

Ivica Grbac, Bojana Dalbelo-Bašić

# Istraživanje provodljivosti topline i propusnosti vlage različitih konstrukcija ležaja-madraca

## Research into thermal conductivity and moisture permeability of different mattress structures

*Izvorni znanstveni rad - Original scientific paper*

*Prispjelo - Received: 29. 06. 1996. • Prihvaćeno - Accepted: 17. 06. 1998.*

*UDK 630\*836.9*

**SAŽETAK** • Cilj ispitivanja bila je analiza termofizioloških svojstava četiriju različitih konstrukcija ležaja-madraca. Četiri ispitana uzorka razlikovala su se po konstrukciji jezgre i po obložnim materijalima na njoj. Pokus se sastojao od mjerjenja provodljivosti topline i propusnosti vlage za vrijeme ispitanih spavanja tijekom šest noći. Mjerjenja su provedena pomoću posebno oblikovanog uređaja sa senzorima koji su bili postavljeni u parovima (po jedan za toplinu i po jedan za vlagu) na šest različitih mjesta s obzirom na ispitnikovo tijelo. Dobiveni rezultati mjerjenja analizirani su za svaki senzor posebno te je dan usporedni prikaz rezultata po uzorcima. Razultati analize pokazali su da sastavi gornjih obložnih slojeva madraca (20-30 mm) imaju značajni utjecaj u smislu provodljivosti topline i propusnosti vlage u ležaju i time najviše utječu na ugodno i zdravo spavanje. U tom smislu prednost imaju prirodni materijali.

**Ključne riječi:** kakvoća spavanja, konstrukcija ležaja, provodljivost topline, propusnost vlage, materijali za ojastučenje

**ABSTRACT** • The primary function of a bed is to fulfill the human need for rest and sleep, as well as for his full renewal of strength through a supported lying position with a minimum of energy consumption. This goal is achievable if the mattress conforms with certain anthro-

---

Autori su izvanredni profesor i viša asistentica na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu  
Authors are an assistant professor and assistant lecturer, respectively, at the Faculty of forestry of the Zagreb University.

*pometrical and physiological-hygienic requirements. We have focused our scientific research on the topic of sleep, studying in particular: the exudation of liquid and thermal exchange as a physiological occurrence, the conditions in the sleep environment, and thermal conductivity and moisture permeability through the materials currently used in upholstered furniture. The paper presents the results of the experiment in which the thermo-physiological properties of four different mattress structures were compared. One sample has a pocket spring core and three have the Bolnell core, and all four have a different construction of filling materials. The test consisted of measuring the thermal conductivity and moisture permeability during the sleeping period of a woman (36 years old) over a period of six nights. The measurements were carried out applying a specially designed device with sensors which were placed in pairs (one for heat and one for moisture) on six positions relative to the body of the person: in the ambient, in the cover, under the sheet, under the upholstered cover, inside the spring core and under the mattress. The obtained results were analysed for each sensor separately and a comparative review of results for each sample was prepared. Based on these results, the following may be concluded. The best thermal accumulation was achieved in the bed with the pocket spring core (shown by the sensor inside the structure). The same structure showed the highest temperature values at all remaining thermal sensors as well. A high concentration of humidity (60%) was recorded in the central layer of the mattress, pointing to the fact that particular care should be given to the construction of the core by the appropriate selection of materials (the least possible use of PU). The sensor placed beneath the subject recorded significantly higher moisture values for samples with pocket core because of the additional 5 mm of a PU layer. The research carried out confirms the fact that the materials that the cover and upper part of the mattress are made of are very important for the thermophysiology of sleep and proves the advantage of structures with natural materials.*

**Keywords:** quality of sleeping, mattress structures, thermal conductivity, moisture permeability, upholstery materials

## 1 UVOD INTRODUCTION

Osnovna zadaća namještaja za ležanje jest zadovoljenje čovjekove potrebe za odmorom i snom te za punim obnavljanjem snage uz poduprto ležanje da bi utrošak energije bio što manji. Ostvarenje tih zahtjeva moguće je ako ležaj udovoljava određenim antropometrijskim i fiziološko-higijenskim zahtjevima.

Na spavanje utječe čovjekov bioritam kao i niz vanjskih činitelja: rasvjeta, šumovi, temperatura, vlaga, konstrukcija kreveta, pokrivač, jastuk, itd. Drugim riječima, bolje ili slabije spavanje ovisi o klimatskim utjecajima, o lokaciji stambenog objekta, lokaciji prostora za spavanje, konstrukciji i mjestu kreveta u spavaćem prostoru itd.

Proizvođači namještaja za ležanje pretežito ističu kvalitetu svojih proizvoda na-

glašavajući određene tehničke prednosti (na primjer zimsku ili ljetnu stranu ležaja - madracu). Kvaliteta tih konstrukcija često nije ispitana, pa takvi iskazi imaju samo komercijalno značenje.

U našim smo se znanstvenim istraživanjima usredotočili na problematiku spavanja, s težištem na:

- izlučivanju tekućine i izmjeni topline kao fiziološkoj pojavi
- istraživanju uvjeta spavaćeg prostora
- vodljivosti topline kroz materijale koji se danas upotrebljavaju u izradi ojastučenog (tapeciranog) namještaja
- propusnosti vlage kroz materijale koji se danas upotrebljavaju u proizvodnji ojastučenog (tapeciranog) namještaja.

Navedeni su i značajniji radovi s tog područja: Grbac, 1988; Lütting, 1991; Burfeind, 1993. Opširniji prikaz rezultata is-

istraživanja vodljivosti temperature i vlage dan je u radu Grbac, Dalbelo-Bašić, 1994.

## **2. ANALIZA MATERIJALA ZA PUNJENJE MADRACA SA STAJALIŠTA PROVODLJIVOSTI TOPLINE I PROPUSNOSTI VLAGE ANALYSIS OF MATTRESS FILLING MATERIALS FROM THE ASPECT OF THERMAL CONDUCTIVITY AND MOISTURE PERMEABILITY**

U ovom je poglavlju dana analiza materijala za punjenje madraca sa stajališta vodljivosti topline i propusnosti vlage.

Ležaj na strani namijenjenoj zimskom spavanju mora biti punjen takvim materijalima koji mogu izolirati temperaturnu razliku između  $35^{\circ}\text{C}$  (temperatura površine čovjekova tijela) i  $5^{\circ}\text{C}$  (najniža temperatura u spavačim prostorima). Ležaju na strani namijenjenoj ljetnim uvjetima dovoljno je da materijal ispune izolira temperaturne razlike od  $35$  na  $17^{\circ}\text{C}$ .

Granica od  $17^{\circ}\text{C}$  određena je prema činjenici da je to u zagrijavanim spavačim prostorijama najniža izmjerena temperatura, što znači da u tim prostorima prevladavaju ljetni uvjeti spavanja tijekom cijele godine. Za nezagrijavane spavače prostore sedam mjeseci vrijede spavaći uvjeti temperature  $5$  do  $13^{\circ}\text{C}$ , a pet mjeseci traju ljetni spavači uvjeti, temperature od  $18$  do  $23^{\circ}\text{C}$ . Prijelaz s  $13$  na  $18^{\circ}\text{C}$  i obratno vrlo je brz u svibnju i listopadu.

Vлага je u nezagrijavanim spavačim prostorijama općenito nešto viša nego u zagrijavanim. U nezagrijavanim spavačim prostorijama vлага se digne i do 76%, a u zagrijavanim do 74%. Prema tim podacima ležaj mora na obje strane (zimskoj i ljetnoj) imati jednaku sposobnost upijanja i predavanja vlage.

Poznato je da ljudski organizam održava temperaturu na  $36\text{-}37^{\circ}\text{C}$ . Dovod i odvod topline moraju biti u ravnoteži. Dokle god neki od mehanizama smanjuje sposobnost rada, povećava se ili smanjuje tjelesna temperatura. Oba su ta ekstrema nezdrava i nepogodna za čovjekov život, te zato treba osigurati da ležaj, a posebno njegova površina i pokrivač, ne sprečavaju toplinsku regulaciju, nego da je ospješuju.

Čovjekovo tijelo stalno proizvodi toplinsku energiju (slika 1). Osjećaj

hladnoće i topline ovisi o brzini kojom se toplinska energija izlučuje s površine čovjekova tijela. Prebrzo izlučivanje stvara osjećaj hladnoće, a presporo osjećaj neugodne topline. Osim topline, čovjekovo tijelo preko kože stalno izlučuje tekućinu, tj. vlagu. Raspoloženje i kvaliteta spavanja ovise i o materijalu koji je u dodiru s tijelom, odnosno o njegovim sposobnostima preuzimanja te vlage, da bi je nakon toga "ubacilo" u prostor.

Toplina tijela uglavnom se stvara u koštanom sustavu i jetri. Toplina se uglavnom troši preko površine kože. Kada je koža u dodiru s hladnjim materijalom, grijе se sloj površinskog dijela materijala priljubljenog uz kožu. Održavanje tjelesne temperature u danim granicama ostvaruje termoregulacijski, kemijski i fizikalni mehanizam.

Kako smo se u ovom istraživanju usredotočili na usporedbu toplinsko-fizioloških svojstava četiriju različitih konstrukcija ležaja - madraca, opisat ćemo provođenje topline i propusnost vlage kroz različite materijale jer su provedena istraživanja upozorila upravo na važnost pravilnog odabira materijala.

Pri izračunavanju toplinske izolacije za madrac moramo misliti o tome da tijelo u mirovanju preda  $1,17 \text{ W/kg}$  tjelesne težine ( $1 \text{ kcal/kg}$ ) u jednom satu, ili  $46,7 \text{ W/m}^2$  kože ( $40 \text{ kcal/m}^2$  kože) u jednom satu. Pri tome moramo uzeti u obzir toplinu koja se proizvede u pojedinim dijelovima tijela (Grbac, 1984), a i prosječnu težinu odraslog čovjeka. Slika 1. prikazuje proizvodnju topline pojedinih dijelova čovjekova tijela u stanju mirovanja i za vrijeme rada. U odabiru materijala koji bi se upotrijebio za upijanje i odvajanje vlage valja uzeti u obzir činjenicu da tijelo odrasloga čovjeka noću izluči oko  $0,5\text{-}1,5 \text{ l}$  tekućine. Za smanjenje potrošnje topline potrebna je dobra izolacija ležaja odozdo. Odličan izolator je zrak zatvoren između pojedinih slojeva tapetarskog materijala.

Vodljivost topline kroz materijale označuje se  $\lambda$ . Nizak  $\lambda$  znači slabo provođenje (dobar izolator), dok visoki  $\lambda$  znači dobro provođenje topline (slab izolator). Jedinica za  $\lambda$  jest  $\text{W/K m}^2$ . Vodljivost topline  $\lambda$  nekih materijala dana je u tablici 1.

Materijal / Material	$\lambda$
zrak/air	$0,0069 \text{ W/Km}$ ( $0,0060 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )
industrijska vata/ industrial cotton-wool	$0,0465 \text{ W/Km}$ ( $0,0400 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )
vuna/wool	$0,0512 \text{ W/Km}$ ( $0,0440 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )
pamuk/cotton	$0,0744 \text{ W/Km}$ ( $0,0640 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )
poliester/polyester	$0,0497 \text{ W/Km}$ ( $0,0428 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )
kokos/coir	$0,0800 \text{ W/Km}$ ( $0,0688 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )
PU spužva/PU sponge	$0,1194 \text{ W/Km}$ ( $0,1027 \text{ kcal/mh }^{\circ}\text{C}$ )

**Tablica 1.**  
Vodljivost topline kroz različite materijale ( $\lambda$ ) •  
Thermal conductivity through diverse materials ( $\lambda$ )

Tekstilni su materijali bolji vodiči topline od zraka. Kako se i u tekstilnim materijalima nalazi zrak, kompaktniji materijali imaju bolju vodljivost od voluminoznih materijala. To treba uzeti u obzir pri ispitivanju kada te materijale opterećujemo i približavamo uvjetima ležaja kad na njemu leži čovjek.

Ako materijale pri ispitivanju ne opterećujemo, pokazuje se da oni pri takvim uvjetima postaju bolji izolatori. Vrijednosti se kreću u granicama 0,0233 - 0,0779 W/Km (0,020 - 0,067 kcal/mh °C). Vodljivost se smanji za polovicu. Kao dobar izolator pokazao se lan, viskoza, industrijska vata i vuna, a kao slab izolator spužva, kokos i pamuk.

#### *Propusnost vlage Moisture permeability*

Kao rezultat toplinske regulacije ljudskog organizma nastaje toplinsko znojenje. Dobar ležaj i posteljina ne smiju pridonositi toplinskom znojenju. Usprkos tome, ono ipak nastaje pri povećanju temperature okoline. Da osoba koja leži ne bi ležala u vlazi, potrebno je osigurati propusnost i prozračnost ležaja, osobito površinskih slojeva materijala.

U suprotnome ležaj ne samo što ne bi pomogao preventivni bolesti, nego bi čak potpomogao nastajanje reumatskih bolesti.

Vlagu iz tijela potrebno je odvesti s površinskog sloja ležaja u unutrašnje dijelove ojastučenja i tako je koncentrirati u hidroskopne materijale (0,5 - 1,5 l/noć). Tijekom slijedećeg dana ta se vлага treba ispariti u suhi dio okolnog zraka. Kako je nemoguće pretpostaviti da će se provjetravanje ležaja uspješno obavljati samostalnim provjetravanjem svakog dijela ojastučenja, nužno je da to osigura proizvođač. Usto je potrebno da i donji dio ojastučenja bude prozračan i da pridonosi provjetravanju ležaja.

Postoje četiri načina prolaska vode kroz tekstilne materijale: adsorpcijski i desorpcijski način, difuzija u unutrašnjost vlakana, kapilarna sposobnost upijanja, difuzija kroz pore. Prolaz vode ovisi o materijalu, vezivu u tkanini, propusnosti topline i količini vlage medija. Navlaživanje i odvajanje vode u početku je najveće, a onda je sve manje i manje, do zasićenosti, što je obilježje svakog materijala posebno. Da bi smo povećali propusnost tekstila za vlagu, mora u njemu nastati strujanje zraka. To je uvjetovano brzinom gibanja zraka iznad površine, veličinom prolaza, odnosno zračnosti materijala, temperaturom zraka i relativnom vlagom zraka.

*Provođenje vlage u različitim materijalima*

*Moisture permeability of different materials*

Čovjek tijekom jednog sata izluči 15 do 32 g znoja kroz površinu kože od 1 m<sup>2</sup>. Koža je uobičajeno pokrivena nekim tekstilnim materijalom koji mora tu vlagu provesti, što je vrlo važno. Isto vrijedi i za ležajeve, pa je vrlo važno izabrati prave materijale koji će pri različitim klimatskim ujetima pravilno provoditi vlagu.

Vlagu se oko ljudskog tijela uglavnom nalazi u obliku vodene pare. Povezivanje na tekstil obavlja se adsorpcijom. Prve molekule vlage koje vlakno prima vežu se na slobodne hidrofilne skupine. Tu vlagu nazivamo direktno vezanom vodom. Ostale se molekule vežu na tu direktno vezanu vodu, jer su hidrofilne veze još toliko jake. Tijekom adsorpcije voda ulazi među fibrile, stvara nove hidrofilne skupine, a time i mogućnost za vezanje nove vezane vode.

Do temperature oko 50 °C toplina nema utjecaja na razgradnju vlakana. Ako je relativna zračna vlagu niska, količina adsorbirane vlage obrnuto je proporcionalna temperaturi. Pri relativnoj vlagi višoj od 80% na vlakno se veže više vode što je temperatura viša.

Istraživanjem materijala koji su najbolji za ležajeve ustanovljeno je da sintetički materijali slabije provode vlagu od prirodnih. Primanje i odvođenje vlage više ovisi o materijalnom sastavu tekstila nego samoj propusnosti ili gustoći tekstilnog sloja. Ustanovljeno je da PU spužva ima slaba provodna obilježja i znatno odstupa od ostalih materijala. Kad god je moguće, neke tipove PU spužve treba potpuno isključiti iz površinskog sastava ležaja (Grbac, 1988). U tablici 2. dani su rezultati ispitivanja provedenih na uzorcima od navedenih materijala potapanjem u vodi. Masa je bila određena prije potapanja, te nakon 10 sati, odnosno nakon 24 sata. Na taj su način dobiveni podaci o upijanju za pojedine materijale (Grbac, 1984).

Dobro upijaju vlagu viskozni materijali, kokos, vuna i pamuk.

Razmjerno dobro upijaju vlagu viskozni brokat, popelin, plahta od lagane vunene tkanine, dekorativna tkanina (gradl).

Vrlo slabo upija vlagu sintetičko pletivo.

Materijali slabe upojnosti vlage su poliester, polipropilen, PU spužva, poliamid. Postoji niz drugih metoda za određivanje navedenih parametara za ojastučeni namještaj što su ih primjenjivali Kinkel,

Materijal Material	Temperatura/ rel. vlaga Temp./rel. moist. 20/65	Temperatura/ rel. vlaga Temp./rel. moist. 34/96	Natrag na Back to 20/65	Mjerenje vlage nakon 24 sata After 24 hours
viskoza/viscose	8,29	16,95	13,22	11,86
kokos obloga/coir	6,23	16,69	8,88	9,11
vuna/wool	9,77	16,30	12,50	10,33
vunena vata/cotton	7,66	12,04	10,19	9,26
indus. vata/ind. cotton	4,71	8,64	6,31	6,07
ispuna od pam./cott. fill	4,62 - 5,34	11,34 - 10,73	6,07	4 - 6
juta/jute	5,03	10,60	8,17	7,28
poliamid/polyamide	2,10	5	2	
PU spužva, 10 mm/PU	0,75	3,05	0,76	
poliester/polyester	0,80 - 1,30	1,70	0,70	

Maxion, Janda, Prokopov, Grbac i dr., koje pokazuju da se danas velika pozornost pridaje materijalima od kojih je izrađen ojastučeni namještaj, a naročito namještaj za ležanje.

### 3. CILJ, UZORCI, ISPITANIK I METODE ISTRAŽIVANJA THE AIM, SAMPLES, EXAMINEE AND RESEARCH METHOD

**Cilj [The aim].** Cilj ispitivanja je usporedba termofizioloških svojstva četiriju različitih konstrukcija ležaja-madraca.

**Uzorci [Samples].** Ispitivanja termofizioloških svojstava različitih konstrukcija ležaja-madraca napravljena su u dva ciklusa. U prvom su ciklusu provedena ispitivanja na istom tipu ležaja-madraca, ali je jedan imao dodanu štepdeku, dok je drugi bio bez nje. Rezultati tog ispitivanja publicirani su u radu Grbac, Dalbelo-Bašić, 1994. U drugom ciklusu ispitivane su četiri različite konstrukcije ležaja. Sva četiri tipa bila su bez štepdeke. Dimenzije uzoraka bile su slične, a konstruktivna obilježja različita. Konstruktivne karakteristike četiriju uzoraka prikazane su u tablici 3.

**Ispitanik [Examinee].** Sva ispitivanja provedena su sa ženskom osobom (36 god.) koja je spavala na svakom tipu ležaja po 6 noći.

Ispitanica je nakon spavanja ovako ocijenila pojedine tipove ležaja:

- ležaj 1: ugodan do vrlo dobar
- ležaj 2: neudoban do dobar
- ležaj 3: neudoban do dobar
- ležaj 4: neudoban do dobar.

Nakon pregleda rezultata mjerjenja uočava se da se ispitanica na samom početku spavanja često okretala na svim tipovima ležaja dok, je daljnji tijek spavanja bio miran.

**Metod [Method].** Mjerenje propusnosti vlage i topline provedeno je istom aparaturom kao i u prvom ciklusu (Grbac, Dalbelo-Bašić, 1994). Uređaj ima 12 senzora, od kojih je šest služilo za mjerjenje temperature, a šest za ispitivanje vlage. Raspored pojedinih senzora bio je kao u prvom ciklusu.

### 4. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS

Vrlo veliki broj mjerjenja (od 600 do 1 000 zabilježenih vrijednosti temperature, odnosno vlage na svakom pojedinom senzoru tijekom šest noći) omogućio je vrlo precizne intervalne procjene za srednje vrijednosti temperature i vlage na pojedinim mjernim mjestima.

VRSTA LEŽAJA			
ležaj 1	ležaj 2	ležaj 3	ležaj 4
dekorativna tkanina spužva PU, 25kg/m <sup>2</sup> - 5 mm spužva PU, 25kg/m <sup>2</sup> - 20 mm roshar - 10 mm termofilc 150g/m <sup>2</sup> džepičasta opružna jezgra - TFK <sup>1</sup>	dekorativna tkanina vata (PES), 200gr/m <sup>2</sup> - 2 mm vata - 13 mm kokos - 10 mm Bonell jezgra <sup>2</sup> , φ2,2 - 110mm bočne strane ojačane spužvom PU, 25kg/m <sup>3</sup>	dekorativna tkanina vata (PES), 200gr/m <sup>2</sup> - 2 mm vata - 10 mm kokos - 13 mm Bonell jezgra, φ2,2 - 110mm	dekorativna tkanina vata (PES), 200gr/m <sup>2</sup> - 2 mm pamuk/o.vuna/vata - 2 mm spužva PU, 25kg/m <sup>2</sup> - 20 mm kokos - 3 mm Bonell jezgra, φ 2,2 - 110mm

<sup>1</sup>DŽEPIČASTA JEZGRA-TFK (Tashenfedernkern) omogućuje visoku elastičnost i prilagodljivost. Opruge su pšojedinačno ušivene u džepove i služe za optimalno prilagođavanje tijelu, te osiguravaju veliku udubnost ležanja. Odlikuje se visokim indeksom udobnosti i nakon 130 000 ciklusa.

<sup>2</sup>BONELL-jezgra, dobiva se povezivanjem izrađenih opruga od čelične žice spiralom. Nakon povezivanja odrede se konačne dimenzije pomoću plavo postavljene čelične trake koja ujedno učvršćuje jezgru i služi kao nosač za učvršćivanje slijedećeg pokrovног sloja (filc kapa i sli.). Taj tip jezgre pokazao je vrlo visoka mehanička svojstva koja su ekonomski opravdana, ponajprije mogućnošću izmjene opruga.

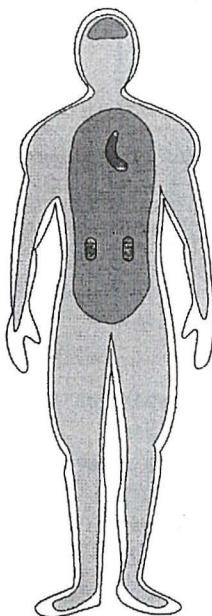
**Tablica 2.**  
Upijanje vlage (g/m<sup>2</sup>) nekih materijala koji se upotrebljavaju za izradu ležaja pri temperaturi 20 °C i 65%-noj relativnoj vlazi te pri temperaturi 34 °C i 96%-noj relativnoj vlazi, u ciklusima nakon 10 sati prema radu Grbac, 1984.

• Moisture absorption (g/m<sup>2</sup>) of some materials used in mattress production at 20 °C i 65% relative moisture and at 34 °C and 96% relative moisture in cycles after 10 hours according to Grbac, 1984.

**Tablica 3.**  
Konstruktivska obilježja ležajeva (uzoraka) • Structural characteristics of mattresses (samples)

**Sl. 1.**

*Stvaranje topline u pojedinim dijelovima tijela u mirovanju i pri tjelesnom radu • Thermal production in individual parts of the body at rest and at physical work*



	Stvaranje topline (%) Thermal production (%)		Težina (%) Weight (%)
	za mirovanja at rest	tijekom rada at physical work	
glava / head	16	3	2
prsa i trbuš chest and abdomen	56	22	6
koža i mišići skin and muscles	18	73	52
ostali dijelovi other parts	10	2	40

*Stvaranje topline u čovjekovu tijelu u mirovanju  
Thermal production in the human body at rest*

W/kg	J/100g min
37.5	10.75
24.5	8.75
10.5	8.36
0.7	3.58
0.4	0.24

**Temperatura  
Temperature**

**Senzor 1 - u prostoru  
Sensor 1 - in the ambient**

Temperatura u prostoru bila je ujednačena i iznosila je:

- ležaj 1 - 24.5 °C
- ležaj 2 - 24.5 - 24.8 °C
- ležaj 3 - 23 - 23.5 °C
- ležaj 4 - 22.8 - 23.6 °C.

**Senzor 2 - u pokrivaču  
Sensor 2 - inside the bedspread**

Najveći raspon temperatura zabilježen je u prvom satu spavanja i iznosio je 28-32 °C. U drugum satu spavanja temperatura se kretala od 32.5 do 34.5 °C nakon čega je za sve ležajeve postupno padala i ustalila se od trećeg sata, kada se kretala od 32 do 34 °C. Za ležaj 1 temperatura je imala blagu tendenciju rasta, da bi u sedmom satu bila oko 34.7 °C. Za ležaj 2 temperatura je uglavnom bila konstantna (oko 33 °C), dok je za ležaj 3 i 4 blago padala prema kraju spavanja i u sedmom satu je za ležaj 3 iznosila oko 32.5 °C, a za ležaj 4 oko 31.8 °C. Za sve ležajeve karakterističan je četvrti sat spavanja, kada su sva odčitanja bila vrlo slična od 33.2 do 33.5 °C.

Ustanovljene su vrlo male razlike u medijanima temperatura pojedinih ležajeva (kreću se unutar 1 °C)

Iz svega navedenog može se zaključiti da su razlike temperature zabilježene u pokrivaču za pojedine ležajeve neznatne. Ležaj 1 ima nešto višu temperaturu od ostalih ležajeva (gledajući ukupno za cijelu noć).

**Senzor 3 - ispod plahte  
Sensor 3 - under the sheet**

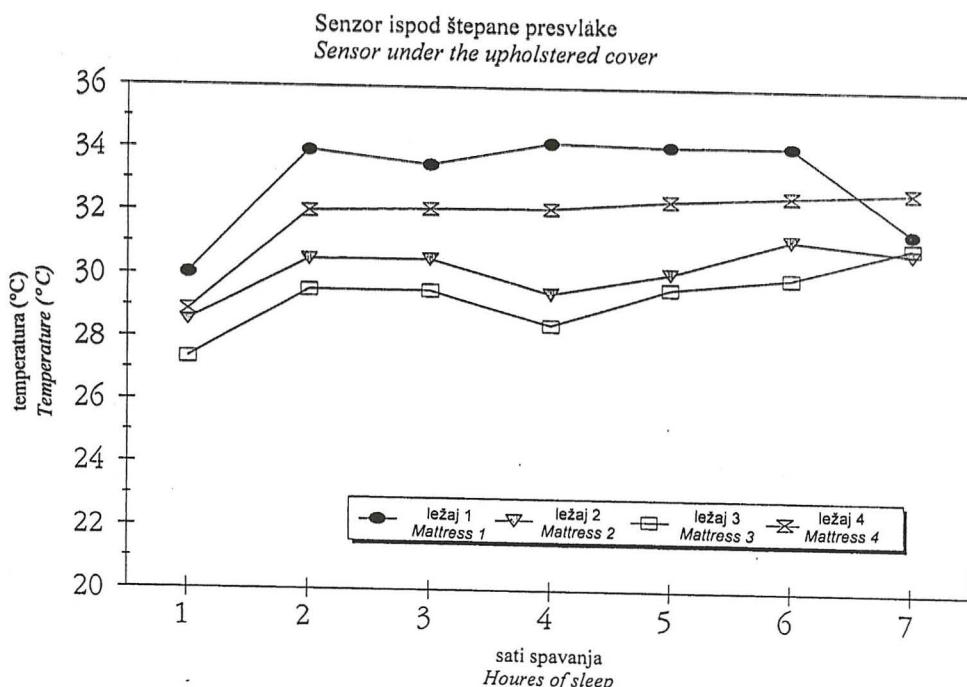
Taj je senzor bio u neposrednom dodiru s donjom stranom ispitaničina tijela. Odčitanja tog senzora na ležajima pokazala su velike sličnosti s odčitanjima senzora 2, osim što su temperature bile malo više

Ležaji 1 i 4 pokazali su vrlo slična odčitanja. Naime, temperatura je u prvom satu spavanja rasla s oko 32 °C do oko 34 °C, nakon čega je bila konstantna sve do šestog sata spavanja. Ležajevi 2 i 3 pokazali su različita odčitanja, ali im je zajednička bila tendencija rasta temperature sve do šestog sata. Ležaj 2 u prvom je satu imao temperaturu oko 32 °C, koja je rasla sve do četvrtog sata (34.5 °C) nakon čega je bila konstantna do šestog sata, kada je pala na oko 33.5 °C. Za ležaj 3 najizraženija je bila tendencija rasta temperature, i to tijekom cijele noći. Naime, početna je temperatura bila oko 30.7 °C, da bi do drugog sata spavanja narasla na oko 33.2 °C nakon čega je imala lagani porast do sedmog sata spavanja, kada je iznosila oko 34.2 °C.

I na tom je senzoru, kao i na senzoru 2, karakterističan četvrti sat spavanja, kada su sva odčitanja bila vrlo slična, tj. oko 34.5 °C osim za ležaj 3 za koji je ta temperatura nešto manja (oko 33.8 °C). Međutim za razliku od senzora 2, na tom su senzoru za sve ležajeve sve do šestog sata spavanja odčitanja bila vrlo slična (33.9-34.3 °C). Nakon toga nastaju odstupanja za svaki pojedini ležaj.

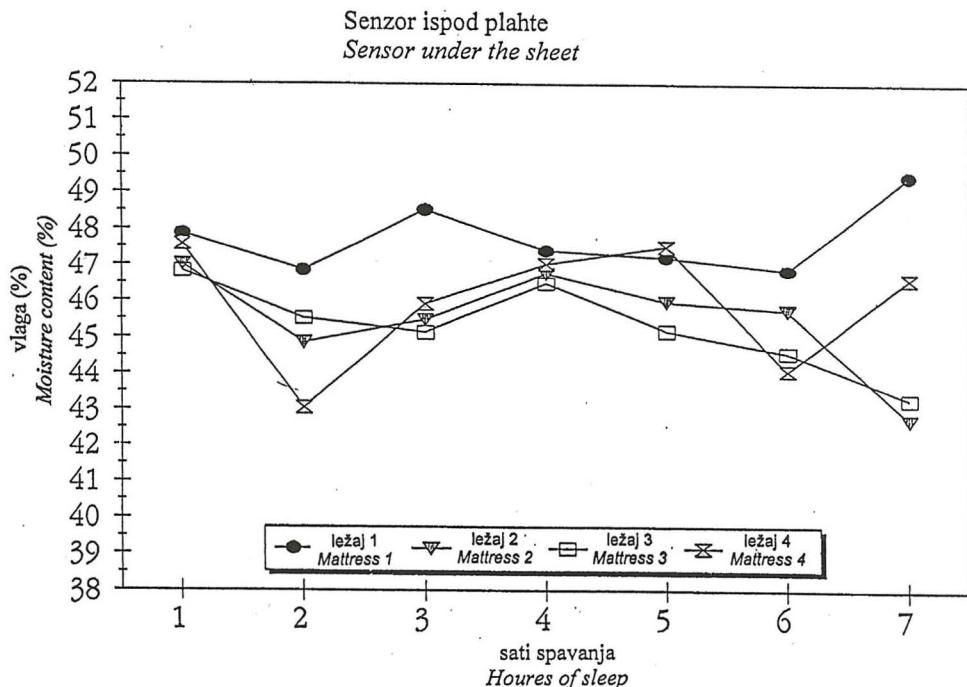
Medijani zabilježenih temperatura na senzoru ispod plahte bili su:

- ležaj 1 - 34.70 °C
- ležaj 2 - 34.01 °C



Sl. 2.

Temperatura prema satima spavanja za senzor ispod štepanje presvlake za sve ležajeve  
• Temperature by hours of sleep related to the sensor under the upholstered cover for each mattress



Sl. 3.

Vлага prema satima spavanja za senzor ispod plahte za sve ležajeve  
• Moisture by hours of sleep related to the sensor beneath the sheet for each mattress

ležaj 3 - 33.79°C  
ležaj 4 - 34.62°C.

Iz tih podataka vidi se da su razlike u medijanima vrlo male (unutar 1 °C). Karakteristike ležajeva 1 i 4 vrlo su slične, i to s nešto višom temperaturom, nego ležajevi 2 i 3 (tijekom cijele noći).

Senzor 4 - ispod štepanje presvlake  
Sensor 4 - under the upholstered cover

Odčitanja tog senzora pokazala su najveće razlike u visini temperature između ležajeva. Za sva četiri ležaja tipičan je velik porast temperature u prvom satu spavanja. Mogu se usporediti karakteristike ležaja 1 i

4 za koje su temperaturne krivulje od drugog do šestog sata gotovo konstantne te karakteristike ležaja 2 i 3 koje su vrlo slične sve do šestog sata spavanja kada se počinju razilaziti. Kretanja temperatura zabilježenih senzorom 4 prema satima spavanja za pojedine ležajevi dana su na slici 2.

39%-tni interval pouzdanosti za srednju vrijednost temperature izmjerene ispod štepanje presvalke dan je na slici 4.

Senzor 5 - u opružnoj jezgri ležaja  
Sensor 5 - inside the spring core

Temperatura je na svim ležajevima imala blagu tendenciju rasta, koja je na-

juočljivija na prvom ležaju, i to uglavnom u prva tri sata, dok su visine temperatura bile različite za pojedine ležajeve. Pri tome se može uočiti da su podaci za ležaj 1 dosta odstupali dok su ostala tri ležaja pokazala relativno slične visine temperature :

ležaj 1 - 30.5 - 32.6 °C (treći sat), otkada je konstantna i iznosi oko 32.4°C

ležaj 2 - 25.0 - 26.8 °C (treći sat), otkada je konstantna od te vrijednosti

ležaj 3 - 24.5 - 25.4 °C (drugi sat), otkada je konstantna od te vrijednosti

ležaj 4 - 25.0 - 26.8 °C (treći sat), otkada je konstantna i iznosi 26.5°C.

*Senzor 6 - ispod ležaja*

*Sensor 12 - under the mattress*

Na svim ležajevima (osim na ležaju 1), temperatura je imala neznatne oscilacije (unutar 0.2 °C). Jedino se za ležaj 1 mogla uočiti malo viša temperaturna razlika od oko 0.7 °C i to do trećeg sata spavanja. Za sve ležajeve temperatura je od trećeg sata konstantna. Premda je temperaturna razlika između ležajeva vrlo malena, za taj je senzor karakteristično da najvišu temperaturu ima ležaj 2, a ne ležaj 1 kao što je bio slučaj s prije navedenim senzorima. Temperature su se kretale:

ležaj 1 - 23.8 - 24.5 °C

ležaj 2 - 24.6 - 24.8 °C

ležaj 3 - 23.7 - 23.8 °C

ležaj 4 - 23.4 - 23.6 °C.

*Vлага*

*Moisture*

*Senzor 7 - u pokrivaču*

*Sensor 7 - inside the bedspread*

Krivulje vlage za sva četiri ležaja imaju do šestog sata spavanja slična obilježja, ali su razlike u postocima vlage za pojedine ležajeve znatne. Za sve ležajeve karakteristično je da vlaga pada nakon početnog stanja (do drugog sata), kada raste do četvrtog sata, ponovno pada do šestog sata, nakon čega za ležajeve 1, 2 i 4 naglo poraste, a za ležaj 3 pada do kraja spavanja.

Vlaga na ležaju 1 pada s oko 44.6% tijekom prvog sata na 42.5% u drugom satu. Nakon toga vlaga poraste na 44.7%, da bi krivulja zatim imala nagli pad do 41.2% do šestog sata spavanja. Nakon toga zabilježen je još jedan nagli skok krivulje, i to na 48.1%, što je ujedno i vršna vrijednost krivulje.

Odčitanja na ležaju 2 dala su najviše vrijednosti vlage. Naime, na tom ležaju vlaga pada s početne vrijednosti od 47.5% na 44.7% u drugom satu, da bi nakon toga imala oblik parabole s vršnom vrijednošću od 48%

u četvrtom satu. U šestom satu vlaga je bila 45.7% nakon čega dolazi do skoka krivulje na gotovo 49%, što je ujedno i maksimalna vrijednost izmjerena tim senzorom, uzimajući u obzir sve ležajeve.

Krivulja vlage na ležaju 3 dosta je slična onoj na ležaju 2 - i po vrijednostima, i po obliku krivulje. Naime s početne vrijednosti od 46.2% vlaga pada na 41.9%, do četvrtog sata spavanja raste na 45.1% te nakon toga pada, što je zabilježeno jedino za taj ležaj. Do kraja spavanja vlaga je primila vrijednost od 40.3%, što je i najmanja vrijednost odčitana s tog senzora.

Za ležaj 4 nakon visoke početne vrijednosti od 48.7%, vlaga pada na oko 44.4% do drugog sata spavanja. Kao usporedba s drugim ležajevima može se uočiti najmanji porast vlage do četvrtog sata kada ona iznosi 45.6%. Nakon toga krivulja strmo pada na oko 41.3% u šestom satu spavanja te ponovno raste prema kraju spavanja (43%).

Unatoč velikim razlikama između krivulja prema satima spavanja, obrada podataka je pokazala da su medijani vlage svih ležajeva međusobno blizu. Rasipanja vrijednosti su relativno velika. Medijani za pojedine ležajeve su :

ležaj 1 - 43.83%

ležaj 2 - 43.90%

ležaj 3 - 42.25%

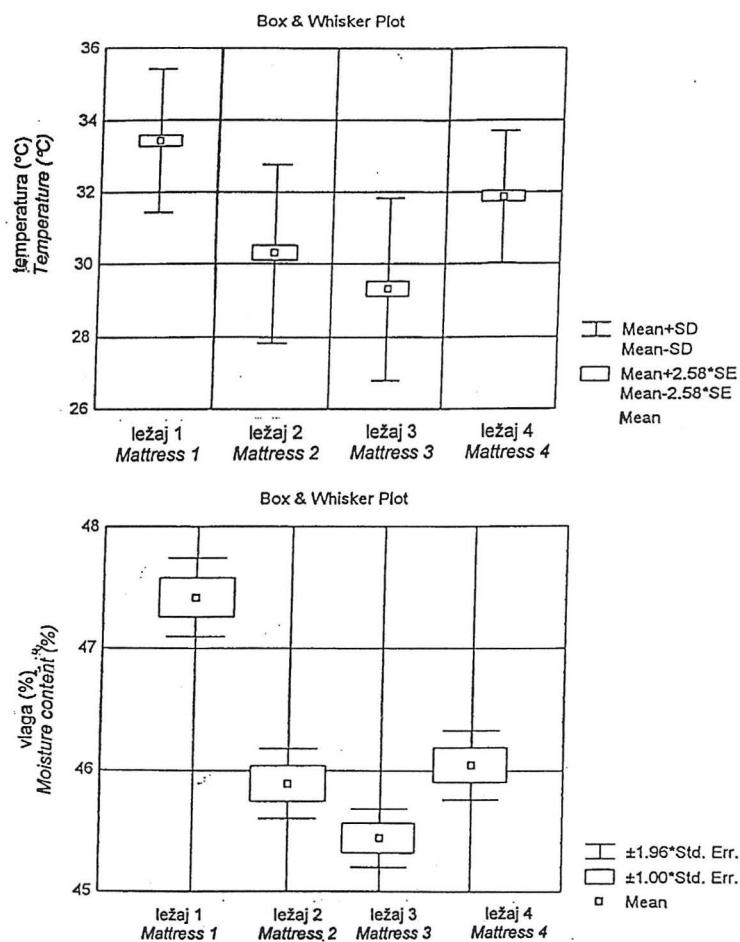
ležaj 4 - 42.25%.

Uzimajući u obzir cijelu noć, vidi se da bi ležaj 2 imao najvišu vlagu, zatim slijede ležajevi 1 i 4, a najnižu vlagu zabilježio je senzor na ležaju 2.

*Senzor 8 - ispod plahte*

*Sensor 8 - under the sheet*

Taj je senzor bio u neposrednom dodiru s donjom stranom ispitaničina tijela. Taj je senzor dao različite oblike krivulja vlage. Ipak se mogu pronaći neke sličnosti između pojedinih ležajeva. Naime, nakon početne visoke vlage na svim ležajevima vlaga pada do drugog sata spavanja. Nakon toga uglavnom raste (osim za ležaj 1 za koji nakon drugog sata vlaga raste, ali nakon trećeg sata ponovno pada), i to do četvrtog sata, kada svi ležajevi pokazuju vrlo slične vrijednosti (unutar 1%). Nakon četvrtog sata vlaga do kraja spavanja pada za ležajeve 2 i 3, a za ležajeve 1 i 4 nakon šestog sata naglo raste. Međusobno najsličnije krivulje imaju ležajevi 2 i 3 (samo je u šestom satu maksimalna razlika između njih oko 1%). Prikaz vrijednosti vlage po satima spavanja za senzor 8 dan je na slici 3. 95%-tini intervali



Sl. 4.

99%-tni intervali pouzdanosti za srednju vrijednost temperature izmjerene ispod štepane presvlake • 99% confidence intervals for mean temperature recorded under the upholstered layer

Sl. 5.

95%-tni intervali pouzdanosti za srednju vrijednost vlage izmjerene ispod plahte • 95% confidence intervals for mean moisture recorded under the sheet

pouzdanosti za zadnju vrijednost vlage izmjerene ispod plahte dani su na slici 5.

#### Senzor 9 - u prostoru Sensor 9 - in the ambient

Pokazalo se da je vlaga u prostoru bila ujednačena, s laganom tendencijom pada. Najviša vlaga zabilježena je za ležaj 4, zatim za ležaj 1, da bi za ležajeve 2 i 3 bila vrlo slična, a ujedno i najniža. Raspon vlage za pojedine ležajeve je bio:

- ležaj 1 - 55.7-55.4%
- ležaj 2 - 55.7-54.8%
- ležaj 3 - 55.5-54.8%
- ležaj 4 - 56.2-55.7%.

#### Senzor 10 - ispod štepane presvlake Sensor 10 - under the upholstered cover

Vrijednosti odčitane s tog senzora imale su uvjerenljivo najveće oscilacije u pojedinim satima spavanja. Gotovo i nije moguće naći neke sličnosti između ležajeva, osim što je za sve zabilježen pad vrijednosti vlage tijekom prvog sata spavanja (kao što su to zabilježili već prije nevedeni senzori za vlagu).

Može se uočiti da ležaj 3 skoro cijelu noć ima tendenciju pada vlage (osim u petom satu spavanja), dok vlaga na ostalim ležajevima vrlo oscilira.

Vлага kod ležaja 1 oscilira oko vrijednosti 51%. U petom satu spavanja vlaga je narasla na 52.5% i takva ostala do kraja spavanja.

Nakon početne vrijednosti od 52.3% za ležaj 2 vlaga pada do trećeg sata (50.8%) otkada oscilira oko 1% sa vršnim vrijednostima u četvrtom i šestom satu (52.1%). Tada prema kraju spavanja slijedi veliki pad vrijednosti vlage na oko 48.4%.

Vлага na ležaju 3 ima gotovo stalni pad od početka do kraja spavanja. Početno odčitanje daje vlagu od 52.4% nakon čega vlaga pada (uz majne oscilacije) do sedmog sata spavanja na 48.8%.

Kao i na senzoru 8, tako i na senzoru 10, ležaj 4 je pokazao najveće oscilacije tijekom spavanja (vidi sliku 3). Nakon najviše odčitane početne vlage od 53.5% dolazi do vrlo velikog pada vlage na čak 48.1% u drugom satu. Od tada krivulja ponovno raste na 52% prema kraju spavanja. Medijani za pojedine ležajeve iznose:

- ležaj 1 - 51.87%
- ležaj 2 - 51.34%
- ležaj 3 - 50.94%
- ležaj 4 - 50.77%.

Promatrajući karakteristike vlage za pojedine ležajeve tijekom cijele noći, vidi se

da su medijani za vlagu za sva četiri ležaja blizu i da se kreću unutar intervala od 1%. Rasipanja vrijednosti nešto su manja nego za senzore 7 i 8.

*Senzor 11 - u opružnoj jezgri ležaja  
Sensor 11 - inside the spring core*

Za taj je senzor karakteristično da ležajevi imaju gotovo konstantne krivulje kretanja vlage. Od toga donekle odudara ležaj 1, za koji krivulja ima malu tendenciju pada te ležaj 4, koji ima malu tendenciju porasta vlage prema kraju spavanja. Linije vlage za pojedine ležajeve kretale su se u rasponu:

ležaj 1 - 63.9-62.8%  
ležaj 2 - 61.5-61.4%  
ležaj 3 - 61.5-61.3%  
ležaj 4 - 60.4-60.9%.

*Senzor 12 - ispod ležaja  
Sensor 12 - under the mattress*

Za sve ležajeve te su krivulje gotovo konstante. Linije vrijednosti vlage za pojedine ležajeve kretale su se tijekom noći u rasponu:

ležaj 1 - 54.2-54.5%  
ležaj 2 - 55.4-55.3%  
ležaj 3 - 53.0-52.7%  
ležaj 4 - 53.0-53.3%.

## 5. ZAKLJUČAK CONCLUSION

Na temelju rezultata mjerena senzora za vlagu i temperaturu smještenih u prostoru može se zaključiti da su temperaturni uvjeti bili podjednaki tijekom svih mjerena.

Temperaturni senzor koji je bio smješten unutar konstrukcije dao je najviše, ali istodobno i najugodnije temperature za uzorak 1 (ležaj s džepičastom jezgrom-TFK). Može se zaključiti da je najbolja akumulacija topline tijekom noći upravo za ležaj s džepičastom opružnom jezgrom, što je dodatni povoljan argument, uz već poznate ortopedске i antropometrijske karakteristike te konstrukcije (Grbac, Dalbelo-Bašić, 1994).

Grafičkim prikazima intervalnih procjena srednjih vrijednosti uočava se da postoje razlike u količini vlage između pojedinih konstrukcija na mjernim mjestima koja su u dodiru s čovjekovim tijelom. Tako je na senzoru smještenom ispod osobe na ležaju s džepičastom konstrukcijom odčitana vлага oko 3% viša nego na ostalim ležajevima, što nismo očekivali za takvu konstrukciju. Međutim, na sljedećem senzoru, tj. na onom smještenom ispod štepanske presvlake, dobivena su vrlo slična odčitanja za sve ležajeve. Očito je da vлага džepičaste

konstrukcije nije u potpunosti prošla kroz štepanu presvlaku kao u ostalih konstrukcija. Nakon analize materijala ustanovljeno je da se štepana presvlaka džepičaste konstrukcije sastojala od PU spužve debljine 5 mm, dok su na ostalim ležajevima štepane presvlake bile od vate.

U srednjem sloju madraca ustanovljena je vrlo velika koncentracija vlage (srednja vrijednost 65%) - kao mogućeg izvora zdravstvenih tegoba što navodi na razmišljanje da pri konstruiranju posebnu pozornost treba pridati tzv. nadogradnji jezgre pravilnim odabirom materijala. Uspravedljivo rezultata senzora za vlagu u prostoru i ispod madraca ustanovljeno je da konstrukcije nisu dovoljno propusne, što nas navodi na prije dobiven zaključak da svakako treba težiti što rjeđoj upotrebi PU spužvi kao postraničnom učvršćivaču konstrukcije, već za to treba rabiti što prirodniji materijal (npr. LAT-EX).

Testiranje t-testom pokazalo je da su upravo na dodirnim mjestima (senzor u pokrivaču i senzor ispod plahte) razlike u srednjim vrijednostima vlage signifikantne ako se uspoređuje ležaj 1 s ostalim ležajevima. Provedena ispitivanja upućuju na činjenicu da su materijali od kojih je izrađen pokrivač i gornji dio ležaja vrlo bitni za termofiziologiju spavanja i idu u prilog konstrukcijama s prirodnim materijalima. Svi ostali temperaturni senzori nisu pokazali značajnije razlike u temperaturama iako je nešto višu temperaturu uvijek imala džepičasta konstrukcija ležaja. Dakle, na temelju provedenih istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Gornji sloj ležaja najvažniji je za ugodno spavanje, jer je gradijent temperature i vlage u njemu najveći.

2. Temperaturni senzor koji je bio smješten unutar konstrukcije dao je najviše, ali istodobno i najugodnije vrijednosti temperatura za ležaj s džepičastom jezgrom. Može se zaključiti da je najbolja akumulacija topline tijekom noći upravo u ležaju s džepičastom opružnom jezgrom, što je dodatni pozitivni argument uz već poznate dobre karakteristike te konstrukcije.

3. Svi ostali temperaturni senzori nađeni su i najugodniju temperaturu uvijek zabilježili za džepičastu konstrukciju ležaja.

4. Vлага u pokrivaču uravnotežena je i ujednačena za sve konstrukcije. Na temelju podataka o vlazi u madracu može se zaključiti da su ispitivane konstrukcije potvrđile rezultate dobivene ispitivanjem kakvoće spavanja (Grbac, 1988).

5. Pri konstruiranju ležajeva osobitu pozornost treba pridati nadogradnji pravilnim odabirom materijala jezgre (Grbac, 1991; Lüttig, 1991), i to za svakog čovjeka posebno. Prema najnovijim zahtjevima o higijeni spavanja, vlaga u spavaćem prostoru trebala bi zimi biti oko 50%, ljeti oko 60%, a temperaturno najbolji uvjeti spavanja su od 14 do 18 °C. Prema rezultatima dobivenim ovim istraživanjem može se ustvrditi da su uvjeti temperature i vlage bili bolji u prvom ciklusu (Grbac, Dalbelo-Bašić, 1994; Grbac i sur., 1994).

6. Podaci ispitivanja dodirnih mjesata s čovjekovim tijelom (senzor u pokrivaču i senzor ispod plahte) dokazuju da su materijali od kojih je izrađen pokrivač i gornji dio ležaja najbitniji za termofiziologiju i u tom smislu prednost imaju materijali poput lateksa, vune, pamuka, kokosa.

## 6. LITERATURA REFERENCES

1. Atzinger, M., Werberstorfer, E., 1992: Natürlich gesund schlafen 3. Ausgabe, April, 1-24 s. Pro Natura, Linz
2. Burfeind, A. 1993: Welche Anforderungen stellt die menschliche Biologie an einen Schlafraum?, Gesünder wohnen, Vol 23, pp. 27-29.
3. Grbac, I. 1984: Istraživanje trajnosti i elastičnosti različitih konstrukcija ležaja, magistarski rad, Šumarski fakultet, Zagreb
4. Grbac, I. 1988: Istraživanje kvalitete ležaja i poboljšanje njegove konstrukcije, disertacija, 1-583 str., Šumarski fakultet, Zagreb
5. Grbac, I. 1991: Razvoj novih konstrukcija namještaja za ležanje (Development of New Structures for Rest Furniture), Proceedings of Scientific and Professional Conference "Development and Perspectives of Final Processing of Wood", AMBI-ENTA 91, Zagreb, str. 65-71.
6. Grbac, I., Ljuljka, B., Dalbelo Bašić, B., Tkalec, S. 1994: Istraživanje toplinske provodnosti i propusnosti vlage u ležaju (Research of Thermal Conductivity and Moisture Permeability in Mattress), Uključivanje znanosti u gospodarski sustav prerađbe drva u Hrvatskoj, Novi Vinodolski, 11-12. svibnja, str. 68-71.
7. Grbac, I., Dalbelo Bašić, B. 1994: Provodnost topline i propusnost vlage u ležaju (Thermal Conductivity and Moisture Permeability in Mattress), Drvna industrija 45(4), Zagreb, str. 130-134.
8. Kinkel, H.J., Maxion, H. 1970: Schlafphysiologische Untersuchungen zur Beurteilung verschiedener Matratzen, Int. Z. angew. Pshysiol. 28, Springer-Verlag , pp. 246-262.
9. Lüttig, G., 1991, Gutachtliche Äusserung zur Verwendung von Torffasern, speziell von Eriophorum vaginatum für die Herstellung von Matratzen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
10. Müller, W., 1976: Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Oberbettmaterialien auf das Schlafverhalten und das Bettklima, Lehrstuhl und Institut für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München.
11. Wayne, D. 1990: Applied Nonparametric Statistics, Second Edition, PWS-KENT Publishing Company, Boston.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, ŠUMARSKI FAKULTET  
ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI

10 000 Zagreb, Svetosimunska 25, tel: +385 01 230-22-88, fax: +385 01 218-616

**Za potrebe cijelokupne drvne industrije provodi znanstvena istraživanja i ostale usluge u rješavanju tržišnih, proizvodnih, organizacijskih, obrazovnih i ekonomskih problema unapređivanja proizvodnje i plasmana drvnih proizvoda na tuzemno i inozemno tržište.**

Djelatnost Zavoda:

- Istraživanje i ispitivanje drva i proizvoda od drva,
- Znanstvena razvojna i primjenjena istraživanja u području drvne tehnologije i drvnoindustrijskog strojarstva,
- Izrada studija razvoja novih proizvoda, tehnologije i organizacije proizvodnje,
- Projektiranje drvnoindustrijskih i obrtničkih tehnologija i pogona prerađe drva,
- Atestiranje ploča iverica, jedini ovlašteni laboratorij u Hrvatskoj od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo,
- Ispitivanje namještaja i dijelova za namještaj, ovlašteni laboratorij u Hrvatskoj od Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo,
- Laboratorijska ispitivanja kvalitete - atestiranje svihdrvnih materijala, poluproizvoda i finalnih proizvoda,
  - Ovlašteno mjerilište za buku i vibracije,
- Organiziranje savjetovanja i simpozija s područja drvne tehnologije,
- Izdavanje stručnih edicija i publikacija,
- Permanentno obrazovanje uz rad za sve obrazovne profile u drvnoj struci,
  - Strategija razvoja poduzeća,
- Istraživanje tržišta poduzeća-studije komparativnih mogućnosti proizvoda i poduzeća,
- Uvođenje MRP I i II sustava upravljanja proizvodnjom i poslovanjem uz podršku računala - zajedno s informatičkim inžinjeringom,
- Makro i mikro organizacija poduzeća - projekti, studije,
- Organizacija procesa proizvodnje - studija rada, kontrole kvalitete, organizacija tehnološkog procesa,
- Analiza troškova poslovanja s prijedlogom racionalizacije,
  - Optimizacija procesa proizvodnje i poslovanja,
- Sustav planiranja i obračunavanja troškova proizvodnje i poslovanja,
- Primjena ISO-9000 sustava u poduzeću,
- Stručna vještačenja, te recenzije znanstvenih i stručnih radova.

Na raspolaganju Vam stoje vrhunski stručnjaci za područje drvne tehnologije, očekujemo Vaše upite i uspješnu suradnju.