pride namreč do obremenitve hrbtenice, sklepov in nekaterih skupin mišic. Problem poskušamo rešiti s primerno nastavljenimi delovnimi in sedežnimi površinami.

### 2.0 STATIČNE IN DINAMIČNE FIZIČNE OBREMNITVE

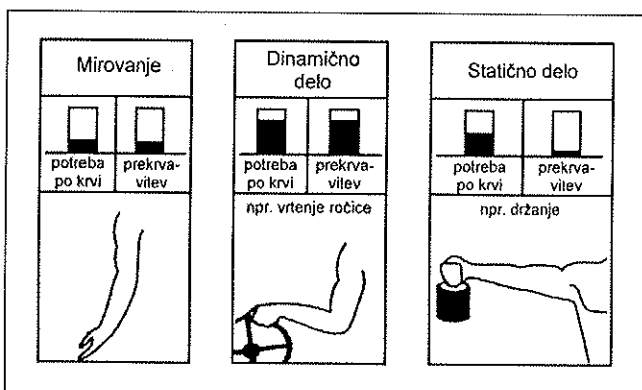
Obremenitve se lahko označijo glede na vrsto, moč ali trajanje učinkovanja na človeka. Za posledice obremenitev je pomemben vrstni red oziroma seštevanje

njihovega delovanja. Razlikujemo štiri oblike mišičnega dela, ki jih označujejo različne zahteve [1]:

- delo v statični drži,
- statično delo - z držanjem orodja,
- težko dinamično delo in
- enostransko dinamično delo.

O statičnem delu govorimo takrat, kadar je mišica dalj časa napeta. Tako delo je zelo utrujajoče, ker se mišice hitro utrudijo. Pri dinamičnem mišičnem delu se hitro menjujeta kontrakcija in ohlapnost, kar izboljša prekrvavitev in je manj utrujajoče.

Velikost obremenitve se da določiti pri telesnem delu pa tudi pri enostranskem in težkem dinamičnem mišičnem delu vsaj delno s številkami z analizo telesne drže in položaja pri statičnem delu. Pri različnih oblikah dela se potrebe po krvi in prekrvavitev v mišicah razlikujejo, slika 1.



Slika 1: Prekrvavitev mišic pri mirovanju ter pri dinamičnem in statičnem delu [2]

### 3.0 ANALIZA DELOVNIH MEST

Z analizo delovnih mest določimo obremenitve in obremenjenosti delavca na delovnem mestu. Pri tem se uporablja več metod oz. tehnik opazovanja in merjenja. Ali je delovno mesto ustrezno oblikovano, lahko presodimo tudi na podlagi podatkov o držah delavca pri delu. Metoda, s katero pridemo do teh podatkov, je opazovalna metoda telesnih drž in položajev OWAS. Poleg tega moramo poznati pravila razporeditve delovnih sredstev in predmetov dela na delovnem mestu, pri čemer si pomagamo z vidnimi koti in dosegi. Pri analizi nam pomaga tudi poznavanje ergonomске antropometrije, na podlagi katere se določijo ustrezne višine delovnih površin in stolov pa tudi dosegi.

#### 3.1 Opazovalna metoda telesnih položajev OWAS

Pri opazovalni metodi OWAS (*Ovako Working Analyzing System*) opazujemo drže in položaje delavca med delom. Pri tem so zajeti štirje vzorci drže torakolumbalne hrbtenice, pet vzorcev drže cervikalne hrbtenice (položaj glave), štirje vzorci drže zgornjih udov, trije vzorci drže prstov rok, sedem vzorcev drže spodnjih udov, dva gibalna vzorca in trije vzorci uporov [3], dodani pa sta še aktivnost spodnjih udov in položaji prstov nedominantne roke [1]. Zabeležke pri opazovanju drž in položajev delavca zapisujemo v ustrezen obrazec, slika 2.

SEGMENT	1.0 TORAK. HRBT.				2.0 ZGORNJA UDA				3.0 ROKI				4.0 SPODNJA UDA							5.0 GLAVA					6. SILE (N)			SP. UDA		NEDOM. ROKA				
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	6.1	6.2	6.3	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2
KR. GADN	312	313	314	315	D. K.	320	320	320	331	332	333	334	310	B. K.	320	321	316	317	323	311	B. K.	B. K.	B. K.	318	318	318	105	106	107	330	B. K.	334	335	335
MODIFIKACIJA OWAS	[stick figures]				[stick figures]				[stick figures]				[stick figures]							[stick figures]					[stick figures]			[stick figures]		[stick figures]				
1. URA																																		
2. URA																																		
3. URA																																		
4. URA																																		
5. URA																																		
6. URA																																		
7. URA																																		
8. URA																																		

Slika 2: Prikaz obrazca za zajemanje podatkov pri OWAS analizi [1]

Po končanem opazovanju seštejemo zabeležke za vsak delovni položaj po skupinah od ena do šest in izračunamo deleže posameznih drž  $p_i$ :

$$p_i = \frac{\sum F_{p_i} \cdot 100}{\sum F_s} \quad (1)$$

in čas trajanja posameznega telesnega položaja  $t_{pi}$  v okviru dnevnega delovnega časa:

$$t_{pi} = \frac{t_D \cdot p_i}{100} \quad (2)$$

kjer je:

$\sum F_{p_i}$  – seštevek zabeležk posameznega telesnega položaja,

$\sum F_s$  – seštevek zabeležk v skupini.

$t_D$  – dnevni delovni čas, min.

Izračunane vrednosti nato ovrednotimo s pomočjo ocenjevalne preglednice, slika 3. Po primerjavi izmerjenih deležev za posamezne položaje z vrednostmi v ocenjevalni preglednici ocenimo potrebe po izvajanju ukrepov na opazovanem delovnem mestu. Pri tem ugotovimo, ali so drže in položaji normalni in ukrepi niso potrebni, ali pa, da so ukrepi potrebni v doglednem času oziroma takoj.

SEG.	TORAKOLUMB. HRBT.				ZGORNJA UDA				ROKI		
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3
OWAS											
%											
10	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
20	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
30	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
40	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
50	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
60	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
70	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
80	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
90	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
100	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

SEG.	SPODNJA UDA								
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9
OWAS									
%									
10	□	□	□	□	□	□	□	□	□
20	□	□	□	□	□	□	□	□	□
30	□	□	□	□	□	□	□	□	□
40	□	□	□	□	□	□	□	□	□
50	□	□	□	□	□	□	□	□	□
60	□	□	□	□	□	□	□	□	□
70	□	□	□	□	□	□	□	□	□
80	□	□	□	□	□	□	□	□	□
90	□	□	□	□	□	□	□	□	□
100	□	□	□	□	□	□	□	□	□

SEG.	GLAVA				SILE [N]		
	5.1	5.2	5.3	5.4	5.1	5.2	5.3
OWAS					10	100	>199
%							
10	□	□	□	□	□	□	□
20	□	□	□	□	□	□	□
30	□	□	□	□	□	□	□
40	□	□	□	□	□	□	□
50	□	□	□	□	□	□	□
60	□	□	□	□	□	□	□
70	□	□	□	□	□	□	□
80	□	□	□	□	□	□	□
90	□	□	□	□	□	□	□
100	□	□	□	□	□	□	□

Legenda: □ ukrepi niso potrebni    ▲ ukrepi so potrebni takoj  
 ● ukrepi so potrebni v doglednem času    ★ potrebno natančnejše raziskovanje

Ovaco Working Analysing System

Slika 3: Ocenjevalna preglednica pri OWAS-u

### 3.2 Vidno polje

Pri oblikovanju delovnih mest so pomembna vertikalna in horizontalna vidna polja s pripadajočimi vidnimi koti. Vidno polje je definirano kot zunanji svet, ki ga istočasno vidimo, ko fiksiramo določeno točko. Z gibanjem zrkel, glave in trupa se lahko razširi, s čimer je prostor v celoti obvladljiv [1].

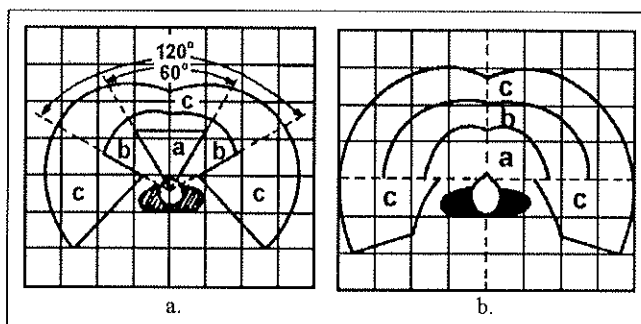
Pri oblikovanju delovnih mest nas zanimajo predvsem optimalna vertikalna in horizontalna vidna polja, v katerih morajo biti razporejeni vidni objekti. Optimalni horizontalni binokularni (za vsako oko posebej) vidni kot zavzema vrednost 15° na obe strani referentne osi, medtem ko optimalno horizontalno vidno polje zaznavanja s premikom oči obsega kot 60° do 70° tj. 30° do 35° na vsako stran referentne osi. Optimalni horizontalni vidokrog, ki nastane s premikom glave za 25° od referentne linije v levo in desno, meri 110° do 120° [4,5].

Optimalno vertikalno vidno polje obsega področje ± 15° od normalne vidne osi oz. -15° do -45° glede na horizontalno vidno os. Optimalno vertikalno vidno polje zaznavanja s premikom oči se začne pod kotom -5° ter konča pod kotom -55° glede na horizontalno vidno os. Optimalni vertikalni vidokrog oz. območje nastane s premikom osi glave za 20° naprej od navpične osi trupa oz. za 25° nazaj in meri 50° do -65° glede na horizontalno vidno os [4].

Ukazna in informacijska sredstva, ki so pogosto v rabi, morajo biti v vodoravni ravnini znotraj 80° [6].

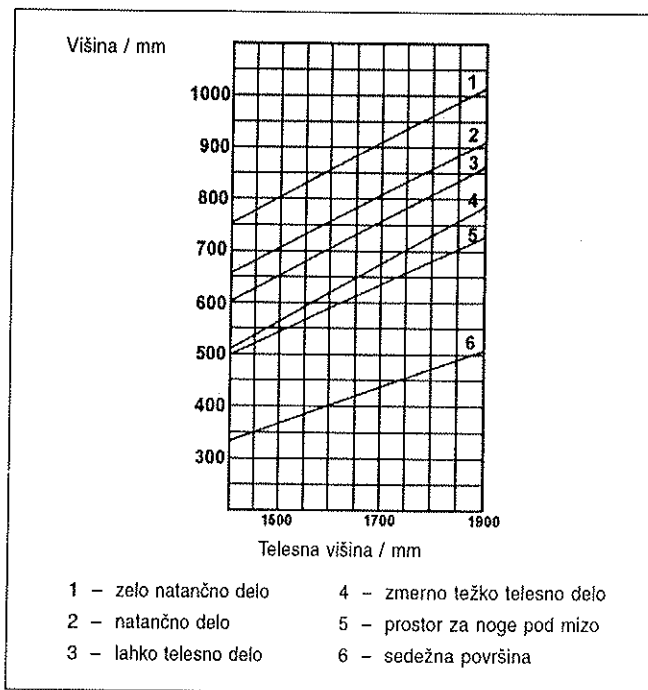
### 3.3 Določanje dimenzij delovnega mesta

Pri določanju dimenzij delovnega mesta moramo upoštevati spoznanja ergonomске antropometrije. Višine delovnih površin in stolov se prilagajajo telesnim meram delavcev. Od dosegov rok so nadalje odvisna področja, v katerih se nahajajo delovna sredstva in predmeti dela. Ta področja se med seboj razlikujejo glede na sedeč ali stoječ položaj pri delu, slika 4.



Slika 4: Doseg v vodoravni ravnini; a – sedeč delovni položaj, b – stoječ delovni položaj  
 a – cona motoričnega polja  
 b – cona lahko dostopnega motoričnega polja  
 c – cona redko aktiviranih komand

Pri določanju višin si pomagamo z diagrami, kjer na podlagi telesnih višin in vrste dela odčitamo višino delovne površine in stola za sedeče ali stoječe delovno mesto. Na sliki 5 je prikazan diagram za izbiro višine delovne površine in stola pri sedečem delu [7].



Slika 5: Diagram za določanje višin delovnih površin in stola pri sedečem delu glede na telesno višino

#### 4.0 RAČUNALNIŠKO PODPRTO OBLIKOVANJE DELOVNIH MEST

Pri analizi delovnega mesta si lahko pomagamo tudi z ustreznimi računalniškimi programi, ki vključujejo različne analize s področja oblikovanja delovnih mest.

Pri tem so upoštevani določeni standardi in smernice s področja ergonomije in oblikovanja delovnih mest.

Računalniški program ERGOPlan [8] omogoča oblikovno, ergonomsko, stroškovno in časovno analizo delovnega mesta. Zajema več modulov, od katerih se za oblikovanje delovnega mesta uporabljata ERGOMas in ERGOMan. Z modulom ERGOMas se izdelava delovno mesto, obremenitve delavca na posameznem delovnem mestu pa so določene s simulacijo gibov v modulu ERGOMan.

ERGOMas je paket računalniške opreme za grobo in fino oblikovanje ročnih ter polavtomatskih delovnih sistemov [9]. V sklopu programa so tudi ergonomske analize, kot je polje dosega in vidno polje. Analiza polja dosega nam prikaže prostor, v katerem delavec še doseže predmete dela, analiza vidnega polja pa nam pokaže center delovnega vidnega polja.

Modul ERGOMan [10] vključuje statično in dinamično analizo delovnega mesta. Preden začnemo statično analizo, določimo tip modela človeka, izberemo položaj delavca med delom (sedeč ali stoječ), pri sedečem delu tudi položaj pri sedenju, določimo zasuke telesa, naklon glave ter definiramo položaj modela. Sistem podpira dva tipa človeških modelov. Izbiramo lahko med ERGOMan in ANTHROPOS modelom. Podan je skelet človeka, na katerem so definirani deli telesa in sklepi, kot so zapestja, komolci, ramena, vrat, prsne kosti, križ, kolki in kolena in katerim lahko določimo smer želenega premika. S posebno funkcijo model »naučimo« gibov. Tehnološko operacijo, ki jo izvaja delavec in jo želimo analizirati, razdelimo na posamezne gibe in vsak gib posebej definiramo (prijem, držanje, premikanje, spuščanje...). Po zaključeni izbiri gibov se predvaja simulacija dela.

Glede na podane parametre dobimo kot rezultat izris vidnega polja delavca, iz katerega ugotovimo, ali so predmeti dela v ožjem delovnem področju vidni,

Hrbtenica	Noge	1			2			3			4			5			6			7			
		Sile		3	Sile		3	Sile		3	Sile		3	Sile		3	Sile		3	Sile		3	
		1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		1	2		1
1	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	1	□	□	■	□	□	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	□	□	■	□	□	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	3	■	■	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	3	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	1	□	■	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	□	■	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	3	■	■	■	□	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Slika 6: Okno matrice OWAS analize (■ normalna drža, □ drža, ki jo je potrebno spremeniti v bližnji prihodnosti, ■ drža, ki jo je potrebno spremeniti takoj, ■ drža, ki nikakor ni dopustna)

ter izris delovnega mesta s področjem dosega rok, iz katerih lahko vidimo, ali so predmeti dela in pripomočki v optimalnih področjih seganja.

Pri dinamični analizi delovnega mesta se izvede simulacija delavčevih gibov med delom. V okviru dinamične analize lahko izvedemo več analiz: OWAS, izračun maksimalnih sil in momentov, ki delujejo na sklepe, MTM analizo idr.

Telesne drže delavca med delom ovrednotimo z OWAS analizo, ki jo sproti spremljamo med simulacijo in takoj vidimo problematična območja. Računalniški program ima programirano matriko OWAS, po kateri analizira in oblikuje rezultate simulacije. Zaradi lažjega pregleda nad rezultati so posamezne kategorije obarvane z različnimi barvami, ki se prikazujejo med simulacijo posameznih tehnoloških postopkov, slika 6. Te kategorije so normalna drža (zelena barva), drža, ki jo je potrebno spremeniti v bližnji prihodnosti oz. v doglednem času (rumena barva), drža, ki jo je potrebno spremeniti takoj (oranžna barva) in drža, ki nikakor ni dopustna in je potrebno ukrepati takoj (rdeča barva). Nenaravne in zdravju škodljive gibe in drže telesa lahko na ta način hitro izsledimo ter pravočasno ukrepamo. Ta matrika vključuje 4 drže hrbtenice, 3 drže rok, 7 položajev nog in 3 obremenitve zaradi delovanja sil. Položaji glave in nekateri položaji nog še niso vključeni v analizo.

Ob koncu simulacije program izriše grafični rezultat celotnega postopka OWAS analize, kjer je vidna časovna odvisnost drž delavca od odvijanja tehnološke operacije.

Pri MTM analizi imamo na voljo več možnih grafičnih rezultatov za vsak sklep posebej in za različne veličine ter odnose med njimi. Izbiramo lahko izris diagramov navor, moč, kot, pot v odvisnosti od časa, kota ali poti.

## 5.0 METODIKA

Izvedena je bila klasična in računalniško podprta analiza delovnega mesta.

Na opazovanem delovnem mestu je delavka šivala zaščitne rokavice iz usnja, slika 7, na usnjarskem baznem šivalnem stroju znamke NECCHI BAGAT 910-113. Dele jemlje in odlaga na vozička, nameščena na obeh straneh šivalnega stroja.

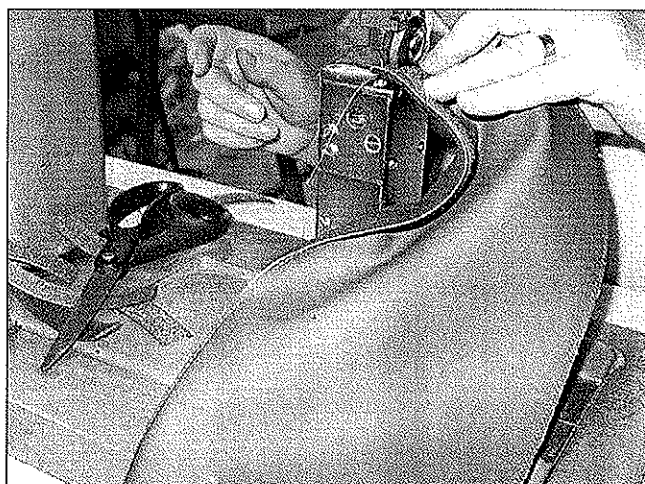


Slika 7: Zaščitne usnjene rokavice

## 5.1 Dimenzije delovnega mesta

Šivalni stroj in delovna površina:

- delovna površina: 1045 mm × 550 mm, višina 755 mm,
- pedal: 260 × 220 mm,
- leseni podest pod glavo šivalnega stroja je dvignjen spredaj za 10 mm, zadaj za 45 mm, širine 275 mm in dolžine 630 mm,
- višina šivalnega stebrička je 145 mm (slika 8).



Slika 8: Šivalni stebriček na usnjarskem šivalnem stroju

Stol:

- višina sedala 530 mm,
- širina sedala 390 mm,
- višina naslona – zgornja 390 mm,
- višina naslona – spodnja 195 mm,
- širina naslona 370 mm.

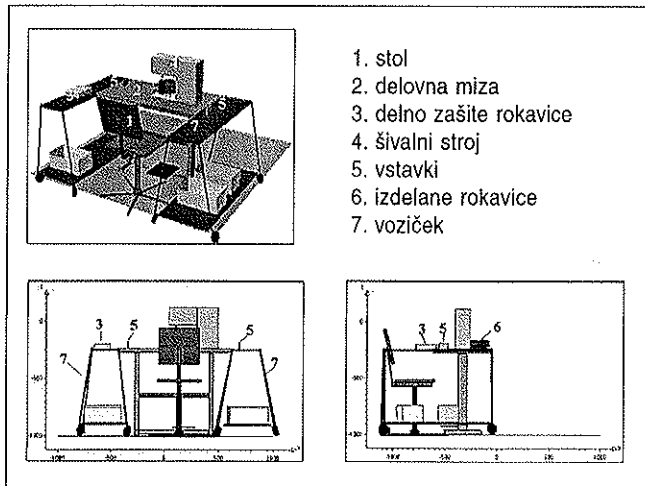
Voziček:

- višina 760 mm,
- dolžina 1050 mm,
- zgornja širina vozička: 260 mm, spodnja širina: 435 mm.

**Preglednica 1:** Tehnološki postopki tehnološke operacije šivanja zaščitnih rokavic

Zap. št.	Tehnološki postopek
1.	Jemanje manjšega prstnega vstavka
2.	Polaganje manjšega prstnega vstavka na rokavico
3.	Polaganje rokavice s prstnim vstavkom pod šivalno tačko
4.	Šivanje
5.	Jemanje večjega prstnega vstavka in polaganje na rokavico
6.	Šivanje
7.	Jemanje večjega prstnega vstavka in polaganje na rokavico
8.	Šivanje
9.	Zatrjevanje »kazalca«
10.	Odlaganje rokavice

Za lažje preučevanje delavke pri statični in dinamični analizi delovnega mesta je bilo delovno mesto šivilje narisano po dejanskih dimenzijah z računalniškim programom ERGOMas, slika 9.



Slika 9: Delovno mesto šivilje, narisano z računalniškim programom ERGOMas

V preglednici 1 je predstavljena delitev analizirane tehnološke operacije šivanja zaščitnih rokavic na posamezne tehnološke postopke.

## 6.0 REZULTATI

Rezultati so razdeljeni v dva dela. Prvi del vključuje rezultate, dobljene s klasičnim potekom raziskav in vklju-

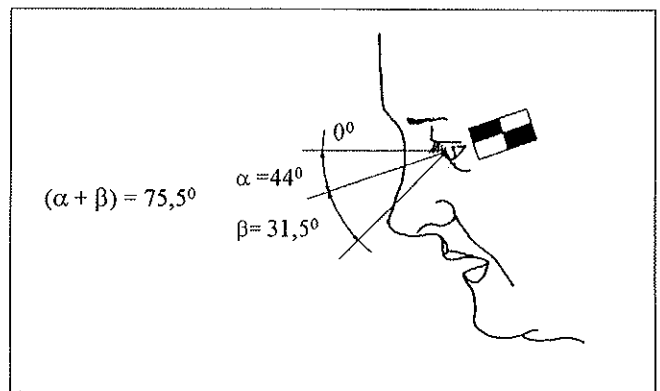
čuje OWAS analizo ter rezultate merjenja nagiba pogleda, medtem ko drugi del vsebuje rezultate, dobljene s pomočjo računalniško podprte analize delovnega mesta.

### 6.1 Drže in položaji pri delu po klasični metodi OWAS

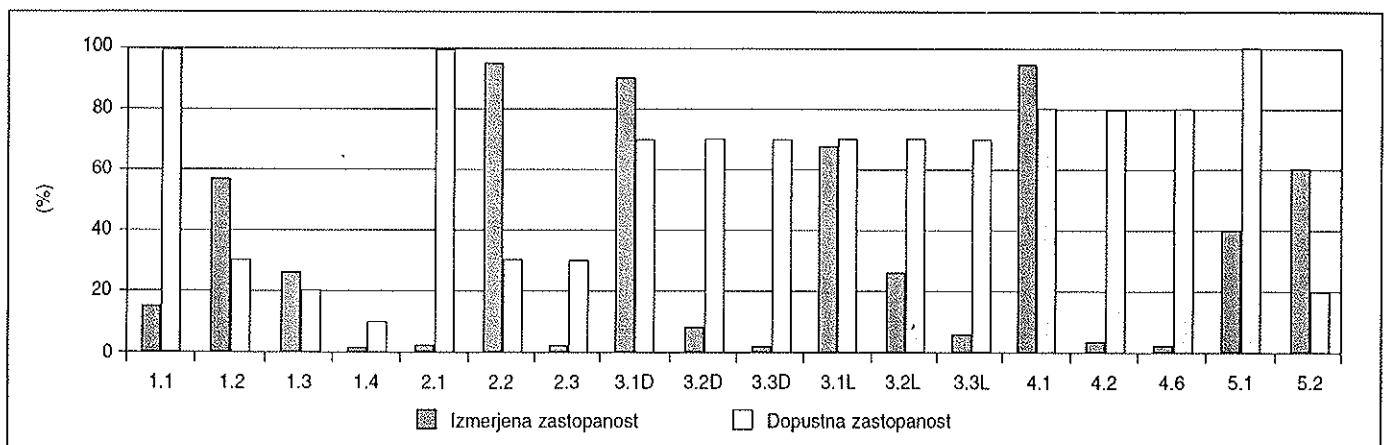
Časovna in odstotkovna zastopanost posameznih drž in položajev na podlagi OWAS analize je prikazana v preglednici 2, medtem ko je primerjava dopustnih in izmerjenih zastopanosti prikazana na sliki 10.

#### Nagib pogleda

Rezultati meritev nagiba glave oz. glave in hrbta  $\alpha$ , nagiba očesnih zrkel  $\beta$  ter izračunan nagib pogleda ( $\alpha + \beta$ ), so podani na sliki 11.



Slika 11: Prikaz izmerjenih kotov nagiba glave in hrbta ter nagiba očesnih zrkel



Slika 10: Dopustne in izmerjene zastopanosti posameznih drž in položajev z metodo OWAS

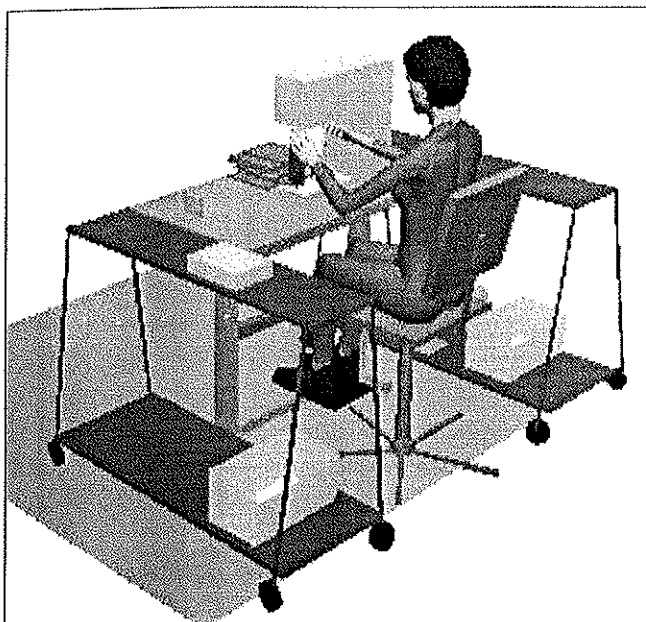
Preglednica 2: Zastopanost drž in položajev pri delu zbranih z ocenjevalno metodo OWAS ( $\Delta$  – ukrepi niso potrebni,  $\square$  – ukrepe je treba izvesti v doglednem času,  $\bullet$  – ukrepe je potrebno izvesti takoj,  $\circ$  – položaj je potrebno podrobneje preučiti)

	Oznaka drž																		
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1D	3.2D	3.3D	3.1L	3.2L	3.3L	4.1	4.2	4.6	5.1	5.2	
Zastopanost / %	15	57,5	26,7	0,8	2,5	95,8	1,7	90,0	8,3	1,7	68,3	25,8	5,8	95,0	3,3	1,7	40,0	60,0	
Čas / min	72	276	128	4	12	460	8	432	40	8	328	124	28	456	16	8	192	288	
Ukrep	$\Delta$	$\square$	$\square$	$\square$	$\Delta$	$\bullet$	$\Delta$	$\circ$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\square$	$\Delta$	$\Delta$	$\Delta$	$\bullet$	

## 6.2 Rezultati računalniško podprte analize delovnega mesta

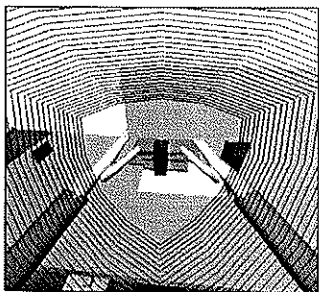
Delovno mesto je bilo analizirano tudi s pomočjo računalniškega programa ERGOPlan oz. njegovih modulov ERGOMas in ERGOMan.

Izhodišče analize delovnega mesta predstavljajo dejanske dimenzije analiziranega delovnega mesta in telesnih mer delavke ter podatki o odvijanju tehnološke operacije, preglednica 1. Glede na karakteristike delavke in načina izvajanja dela je bil za statično analizo delovnega mesta v programu izbran sedeč rahlo naprejšnji položaj, slika 12, in delavka, ki spada glede na telesne mere v skupino od 5 do 50 percentilov.

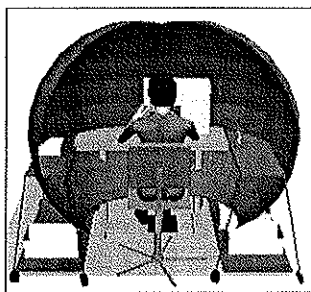


**Slika 12:** Položaj delavke na delovnem mestu – statična analiza

Rezultati statične analize prikazujejo vidno polje delavke, slika 13, in področje dosega rok na delovnem mestu, slika 14.



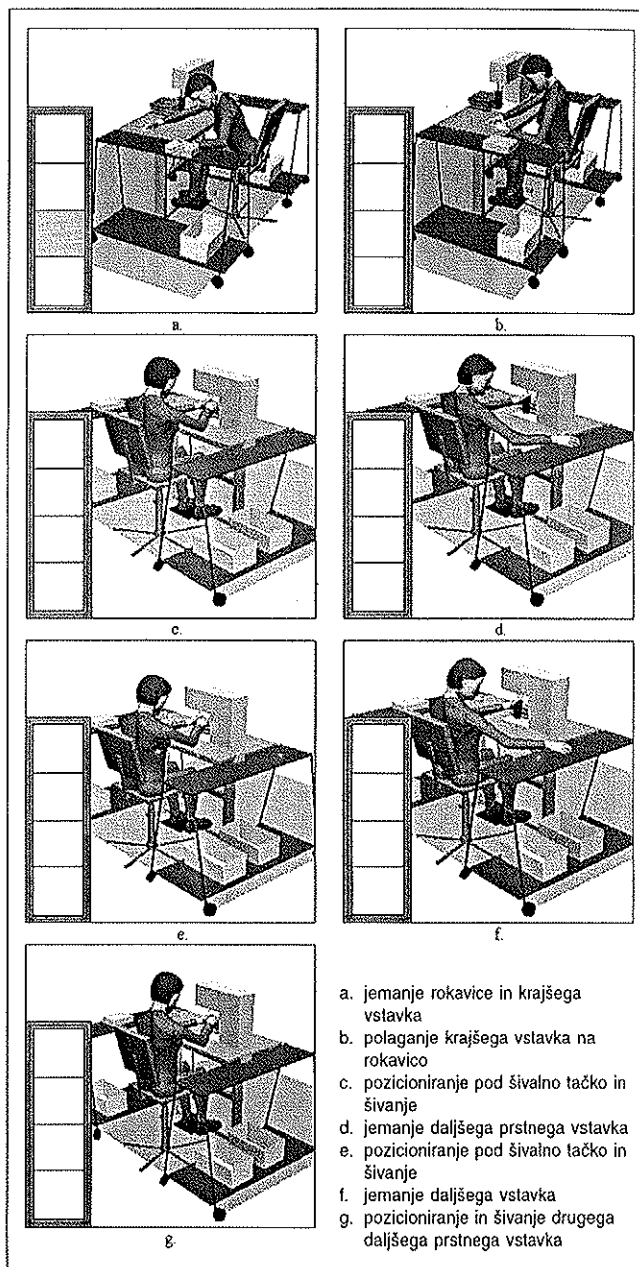
**Slika 13:** Vidno polje delavke na delovnem mestu



**Slika 14:** Doseg rok pri statični analizi

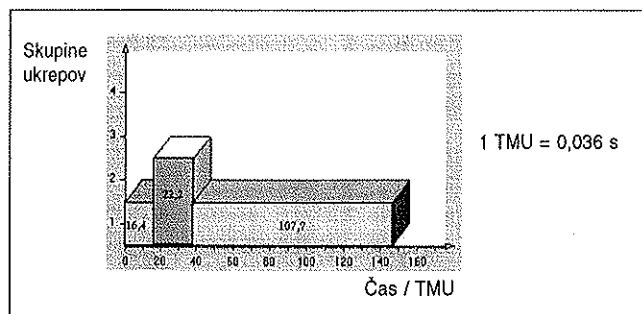
Dinamična analiza tehnološke operacije šivanja usnjenih zaščitnih rokavic po posameznih tehnoloških postopkih je prikazana na sliki 15. Na posameznih sli-

kah so prikazani posamezni postopki tehnološke operacije z rezultati OWAS analize.



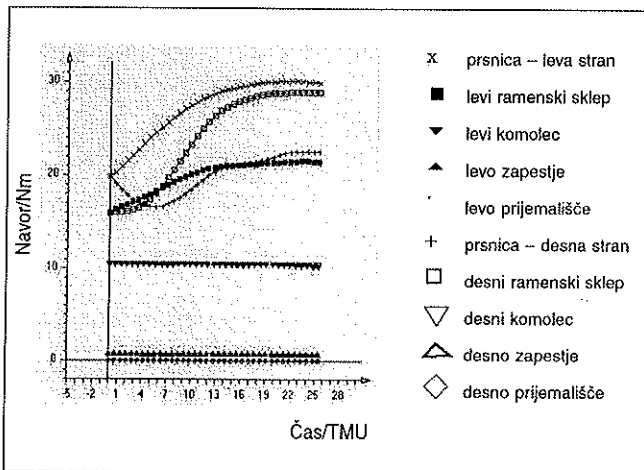
**Slika 15:** Prikaz dinamične analize delovnega mesta z OWAS-om

Časovna odvisnost ukrepov glede na potek tehnološke operacije je prikazana na sliki 16.



**Slika 16:** OWAS analiza osnovnega delovnega mesta za celotno operacijo

Da bi lahko ugotovili, pri katerih delih telesa nastanejo prevelike obremenitve, izberemo še prikaz diagrama navor-čas, slika 17.



**Slika 17:** Prikaz navora za posamezne sklepe v časovnem intervalu s pojavom neugodnih drž

## 7.0 RAZPRAVA

Iz opazovanja delavke je vidno, da je večino delovnega časa nagnjena naprej in ne uporablja naslona stola. Včasih se nasloni le med obrezovanjem rokavic in med odmorom. Delavka večino časa rok nima naslonjenih na delovno površino. Med šivanjem so zaradi šivanja na šivalnem podstavku roke dvignjene zelo visoko, kar ji povzroča obremenitve v predelu nadlahti, ramen in prsnih mišic. Na pedal pritiska z obema nogama.

Te obremenitve potrjujejo tudi rezultati »klasično« izvedene OWAS analize, preglednica 2 in slika 10. Na delovnem mestu so v doglednem času potrebni ukrepi zaradi teh položajev: 1.2 – sklonjena drža hrbta, pri kateri je upogib večji od 15°; 1.3 – pokončna drža s torzijo ali s stranskim upogibom torakalne hrbtenice, ki je večji od 30°; 1.4 – sklonjena drža hrbta, pri katerem je upogib večji od 15°, kombiniran s torzijo ali s stranskim upogibom, ki je večji od 30°, in 4.1 – fiziološko ali nefiziološko sedenje. Zastopanosti položajev 2.2 – ena nadlaht ali obe aktivno odročeni in pod nivojem ramen (komolca nista oprta) in 5.2 – glava sklonjena naprej nad 30°, pa kažejo na to, da je potrebno ukrepe za spremembo teh dveh položajev izvesti takoj.

Tudi analiza nagiba pogleda, ki znaša pri izvajanju tehnološkega postopka šivanja 75,5° in odstopa od predlaganih mej za sedeče delo ( $38^\circ \pm 2,1^\circ$ ) [3], kaže na nepravilne drže hrbta in glave.

Rezultati računalniško podprte analize so podani kot rezultati statične in dinamične analize delovnega mesta. Iz prikaza vidnega polja, slika 13, je vidno, da je šivalna višina ustrezna, medtem ko prikaz dosega rok, slika 14, kaže na pomanjkanje prostora na levi strani delovne površine, kjer delavka sestavlja rokavice.

Dinamična analiza, slika 15, nam prikazuje potek posameznih tehnoloških postopkov s hkratnim prikazom rezultatov OWAS analize. Iz slike 15a, ki prikazuje istočasno jemanje rokavic z levo roko in jemanje krajših vstavkov z desno roko, je vidno, da se prikaže v okvirju opozorilo, ki pomeni, da je potrebno telesne položaje pri tem tehnološkem postopku rešiti v doglednem času. Pri ostalih tehnoloških postopkih so vsi položaji delavke v normalnem področju.

Računalniška analiza delovnega mesta nam poda tudi čas trajanja simulirane tehnološke operacije, ki znaša glede na definirane gibe 146,3 TMU oz. 5,3 s, slika 16. Od tega je 22,2 TMU časa oz. 15,2 % celotne tehnološke operacije v območju, kjer je potrebno gib v doglednem času spremeniti. Iz analize navorov nato razberemo, kateri sklepi so pri tem najbolj obremenjeni, slika 17. Iz grafa je razvidno, da nastane močno povečana obremenitev po 16 TMU. Pri tem se poveča obremenitev prsnice na levi strani in ramenskega sklepa desne roke. Istočasno se poveča tudi obremenitev na desni prsnici in levem ramenu, vendar je ta obremenitev manjša. Ves čas sta med tehnološko operacijo obremenjena levi in desni komolec.

Iz primerjave klasične in računalniško podprte analize delovnega mesta prihaja do nekaterih razlik predvsem pri OWAS-u. Pri računalniški OWAS analizi le-ta še ne vključuje analize drže glave in nog, zato rezultati niso tako kritični kot pri klasični analizi. Opozorila se ne podajajo za posamezen položaj telesa, kot je značilno za klasično analizo, ampak za kombinacijo položajev. Prednost računalniško podprte analize je v natančnem ovrednotenju gibov oz. tehnoloških postopkov, pri katerih prihaja do neustreznih drž in gibov, in tudi v skrajšanju časa analiz.

## 8.0 ZAKLJUČEK

Za analizo delovnega mesta lahko rečemo, da je to sistem metod in informacij za različne namene. Inženirja za študij dela zanima racionalni izkoristek operativnih funkcij delavca in delovnih naprav. Organizator dela preučuje povezave v smiselne tehnološke, dohodkovne in družbene sisteme. Nagrajevanje po delu izvira iz vrednostne ocene del in nalog ter zdravstvene ogroženosti. Pedagog oziroma andragog razbirata za delo potrebna znanja, da iz spoznavnih potreb oblikujeta učne programe. Sociolog raziskuje odnose v skupinah in v hierarhični strukturi. Zdravnik in psiholog ocenjujeta ali merita delovno obremenjenost. Pri vsem tem so bistveni podatki, ki jih prispeva ekolog. Tovrstna analiza torej omogoča profesionalno selekcijo, profesionalno orientacijo, tehnično varstvo ožjega in širšega okolja.

Metode in informacije analize delovnega mesta morajo biti povezane v sistem. Zgradba je dvostopenjska, pri čemer je univerzalna osnova ocenjevalna analiza



delovnega mesta OADM, nadgradnja pa specifično preučevanje ali merjenje dela.

Uporabljen model v članku izvedene primerjalne analize delovnega mesta pa sloni na presoji podatkov o držah delavca pri delu. Do teh podatkov smo prišli z opazovalno metodo telesnih drž in položajev OWAS, z upoštevanjem vidnega polja človeka izvajalca dela in z določanjem dimenzij dosega človeka v sedečem ali stoječem položaju pri delu. Primerjava med klasično in računalniško podprto analizo delovnega mesta z uporabljenim modelom govori v prid računalniško podprte analize delovnega mesta. Seveda pa se pri tem moramo zavedati, da k celovitemu oblikovanju delovnega mesta še spadajo obremenitve zaradi toplote, razsvetljave, hrupa, aerosolov, par in plinov ter monotonije.

#### Viri:

- [1] POLAJNAR, A. in VERHOVNIK, V. *Oblikovanje dela in delovnih mest*. Maribor : Fakulteta za strojništvo, 2000.
- [2] REFA. *Osnove oblikovanja dela*. Maribor : REFA zveza Slovenije, 1997.

- [3] SUŠNIK, J. *Položaj in gibanje telesa pri delu*. Ljubljana : Univerzitetni zavod za zdravstveno in socialno varstvo, Knjižnica UZZSV št. 1, 1987.
- [4] SCHMIDKE, H. *Lehrbuch der Ergonomie*. München-Wien: Carl-Hansen Verlag, 1981.
- [5] IVIĆ, S. *Ergonomski priručnik*. Beograd : Inštitut za dokumentacijo zaštite na radu, 1980.
- [6] Sušnik, J. *Ergonomska fiziologija*. Ljubljana : Didakta, 1992.
- [7] POLAJNAR, A. in VERHOVNIK, V. *Oblikovanje dela in delovnih mest za delo v praksi*. Maribor : Fakulteta za strojništvo, 1999.
- [8] *ERGOPlan, Navodila za uporabo*. Fellbach : DELMIA, 1999.
- [9] *ERGOMas, Navodila za uporabo*. Fellbach : DELMIA, 1997.
- [10] *ERGOMan, Navodila za uporabo*. Fellbach : DELMIA, 1997.
- [11] ČAKŠ, N. in POLAJNAR, A. Nujnost oblikovanja delovnih mest zaradi boleznih gibala. *Tekstilec*, 2002, let. 45, št. 9-10, str. 262-271.

---

Prispelo/Received: 11-2002; sprejeto/accepted: 03-2003