

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DODIPLOMSKI STUDIJ

Emanuel Varošanec

**ISTRAŽIVANJE ELASTIČNIH
KARAKTERISTIKA OPRUŽNIH JEZGRI**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2010.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

Zavod za namještaj i drvne proizvode

**ISTRAŽIVANJE ELASTIČNIH
Karakteristika opružnih jezgri**

DIPLOMSKI RAD

Studij: Sveučilišni dodiplomski studij Drvna tehnologija

Predmet: Konstrukcije proizvoda od drva

Ispitno povjerenstvo: 1. prof. dr. sc. Ivica Grbac, mentor

2. dr. sc. Zoran Vlaović

3. dr. sc. Ivica Župčić

Student: Emanuel Varošanec

JMBAG: 2811985320522

Broj indeksa: 5199/04

Datum odobrenja teme: 25. 05. 2010.

Datum predaje rada: 03. 07. 2010.

Datum obrane rada: 14. 07. 2010.

Zagreb, srpanj 2010.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Istraživanje elastičnih karakteristika opružnih jezgri
Title	Investigation of elastic characteristics of spring core
Autor	Emanuel Varošanec
Adresa autora	Dravska 43, 40324 Goričan
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Laboratorij za ispitivanje namještaja i dijelova za namještaj
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	prof. dr. sc. Ivica Grbac
Izradu rada pomogao	dr. sc. Zoran Vlaović
Godina objave	2010.
Obujam	45 stranica sveukupno 29 slika 10 tablica 9 grafikona
Ključne riječi	ležaj-madrac, bonnell opružna jezgra, džepičasta opružna jezgra, trajnost, deformacija, elastičnost, tvrdoča, HRN EN 1957
Key words	mattress, bonnell spring core, pocket spring core, durability, load/deflection curve, hardness, firmness, HRN EN 1957
Sažetak	Do danas su provedena mnoga istraživanja na temu uspoređivanja svojstava različitih opružnih sustava s obzirom na njihove karakteristike. Tako je i ovo ispitivanje provedeno na sličnu temu sa željom da rezultati ispitivanja daju jasniju sliku i odgovore na neka pitanja. Cilj istraživanja je bio prikazati međusobnu usporedbu karakteristika bonnell i džepičastih (TFK) opružnih jezgri koje se temeljilo na metodi određivanja funkcionalnih karakteristika madraca prema HRN EN 1957. Izdržljivost, elastičnost i tvrdoča ispitivanih jezgri uspoređivali su se s obzirom na različita svojstva jezgri kao što su visina, promjer opruga, debljina žice opruge, ali i različite proizvođače. U ovom istraživanju koristila su se četiri uzorka bonnell opružne jezgre i dva uzorka džepičaste opružne jezgre koji su se međusobno razlikovali po svojim karakteristikama. Rezultati su dali zanimljive podatke o ponašanjima jezgri pri opterećivanju odnosno uporabi. Kad bi usporedili rezultate svih uzoraka bonnell opruga (A1 i A2), bonnell opruga (B1 i B2) i džepičastih opruga (C1 i C2) uvidjeli bi da najveću vrijednost elastičnosti ima uzorak C2, a najmanju C1. Kod vrijednosti tvrdoče uzorak B1 je "najtvrdi", a uzorak C1 "najmekši". Trajna deformacija najveća je kod uzorka A1, dok je najmanja kod uzorka B1. Gledajući trajnost uzoraka možemo reći da su uzorci C1 i C2 po tom pitanju bolji od ostalih jer nije došlo do nikakvih oštećenja jezgre nakon završetka ispitivanja dok su se kod ostalih uzoraka javljala oštećenja u smislu pucanja opruga.

SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	VI
1. UVOD	1
1.1. CILJ ISTRAŽIVANJA	2
2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA.....	3
2.1. KREVETNI SUSTAV	3
2.1.1. POVIJESNI RAZVOJ KREVETA	3
2.1.2. ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU ZA KREVET	6
2.1.3. MATERIJALI ZA IZRADU LEŽAJA-MADRACA	9
2.2. OPRUŽNE JEZGRE ZA LEŽAJEVE-MADRACE	14
2.2.1. MATERIJALI ZA IZRADU OPRUGA	14
2.2.2. BONNELL OPRUŽNA JEZGRA.....	15
2.2.3. DŽEPIČASTA OPRUŽNA JEZGRA.....	17
3. METODE ISTRAŽIVANJA	20
3.1. UZORCI	20
3.2. METODA ODREĐIVANJA FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA LEŽAJA-MADRACA	23
4. REZULTATI	26
4.1. UZORAK A1	26
4.2. UZORAK A2	27
4.3. UZORAK B1	28
4.4. UZORAK B2	29
4.5. UZORAK C1	30
4.6. UZORAK C2	31
4.7. USPOREDBA REZULTATA	32
5. RASPRAVA.....	34
6. ZAKLJUČAK.....	36
LITERATURA.....	37
POPIS ILUSTRACIJA	38

PREDGOVOR

Na ovu temu diplomskog rada odlučio sam se zbog stalnih priča iz svakodnevnog života koje me okružuju od strane ljudi koji su nezadovoljni svojim madracima jer se bude s raznim bolovima u vratu i kralježnici, neispavani i mrzovoljni, a što utječe na njihov ostatak dana. To me potaknulo na razmišljanje o provedbi istraživanja sa svrhom dodatne edukacije o toj problematici kako bi ubuduće sebi, a i drugima mogao dati neki savjet prilikom odabira madraca.

U ispitivanju su korišteni uzorci, razna tehnička pomagala i uređaji, a ono se temeljilo na metodi određivanja funkcionalnih karakteristika madraca prema HRN EN 1957. Prilikom istraživanja bila su potrebna mnoga razmišljanja i savjeti pri donošenju zaključaka povodom čega se zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Ivici Grbcu koji mi je pomogao svojim savjetima i raspravama pri razradi ovog rada, te posebnu zahvalu i veliko hvalu dr. sc. Zoranu Vlaoviću koji je imao volje za brojne razgovore, savjete, primjedbe i sudjelovanje u laboratoriju tijekom cijelog istraživanja.

Zahvaljujem se tvrtci Hespo d.o.o. na ustupljenim uzorcima jezgri madraca i ostaloj pomoći, te kolegama u laboratoriju Danijelu Mežnariću i Ivanu Žulju dipl. ing. koji su također pripomogli kod izrade rada.

Veliko hvala mojoj obitelji, rodbini i priateljima koji su mi pružili veliku potporu te bili uz mene i u najtežim trenucima tijekom cijelog mog studiranja i pri izradi ovog diplomskog rada.

1. UVOD

Danas je krevet toliko svakidašnja stvar da o njemu uopće više ne razmišljamo, osim kada ga trebamo kupiti. U krevetu provedemo čak trećinu svog života, a ponekad još i više. Mudra stara kineska poslovica kaže: *Na svijetu postoji samo dvije uistinu važne stvari – dobar krevet i dobar par cipela, jer kad nisi u jednomu tada si u drugomu.*¹

Otkad je napravljen, jedina zadaća madraca je da nam omogući dobar i kvalitetan san. Zbog toga se puno radi na usavršavanju madraca i materijala koji se koriste za njegovu proizvodnju. Mnogo ljudi se nakon prespavane noći ujutro budi s osjećajem neispavanosti, glavoboljom, bolovima u leđima, bolovima u vratu... Naše tijelo je najosjetljivije na onaj dio kreveta koji je s njim u izravnom dodiru. Zato madrac na kojem spavamo mora imati prilagodljivu površinu i elastičnu jezgru kako bi našim leđima pružio pravilnu potporu. Za naše tijelo je bitno da imamo madrac koji pravilno raspoređuje masu tijela koje se pritom potpuno rasterećuje.

Danas je madrac najzahtjevniji proizvod moderne krevetne industrije. Razvijaju se mnogobrojne tehnologije koje omogućuju izradu zdravih madraca koji će se moći u potpunosti prilagođavati svakom tijelu.² Svako daljnje unapređenje madraca uvijek se bazira na poboljšanju kvalitete podupiranja tijela ili na povećanju udobnosti madraca tj. jezgre i obloga na jezgri. Jedna od tih tehnologija je princip izrade višezonskih jezgri za madrace nastalih kao želja za još boljim podupiranjem tijela tijekom ležanja. Takvi madraci se danas smatraju visokokvalitetnim budući da podižu udobnost na višu razinu.³

U pravilu, madraci se prema vrstama ispuna dijele u dvije grupe: na madrace popunjene raznim elastičnim ispunama (profilirana spužva, latex...) i na madrace s opružnim jezgrama ili drugim metalnim oprugama (bonnell, džepičasta, šlarafija...).⁴ U ovom diplomskom radu su prikazani rezultati određivanja izdržljivosti, elastičnosti i tvrdoće bonell i džepičastih (TFK, njem. *Taschenfederkerne*) jezgri madraca. Cilj ispitivanja je bio prikazati međusobnu usporedbu gore navedenih karakteristika s obzirom na različita svojstva opruga (visina, promjer, debljina žice) od kojih je jezgra izrađena i različite proizvođače tih jezgri.

Diplomski rad se sastoji od šest poglavlja. Prvo poglavlje je uvod u samu temu rada, zatim slijedi poglavlje o cilju i problematici ispitivanja te osvrta na ostale stručnjake i istraživače koji su se bavili istom temom. Ostala poglavlja su bazirana na metodi istraživanja gdje je opisana norma po kojoj se radilo ispitivanje, dobivenim rezultatima te raspravi i zaključku.

¹ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 1

² <http://www.pavletic.hr/proizvodi/ortopedski-madraci> (30.05.2010.)

³ <http://www.hespo.hr/madraci> (30.05.2010.)

⁴ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 133

1.1. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je bio prikazati međusobnu usporedbu karakteristika bonnell i džepičastih (TFK) opružnih jezgri koje se temeljilo na metodi određivanja funkcionalnih karakteristika madraca prema HRN EN 1957. Izdržljivost, elastičnost i tvrdoća ispitivanih jezgri uspoređivali su se s obzirom na različita svojstva jezgri kao što su visina, promjer opruga, debljina žice opruge, ali i različite proizvođače.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Do danas su provedena mnoga istraživanja na temu uspoređivanja svojstava različitih opružnih sustava s obzirom na njihove karakteristike. Tako je i ovo ispitivanje provedeno na sličnu temu sa željom da rezultati ispitivanja daju jasniju sliku i odgovore na neka od sljedećih pitanja: kolika je izdržljivost bonnell opružnog sustava, a kolika džepičastog opružnog sustava s obzirom na različita svojstva; koji su najbolji oblici izvedbe džepičastih i bonnell opruga i opružnih jezgri i sl.

2.1. KREVETNI SUSTAV

2.1.1. POVIJESNI RAZVOJ KREVETA

O povijesti i povijesnom razvoju kreveta kroz različite epohe može se više pronaći u udžbeniku profesora Grbca (2006.), a u nastavku su date samo kratke crtice o pojedinim razdobljima zanimljivim za ovaj rad.⁵

Krevet datira od postanka ljudske vrste, a njegov razvoj u stopu prati civilizacijski uspon i tehnološke prednosti znanstvenih otkrića. Zato ni o jednom komadu namještaja nije ispisano toliko stranica, znanstvenostručnih rasprava i popularnih tekstova koliko o krevetu. Praiskonski prethodnik današnjem krevetu bila je gola postelja od prirodnih naslaga lišća, slame i krvna, koje je ljudsko tijelo toplinski izolirala od hladnog tla. Čovjek umotan u kožu i krvno osjećao se sigurnije pod vedrim nebom, u mračnoj špilji ili pod krovom sojenice. Zato su drevne kulture starovjekovnih naroda pridavale krevetu izuzetno mjesto, što je bilo označeno obiljem posvećenih simbola i opreme. Dakako, i tu je postojala hijerarhija pa se krevet plemenskog poglavice udobnošću i ukrasima uvelike razlikovao od postelje običnog ratnika. Staroegipatski su kreveti po osnovnoj strukturi slični današnjima, dok su Grci i Rimljani postavili krevet u središte zbivanja. Uz raskošne počivaljke priređivali su gozbe i slavlja. Germani i Slaveni bili su skromniji, sve do 8. stoljeća spavalii su na tvrdim drvenim klupama. U ranom srednjem vijeku krevet dobiva visoko uzglavlje, a u 12. stoljeću uz naslon dolazi i baldahin. Krevet se kao najudobnije mjesto sve više stavlja u prvi plan.⁶

⁵ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 3-22

⁶ Grbac, I. Zdrav život zdravo stanovanje: prvi priručnik iz područja namještaja u funkciji zdravlja, str. 37

Krevet modernog doba, godina 1961. bilježi se u povijesti kreveta kao tiha revolucija. Naime, početkom šezdesetih buknuo je pravi dizajnerski bum koji je inicirala tvrtka *Lattoflex*, što je temeljito promjenilo konstrukciju kreveta i unutrašnjost madraca. To se posebno odnosi na krevetni sklop i na konstrukciju ležajne jezgre. Elastični je sustav prvi put utemeljen na znanstvenim otkrićima o strukturi i funkciji ljudskog tijela, odnosno kičmenog stupa.



Slika 1. Krevet modernog doba (Hespo-aida)

Daljnji razvoj takvih krevetnih sustava dopunjuje se inovacijama ležaja i pronalaskom automatskih mehanizama koji su prвobitno bili namijenjeni funkciji bolesničkog kreveta, no danas ih cijene svi koji žele uživati u udobnosti kreveta. U razvojnom stupnjevanju inovacijskih krevetnih sustava posebno mjesto svakako zauzima i voden krevet čiji je suvremeniji model promoviran 1967. godine u San Franciscu.



Slika 2. Konstrukcija vodenog kreveta

Uz vodu pogodan medij za konstrukciju udobnog i medicinski zahtjevnog madraca je i zrak koji ima slična svojstva pri podupiranju ljudskog tijela uz krajnju prilagodljivost njegovom obliku. Pojava suvremenog ležaja-madraca otvara, bez sumnje, novo poglavlje u kulturi spavanja jer njegov razvoj zahtijeva interdisciplinarni pristup i suradnju raznorodnih znanstvenika i stručnjaka. Istražuje se ležanje i dok se mišići odmaraju, tijelo treba podržavati. Zato madrac treba isprobati, on ne smije biti premekan niti pretvrd, već dovoljno elastičan da amortizira nagla opterećenja. Zato je priča o modernom krevetu već povijest jer ono što je prije nekoliko godina bilo stilska atrakcija, modni trend ili tehnološka novost ugrađena u konstrukciju, iz dana u dan bacaju u sjenu nova i poboljšana rješenja.⁷



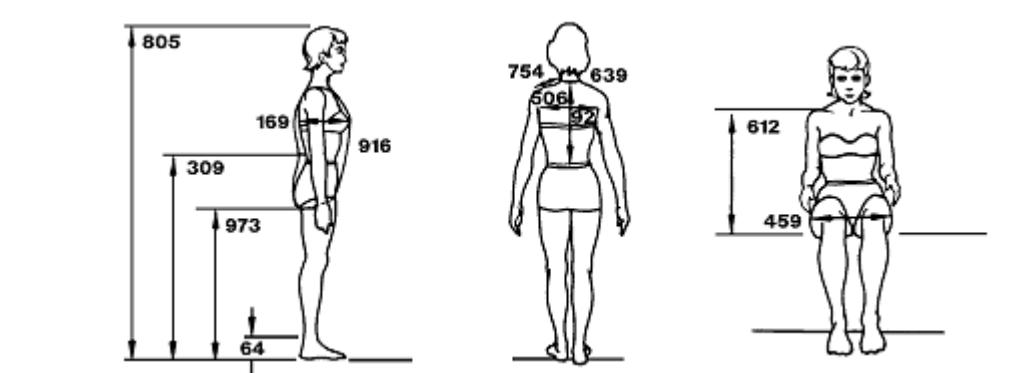
Slika 3. Konstrukcija vodenog kreveta

⁷ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 19-22

2.1.2. ZAHTJEVI KOJI SE POSTAVLJAJU ZA KREVET

Krevet ili postelja spadaju u dio namještaja namijenjenog za spavanje ili počivanje osoba u položaju ležanja ili pretežno ležanja. Da bi krevet bio dobar on mora udovoljiti raznim funkcionalnim zahtjevima od antropometrijskih, upotrebnih pa do fizioloških i higijenskih zahtjeva.

Antropometrija (grč. *antropos* – čovjek; *metrein* – mjeriti) je antropološka metoda kojom se mjeri ljudsko tijelo, njegovi dijelovi i funkcionalne sposobnosti. Ergonomija se služi antropometrijskim podacima u svrhu oblikovanja najboljih oblika i dimenzija strojeva, alata, radne okoline pa tako i namještaja koji je prilagođen antropometrijskim osobinama čovjeka.⁸ Prema njima se određuju dimenzije kreveta koje diktira građa ljudskog tijela i mjere njegovih dijelova. Ti podaci moraju biti znanstvena podloga za stvaranje standarda prema kojima će dizajneri i konstruktori osmisliti kvalitetnu proizvodnju namještaja za ležanje. Pritom je najvažniji čimbenik veličina ležaja. Ležaj mora biti tako dimenzioniran da se tijelo može slobodno ispružiti i dobro odmoriti u svakom položaju. Tijekom spavanja čovjek se stalno prevrće kako pojedini dijelovi tijela ne bi trpjeli opterećenja što ometa normalnu cirkulaciju krvotoka. Zato površina ležaja mora biti dovoljno dugačka i široka da čovjek, čim osjeti nelagodu, može slobodno promijeniti položaj kako bi se osjećao što udobnije. U većinu poznatih normi iz područja namještaja uključeni su izračuni dimenzija dobiveni na temelju antropoloških istraživanja. Još jedan bitan čimbenik je i visina kreveta koja mora biti takva da nam omogući lagano lijeganje i ustajanje iz kreveta ali i pospremanje kreveta bez prevelikog napora. Za normalan krevet minimalna visina od vrha ležaja do poda trebala bi biti oko 43 cm. Nije dobro da je krevet prenizak iz još jednog razloga, a to je da se tada nalazi u zoni prašine.⁹



Slika 4. Primjer antropometrijskog mjerenja čovjeka

⁸ <http://www.zpr.fer.hr/static/erg/2005/gamberger/dokument/antropometrija> (12.06.2010.)

⁹ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 49-51

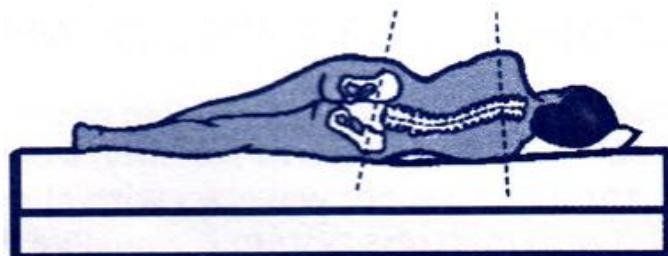
Upotrebni zahtjevi važni su zbog sve veće brige za čovjekovim zdravljem na kojima konstruktori i dizajneri rade u poznatim svjetskim institutima, surađuju s medicinskim stručnjacima koji istražuju bolesti spavanja i bolesti kralješnice kao i ostale smetnje koje se mogu izbjegći ili ublažiti ako čovjek ima kvalitetan krevet. Većina ljudi još uvijek spava na lošim krevetima unatoč svim saznanjima i blagodatima koje nudi suvremenim način života.

Fiziološki zahtjevi također trebaju biti zadovoljeni, jedan od njih je toplinska regulacija krevetne strukture o čemu ovisi i toplinska regulacija ljudskog tijela u odnosu na ojastučene dijelove. Ovaj problem je veoma značajan jer se sve više u konstrukciji krevetnog namještaja primjenjuju sintetički materijali koji nemaju potrebnu propusnost i prozračnost. To su različiti materijali kao npr. poliuretanske pjene koje se koriste kao ispuna ili razne sintetičke tkanine kojima se ležaj presvlači. Na isparivanje vlage i širenje topline iz tijela uvelike utječu materijali na kojima spavamo i kojima se pokrivamo. Vanjski sloj ležaja trebao bi upiti vlagu koju tijelo ispusti tijekom spavanja te je povući u unutrašnje dijelove kako bi se skupljena vлага tijekom noći mogla ispariti kroz dan. Uzmemo li u obzir da ljudsko tijelo izluči od 0.5 do 0.75 litara vode tijekom noći dolazimo do toga da materijal mora biti propustan i prozračan jer bi u protivnom spavalji u vodi. Pritom valja naglasiti da prirodni materijali kao što su npr. vuna, kokos, vata, pamuk i juta, propuštaju i provode mnogostruko više vlage nego sintetski materijali.

Higijenske uvjete moraju zadovoljavati svi materijali ugrađeni u krevetni sustav jer je i to bitan činitelj kvalitetnog ležaja. Dok su se nekad ispitivali samo vanjski materijali i presvlake, danas se postavljaju vrlo strogi zahtjevi za sve što je ugrađeno u krevet uključujući i materijale koji se primjenjuju pri obradi. Kako znamo i sami u današnje vrijeme se zbog oskudice stambenog prostora dnevne sobe noću često pretvaraju u spavaće, pa je krevet zbog toga podložan cjelodnevnoj upotrebi zbog čega se i brže prlja. Najpogodnije rješenje je zaštititi krevet praktičnim prekrivačem koji se lako pere, jer se ojastučeni namještaj nesmije istresati. Tim se postupkom grubo narušava unutrašnja struktura tehničke kompozicije ležaja što može u potpunosti upropastiti cijeli ležaj. Najispravniji postupak bi bio četkanje i dubinsko usisavanje usisavačima koji imaju velik protok zraka pa uz simulaciju vibracija izvlače iz pojedine jezgre prašinu i prljavštinu. Mrlje se s presvlake skidaju blagom otopinom deterdženta koja ne narušava strukturu ispune, a ako se presvlaka može skinuti tada se ona pere na predviđen način. Pod normalnim okolnostima dovoljno je jedno veliko čišćenje godišnje kako bi se uklonili neugodni mirisi i sl. iz ležaja. U današnje vrijeme su i navlake izrađene od antibakterijski tretirane tkanine koja pruža zaštitu od grinja, razvoja bakterija i pljesni te time dodatno povećava kvalitetu spavanja.¹⁰

¹⁰ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 52-59

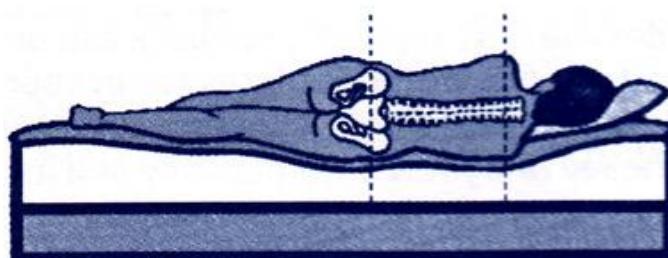
Trajanost, elastičnost i udobnost su povod stručnjacima za stalnim traganjem i osmišljavanjem novih konstrukcijskih oblika kako bi se ova svojstva ležaja digla na višu razinu. Krevet smatramo jednom od dugoročnih investicija pa bi se on svojom kvalitetom tako trebao i ponašati. Zato se posvećuje velika pažnja ispitivanju konstrukcijskih svojstava pri upotrebi. Trajanost i elastičnost provjeravaju se raznim tehničkim metodama, a primjenjuju se i različiti kriteriji, no uglavnom sve se svodi na upotreбne uvjete pa se metode oslanjaju na statička i dinamička opterećenja kako bi se mogla odrediti trajna izdržljivost i približno životni vijek. Ipak, svaki krevet mora zadovoljiti temeljnu svrhu – omogućiti udoban položaj tijela svakom spavaču. Udoban krevet bi se trebao ponašati baš onako kako to zahtjeva naše tijelo – pri ležanju, sjedenju i pri svakoj promjeni položaja tijekom spavanja. Zbog toga je danas u ocjenjivanje udobnosti uključen cijeli tim stručnjaka ali i oni kojima je taj proizvod namijenjen a to su kupci.¹¹



Slika 5. Bočni položaj tijela na pretvrdom ležaju



Slika 6. Bočni položaj tijela na premekanom ležaju



Slika 7. Bočni položaj tijela na pravilnom ležaju, gdje imamo prirodan položaj kralježnice

¹¹ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 57

2.1.3. MATERIJALI ZA IZRADU LEŽAJA-MADRACA

Kao i kod ostalih komponenti kreveta tako i kod ležaja razvojni put kreće od najjednostavnijeg oblika (lišće, slama, perje...), preko opružnih jezgri, ispuna od umjetnih materijala (PU spužve i lateksne spužve), do najnovijih ispuna od vode i zraka. Možemo reći da se ležaj-madrac sastoji od nekoliko slojeva.

Postoji gornji sloj koji ležaju daje estetski izgled, a usto je i u dodiru s tijelom pa se od njega zahtijeva da ispunjava određene uvjete poput propuštanja i reguliranja topline i vlažnosti. Pokrivni materijal trebao bi biti izrađen od zdravih materijala koji ne izazivaju neugodnosti prilikom dodira s tijelom, a da su pritom otporni na grinje, bakterije i pljesni. U gornji sloj još osim pokrvnog materijala spadaju i ispune – površinski sloj i spužve.

Ispod gornjeg sloja ležaja dolazi ispuna kod koje je važno da bude mekana i udobna. Materijali koji se koriste za ispunu su voluminozni materijali u kombinaciji s raznim punilima kako bi im se smanjila cijena.

Ispod ispune dolazi nosivi sloj koji nosi i čuva od trošenja slojeve iznad njega jer oni nemaju tvrdoču koja je potrebna da se ublaže neravnine i oštchine sloja opruga. Nosivi sloj stavlja se izravno na opruge i on je izrađen o grubih i jakih materijala kao što su kokosova vlakna koja se i najčešće koriste. Taj sloj dolazi u debljini od 15 do 20 mm, a radi bolje izdržljivosti lijepi se na strani koja dolazi na opruge.

U sredini ležaja nalazi se sloj opruga ili spužve, ovisno o kojem se tipu ležaja radi. Srednji sloj nije uvijek jednak jer postoje različiti sustavi opružnih jezgri i različite gustoće spužvi, a u novije vrijeme i sustavi u kojima je središnji sloj ispuna od vode i zraka (vodeni i zračni ležaj-madrac). Svi ovi dijelovi moraju biti kvalitetno izrađeni i na kraju spojeni u kompaktnu cjelinu koja čini ležaj-madrac.

2.1.3.1. ISPUNE LEŽAJA OD PRIRODNIH MATERIJALA

Kao prirodni materijali za ispune ležaja-madraca rabe se različiti materijali biljnog porijekla (nekada morska i jezerska trava u rastresitom stanju, a danas palmino vlakno, sisal, slama, kokosovo vlakno i dr.). Zatim se koriste materijali životinjskog porijekla (dlaka iz konjske grive i repa (roshar), kravljia i svinjska dlaka), među kojima je ovčja vuna najzastupljenija jer posjeduje izuzetna termofiziološka svojstva zbog velike sposobnosti prihvatanja vlage.

Pored spomenutih "čvrstih" ispuna, često se u madracima nalaze elementi poput vode i zraka – ideja o vodenom krevetu stigla je iz Sjedinjenih Američkih Država. Voda je veoma pogodan medij koji ravnomjerno podupire tijelo spavača te se dobro prilagođava njegovoj konturi i podjednako pritišće sve tjelesne zone, a da pritom ne remeti cirkulaciju. Sastoji se od vodenog madraca, sigurnosnih folija, sistema grijanja i ojastučenog okvirnog sklopa.¹²

¹² Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 72-74

Vodena jezgra smještena je u čvrstu ljudsku. Ljuljanje vode se može stupnjevano prigušivati, a da bi se svelo na minimum u ležaj se ugrađuju posebni elementi u obliku pregrada ili odvojenih vrećica i tako se dobiva jače ili slabije prigušen krevet.

Zrak je također vrlo dobar medij jer slobodno lebdi u zatvorenoj komori i dobro se prilagođava tijelu, a osim toga je i dobar toplinski izolator. Ležaj je sastavljen od komora čvrstih stijenki koje su ispunjene zrakom i obložene slojem poliuretanske spužve. Da bi gornji sloj imao dobru izolaciju ispod presvlake se postavlja podloga, spužva i dekorativna tkanina. Zračne komore ispunjavaju se zrakom zračnim pumpama uz kontrolu tlaka zraka. Zračni krevet pogodan je za primjenu u medicinske svrhe jer je zrak kao i voda učinkovito sredstvo za ravnomjerno raspoređivanje pritiska na tijelo. Ima i prednost što se može postaviti na podlogu sa podesivim dijelovima za noge i glavu, što je normalno olakšanje za nepokretne osobe.

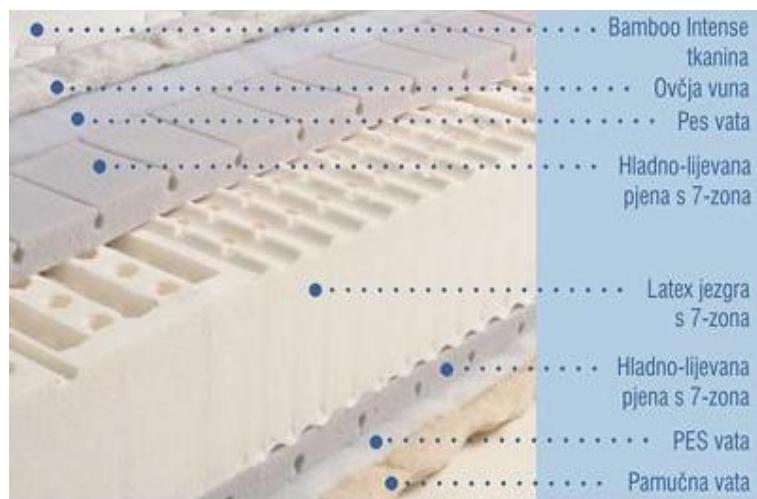
2.1.3.2. ISPUNE LEŽAJA S JEZGROM OD SPUŽVASTIH MATERIJALA

Proizvođači ovakvih vrsta ležajeva posebnu pažnju posvećuju konstrukcijama koje moraju biti dobro klimatizirane, elastične i podesive. Spužvasti materijali koji se koriste izrađuju se iz poliuretana, polivinilklorida i lateksa čija je proizvodnja najviše porasla. Osnovna svojstva su im visoki stupanj elastičnosti i malena trajna deformacija. Iz ekonomskih razloga je došlo i do kombinacije različitih vrsta spužvastih materijala kako bi se dobila što jeftinija konstrukcija ležaja, a da pritom zadovoljava sve postavljene uvjete.¹³

Lateks ležajevi – lateks je u svom najčišćem obliku mliječna bijela tekućina koja se dobije kada se zareže zrelo drvo kaučuka. Način na koji se dobiva spužva je takav da se vodenoj disperziji lateksnog mlijeka dodaje zrak te se tom smjesom pune kalupi i na kraju se spužva vulkanizira na 120 do 150°C. Ležajevi od lateksa spadaju u skuplje zbog viših troškova izrade od drugih vrsta spužva ali zato imaju i određene prednosti u odnosu na njih. Lateks je veoma prilagodljiv materijal zbog čega nam osigurava optimalnu potporu tijela u svim položajima za vrijeme spavanja. Zbog ovog svojstva prilagođavanja tijelu ublažuju se točke visokog pritiska (ramena, bokovi, koljena), što je zaslužno za mirnije spavanje odnosno manje se okrećemo tijekom noći. Lateks ima mnogo veću elastičnost i trajnost od ostalih spužvi upravo zbog svojstva što je proizведен na bazi gume jer ona ima karakteristiku da se može dobro rastegnuti, ali i brzo vratiti u prvobitni oblik. Testiranjem je pokazano da je bolje otporniji na grinje od ostalih materijala, a neke vrste bakterija uopće ne mogu preživjeti na njemu. Budući da je ovaj materijal izuzetno prozračan, a k tome i odlično provodi vlagu ima takve karakteristike da nas istovremeno grije zimi, a hlađi ljeti.¹⁴

¹³ Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 79-80

¹⁴ <http://www.hespo.hr/madraci> (16.06.2010.)



Slika 8. Ležaj izrađen od lateksa u kombinaciji s drugim obložnim materijalima

Ležaj od poliuretanske spužve – poliuretanska spužva može se primjenjivati različite volumne gustoće i tvrdoće. Odlikuje se elastičnošću i čvrstoćom, a zbog velikog broja ćelija kroz koje slobodno struji zrak takve jezgre imaju veliku prozračnost i ne pogoduju razvoju bakterija, gljivica i ostalih mikroorganizama. Može se proizvoditi i kao hladno ljekana pjena koja se također odlikuje čvrstoćom, otpornošću na deformacije i pruža odličnu potporu tijelu. Dolazi i kao *viscoelastična* spužva poznatija kao "memorijska spužva" koja "pamtii" oblik tijela i izvrsno mu se prilagođava čime se postiže najefikasnija rasподjela težine tijela. Prvotno je ta pijena bila namijenjena astronautima za ublažavanje pritisaka i vibracija tijekom boravka u svemiru, no u današnje vrijeme se proizvode i ležajevi od "memorijske spužve".¹⁵



Slika 9. Prikaz "memorijske spužve"

¹⁵ <http://www.happy-dreams.hr/katalog/kategorija-346-madraci-od-pjene> (16.06.2010.)

2.1.3.2. LEŽAJ S OPRUŽNOM JEZGROM

Vrste opruga koje se primjenjuju su isključivo tlačne, koje se pod opterećenjem stišću, a nakon rasterećenja se vraćaju u prvobitni položaj. Opruge u jezgri moraju imati takvu nosivost da jezgra ravnomjerno podupire cijelo tijelo. Prema tome možemo reći da nosivost i efikasna potpora tijela ovisi o kvaliteti jezgre koju pak određuju karakteristike pojedinačnih opruga. U nastavku je opisano nekoliko sustava opružnih jezgri: šlarafija, GR, bonnell i džepičasta opružna jezgra.

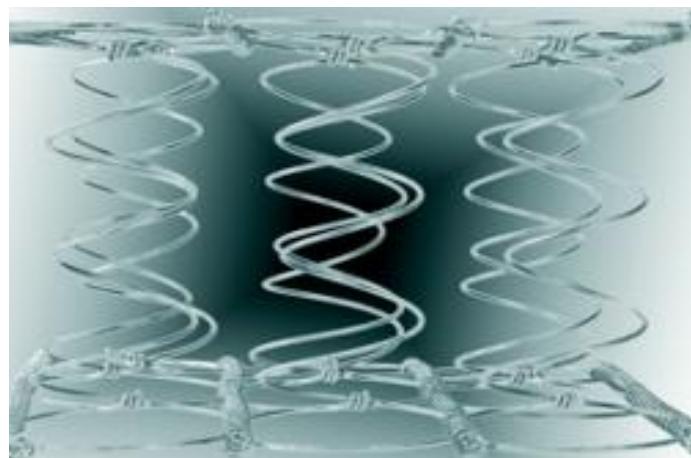
Šlarafija – je vrsta opružne jezgre koja se dobiva međusobnim ispreplitanjem žice, odnosno povezuje se tako da se jedna opruga upliće u drugu. To je jedan od najstarijih načina izrade koji se danas jako rijetko koristi.

GR opružna jezgra – ovaj sustav se može po elastičnim i ostalim svojstvima uspoređivati s cilindričnim oprugama. Njegova svrha je i bila razviti nešto slično jezgri s cilindričnim oprugama ali da se izrađuje strojno ujedno i jeftinije. Jezgra je izrađena od redova beskonačnih opruga napravljenih od specijalne žice koja se spaja na vanjskoj strani, a razvijena je usavršavanjem sustava zatvorene opruge. Približno cilindrične opruge povezane su spiralnom oprugom od žice koja jezgri daje cjelovit izgled. Rubovi jezgre su ojačani hladno valjanom čeličnom trakom. Jezgra se valja u vosak kako bi se zaštitala od korozije a ujedno i uklonio zvuk prilikom trenja opruge o oprugu tijekom ležanja. Vanjske opruge se za okvir pričvršćuju vlastitom žicom ili posebnim spojnicama. Pošto su opruge beskonačne, težina se prenosi s jedne na drugu, a pritisak tijela ravnomjerno se raspoređuje po cijelom sustavu. U ponudi imamo i sustav dvostrukih opruga odnosno dvije jezgra povezane u jednu.¹⁶

Bonnell opružna jezgra – primjenjuje se u industriji ojastučenog namještaja za proizvodnju madraca, kauča, francuskih ležajeva, naslonjača i još mnogo drugih vrsta proizvoda ojastučenog namještaja i jedan od najčešće zastupljenih sustava opružnih jezgri. Ova vrsta opružne jezgre može zadovoljiti razne uvjete u pogledu dubine progiba jezgre, trajne dinamičke čvrstoće i trajno zadržavanje oblika. Ovome treba dodati i veliku prozračnost namještaja za razliku od sustava ležaja s ispunama od raznih spužva – pjena, što u kombinaciji s ostalim prirodnim materijalima čini zdrav namještaj.¹⁷

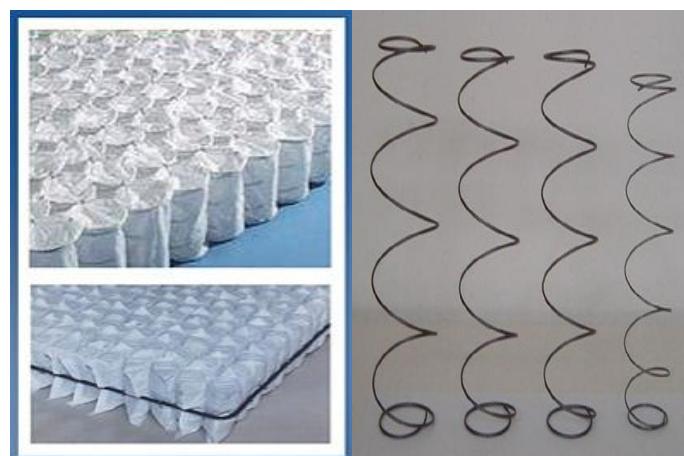
¹⁶ Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 141-142

¹⁷ Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 77



Slika 10. Bonnell opružna jezgra

Džepičasta opružna jezgra – koristi se kao elastičan uložak najkvalitetnijih madraca, kreveta, francuskih kreveta i dr. Glavna prednost su joj nezavisno podupiranje tijela jer opruge nisu međusobno kruto povezane pa svaka opruga djeluje zasebno. Sistem je baziran na cilindričnim spiralnim oprugama koje su ušivene u džepić te su sabijene na manju visinu i tako prednapregnute kako bi kod daljnog opterećenja progib bio manji. Opruge su ušivene u pamučno platno i paketići čine lanac koji se uz pomoć čeličnih spona ili ljepilom po određenom sistemu spaja u madrac. Dobivena jezgra je velike gustoće, velike nosivosti i velike elastičnosti na malim površinama.¹⁸



Slika 11. Džepičasta opružna jezgra i opruga

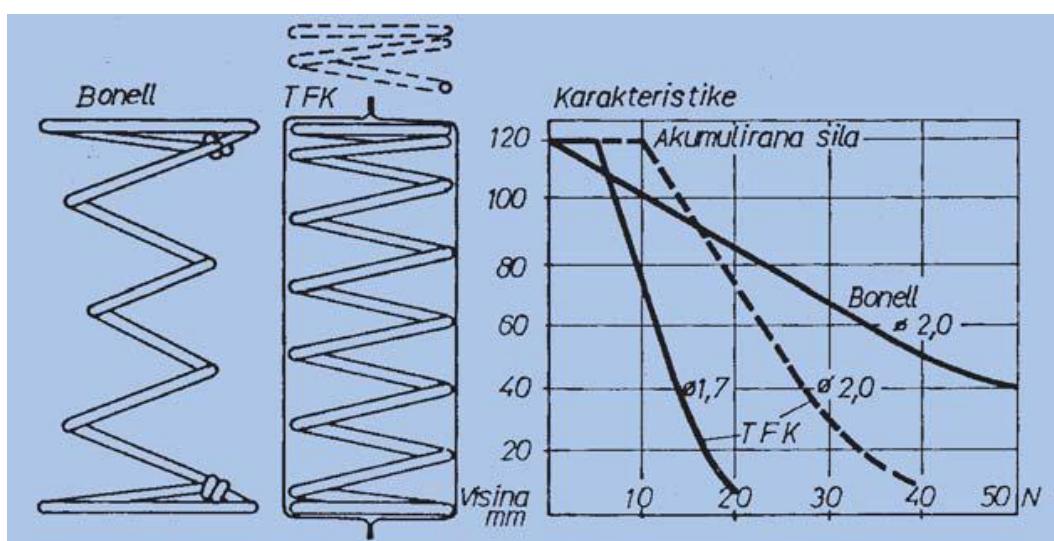
¹⁸ Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 78

2.2. OPRUŽNE JEZGRE ZA LEŽAJEVE-MADRACE

Kada se došlo do spoznaje da su jedna od glavnih karakteristika dobrog ležaja elastičnost i nosivost elemenata ležaja dalo se zaključiti da bi se upravo opruge i opružni sistemi mogli vrlo dobro iskoristiti u tu svrhu jer posjeduju dobro svojstvo elastičnosti i određenu nosivost i tako je došlo do razvoja ovakve vrste ležaja koji se koriste još i danas. Danas su one sastavni dio ležaja, izrađuju se industrijski te imaju veliku trajnost i kvalitetu.

2.2.1. MATERIJALI ZA IZRADU OPRUGA

Najčešće korišteni materijal za izradu opruga je čelik, ali ima i drugih materijala od kojih se koristi specijalni mesing, fosforna i silicijska bronca, novo srebro itd. Od materijala za izradu se traži da ima visoku granicu elastičnosti, veliku trajnu dinamičku čvrstoću zbog podnašanja dinamičkih opterećenja i vlastitih titraja opruga, te da bude lako obradiv. Čelične opruge koje su ujedno i osnovni element opružnih jezgri, u uvjetima upotrebe podvrgnute su velikim statičkim i dinamičkim opterećenjima kratkotrajnog i trajnijeg djelovanja. U vezi s tim opruge moraju imati trajnu elastičnost, ali i dovoljnu plastičnost kako bi se tijekom izrade jezgre, žica mogla savijati i ispreplitati. Deformacija same jezgre mora biti blaga i ne prevelika. Pri deformaciji ne smije doći do bitne promjene težišta čovjeka. Pogrešno projektiran opružni element djelomice se ispravlja ostalim elastičnim elementima. Klasična opruga određena je: deblijinom žice, brojem navoja (koji se broje na suprotnoj strani od kraja žice), promjeru gornjeg, srednjeg i donjeg prstena. Opruge se premazuju sredstvima koja osiguravaju bolje nošenje odgovarajućih materijala, štite od korozije i osiguravaju bešumnost u upotrebi. Nakon proizvodnje u oprugama zaostaju određena unutrašnja naprezanja koja su posljedica hladnog deformiranja žice. Ta naprezanja otklanjaju se otpuštanjem na temperaturi od 200-300 °C. Pod kvalitetom opruge podrazumijeva se njihova sposobnost da ne prime trajnu deformaciju što je moguće duže dok na njih djeluje sila.¹⁹



Slika 24. Usporedba karakteristika opruga bonnell jezgre i džepičaste (TFK) opruge

¹⁹ Ivoš, H. (1997): Istraživanje opružnih konstrukcija ležaja-madraca, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str. 54-55

2.2.2. BONNELL OPRUŽNA JEZGRA

Ovaj sustav jedan je od najzastupljenijih u svijetu što se tiče proizvodnje ojastučenog namještaja, ležaja i dr. Osnova tog sustava je dvostruko konusna opruga, s čvorom vezanim stopalima, izrađena od visokokvalitetne čelične žice. Bonnell opruge povezane su spiralnom žicom i po potrebi ojačane čeličnom trakom. Postupak izrade bonnell opruga i bonnell opružne jezgre izvodi se u tri koraka:

Izrada opruga – opruge moraju biti točnog broja navoja, točnih promjera glave s obje strane i srednjeg promjera, visine opruge i njene okomitosti. Nakon izrade prvog komada opruge vrši se provjera prije navedenih svojstava. Važno je da opruga bude zakaljena i da je završni čvor orijentiran prema unutrašnjosti opruge. U slučaju zadovoljavanja svih uvjeta provjere postupak se nastavlja, opruge se pakiraju u košare označuju kodnim brojem i smjeste na određeno mjesto.

Slaganje (povezivanje opruga) – s ciljem da se opruge povežu u cjelinu. Važno je da se opruge slažu tako da se za svaki red suprotno okreću. Krajevi spojne opruge se odsjecaju i uvijaju prema unutrašnjosti. U toku rada stroja radnik provjerava parametre jezgre te kontinuirano odstranjuje otpadne komadiće spojne žice. Ako je jezgra ispravna označuje se kodnim brojem i slaže se na kolica.

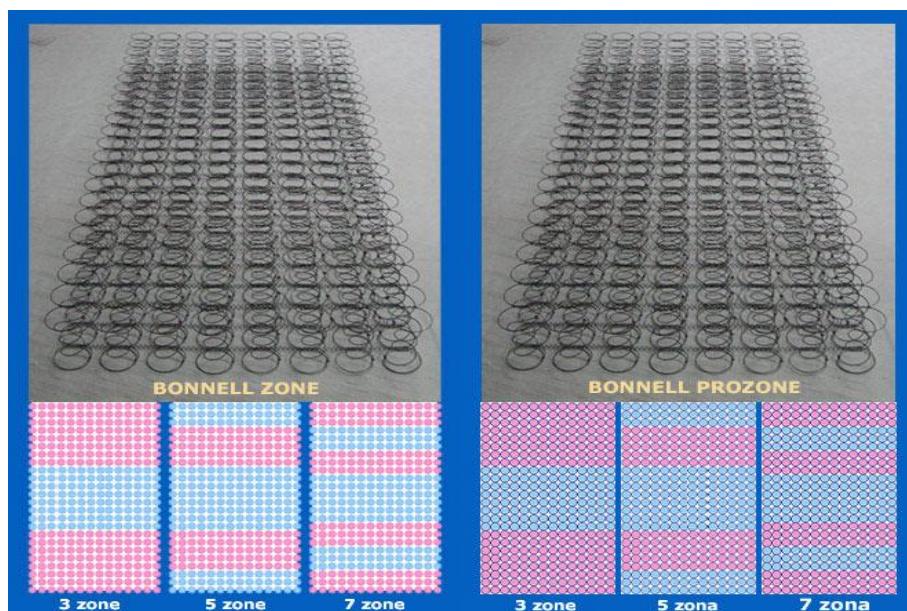
Uokvirenje jezgre – prethodno složena opružna jezgra uokviruje se čeličnom trakom koja daje konačan izgled i čvrstoću cijelom proizvodu. Tijekom rada opružna jezgra i okvir stavlja se na stol, spaja se svaka opruga za okvir te se kontrolira izgled i čvrstoća spoja. Nakon završetka jezgra se označi kodnim brojem i odloži na kolica.²⁰



Slika 12. Postrojenje za izradu bonnell opružnih jezgri

²⁰ Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 191

Ovaj sustav opružnih jezgri primjenjuje se u proizvodnji ležajeva–madraca, francuskih kreveta, kauča i dr. Pokazao je da svojim karakteristikama daje vrlo dobre rezultate kod primjene u madracima, a budući da su troškovi izrade niže nego kod džepičastih jezgri to je i razlog što su madraci s ovakvim jezgrama jeftiniji. On se može proizvoditi i po principu višezonskih jezgri koji je za madrace nastao kao rezultat želje za još boljim podupiranjem tijela pri ležanju. To se postiže kombinacijom opruga različite elastičnosti raspoređenim u zone. Ovakvi madraci danas ulaze u kategoriju visokokvalitetnih jer je s njima postignut viši nivo udobnosti. Višezonska jezgra je bazirana na tome da se tijelo podijeli na zone (glava, ramena, bokovi, koljena) od kojih svaka zona tijela različitom silom djeluje na madrac prilikom ležanja. Na temelju toga je i napravljen sistem jezgre sa zonama koje su različite tvrdoće tj. taj raspored zona se prilagođava činjenici da pojedini dijelovi tijela različito protišu na madrac. Fleksibilnost višezonskih madraca je različita u svakoj zoni što jamči ergonomsko prilagođavanje tijelu, kralježnica je odlično poduprta te zadržava svoj prirodan položaj. Osim zonskih jezgri imamo i prozone jezgre, one se razlikuju od zonskih po tome što se izrađuju od opruga s istim promjerom čelične žice, ali s različitim srednjim promjerom opruge po zonama uslijed čega opruge imaju različitu čvrstoću (manji srednji promjer opruge – veća čvrstoća opruge, veći srednji promjer opruge – manja čvrstoća opruge).²¹



Slika 13. Bonnell višezonske jezgre

²¹ <http://www.hespo.hr/madraci> (21.06.2010.)

2.2.3. DŽEPIČASTA OPRUŽNA JEZGRA

Džepičasta opružna jezgra (eng. *pocket spring core*, njem. *Taschenfederkerne*) je nešto najbolje što mogu ponuditi opružni sustavi jer ima svojstva odličnog podupiranja tijela za vrijeme ležanja. Ta svojstva posjeduje zbog svoje izvedbe opruga ušivenih u džepiće gdje su opruge sabijene na nižu visinu pa zbog toga imaju akumuliranu silu pri čemu je kod daljnog opterećenja progib manji. Takve jezgre su velike nosivosti, gustoće i velike elastičnosti na malim površinama.

Izrada džepičastih opruga – Nakon što iz stroja izađu prve opruge one se kontroliraju i ako je sve kako treba nastavlja se s izradom opruga. Tijekom proizvodnje radnik kontinuirano reže trake džepičastih opruga kod praznog džepa, obilježava ih kodnim brojem i slaže na za to određeno mjesto. Provjeravanje kvalitete šivanja džepića prati se kroz cijeli proizvodni proces. Možemo reći da se opruge proizvode u tri debljine, a kako bi ih mogli raspoznati koja se nalazi u kojem džepiću pratimo boju konca koja može biti bijela, plava i crvena.

Slaganje i spajanje džepnih traka – Za vrijeme rada stroja slažu se trake džepnih opruga na stolove pri čemu se mora paziti da ti redovi budu ravni. U jednoj jezgri možemo kombinirati više debljina opruga čime dobivamo višezonsku jezgru. Kada se ekstrudiranjem spoje džepne opruge dobivamo jezgru koja se tada vadi van i provjeravaju se spojevi, višak ljepila na krajevima jezgre se otklanja te se jezgra označava kodnim brojem i odlaže na za to predviđeno mjesto.

Uokvirenje jezgre – provjeravaju se dimenzije okvira i opružne jezgre zatim se vizualno kontrolira opružna jezgra, provjere se spojevi, ako je potrebno poprave se "splintom". Okvir se stavlja oko jezgre i sponkama se pričvršćuje svaka opruga u jezgri za taj okvir koji tada daje konačan oblik i čvrstoću cijeloj jezgri. Nakon završetka jezgra se označava kodnim brojem i odlaže na za to predviđeno mjesto.²²

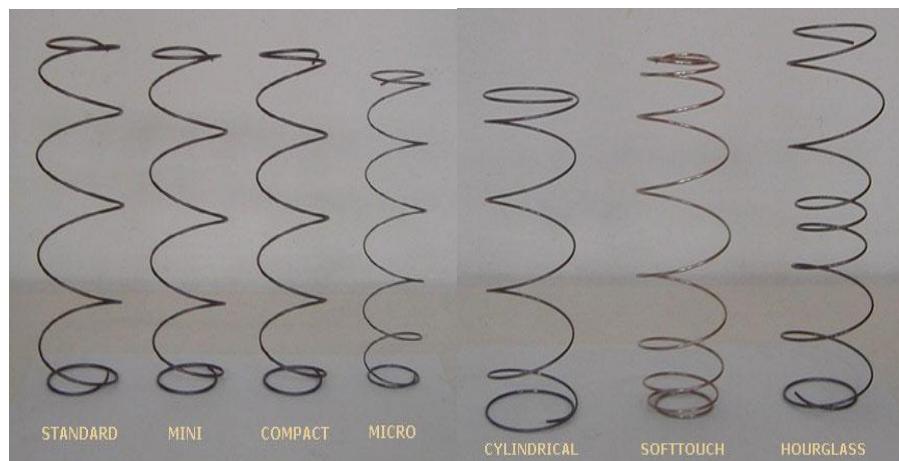


Slika 14. Postrojenje za izradu džepičastih opružnih jezgri

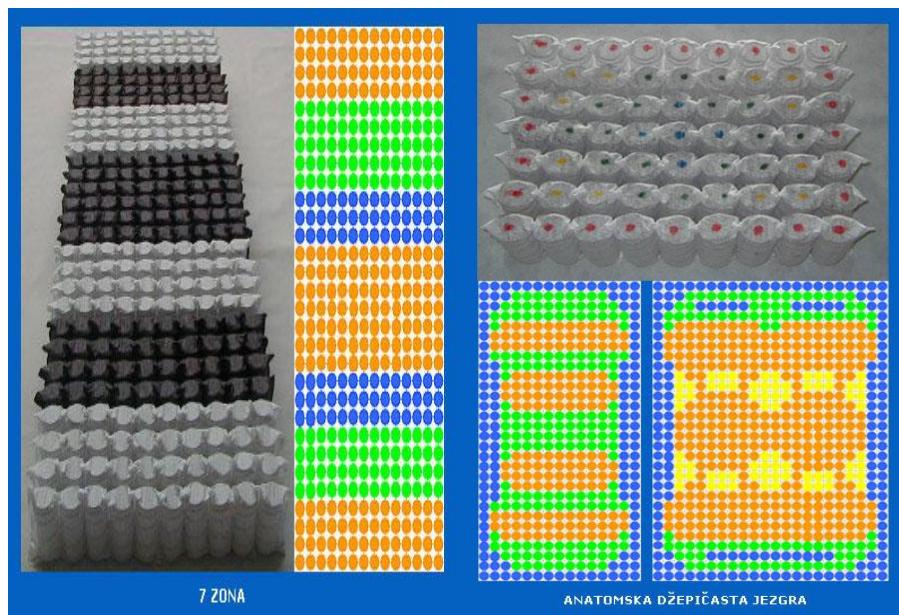
Džepičasta opružna jezgra ima mnoge prednosti u odnosu na ostale žičane jezgre, a jedna od važnijih je odlično podupiranje tijela. Kod ove jezgre je svaka opruga ušivena u poseban džep od

²² Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 192

netkanog tekstila pa zbog toga svaka opruga djeluje zasebno. Opruge su u džepiću sabijene na manju visinu zbog čega možemo reći da imaju početnu akumuliranu silu koja se kreće od 0,5 do 1,2 kp po opruzi tj. oko 100 – 300 kp/m² pa zbog toga jezgra ima manji dodatni progib. Upravo zbog ovih svojstava jezgra se pod težinom tijela formira tako da prati liniju tijela pri čemu kralješnica zadržava svoj prirodan oblik. Sistem ove jezgre je takav da opruge već kod jednozonske izvedbe reagiraju individualno na pritisak, a kad se napravi višezonska varijanta kod koje se kombiniraju različito elastične opruge, postiže se izuzetno visok nivo podupiranja tijela, a time i udobnosti. Izvedbe džepičastih opruga i jezgri mogu biti različite što ćemo vidjeti u nastavku.²³



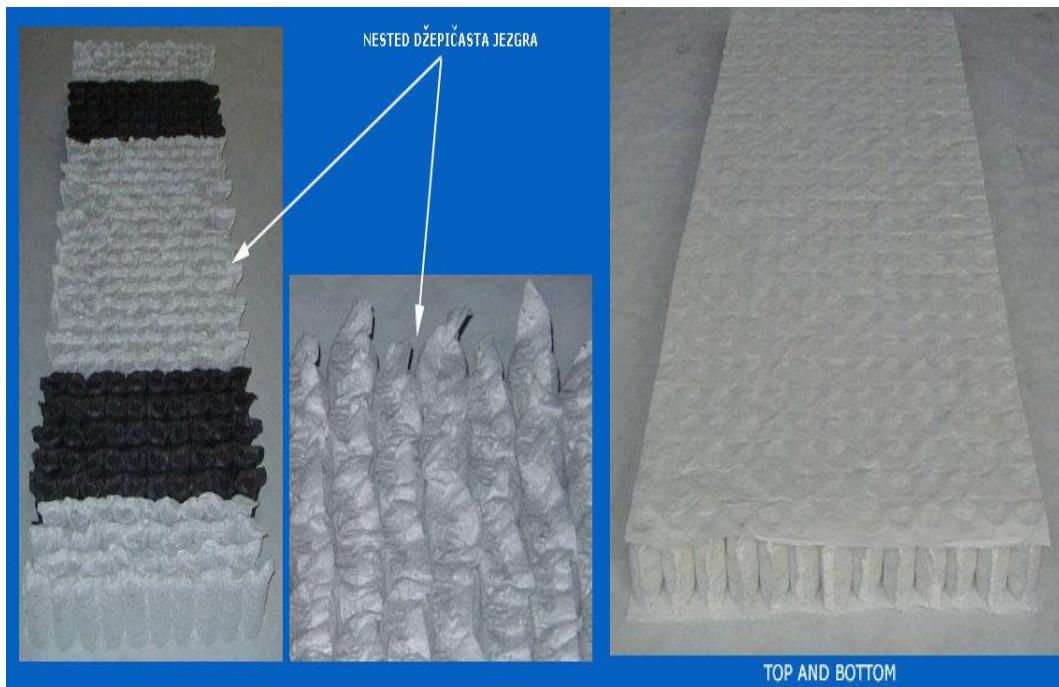
Slika 15. Različite izvedbe džepičastih opruga



Slika 16. Različite izvedbe višezonskih džepičastih jezgri

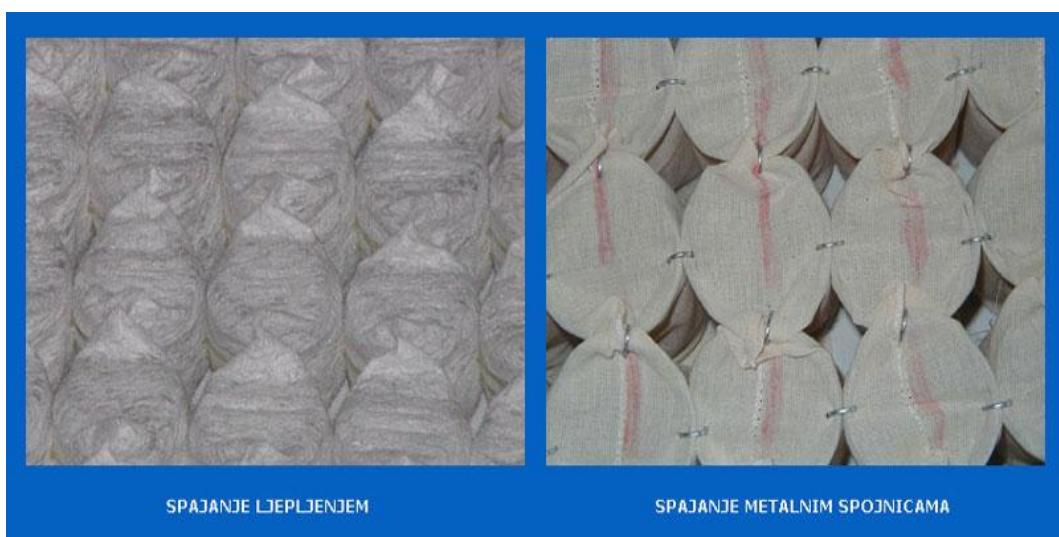
²³ <http://www.hespo.hr/madraci> (21.06.2010.)

Postoje i neke specijalne izvedbe džepičastih jezgri, jedno od njih je mrežasto spajanje (nested), a drugo je da se jezgra učvršćuje pokrovom od netkanog tekstila s gornje i donje strane (top and bottom).



Slika 17. Specijalne izvedbe džepičastih jezgri

Džepičaste jezgre se mogu izrađivati bez, s jednim ili s dva okvira, a nizovi džepičastih opruga spajaju se lijepljenjem ili metalnim spojnicama u više varijanti: čvrsto, duplo-elastično i dijagonalno spajanje spojnicama.



Slika 18. Načini spajanja nizova džepića u jezgru

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. UZORCI

U ovom istraživanju koristila su se četiri uzorka bonnell opružne jezgre i dva uzorka džepičaste opružne jezgre koji su se međusobno razlikovali po svojim karakteristikama i proizvođaču. Uzorci su bili označeni sa šiframa tako da se nije znalo koji je uzorak od kojeg proizvođača. Ispitivanje se vršilo prema hrvatskoj normi HRN EN 1957, a nakon završetka ispitivanja provedena je međusobna usporedba.

Oznakom A1 obilježen je uzorak bonnell opružne jezgre čije su dimenzije 1920x820x150 mm, debljina žice opruge bila je 2,2 mm s deklariranim visinom opruge 150 mm i s 5 navoja, a u jezgri su se nalazile 192 opruge svrstane u 24 reda i 8 stupaca. Jezgra je bila standardne izvedbe, jednozonska i bez čeličnog okvira.



Slika 19. Uzorak A1

Oznakom A2 obilježen je uzorak bonnell opružne jezgre čije su dimenzije 1920x820x150mm, debljina žice opruge bila je 2,2 mm s deklariranim visinom opruge od 150 mm i s 6 navoja, jezgra je podijeljena na 24 reda i 8 stupaca, a sačinjavaju je 192 opruge. Izvedba jezgre je standardna, jednozonska i bez čeličnog okvira. Razlika između jezgre A1 i A2 je u broju navoja opruga i proizvođača.



Slika 20. Uzorak A2

Oznakom B1 obilježen je uzorak bonnell opružne jezgre dimenzija 1920x820x150 mm, debljina žice opruge bila je 2,4 mm s deklariranim visinom opruge od 150 mm i s 5 navoja, jezgra je podijeljena na 24 reda i 8 stupaca, a sačinjavaju je 192 opruge. Izvedba jezgre je standardna, jednozonska i bez čeličnog okvira.



Slika 21. Uzorak B1

Oznakom B2 obilježen je uzorak bonnell opružne jezgre dimenzija 1920x820x150 mm, debljina žice opruge bila je 2,4 mm s deklariranim visinom opruge od 150 mm i s 6 navoja, u jezgri su se nalazile 192 opruge svrstane u 24 reda i 8 stupaca. Izvedba jezgre je standardna, jednozonska i bez čeličnog okvira. Razlika između uzorka B1 i B2 je u broju navoja opruge i vrsti proizvođača, a razlika između tipa uzorka A i B je još i u debljini žice opruge.



Slika 22. Uzorak B2

Oznakom C1 obilježen je uzorak džepičaste opružne jezgre dimenzija 1890x780x120 mm, debljina žice opruge bila je 1,8 mm s deklariranim visinom opruge od 120 mm. U jezgri se nalazilo 416 opruga svrstanih u 32 reda i 13 stupaca, džepići sa oprugama međusobno su spajani lijepljenjem. Jezgra je izvedena s jednim čeličnim okvirom koji se nalazi na srednjoj visini opruga, a opruge su za okvir bile povezane metalnim spojnicama. Materijal od kojeg su izrađeni džepići je netkani tekstil.



Slika 23. Uzorak C1

Oznakom C2 obilježen je uzorak džepičaste opružne jezgre dimenzija 1890x780x120 mm, debljina žice opruge bila je 1,8 mm, s deklariranim visinom opruge od 120 mm. U jezgri se nalazilo 416 opruga svrstanih u 32 reda i 13 stupaca, džepići s oprugama međusobno su povezivani lijepljenjem. Jezgra je izvedena s jednim čeličnim okvirom koji se nalazi na donjoj strani jezgre, opruge su za okvir bile povezane metalnim spojnicama. Džepići su izrađeni od netkanog tekstila. Razlika između ova dva uzorka je u izvedbi okvira jezgre gdje je kod jedne u sredini, a kod druge na donjoj strani jezgre, odnosno radi se o različitim proizvođačima.



Slika 24. Uzorak C2

Tablica 1. Deklarirane karakteristike uzoraka

Uzorak	A1 - bonnell opružna jezgra	A2 - bonnell opružne jezgra	B1 - bonnell opružna jezgra	B2 - bonnell opružna jezgra	C1 - džepićasta opružna jezgra	C2 - džepićasta opružna jezgra
Dimenzije	[mm]					
Dimezije jezgre	1920x820x150	1920x820x150	1920x820x150	1920x820x150	1890x780x120	1890x780x120
Debljina žice opruga	2,2	2,2	2,4	2,4	1,8	1,8
Visina opruga	150	150	150	150	120	120
Broj navoja opruge	5	6	5	6	~	~
Broj opruga u jezgri	192	192	192	192	416	416

3.2. METODA ODREĐIVANJA FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA LEŽAJA-MADRACA

Kao temelj u ispitivanju poslužila je norma HRN EN 1957: *Kućni namještaj – Kreveti i madraci – Metode ispitivanja za određivanje funkcionalnih svojstava*. Norma opisuje metode za određivanje izdržljivosti, elastičnosti i tvrdoće ležaja-madraca i svih tipova kreveta opremljenih ležajima-madracima, ali se ne odnosi na vodene krevete, zračne krevete i dječje krevete.



Slika 25. Uređaj za mjerjenje izdržljivosti i elastičnosti ležaja-madraca

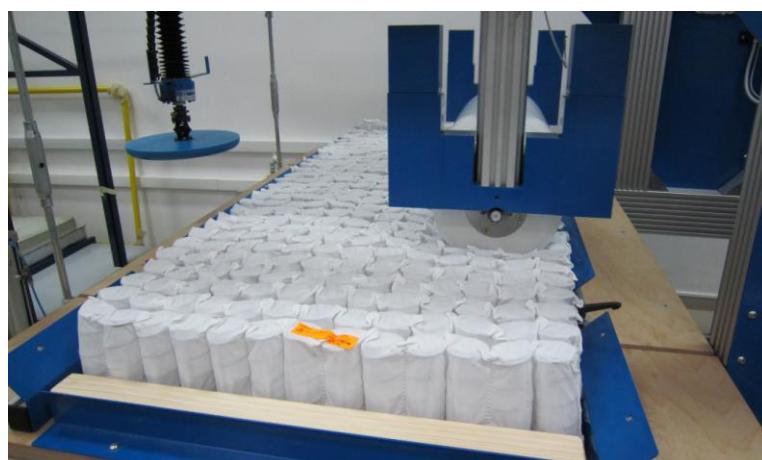
Ispitivanje se treba odvijati u okviru tolerancija koje su predviđene normom, tj. sve sile mogu odstupati $\pm 5\%$ od nominalne sile, sve mase mogu odstupati $\pm 0,5\%$ od nominalne i sve dimenzije mogu imati odstupanje ± 1 mm od nominalne vrijednosti. Prije samog početka testiranja uzorak je bio izložen najmanje tjedan dana temperaturi od 23 ± 2 °C i relativnoj vlazi zraka $50 \pm 5\%$. Nakon takvog klimatiziranja, uzorku se mjeri visina. Visina se mjeri pomoću uređaja za određivanje elastičnosti, a mjeri se u milimetrima od podloge (stola na kojem se nalazi ležaj-madrac) do točke na površini ležaja-madraca ispod podloška koji djeluje na ležaj silom od 0,5 N. Mjerjenje je ponovljeno nekoliko puta kako bi se dobili točniji rezultati. Promjer podloška koji se koristi kod mjerjenja određen je normom i iznosi 355 mm, s donje strane je zaobljen radijusom od 800 mm. Nakon što je izmjerena visina svih uzoraka nastavljeno je s testom izdržljivosti. Test izdržljivosti simulira ponavljanje nanošenje tereta odnosno opterećenje koje se

javlja kod dugoročne upotrebe i procjene izdržljivosti uzorka u takvim uvjetima, to je procedura uglavnom namijenjena ocjeni promjena svojstava ispitnog uzorka prouzročena ponavljanjem opterećivanja. To opterećivanje izvodi se pomoću valjka koji je postavljen u smjeru uzdužne osi ležaja–madraca i giba se po površini pomoću elektromotornog pogona. Valjak je promjera 300 ± 1 mm i na površinu djeluje silom od 1400 ± 7 N. Amplituda gibanja osi valjka iznosi 50 cm, a učestalost valjanja je bila 18 ciklusa u minuti. Nakon početnih 100 ciklusa valjanja uzorak se ponovo kondicionira najmanje pet sati, nakon čega se mjeri elastičnost.



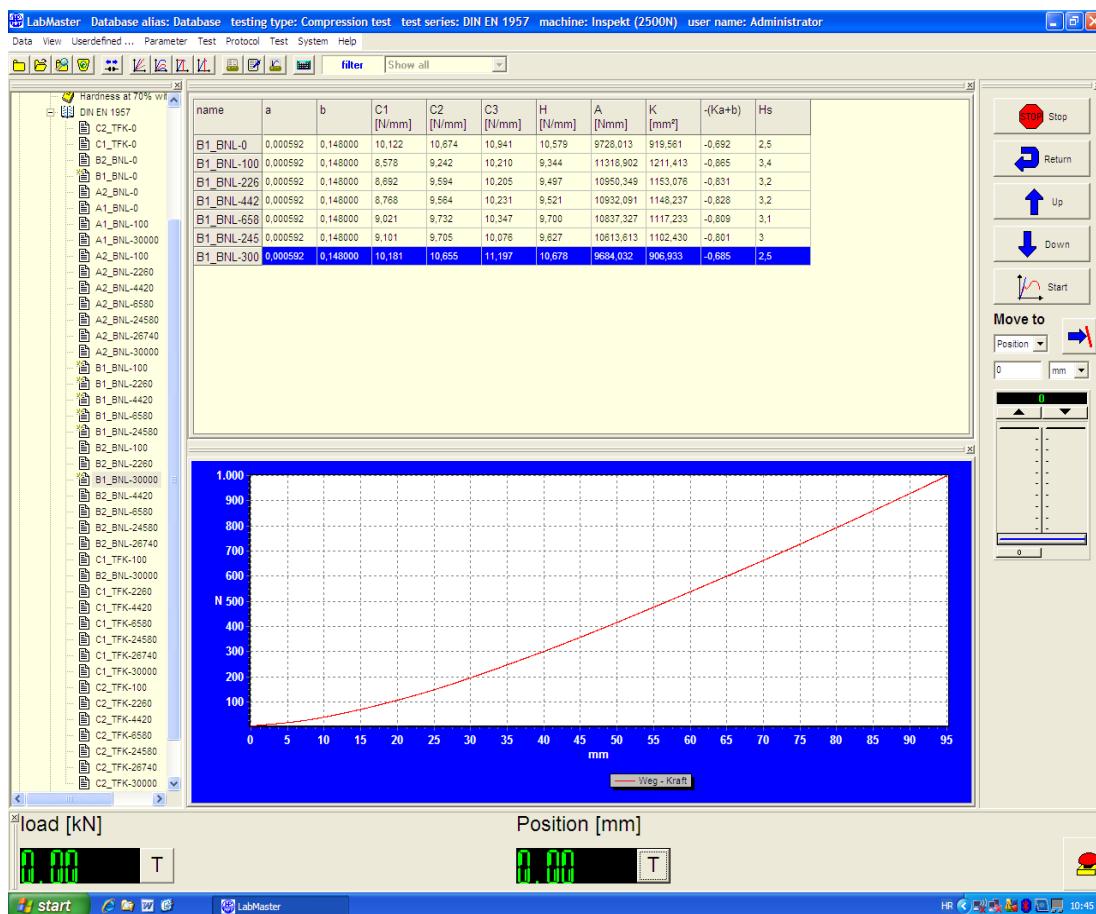
Slika 26. Mjerenje elastičnosti - utiskivanje podloška u uzorak

Elastičnost se mjeri pomoću uređaja koji se sastoji od krutog nosača na kojem se nalazi pneumatski cilindar na koji je pričvršćen podložak koji se tada utiskuje u središte ležaja–madraca silom od 0 do 1000 N. Određivanje elastičnosti podijeljeno je u dva dijela, prvi dio je preopterećenje, a drugi dio je glavno opterećenje kod kojeg se vrši mjerenje. U procesu mjerenja računalo iz prikupljenih podataka određuje graf odnosa sile i progiba iz čega se dobiva krivulja elastičnosti. Preopterećenje se sastoji od tri procesa opterećenja silom od 0 do 1000 N, nakon čega slijedi glavno opterećenje od jednog procesa za vrijeme kojeg se i prikupljaju podaci. Nakon 100 ciklusa valjanja izmjerena je visina uzorka.



Slika 27. Uredaj u procesu valjanja uzorka

Norma određuje obavezno mjerjenje elastičnosti nakon inicijalnih 100 ciklusa i po završetku ispitivanja nakon 30000 ciklusa. Međutim, dozvoljena su i međumjerjenja po potrebi, što je u slučaju ovog istraživanja provedeno. Stoga je zbog dobivanja više podataka i vizualne provjere jezgara tijekom ispitivanja provedeno pet međumjerjenja i to približno svakih 2200 ciklusa (što je odgovaralo vremenskom razmaku od 2 sata). Treba napomenuti da cijeli ciklus ispitivanja kvalitete traje oko 27 sati i da je u tom periodu zahvaćen rad uređaja noću. Dakle, osim osnovnih mjerena prije početka te nakon 100 i 30000 ciklusa, međumjerjenja su dodatno provedena nakon 2260, 4420 i 6580 ciklusa prije noćnog rada te nakon 24580 i 26740 ciklusa sljedećeg dana. Prilikom valjanja jezgra je uložena u navlaku radi sprječavanja oštećenja valjka, a za mjerena visine i elastičnosti navlaka je maknuta s jezgre. Svaki od šest uzoraka bio je podvrgnut ovakvom tretmanu ispitivanja. Norma još uključuje metodu za određivanje tvrdoće koja se određuje na temelju vrijednosti izmjerene elastičnosti dobivene ispitivanjem uzorka. Mjerjenje visine i elastičnih karakteristika opružnih jezgri obavljeno je pomoću industrijskog softverskog paketa *LabMaster*, ver. 2.3.4 (slika 28). Tako dobiveni podaci kasnije su obrađeni pomoću *MS Excel* programa.



Slika 28. Prikaz zaslona ekrana za vrijeme mjerena elastičnosti (*LabMaster* ver. 2.3.4, Hegewald & Peschke GmbH)

4. REZULTATI

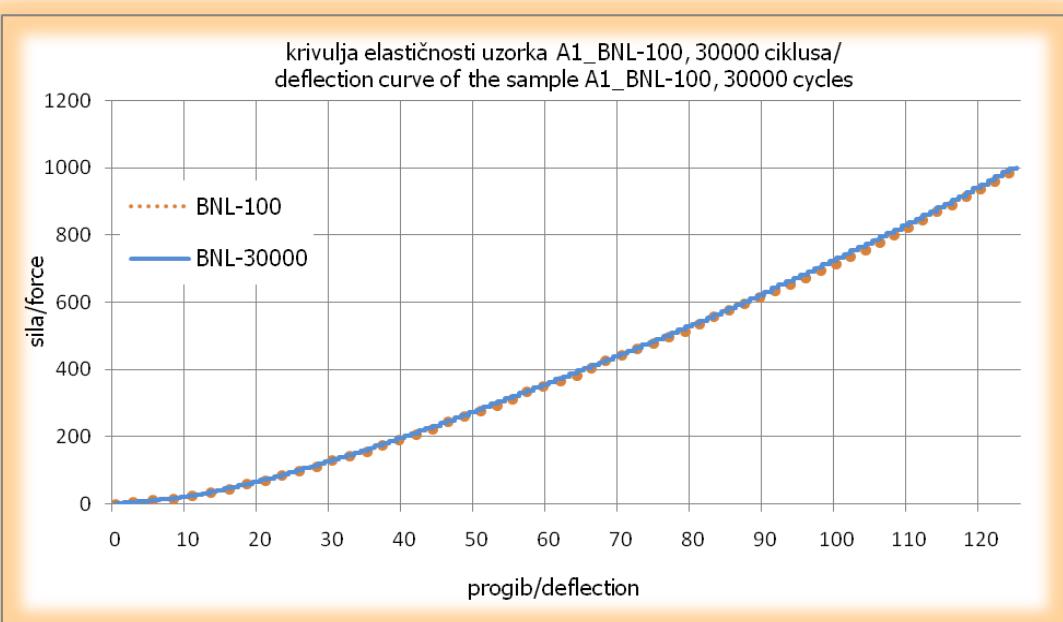
Rezultati ispitivanja podijeljeni su kroz potpoglavlja za svaki pojedini uzorak posebno, te na kraju međusobna usporedba svih uzoraka. Rezultati se sastoje od tablica u kojima su prikazani svi parametri dobiveni mjerljem elastičnosti i grafikona na kojima je iscrtana krivulja elastičnosti dobivena nakon 100 ciklusa i nakon 30000 ciklusa valjanja.

4.1. UZORAK A1

Tablica 2. Uzorak A1 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja

Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	Promjena visine [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nmm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
A1_BNL-0	157,95	~	7,35	6,402	7,559	7,104	13138,6	1849,5	-1,243	5,1
A1_BNL-100	155,64	2,31	7,619	8,099	8,14	7,952	13137,2	1652	-1,126	4,6
A1_BNL-30000	152,47	3,17	7,166	8,162	8,323	7,884	13155,1	1668,6	-1,136	4,6
Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N K - koeficijent izračunat iz krivulje elastičnosti Hs - tvrdoća (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$) H - elastičnost										

Zbog tehničkih poteškoća na uzorku A1 nisu provedena međumjerenja svaka dva sata.



Grafikon 1. Krivulja elastičnosti uzorka A1 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja

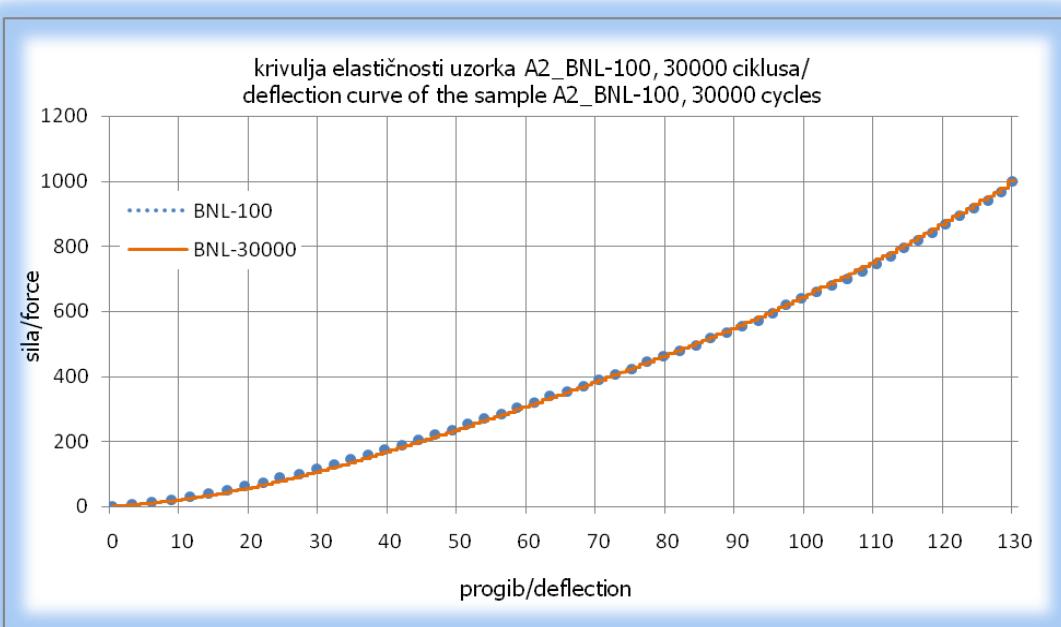
4.2. UZORAK A2

Tablica 3. Uzorak A2 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja

Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	Promjena visine [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nmm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
A2_BNL-0	155	~	6,424	6,893	7,399	6,906	14820,7	2146,196	-1,419	5,7
A2_BNL-100	152,93	2,07	6,726	7,124	7,223	7,025	14805,2	2107,632	-1,396	5,7
A2_BNL-2260	~		5,948	6,431	6,959	6,446	15677,6	2432,128	-1,588	6,3
A2_BNL-4420	~		6,329	6,517	6,903	6,583	15513	2356,564	-1,543	6,2
A2_BNL-6580	~		6,141	6,756	6,942	6,613	15447,1	2335,851	-1,531	6,1
A2_BNL-24580	~		6,192	6,899	7,471	6,854	15203,9	2218,252	-1,461	5,9
A2_BNL-26740	~		6,234	6,851	7,185	6,757	15285,7	2262,32	-1,487	6
A2_BNL-30000	151,35	1,58	6,771	6,661	7,517	6,983	14324	2051,318	-1,362	5,5

Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N K - koeficijent izračunat iz krivulje elastičnosti
 C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N Hs - tvrdota (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$)
 C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N H - elastičnost
 A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N

Možemo reći da se nakon 24580 ciklusa valjanja tijekom vizualnog pregledavanja jezgre uočilo puknuće jedne spiralne žice koja povezuju opruge, ali kao što se vidi u tablici i na grafikonu nema nekih vidljivih promjena svojstava jezgre. Nastavak valjanja preostalih ciklusa rezultiralo je puknućem još jedne spiralne žice.



Grafikon 2. Krivulja elastičnosti uzorka A2 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja

4.3. UZORAK B1

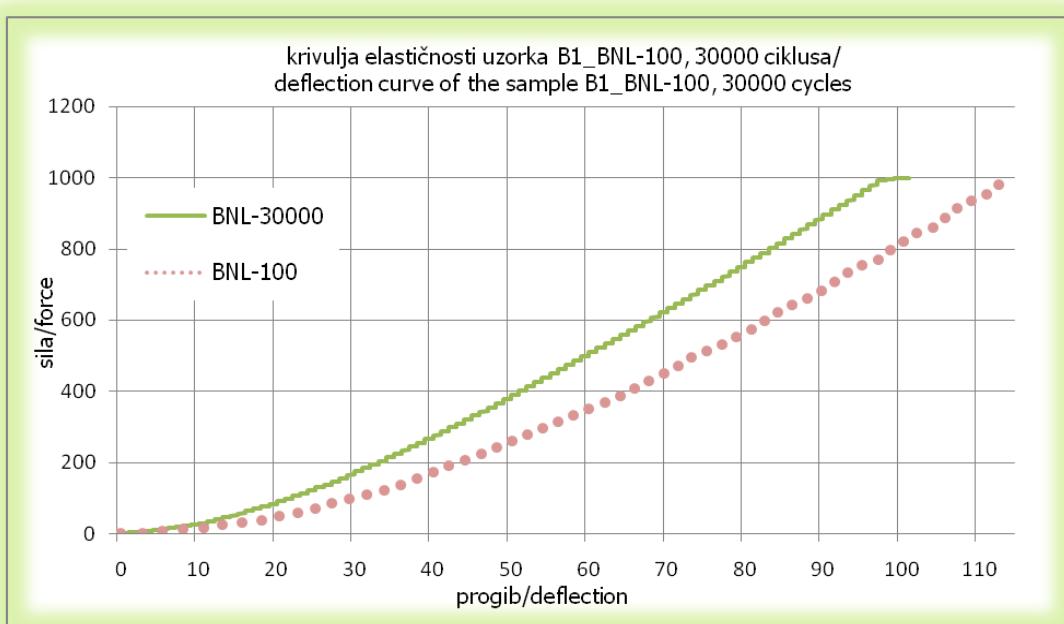
Tablica 4. Uzorak B1 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja

Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	Promjena visine [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nmm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
B1_BNL-0	151,46	~	10,122	10,674	10,941	10,579	9728,013	919,561	-0,692	2,5
B1_BNL-100	148	3,46	8,578	9,242	10,21	9,344	11318,9	1211,41	-0,865	3,4
B1_BNL-2260	~		8,692	9,594	10,205	9,497	10950,35	1153,08	-0,831	3,2
B1_BNL-4420	~		8,768	9,564	10,231	9,521	10932,09	1148,24	-0,828	3,2
B1_BNL-6580	~		9,021	9,732	10,347	9,7	10837,33	1117,23	-0,809	3,1
B1_BNL-24580	~		9,101	9,705	10,076	9,627	10613,61	1102,43	-0,801	3
B1_BNL-26740	~		9,493	9,478	10,607	9,859	10640,41	1079,21	-0,787	3
B1_BNL-30000	147,5	0,5	10,181	10,655	11,197	10,678	9684,032	906,934	-0,685	2,5

Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N
C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N
C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N
A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N

K - koeficijent izračunat iz krivulje elastičnosti
Hs - tvrdoća (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$)
H - elastičnost

Kod uzorka B1 je tijekom vizualnog pregleda jezgre nakon 24580 ciklusa valjanja uočeno puknuće dviju spiralnih žica koje povezuju opruge, do završetka ispitivanja došlo je do pucanja još dviju spiralnih žica što nije rezultiralo nekim većim promjenama u tablici i na grafikonu.



Grafikon 3. Krivulja elastičnosti uzorka B1 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja

4.4. UZORAK B2

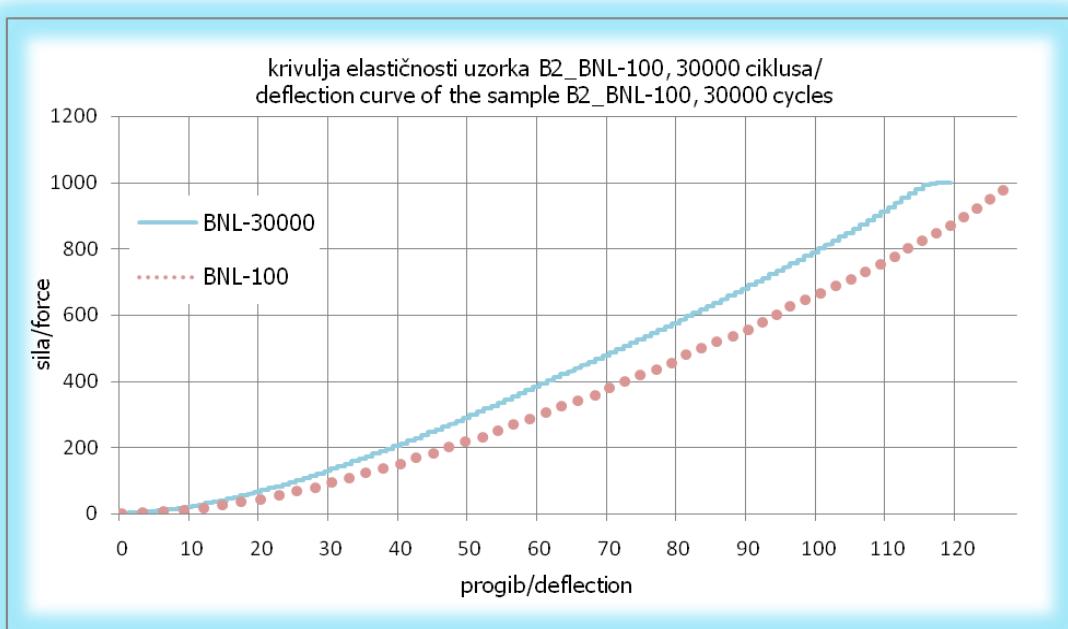
Tablica 5. Uzorak B2 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja

Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	Promjena visine [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nmm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
B2_BNL-0	159	~	7,862	8,588	8,889	8,447	12345,9	1461,65	-1,013	4,1
B2_BNL-100	158,31	0,69	7,2	7,733	8,159	7,697	13397	1740,5	-1,178	4,8
B2_BNL-2260	~		7,577	8,059	8,564	8,067	13065,9	1619,77	-1,107	4,5
B2_BNL-4420	~		5,301	8,207	8,471	7,327	12965,1	1769,61	-1,196	4,9
B2_BNL-6580	~		7,435	8,269	8,655	8,119	12874,8	1585,72	-1,087	4,4
B2_BNL-24580	~		7,698	8,196	8,634	8,176	12730,6	1557,1	-1,07	4,3
B2_BNL-26740	~		7,576	8,334	8,814	8,241	12684,1	1539,09	-1,059	4,3
B2_BNL-30000	155,75	2,56	8,3	9,032	9,676	9,003	11867,6	1318,23	-0,928	3,7

Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N
 C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N
 C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N
 A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N

K - koeficijent izračunat iz krivulje elastičnosti
 Hs - tvrdota (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$)
 H - elastičnost

Kod uzorka B2 je nakon 24580 ciklusa valjanja uočeno puknuće dviju spiralnih žica koje povezuju opruge, u nastavku ispitivanja je nakon 26740 ciklusa valjanja došlo do puknuća opruge (6 stupac/19 red), a do završetka ispitivanja je pukla još jedna opruga (4 stupac/7 red), treba napomenuti da su se puknute opruge nalazile u rubnoj zoni valjka. U tablici i na grafikonu nema nekih drastičnih promjena.



Grafikon 4. Krivulja elastičnosti uzorka B2 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja

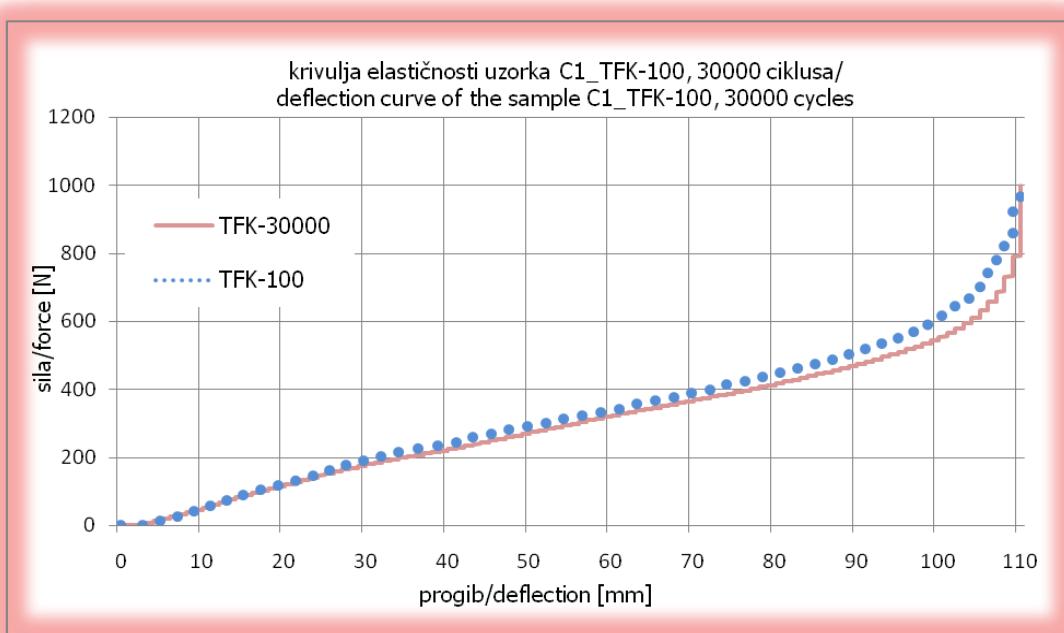
4.5. UZORAK C1

Tablica 6. Uzorak C1 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja

Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	Promjena visine [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nmm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
C1_TFK-0	132,23	~	5,135	4,878	5,673	5,229	18348,9	3509,34	-2,226	8
C1_TFK-100	121,75	10,48	5,092	4,975	4,931	4,999	18834,8	3767,63	-2,378	8,2
C1_TFK-2260	~		4,711	4,849	4,708	4,756	20754,1	4364,06	-2,732	8,7
C1_TFK-4420	~		4,765	4,854	4,631	4,75	20805	4380,15	-2,741	8,8
C1_TFK-6580	~		4,845	4,831	4,892	4,856	20716,9	4266,21	-2,674	8,7
C1_TFK-24580	~		4,557	4,873	4,729	4,72	20813,8	4410,14	-2,759	8,8
C1_TFK-26740	~		4,623	4,137	4,799	4,52	21041,3	4655,66	-2,904	8,9
C1_TFK-30000	120,15	1,6	4,29	4,966	4,285	4,513	20033,8	4438,71	-2,776	8,8

Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N
C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N
C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N
A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N
K - koeficijent izračunat iz krivulje elastičnosti
Hs - tvrdoća (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$)
H - elastičnost

Kod uzorka C1 nije bilo nekih većih promjena tijekom ispitivanja osim što se na kraju pojavilo nekoliko poderanih džepića što nije imalo neki utjecaj na konačne rezultate.



Grafikon 5. Krivulja elastičnosti uzorka C1 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja

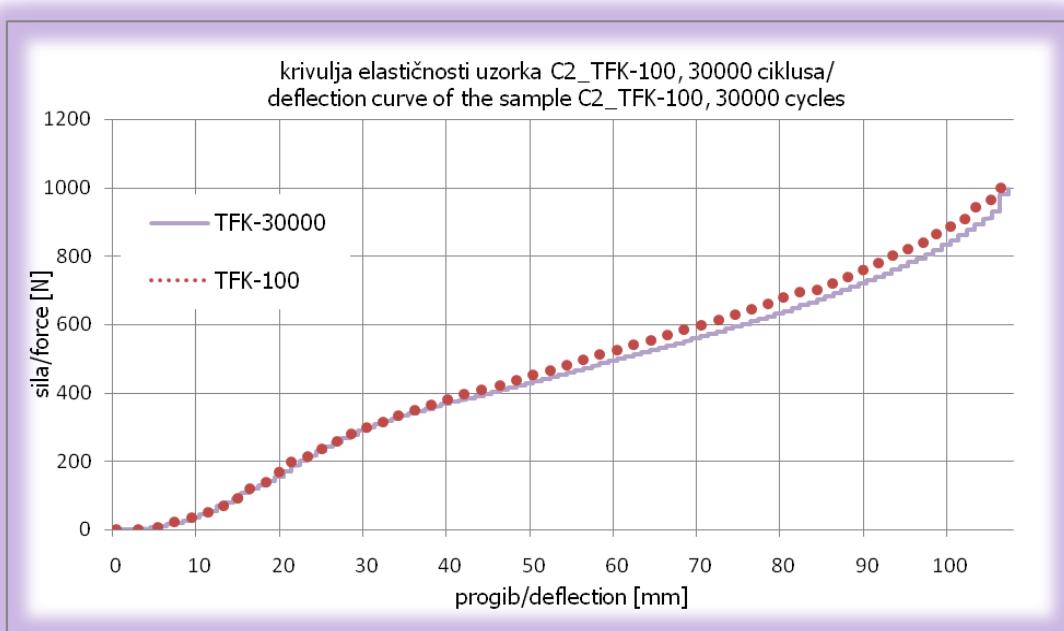
4.6. UZORAK C2

Tablica 7. Uzorak C2 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja

Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	Promjena visine [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nmm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
C2_TFK-0	141,09	~	15,421	12,12	8,579	12,04	10819,7	898,653	-0,68	2,4
C2_TFK-100	138,14	2,95	11,967	9,888	7,754	9,87	11101,8	1124,8	-0,814	3,1
C2_TFK-2260	~		14,312	11,864	6,967	11,048	12012,1	1087,3	-0,792	3
C2_TFK-4420	~		14,364	11,6	6,782	10,915	12148,5	1112,98	-0,807	3,1
C2_TFK-6580	~		14,142	11,307	6,91	10,786	12201,7	1131,2	-0,818	3,1
C2_TFK-24580	~		13,599	10,146	6,725	10,156	12549,6	1235,64	-0,879	3,4
C2_TFK-26740	~		13,997	10,114	6,72	10,277	12392,7	1205,86	-0,862	3,3
C2_TFK-30000	135,46	2,68	14,173	11,173	7,241	10,862	12082,9	1112,36	-0,807	3,1

Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N
 C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N
 C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N
 A - površina ispod krivulje elastičnosti s granicom na 450 N
 K - koeficijent izračunat iz krivulje elastičnosti
 Hs - tvrdoća (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$)
 H - elastičnost

Na završetku ispitivanja kod uzorka C2 nije bilo vidljivih promjena i oštećenja.



Grafikon 6. Krivulja elastičnosti uzorka C2 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja

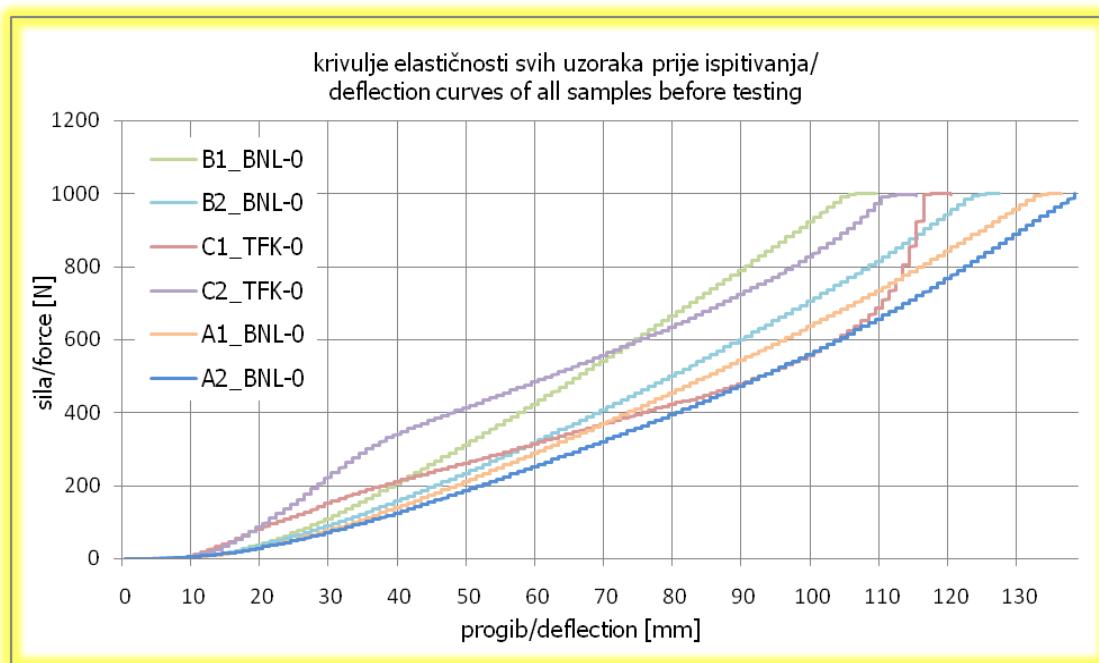
4.7. USPOREDBA REZULTATA

Tablica 8. Sumarni podaci uzoraka A, B i C prije ispitivanja te nakon 100 i 30000 ciklusa

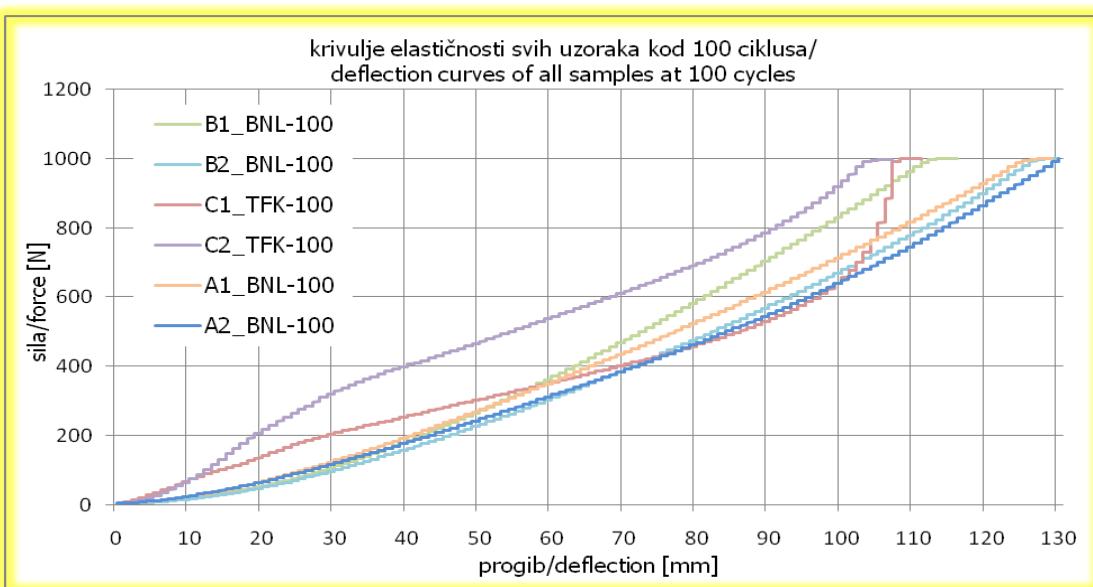
Ime uzorka	Izmjerena visina jezgre [mm]	C1 [N/mm]	C2 [N/mm]	C3 [N/mm]	H [N/mm]	A [Nm]	K [mm ²]	-(Ka+b)	Hs
A1_BNL-0	158	7,35	6,402	7,559	7,104	13138,56	1849,53	-1,243	5,1
A2_BNL-0	155	6,424	6,893	7,399	6,906	14820,74	2146,2	-1,419	5,7
B1_BNL-0	151	10,122	10,674	10,941	10,579	9728,013	919,561	-0,692	2,5
B2_BNL-0	159	7,862	8,588	8,889	8,447	12345,86	1461,65	-1,013	4,1
C1_TFK-0	130	5,135	4,878	5,673	5,229	18348,93	3509,34	-2,226	8
C2_TFK-0	141	15,421	12,12	8,579	12,04	10819,7	898,653	-0,68	2,4
A1_BNL-100	156	7,619	8,099	8,14	7,952	13137,21	1651,97	-1,126	4,6
A2_BNL-100	153	6,726	7,124	7,223	7,025	14805,25	2107,63	-1,396	5,7
B1_BNL-100	148	8,578	9,242	10,21	9,344	11318,9	1211,42	-0,865	3,4
B2_BNL-100	158	7,2	7,733	8,159	7,697	13396,96	1740,5	-1,178	4,8
C1_TFK-100	122	5,092	4,975	4,931	4,999	18834,78	3767,6	-2,378	8,2
C2_TFK-100	138	11,967	9,888	7,754	9,87	11101,76	1124,8	-0,814	3,1
A1_BNL-30000	152	7,166	8,162	8,323	7,884	13155,08	1668,62	-1,136	4,6
A2_BNL-30000	151	6,771	6,661	7,517	6,983	14324,03	2051,32	-1,362	5,5
B1_BNL-30000	147	10,181	10,655	11,197	10,678	9684,032	906,934	-0,685	2,5
B2_BNL-30000	156	8,3	9,032	9,676	9,003	11867,56	1318,23	-0,928	3,7
C1_TFK-30000	124	4,29	4,966	4,285	4,513	20033,75	4438,71	-2,776	8,8
C2_TFK-30000	135	14,173	11,173	7,241	10,862	12082,87	1112,36	-0,807	3,1

Napomena: C1 - koef. nagiba pravca kod 210 N
C2 - koef. nagiba pravca kod 275 N
C3 - koef. nagiba pravca kod 340 N
A - površina ispod krivulje elast. s granicom na 450 N

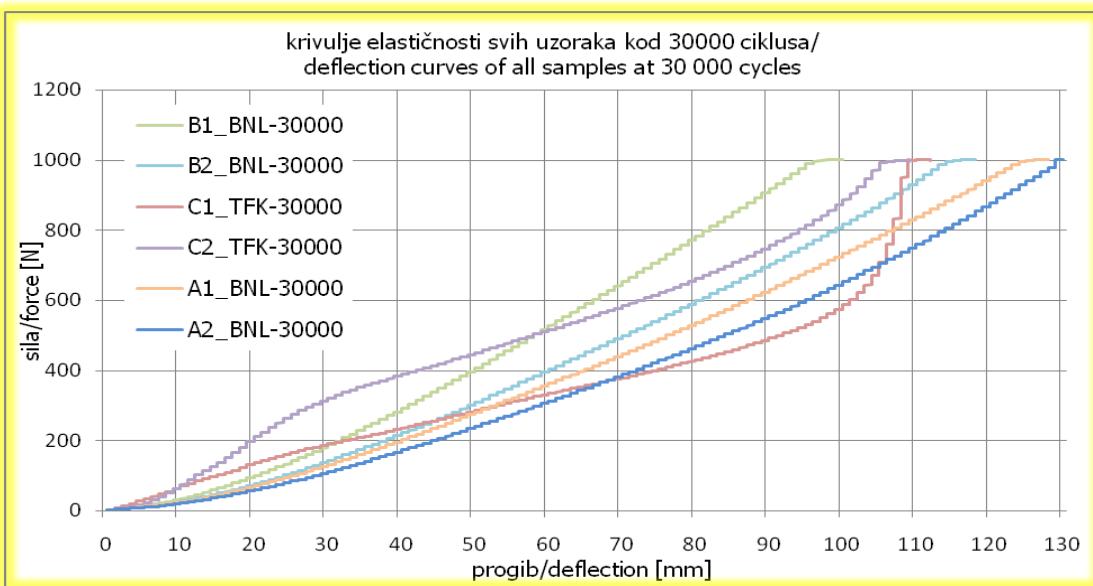
K - koef. izračunat iz krivulje elastičnosti
Hs - tvrdoća (konst.: $a = 5,92 \times 10^{-4}$, $b = 0,148$)
H - elastičnost



Grafikon 7. Krivulje elastičnosti svih uzoraka prije ispitivanja valjanjem



Grafikon 8. Krivulje elastičnosti svih uzoraka nakon 100 ciklusa valjanja



Grafikon 9. Krivulje elastičnosti svih uzoraka nakon 30000 ciklusa valjanja

Tablica 9. Trajna deformacija svih uzoraka

Ime uzorka	Progib [mm]	Broj ciklusa	Sila [N]
A1_BNL	3,17	30000	0,5
A2_BNL	1,58	30000	0,5
B1_BNL	0,5	30000	0,5
B2_BNL	2,56	30000	0,5
C1_TFK	1,6	30000	0,5
C2_TFK	2,68	30000	0,5

5. RASPRAVA

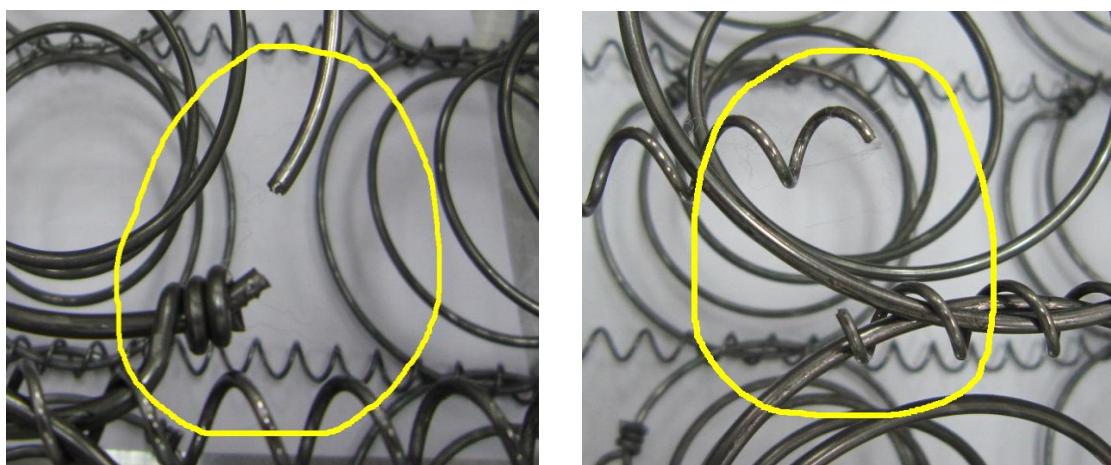
Pogledamo li tablicu 10. u njoj imamo prikazane podatke o elastičnosti i tvrdoći svih uzoraka koji su sudjelovali u ispitivanju. Usporedimo li sad uzorke A1, A2, B1, B2 (bonnell opružne jezgre) možemo vidjeti da uzorak A2 ima najmanju vrijednost elastičnosti dok uzorak B1 ima najveću vrijednost elastičnosti nakon 30000 ciklusa. Usporedbom uzoraka modela A možemo vidjeti da među njima nema neke velike razlike u vrijednosti elastičnosti nakon početnih 100 i završnih 30000 ciklusa, isto kao i kod uzoraka modela B. Usporedimo li sad njihove tvrdoće (tvrdoća H_s se izražava brojem na skali od 1 do 10, oni s manjom vrijednošću su tvrdi a oni s većom su mekši) nakon 30000 ciklusa, dolazimo do zaključka da je uzorak A2 "najmekši", a uzorak B1 "najtvrdi". Međusobnom usporedbom uzoraka A1 i A2 vidimo da je uzorak A1 tvrdi, a pogledamo li njihove vrijednosti nakon početnih 100 i završnih 30000 ciklusa možemo vidjeti da se vrijednosti nisu promijenile ili su se promijenile jako malo, a odnosi tvrdoća ostali su isti. Kod uzoraka modela B tvrdi je uzorak B1, a što se tiče vrijednosti promjene tvrdoće nešto je izraženija nego kod uzoraka A, ali su i ovdje odnosi ostali isti.

Tablica 10. Prikaz vrijednosti elastičnosti (H) i tvrdoće (H_s) svih uzoraka nakon 100 i 30000 ciklusa

Uzorak	Elastičnost (H)		Tvrdoća (H_s)	
	100 ciklusa	30000 ciklusa	100 ciklusa	30000 ciklusa
A1_BNL	7,95	7,88	4,6	4,6
A2_BNL	7,03	6,98	5,7	5,5
B1_BNL	9,34	10,68	3,4	2,5*
B2_BNL	7,70	9,00	4,8	3,7
C1_TFK	5,00*	4,51*	8,2**	8,8**
C2_TFK	9,87**	10,86**	3,1*	3,1
				manje je "tvrdi"
Napomena: * najniže vrijednosti ** najviše vrijednosti				

Trajna deformacija se prema normi HRN EN 1957 izračunava iz vrijednosti visine madraca nakon 100 i 30000 ciklusa. Vrijednosti trajne deformacije uzoraka A1, A2, B1, B2 prikazane su u tablici 9. i grafikonima 1., 2., 3. i 4. Iz tablice možemo vidjeti da najmanju vrijednost trajne deformacije ima uzorak B1, a najveću vrijednost ima uzorak A1. Međusobnom usporedbom uzoraka A vidimo da A2 ima manju vrijednost trajne deformacije od A1, dok kod uzoraka B manju vrijednost trajne deformacije ima B1.

Kod uzoraka A1, A2, B1, B2 je prilikom valjanja između 24000 i 30000 ciklusa dolazilo do pucanja spiralnih žica koje povezuju opruge i to kod A1 smo imali četiri puknute žice na kraju ispitivanja, kod A2 dvije puknute žice, kod B1 isto dvije puknute žice, dok je kod B2 osim dvije puknute spiralne žice došlo i do puknuća dviju opruga. No sve ove promjene na uzorcima nisu ostavile veći odraz na rezultatima kod mjerenja elastičnosti.



Slika 29. Puknuta žica opruge i spiralna žica koja povezuje opruge

Podaci o elastičnosti i tvrdoći uzoraka C1 i C2 (džepičaste opružne jezgre) nalaze se u tablici 8. iz koje vidimo da uzorak C1 ima dvostruko manju vrijednost elastičnosti nego uzorak C2, pogledamo li njihove vrijednosti tvrdoće možemo ustanoviti da je uzorak C2 puno tvrdi od uzorka C1. Vrijednost elastičnosti poslije početnih 100 i završnih 30000 ciklusa za svaki pojedini uzorak nije bitno različita kao i kod ostalih uzoraka. Isto je i s njihovom tvrdoćom nakon početnih 100 i završnih 30000 ciklusa koja se nije promijenila ili se mijenjala jako malo.

Vrijednosti trajne deformacije uzoraka C1 i C2 nalaze se u tablici 9. i prikaz je na grafikonu 5. i 6. Iz tablice možemo vidjeti da je trajna deformacija uzorka C2 veća nego kod uzorka C1 što je naravno uzrok različitih karakteristika pojedinog uzorka. Kod ovih uzoraka nije dolazilo do nekih posebnih oštećenja osim par malo poderanih džepića kod uzorka C1.

Kad bi usporedili rezultate svih uzoraka A, B i C uvidjeli bi da najveću vrijednost elastičnosti ima uzorak C2, a najmanju C1. Kod vrijednosti tvrdoće uzorak B1 je "najtvrdi", a uzorak C1 "najmekši". Trajna deformacija najveća je kod uzorka A1, dok je najmanja kod uzorka B1. Gledajući trajnost uzorka možemo reći da su uzorci C1 i C2 po tom pitanju bolji od ostalih jer nije došlo do nikakvih oštećenja jezgre nakon završetka ispitivanja dok kod ostalih uzoraka su se javljala već gore navedena oštećenja.

6. ZAKLJUČAK

Kao što je navedeno u cilju istraživanja u radu se uspoređuju svojstva bonnell i džepičastih opružnih jezgri. Željelo se dobiti odgovore na neka pitanja kao što su: koji je sustav jezgre izdržljiviji s obzirom na različita svojstva, kolika je trajna deformacija, kakva je tvrdoća i dr. Provedena je međusobna usporedba uzoraka bonnell i uzoraka džepičaste opružne jezgre i neovisno o tome zajednička usporedba svih uzoraka. Jedini nedostatak je bio mala količina uzoraka jer bi s više uzoraka dobili vjerodostojnije rezultate.

Promatraljući odnose elastičnosti među svim uzorcima bonnell i džepičastih opružnih jezgri može se zaključiti da najveću vrijednost elastičnosti nakon početnih 100 i završnih 30000 ciklusa ima uzorak s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja s čeličnim okvirom na dnu/vrhu opruga (C2), a najmanju uzorak s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja s čeličnim okvirom na sredini visine opruge. Što se tiče ostalih uzoraka njihove vrijednosti su približno jednake.

Promatraljući odnose tvrdoće među svim uzorcima koji su sudjelovali u ispitivanju, "najtvrdi" nakon početnih 100 ciklusa je uzorak s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja s čeličnim okvirom na dnu/vrhu opruga (C2), a "najmekši" je uzorak s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja, ali s čeličnim okvirom na sredini visine opruga (C1). Nakon završnih 30000 ciklusa stanje se mijenja pa "najtvrdim" postaje uzorak s debljinom žice 2,4 mm i 5 navoja (B1), a "najmekši" ostaje i dalje uzorak s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja, ali s čeličnim okvirom na sredini visine opruga (C1). Tvrdoća ostalih uzoraka kreće se približno oko srednje vrijednosti tvrdoće.

Općenito, kad bi se od ispitivanih uzoraka trebao izdvojiti najlošiji, bio bi to uzorak s bonnell opružnom jezgrom debljine žice 2,4 mm i 6 navoja (B2), jer se kod većine promatranih svojstava pokazao najslabijim. Naime, promatraljući izdržljivost došlo je do puknuća dviju spiralnih žica koje povezuju opruge, ali i dviju opruga što kod ostalih nije bio slučaj, trajna deformacija tog uzorka je nakon ispitivanja također bila među najvećima, dakle najlošija. Kod uzoraka bonnell opružnih jezgri možemo izdvojiti uzorak s debljinom žice 2,4 mm i 5 navoja (B1) kao uzorak s najmanjom trajnom deformacijom od svih ispitivanih, dakle najboljom. Uzorci džepičaste opružne jezgre opravdali su svoj status izdržljivih sustava opružnih jezgri, jer na kraju ispitivanja nije bilo nikakvih ozbiljnijih oštećenja. Što se tiče trajne deformacije kod uzorka s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja, ali s čeličnim okvirom na sredini visine opruga (C1) je nešto veća nego kod uzorka s džepičastom opružnom jezgrom debljine žice 1,8 mm i 6 navoja s čeličnim okvirom na dnu/vrhu opruga (C2).

Buduća istraživanja

Kao jedan od budućih radova bilo bi zanimljivo provesti istraživanje na istu temu i vidjeti kakvi bi bili rezultati kada bi se kao uzorci koristili kompletni ležajevi-madraci, a ne kao u ovom slučaju samo jezgre i potom napraviti usporedbu s postojećim rezultatima.

LITERATURA

1. Grbac, I. (2006): Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
2. Grbac, I. (2003): Zdrav život zdravo stanovanje: prvi priručnik iz područja namještaja u funkciji zdravlja, Spektar media, Zagreb.
3. Grbac, I., Ivelić, Ž. (2005): Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
4. Ivoš, H. (1997): Istraživanje opružnih konstrukcija ležaja-madraca, diplomska rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
5. <http://www.happy-dreams.hr/katalog/kategorija-346-madraci-od-pjene> (16. 06.2010.)
6. <http://www.zpr.fer.hr/static/erg/2005/gamberger/dokument/antropometrija> (12.06.2010.)
7. <http://www.pavletic.hr/proizvodi/ortopedski-madraci> (30.05.2010.)
8. <http://www.hespo.hr/madraci> (30.05.2010.)
9. <http://www.hespo.hr/madraci> (16.06.2010.)
10. <http://www.hespo.hr/madraci> (21.06.2010.)
11. <http://www.hespo.hr/madraci> (21.06.2010.)

POPIS ILUSTRACIJA

POPIS SLIKA

Slika 1. Krevet modernog doba (Hespo-aida)	4
Slika 2. Konstrukcija vodenog kreveta	4
Slika 3. Konstrukcija vodenog kreveta	5
Slika 4. Primjer antropometrijskog mjerenja čovjeka	6
Slika 5. Bočni položaj tijela na pretvrdom ležaju.....	8
Slika 6. Bočni položaj tijela na premekanom ležaju.....	8
Slika 7. Bočni položaj tijela na pravilnom ležaju, gdje imamo prirodan položaj kralježnice.....	8
Slika 8. Ležaj izrađen od lateksa u kombinaciji s drugim obložnim materijalima.....	11
Slika 9. Prikaz "memorijske spužve"	11
Slika 10. Bonnell opružna jezgra	13
Slika 11. Džepičasta opružna jezgra i opruga	13
Slika 12. Postrojenje za izradu bonnell opružnih jezgri.....	15
Slika 13. Bonnell višezonske jezgre	16
Slika 14. Postrojenje za izradu džepičastih opružnih jezgri	17
Slika 15. Različite izvedbe džepičastih opruga	18
Slika 16. Različite izvedbe višezonskih džepičastih jezgri.....	18
Slika 17. Specijalne izvedbe džepičastih jezgri.....	19
Slika 18. Načini spajanja nizova džepića u jezgru	19
Slika 19. Uzorak A1	20
Slika 20. Uzorak A2	20
Slika 21. Uzorak B1	21
Slika 22. Uzorak B2	21
Slika 23. Uzorak C1	22
Slika 24. Uzorak C2	22
Slika 25. Uredaj za mjerenje izdržljivosti i elastičnosti ležaja-madraca	23
Slika 26. Mjerenje elastičnosti - utiskivanje podloška u uzorak	24
Slika 27. Uredaj u procesu valjanja uzorka	24
Slika 28. Prikaz zaslona ekrana za vrijeme mjerenja elastičnosti (LabMaster ver. 2.3.4, Hegewald & Peschke GmbH)	25
Slika 29. Puknuta žica opruge i spiralna žica koja povezuje opruge	35

POPIS TABLICA

Tablica 1. Deklarirane karakteristike uzoraka	23
Tablica 2. Uzorak A1 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja	26
Tablica 3. Uzorak A2 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja	27
Tablica 4. Uzorak B1 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja	28
Tablica 5. Uzorak B2 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja	29
Tablica 6. Uzorak C1 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja	30
Tablica 7. Uzorak C2 – izmjerene vrijednosti tijekom ispitivanja	31
Tablica 8. Sumarni podaci uzoraka A, B i C prije ispitivanja te nakon 100 i 30000 ciklusa.....	32
Tablica 9. Trajna deformacija svih uzoraka	33
Tablica 10. Prikaz vrijednosti elastičnosti (H) i tvrdoće (Hs) svih uzoraka nakon 100 i 30000 ciklusa.....	34

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Krivulja elastičnosti uzorka A1 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja.....	26
Grafikon 2. Krivulja elastičnosti uzorka A2 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja.....	27
Grafikon 3. Krivulja elastičnosti uzorka B1 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja.....	28
Grafikon 4. Krivulja elastičnosti uzorka B2 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja.....	29
Grafikon 5. Krivulja elastičnosti uzorka C1 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja.....	30
Grafikon 6. Krivulja elastičnosti uzorka C2 nakon 100 i 30000 ciklusa valjanja.....	31
Grafikon 7. Krivulja elastičnosti svih uzoraka prije ispitivanja valjanjem	32
Grafikon 8. Krivulje elastičnosti svih uzoraka nakon 100 ciklusa valjanja	33
Grafikon 9. Krivulje elastičnosti svih uzoraka nakon 30000 ciklusa valjanja	33