

Arh. hig. rada, 27 (1976) 191.

## PSIHOFIZIOLOŠKE SPOSOBNOSTI OPERATORA U TOKU RADA\*

S. MILOŠEVIĆ, Ž. MILOSAVLJEVIĆ i S. SAVIĆ

*Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu, Beograd*

*(Primljeno 17. XI 1975.)*

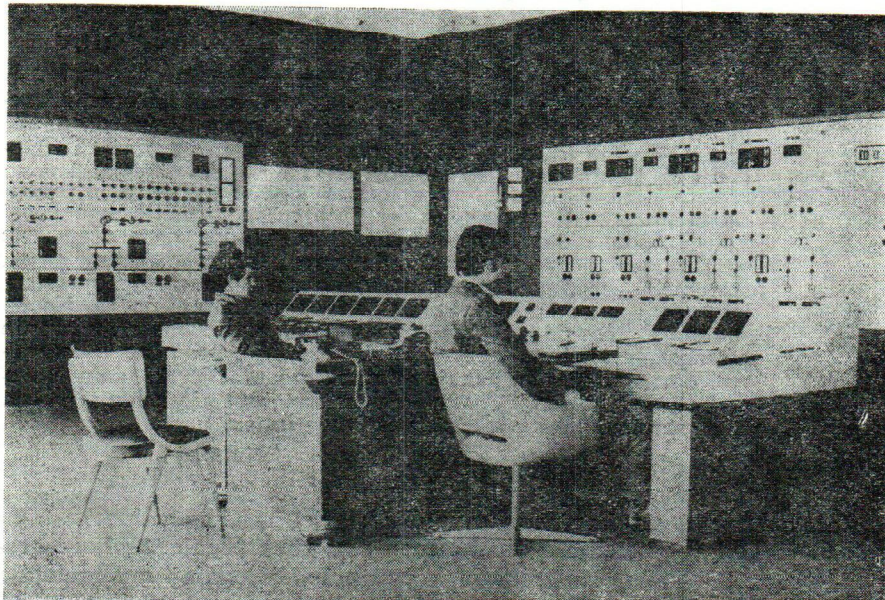
Grupi operatora koji rade na komandnom pultu HE Djerdap data je baterija testova koju su činili biohemijski testovi (adrenalin, noradrenalin i 17-OHCS), fiziološki test (arterijski krvni pritisak), vidni testovi (akomodacija, konvergencija, forije i adaptacija na tamu), psihološki testovi (vizuelno i akustično reakciono vreme) i subjektivna procena umora. Baterija testova je primenjena pre i posle rada (06, 14 i 22 h) u tri različite smene pri konstantnom sistemu rotiranja smena na dva dana. Zapažene su karakteristične promene posle rada u svim smenama, ali su statistički značajne samo promene posle rada u noćnoj smeni i promene adaptacije na tamu posle popodnevene smene. Noćno radno opterećenje i lišavanje sna značajno utiču na povećavanje arterijskog pritiska, opadanje akomodacije, promene u lateralnim forijama, produžavanje vremena adaptacije na tamu, povećavanje standardnog odstupanja auditivnog reakcionog vremena i na povećavanje stepena subjektivnog umora.

Rad operatora na komandnom pultu u elektranama zahteva minimalno fizičko opterećenje a znatno mentalno opterećenje. Njihove greške i propusti u radu prilikom kontrole signalnih uređaja i manipulacije komandama mogu da imaju teške posledice koje mogu dovesti pokatkad i do raspada celog energetskog sistema. Radno mesto operatora u elektranama predstavlja model radnim mestima u budućim postrojenjima gdje je prisutno veliko mentalno opterećenje i dejstvo različitih stresova.

\* Rad je deo većeg projekta u kome su učestvovali R. Janjić i A. Poštić-Grujin.

Neposredni zadaci operatora na komandnom pultu u HE Đerdap, jednoj od najvećih u svetu sa 2100 MW, jesu daljinska manipulacija i rukovanje uređajima i postrojenjima brane i elektrane (naročito agregatima) i razvodnim postrojenjima od 400 KV. Oni treba da održavaju snagu i napon u skladu sa planom i da ga realizuju usko saradujući sa energetske centrom Srbije i sa rumunjskim operatorima pri čemu posebno vode računa o dotoku i protoku vode Dunava. Pošto je ova elektrana veoma velike snage, ona ima posebnu regulatornu funkciju u celom energetskom sistemu Srbije. Posebno jako opterećenje sistema u ciklusu od 24 časa koje se odražava na opterećenje operatora jeste ujutru i uveče kada se naglo uključuju svi potrošači. Inače velike vremenske nepogode na širim regionima nepovoljno se odražavaju na rad celog energetskog sistema i posebno opterećuju operatore koji njime upravljaju.

Operatori i njihovi asistenti upravljaju sistemom iz komandne sale gde se nalazi komandni pult sa uređajima za signalizaciju i manipulaciju rada agregata i komandne table na zidovima sale gde se nalazi shema razvodnog sistema i indikatori zatvarača na prelivnoj brani (slika 1).



Sl. 1. Kontrolna sala operatora u HE Đerdap.

U toku rada operatori neprestano očekuju javljanje poremećaja u sistemu preko vidnih i slušnih informacija na koje operator mora brzo i veoma tačno da reaguje u veoma složenim situacijama. Ovi česti emo-



cionalni stresovi dovode operatora u trajno uzbuđeno stanje, što posebno opterećuje operatora na radnom mjestu. To opterećenje se verovatno najviše manifestuje raznim psihofiziološkim promenama u toku rada. Cilj našeg rada jeste ispitivanje psihofizioloških promena operatora u toku rada u radnim smenama pri postojećem sistemu rotiranja smena. Nastoji se odgovoriti na pitanje da li se posle osmočasovnog rada menjaju psihofiziološke funkcije u trima različitim smenama. Pošto se psihofiziološke promene prate u svim radnim smenama, moguće je da se uporedi u kom su radnom ciklusu te promjene najizrazitije.

#### METOD

Opšti metodološki pristup u ovoj terenskoj studiji jeste klasičan pristup primene testova pre i posle rada u prepodnevnoj, popodnevnoj i noćnoj smeni rada. Sastav baterije testova određen je u skladu sa savremenim shvatanjem o dejstvu stresa i umora. Primenjena je obimna baterija psihofizioloških testova. Bateriju su činili biohemijski testovi (adrenalin, noradrenalin i 17-hidrokokortikosteroidi, 17-OHCS) iz urina, fiziološki (arterijski krvni pritisak), vidni testovi (akomodacija, konvergencija, lateralne i vertikalne forije i adaptacije na tamu), psihološki testovi (vizualno i akustično reakciono vreme) i subjektivna procena umora.

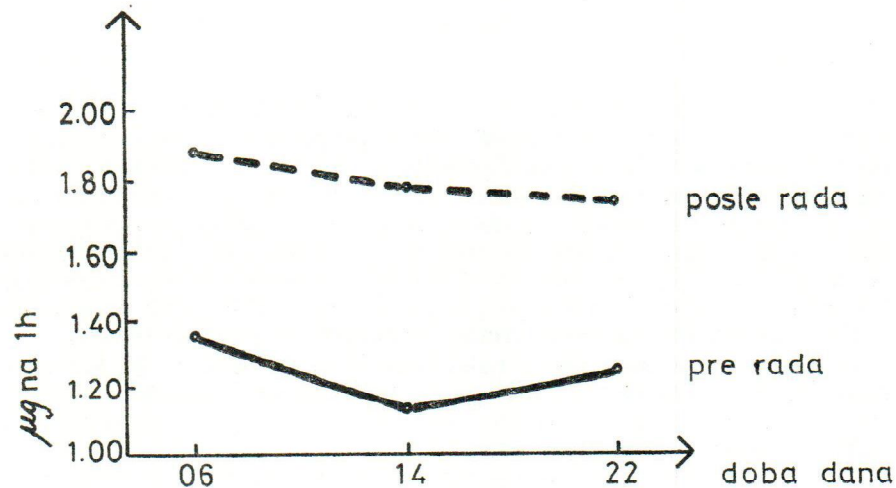
Adrenalin i noradrenalin iz urina određivan je po metodi *Eulera* i *Lishajka* (1), a 17-OHCS *Reddy, Jenkins, Thornovom* metodom sa izvesnim modifikacijama. Arterijski krvni pritisak je meren uobičajenom metodom pomoću sfigmomanometra na živu na levoj ruci u sedećem položaju nakon kraćeg mirovanja a reakciono vreme na svetlosne i zvučne draži mereno je elektronskim hronoskopom. Akomodacija i konvergencija očiju ispitivane su pomoću R. A. F. testa a lateralne i vertikalne forije ispitivane su na orthorateru. Prilagođavanje na tamu ispitivano je pomoću skotoptikometra po *Heinsiusu* (2). Subjektivna procena umora izvršena je pomoću ček-liste subjektivnog umora po *Pearsonu* i *Byarsu* (prema *Harrisu* i saradnicima) (3).

Ispitano je ukupno 9 ispitanika, 5 operatora i 4 asistenta, pretežno mlađeg uzrasta od 20 do 35 godina. U radu su zajedno razmatrani rezultati ispitivanja operatora i asistenata jer se radi o istoj vrsti opterećenja, ali različitog intenziteta. Svaki ispitanik ispitivan je šest puta: tri puta pre rada i tri puta posle rada, tj. u trima različitim smenama (prepodnevnoj i noćnoj smeni) u različitim danima. Ispitivanja su vršena u periodima promene smena u 06, 14 i 22 časa, sa odstupanjem  $\pm 1/2$  časa. Operatori rade po dvojica (glavni operator i njegov asistent) u tri različite smene (prva smena, 06 do 14; druga smena, 14 do 22; treća smena, 22 do 06). Postojeći sedmični sistem rotiranja smena je 1102233, tj. promene svaka dva dana sa jednim slobodnim danom između prve i druge smene i intervalom od 24 časa između treće i prve smene.

## REZULTATI

U celini rezultati za neke ispitivane funkcije pokazuju da postoje promene kod operatora posle osmočasovnog rada. Najizrazitije promene su evidentirane nakon rada u noćnoj smeni posle lišavanja noćnog sna. Da bi se izbegli efekti cirkadijalne aktivacije, rezultati primenjenih testova biće upoređivani i prezentirani u odmornom i umornom stanju ispitanika u istim periodima dana, u 06, 14 i 22 časa.

Simpatoadrenalna aktivnost operatora pre i posle rada prikazana je na slici 2. i 3. Na slici 2. se vidi da su u svim periodima dana izlučene veće prosečne količine adrenalina u urinu u umornom stanju posle rada

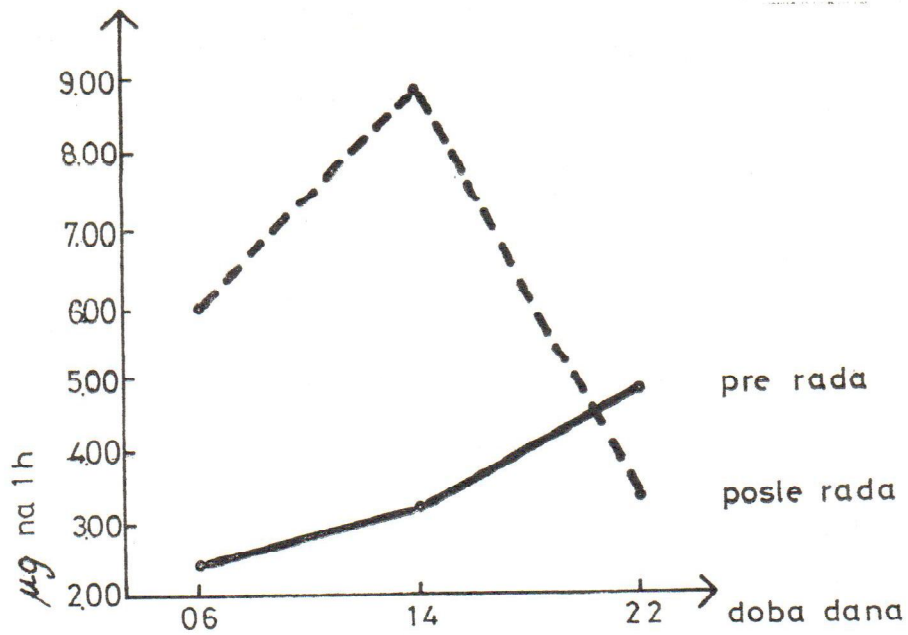


Sl. 2. Prosečna koncentracija adrenalina u urinu

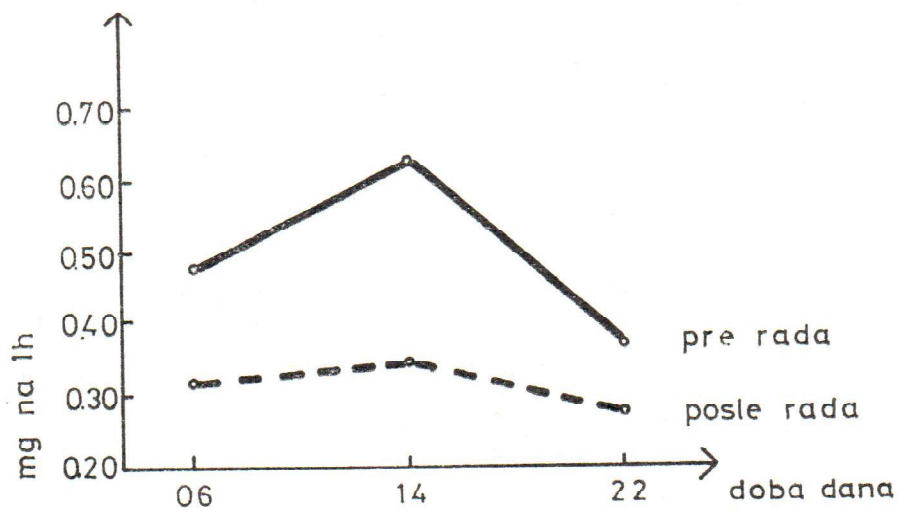
nego pre rada. Prosečne koncentracije adrenalina u odmornom i umornom stanju relativno su jednake u svim periodima dana mada postoji izvesno povećanje količine adrenalina u jutarnjim časovima u odmornom stanju kao i nakon noćnog rada. Prosečna koncentracija noradrenalina, prikazana na slici 3, takođe pokazuje tendenciju povećanog lučenja posle rada sem posle rada u drugoj smeni. Postojanje ovog reverzibilnog odnosa u ovom večernjem periodu najverovatnije treba pripisati nekim nekontrolisanim uticajima. Ove simpatoadrenalne promene kod operatora posle rada nisu izražene na statistički značajnom nivou ni u jednom periodu dana testirane Wilcoxonovim T-testom (4).

I druga hormonalna reakcija, lučenje 17-OHCS takođe je pokazala slične rezultate. Na slici 4. prikazani su rezultati koji su, suprotno očekivanju, pokazali da su prosečne količine 17-OHCS veće pre rada nego posle rada, ali da ni te razlike nisu na značajnom nivou.



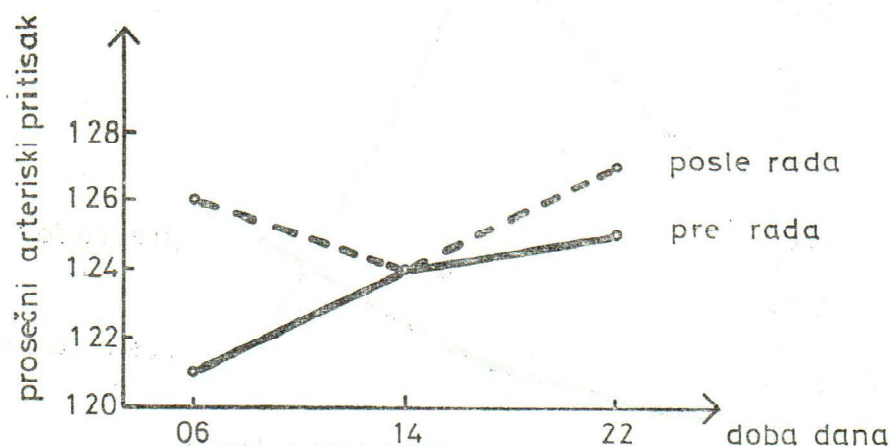


Sl. 3. Prosečna koncentracija noradrenalina u urinu



Sl. 4. Prosečne koncentracije 17-hidrokokortikosteroida u urinu

Promena sistolnog krvnog pritiska prikazana je na slici 5, iz koje se vidi da postoji blago povećanje sistolnog arterijskog pritiska posle rada sem u popodnevnom časovima dana. Razlika u ovom fiziološkom parametru naročito je vidljiva u jutarnjim časovima. Wilcoxonov T-test je



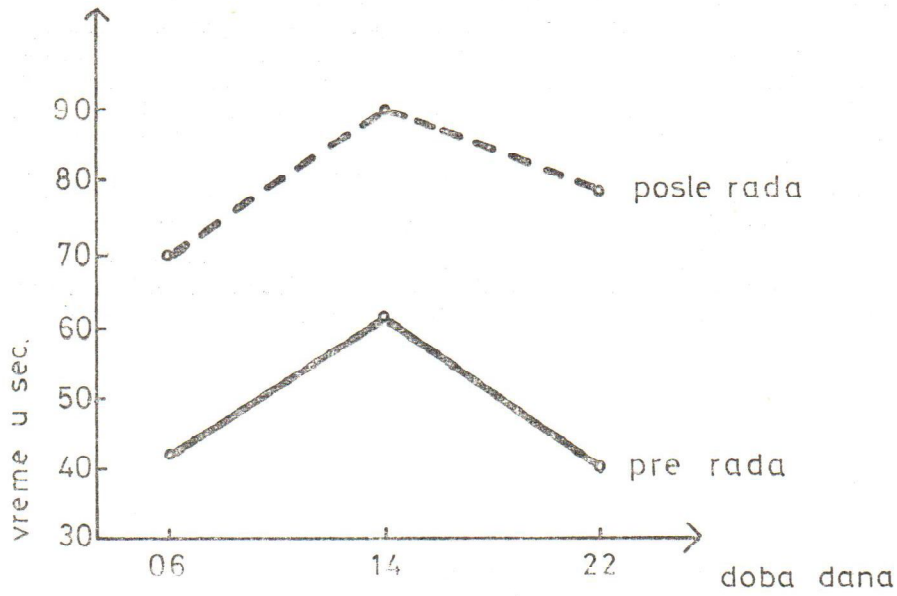
Sl. 5. Prosečni arterijski pritisak

pokazao da je ova razlika veoma blizu značajnosti od 0.05 ( $T = 5$ ,  $n = 7$ ) za dvosmerni test, a za jednosmerni test je značajna na 0.05. Pošto se očekuje da sistolni pritisak bude veći posle dužeg mentalnog opterećenja, može se prihvatiti da je ova razlika značajna.

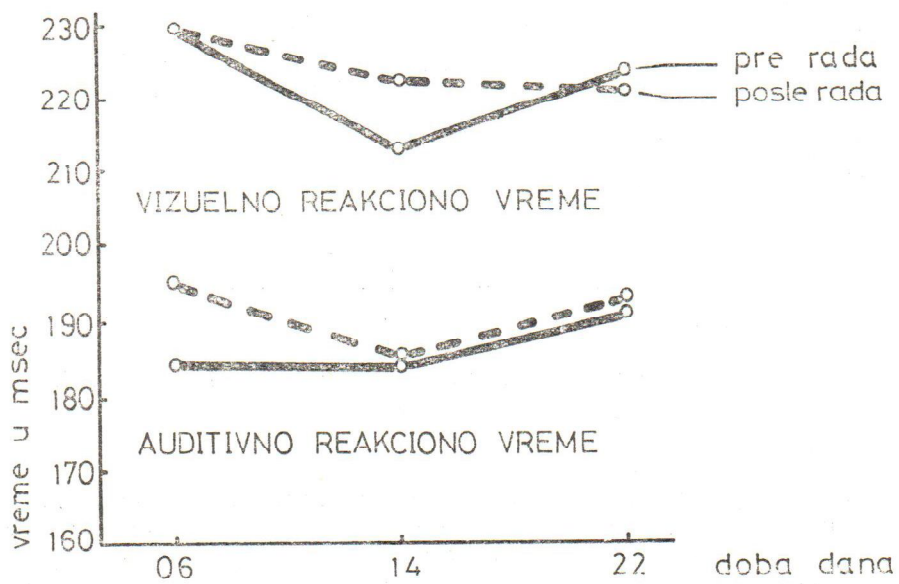
Rezultati na vidnim testovima pokazali su da postoje promene u okulomotornoj i receptornoj aktivnosti uglavnom posle noćnog rada. Akomodacija je slabija posle noćnog rada i ta razlika je značajna na nivou 0.05. ( $T = 0$ ,  $n = 5$ ). Konvergencija očiju je takođe slabija posle noćnog rada, ali ta razlika nije statistički značajna ( $T = 2$ ,  $n = 5$ ). Za lateralne forije su takođe konstatovane razlike pre i posle rada u jutarnjem periodu koje su značajne na 0.05 nivou ( $T = 0$ ,  $n = 6$ ). Razlike postoje i u vertikalnim forijama, ali su one manje. Najveće razlike u rezultatima operatora pre i posle rada dobijene su pri testiranju adaptacije na tamu (slika 6). Konstatovano je duže vreme adaptacije posle rada u svim ispitivanim periodima rada, ali su statistički značajne razlike posle rada u noćnoj smeni na nivou 0.05 ( $T = 5$ ,  $n = 9$ ) i razlike u večernjim časovima posle rada u drugoj smeni na nivou 0.02 ( $T = 3$ ,  $n = 9$ ).

Reakciono vreme na zvučne i svetlosne draži koje su prikazane na slici 7. takođe pokazuju da operatori sporije reaguju posle rada nego pre rada gotovo u svim periodima dana. Vrednosti za svakog ispitanika izračunate su iz 20 prezentiranih svetlosnih i zvučnih draži prilikom svakog ispitivanja. Sporost u reakcijama je najizra-



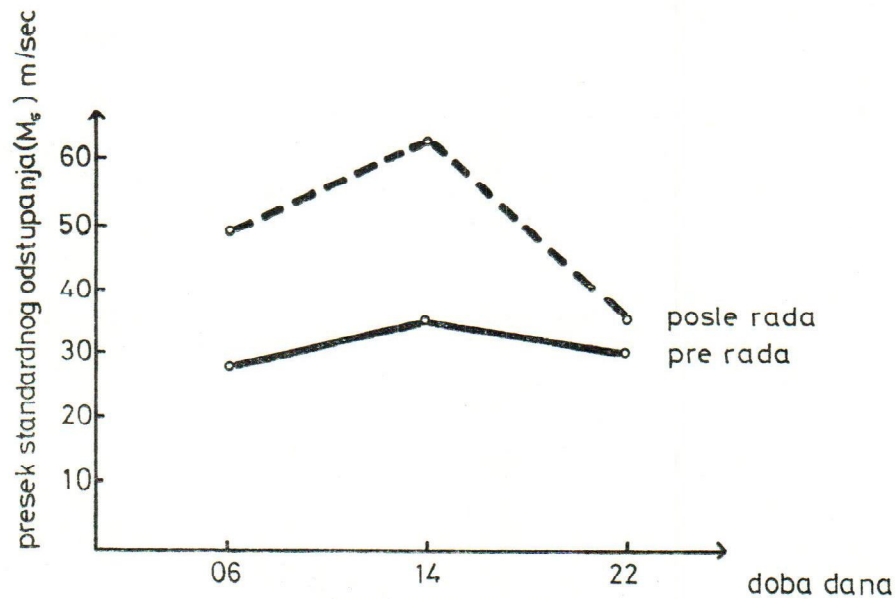


Sl. 6. Prosečno vreme adaptacije na tamu



Sl. 7. Prosečno vreme reakcije na zvučne i svetlosne draži

zitiija za slušno vreme reakcije u jutarnjim periodima, i ono je veoma blizu nivoa značajnosti od 0.05 ( $T = 8, n = 9$ ). Operatori dosta sporije reaguju posle rada u noćnoj smeni i lišavanja sna nego u odmornom stanju. Analizom standardnog odstupanja vremena reakcije na svetlosne i zvučne draži konstatovano je da je varijabilitet reakcija veći posle rada nego pre rada. Rezultati su dosta slični rezultatima za prosečno reakciono vreme na svetlosne i zvučne signale prikazanim na slici 7. Razlike u standardnom odstupanju vremena reakcije pre i posle rada istaknute su za zvučne draži (slika 8). U svim ispitivanim periodima, prosečne vrednosti standardnog odstupanja reakcije na zvučne draži veće su posle rada nego u odmornom stanju, ali je statistički značajna samo razlika u varijabilnosti vremena reakcije posle noćnog rada na nivou 0.05 ( $T = 5, n = 9$ ).

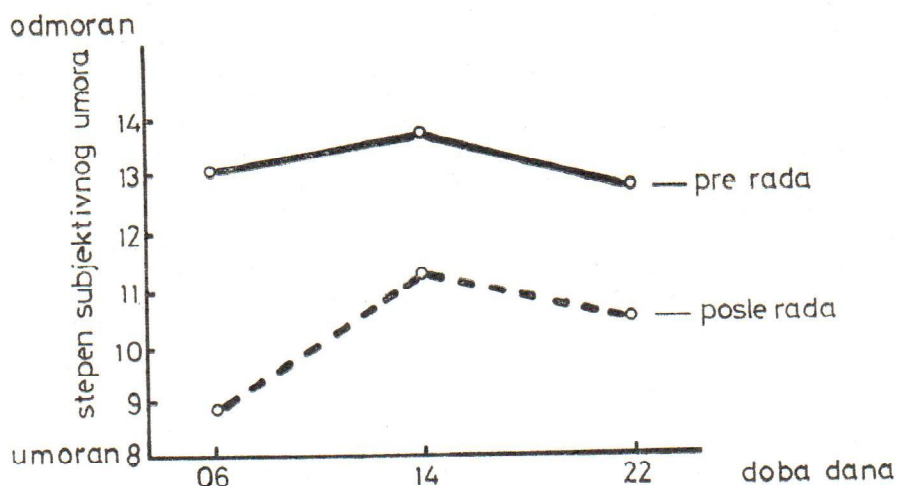


Sl. 8. Prosečne vrednosti standardnog odstupanja vremena reakcije na zvučne draži

Opterećenje operatora u noćnoj smeni posebno se ispoljilo prilikom subjektivne procene umora. Na slici 9. prikazan je stepen subjektivnog umora koji je u svim ispitivanim periodima najveći posle rada.

Ta je razlika najveća posle noćnog rada, u jutarnjim časovima, a statistički je značajna za dvosmerni test na 0.02 nivou ( $T = 0, n = 7$ ).





Sl. 9. Subjektivna procena umora

## DISKUSIJA

Razmatrano u celini rezultati su pokazali da kod operatora u toku rada postoje izvesne psihofiziološke promene u raznim smenama u odnosu na ispitivanja u odmornom stanju. Te promene su za znatan broj psihofizioloških parametara statistički potvrđene posle rada u noćnoj smeni ukazujući da radno opterećenje zajedno sa lišavanjem noćnog sna najviše dovodi do umora operatora. U drugim smenama su se ispoljile promene samo nekih sposobnosti i manje izražene, pokazujući da su ta mentalna i emocionalna opterećenja lakšeg karaktera. Mogućno je, kao što ističe Cameron (5) da povremeni emocionalni stresovi angažuju na momente biološke mehanizme i ako se tada ne procene efekti stresa, onda se ne manifestuju kasnije u fiziološkim testovima. Osim toga, ponekad vanradna aktivnost u dnevnim periodima koja se teško može kontrolisati otežava pravo upoređenje rezultata pre i posle rada.

U radu je takođe zapaženo, premda je uzet jedan ograničeni broj posmatranja tokom ciklusa od 24 časa, da nisu prisutne karakteristične psihofiziološke promene u skladu sa cirkadijalnim ritmom. Za većinu testiranih varijabli vrednosti u toku rada (za tri testiranja) relativno su jednake za rezultate pre i posle rada.

Na osnovu karakteristično manifestovanih hormonalnih reakcija u ispitivanim periodima dana može se pretpostaviti, iako ovi rezultati nisu statistički potvrđeni, da su prisutna emocionalna opterećenja operatora u toku rada. Simpato-adrenalna aktivnost, izražena povećanjem nivoa adrenalina i noradrenalina gotovo u svim periodima posle rada ukazuje na izvesna mentalna opterećenja u toku rada, što je u skladu sa drugim

rezultatima u zadacima sa mentalnim naporom. Nasuprot tome, smanjeno prisustvo 17-OHCS u urinu posle rada u svim ispitivanim periodima ukazuje na smanjenje adrenokortikalne aktivnosti operatora posle rada što je u suprotnosti sa drugim analizama (6—8). Naime i u ranijim radovima se pokatkad pokazalo da je izlučivanje ovog metabolita tokom rada smanjeno, ali u principu najčešće je konstatovano povećanje koncentracije 17-OHCS u urinu. Analizirajući izvesne eksperimentalne radove sa majmunima, *Dukes-Dobos* (6) ističe da se lučenje 17-OHCS smanjuje u uslovima hroničnog umora. Mogućno je da se ispitivani operatori nalaze u stanju hroničnog umora jer su konstantno izloženi promeni ritma rada po smenama koji, kao što je poznato, dovodi do pojave hroničnog umora.

Druge fiziološke promene koje su u tesnoj vezi sa hormonalnim promenama ukazuju da kod operatora postoji radno opterećenje mentalnog karaktera. Tako su na povećanu napetost i uzbuđenost u toku rada ukazale vrednosti arterijskog pritiska posle noćnog rada. Sistolni krvni pritisak kao pokazatelj mentalnog opterećenja manje je istaknut među ostalim parametrima kao što su sinusna aritmija, frekvencija pulsa i disanje. Naši rezultati su u skladu sa rezultatima *Eittema* i *Zielhuisa* (9) koji su našli da se postepenim povećanjem mentalnog opterećenja progresivno povećava arterijski krvni pritisak. Odsustvo ma kakvih razlika u arterijskom pritisku u popodnevnom časovima pre i posle rada verovatno se može pripisati nekontrolisanim uticajima kao što su konzumiranje hrane i tečnosti i dr.

Najveće promene posle rada nađene su u rezultatima vidnih testova. Pokazalo se da radno opterećenje operatora u noćnim uslovima pri veštačkom osvetljenju predstavlja znatan napor za vidne funkcije. Konstatovane su promene u okulomotornim aktivnostima, koje su očekivane, i promene u receptornoj aktivnosti — adaptaciji na tamu. Adaptacija na tamu je znatno duža posle rada u noćnoj i popodnevnoj smeni, odnosno operatori se sporije prilagodavaju na tamu u umornom stanju. Čini se da se vidni napor koji se javlja u radu operatora najviše odražava u adaptacionoj sposobnosti oka na tamu.

Na postojanje specifičnih promena uslovljenih radom ukazivali su ne samo rezultati sa unutrašnjim promenama nego i rezultati sa promenama sposobnosti jednostavnih reakcija na slušne i vidne informacije. Iako se radi o jednostavnim reakcijama na draži, operatori sporije reaguju posle rada i sa većim odstupanjima u reakcijama na 20 prezentovanih draži. Ta sporost i varijabilitet u reakcijama posle rada izražena je naročito za vreme reakcije na zvučne draži posle noćnog rada.

Subjektivna procena umora koja u izvesnom smislu predstavlja kortikalni izraz svih promena u toku radne aktivnosti potvrdila je dobijene rezultate na nivou individualnih parametara. Ispitanici u svim situacijama procenjuju da su umorniji posle rada na osnovu posebne ček-liste kojom je smanjena mogućnost proizvoljne procene umora. Ta subjektivna procena umora je najveća u jutarnjim časovima kada je najveće radno opterećenje i posle perioda lišavanja noćnog sna.



Prema tome može se zaključiti, iako je ovo ispitivanje izvršeno na manjem uzorku sa tri testiranja u dnevnom ciklusu od 24 časa i bez ponovljenih testiranja u istom periodu, da su evidentirane izvesne psihofiziološke promene posle rada koje ukazuju na mentalno i emocionalno opterećenje u toku rada. Psihofiziološke promene operatora pri postojećem sistemu brzog rotiranja smena najviše su se manifestovale u jutarnjim časovima posle rada u noćnoj smeni. To znači da noćno radno opterećenje i lišavanje noćnog sna najviše utiču na promenu psihofizioloških sposobnosti operatora.

#### Literatura

1. Euler, S., Lishajko, F.: Acta Physiol. Scand., 51 (1961) 348.
2. Heinsitus, E.: Aktuelle Probleme der Verkehrsmedizin, Band 2, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1965.
3. Harris, A. D., Pegram, G. V., Hartman, B. O.: Aerospace Med., 42 (1971) 980.
4. Siegel, S.: Non parametric statistic for the behavioral sciences. Mc Grow-Hill, New York, 1956.
5. Cameron, C.: Ergonomics, 16 (1973) 633.
6. Dukes-Dobos, F. N.: Ergonomics, 14 (1971) 31.
7. Hale, H. B., William, F. S., Goldzieher, J. W., Hartman, B. O., Miranda, R. E., Hosenfeld, J. M.: Aerospace Med., 44 (1973) 871.
8. Schreuder, O. B.: Aerospace Med., 37 (1966) 1.
9. Ettema, J., Zielhuis, R.: Ergonomics, 14 (1971) 137

#### Summary

##### PSYCHOPHYSIOLOGICAL ABILITIES OF OPERATORS DURING WORK

Psychophysiological abilities of a group of operators working at a control panel in a power station were tested with a battery of tests. The battery included biochemical tests (adrenaline, noradrenaline and 17-OHCS), physiological test (arterial blood pressure), visual tests (accommodation, convergence, phoria and dark adaptation), psychological tests (visual and auditive reaction time) and subjective estimation of fatigue. Workers from three different work shifts, with a constant change of the shift system every two days, were tested before and after work (at 6 a. m. and at 2 and 10 p. m.). Characteristic changes were found after work in all the three shifts, but the changes were significant only after work in the night shift. A significant change in adaptation to dark was also noticed after work in the afternoon shift. A lack of sleep and night work increased arterial blood pressure, and prolonged the period of adaption to dark. They also increased variability of auditive time reaction and the feeling of fatigue. The accommodation rate was decreased.

*Institute of Occupational  
and Radiological Health, Belgrade*

*Received for publication  
November 17, 1975.*