

# INTELIGENTNI TEKSTIL I ODEĆA ZA SPORT

Kristina Savić<sup>1</sup>, Olga Stojanović<sup>1\*</sup>, Marija Savić Pojužina<sup>1</sup>, Jelica Simeunović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade,  
Department Textile School for Design, Technology and Management,  
Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>KTR Jee seetex, Beograd, Serbia

\*olga.stojanovic1111@gmail.com

Professional paper

UDC: 677:687:796.02-037

DOI: 10.5937/tekstind2203044S



**Apstrakt:** *Vlakna specijalne namene su pronađena tek sredinom prošlog veka i od tada se proučava mogućnost njihove primene. Ova vlakna se koriste u proizvodnji odeće koja zahteva specifične zaštitne funkcije kao što su: odbrana od vatre i toplote, balistička zaštita, zaštita od različitih tipova zračenja, zaštita od nuklearnog, biološkog i hemijskog dejstva, sportske odeće itd... Nova generacija tekstila, inteligentnog tekstila, ne služi više samo kao zaštita, već ona može da prima i prepoznađe nadražaje iz okoline i da daje odgovor na njih.*

**Ključne reči:** Vlakna specijalne namene, inteligentni tekstil, sportska odeća.

## INTELLIGENT TEXTILES AND SPORTS CLOTHING

**Abstract:** *Special purpose fibers were found only in the middle of the last century and since then the possibility of their application has been studied. These fibers are used in the production of clothing that requires specific protective functions such as: protection against fire and heat, ballistic protection, protection against various types of radiation, protection against nuclear, biological and chemical effects, sportswear etc...The new generation of textiles, intelligent textiles, no longer serves only as protection, but it can receive and recognize stimuli from the environment and respond to them.*

**Keywords:** Special purpose fibers, intelligent textiles, sportswear.

### 1. UVOD

Iako pronađena pre više od pedeset godina, vlakna specijalne namene našla su svoj put na tržište pre svega par godina. Njihova primena se može naći u proizvodnjama odeće koja iziskuje specifične zaštitne funkcije kao što su: odbrana od vatre i toplote, balistička zaštita, zaštita od različitih tipova zračenja, zaštita od nuklearnog, biološkog i hemijskog dejstva, itd... Međutim, primena odeće povećanih performansi je sve zastupljenija u sportu. Pored toga što pruža komfor i bolju zaštitu, ova odeća pokazala je čak i mogućnost da poboljša učinkovitost samog korisnika [1].

Dok vlakna visokih performansi sve više dobijaju komercijalnu upotrebu, tekstilna industrija razvija novu, treću generaciju vlakana. To predstavljaju pametna vlakna i materijali, koja svoju dosadašnju statičku funkciju pretvaraju u dinamičku. Naime, nova generacija tekstila ne služi više samo kao štit, već je u stanju da prima i prepoznađe nadražaje iz okoline, ali i da reaguje na njih [3].

### 1.1. Odeća specijalne namene

Sredinom prošlog veka došlo je do velike prekretnice u tekstilnoj industriji-proizvodnje prvih sintetizovanih vlakana. Na tržištu koje je konstantno raslo, poliamid je dostizao cenu i višestruko veću od pamuka i vune. Međutim, činjenica da se performanse vlakana mogu menjati i prilagođavati name-ni, dovela je do daljih istraživanja koja su dovela do vlakana druge generacije. Ona predstavljaju modifikovana konvencionalna sintetizovana vlakna, čije su performanse višestruko povećane, a u koje bliže svrstavamo: aramidna, ugljenična, staklena i keramička vlakna. Ova vlakna su danas na tržištu poznata po svojim komercijalnim nazivima, npr. Nomex, Kevlar, Twaron, Technora, (aromatični poliamidi); Spectra i Dyneema (poliamidi visokih performansi); Vectran (aromatični poliestar); Teflon (politetrafluoretilen PTFE), Dacron (poliester), Mylar (poliester), itd... Dok su vlakna druge generacije sve učestalija na tržištu, dvadeset i prvi vek iznedrio je vlakna treće generacije. Vlakna treće generacije predstavljaju takozvana

pametna i inteligentna vlakna, koja statičku funkciju zamenjuju dinamičkom [2,1,3].

Krajnji proizvod, odnosno njegova namena, ne diktiraju samo tip vlakana, već i način njihovog upređanja, odabira tekstilne strukture, kao i obrade, odnosno dorade, u zavisnosti od faze izrade. Prema tome, materijali za izradu odeće specijalne namene mogu biti tkanine, pletenine, netkane i kompozitne strukture. Dalja faza je sama proizvodnja odevnog predmeta, koja takođe sadrži svoje specifične elemente, kao što su načini zatvaranja šavova itd.

Zaštitna odeća (Protective clothing – PC) predstavlja odevne predmete namenjene zaštiti pri obavljanju radnji koje mogu kao posledicu izazvati povredu ili pak životnu ugroženost. Ova odeća specijalne namene, ne mora uslovno predstavljati radnu odeću, već može biti prilagođena i aktivnostima kao što su ekstremni sportovi, ili medicinska zdravstvena nega. Zbog vrlo širokog spektra upotrebe i tipova zaštite, vrlo je teško uspostaviti jedinstvenu definiciju ove odeće, tako da jedna od njih glasi: Zaštitna odeća obuhvata odeću ili tekstilne srodne proizvode koji osobu koja ih nosi i dođe u kontakt sa ekstremnim i neprijateljskim okruženjem, štiti i /ili smanjuje rizik od izloženosti takvom okruženju [2].

Samu kategorizaciju odeće specijalne namene možemo vršiti na sledeći način [2]:

- Balistička ili mehanička zaštita
- Zaštita od ekstremne toplote i/ili požara,
- Zaštita od ekstremnih hladnoća,
- Zaštita od radijacije,
- Zaštita od UV zračenja,
- Zaštita od štetnih hemikalija,
- Zaštita od štetnih čestica,
- Bakterijska/virusna zaštita,
- Čista soba-Zaštita osetljivih predmeta u proizvodnji.

Svi ovi pomenuti elementi od vlakna do odela, zajedno čine tekstil visokih performans (HIGH-PERFORMANCE textile), odnosno tekstil specijalne namene.

## 2. INTELIGENTNI TEKSTIL I ODEĆA

Pametni tekstilni materijali predstalljaju grupu materijala koja na nadražaje iz okoline odgovara tačno određenom reakcijom. Naime, ideja tvoraca ovih materijala je stvaranje interakcije između dva materijala, ili materijala i sredine, objekta, živog bića, uvođenjem pametnih materijala i kompjuterske tehnologije u tekstilne strukture. Uvođenjem tih novih komponenata, tekstilni materijal je evoluirao od proizvoda sa statičkom funkcijom, do proizvoda sa

dinamičkom funkcijom. Međutim, taj napredak ne bi bio moguć bez ekvivalentnog napretka u ostalim tehnološkim granama kao što su nanotehnologija, informaciona tehnologija, mikroelektronika, biotehnologija itd. [4, 3].

Ustaljena definicija pametnog tekstila ne postoji. Dok se u mnogim izvorima pojavljuje kao jedinstvena grupacija, u drugim se, pak, može pojaviti u dve razjedinjene celine – pametni i inteligentni tekstil. Oba tipa materijala su u stanju da osete pobuđaje iz svog okruženja, ali inteligentni tekstil, kao tehnološki napredniji, poseduje sposobnost da na te pobuđaje i odgovori prethodno programiranom reakcijom [3].

Osnovni koncept pametnog tekstila sastoji se od tekstilne strukture koja oseća i reaguje na različite pobuđaje iz okruženja. U svojoj najjednostavnijoj formi, pametni tekstil oseća i reaguje automatski bez kontrolne jedinice, a u kompleksnijem obliku, pametni tekstil oseća, reaguje i aktivira specifične funkcije kroz procesnu jedinicu. Glavni delovi uključeni u pametni tekstil su senzor, aktivator (starter) i kontrolna jedinica, sa pet funkcija koje je neophodno izvršiti da bi pametni tekstil u potpunosti ispunio svoj zadatak (pobuđaj iz okoline – hvatanje parametara iz okoline, obrada podataka, pokretanje odgovora, skladištenje podataka ili energije i komunikacija/davanje odgovora) [2].

Pametni tekstil se može klasifikovati po oblastima [3]:

1. Za senzore/aktivatore:
  - foto-osetljivi materijali,
  - optička vlakna,
  - provodljivi polimeri,
  - materijali osetljivi na toplotu,
  - materijali sa memorisanjem oblika
  - polimeri koji reaguju na hemikalije,
  - inteligentni naslojeni materijali/membrane,
  - materijali koji reaguju na mehaničko delovanje,
  - mikrokapsule,
  - mikro i nano-materijali.
2. Za prenos signala, obradu i kontrolu:
  - neuronske mreže i kontrolni sistemi
  - teorija spoznaje i sistemi.
3. Za integrisane procese i proizvode:
  - nosiva elektronika i fotonika,
  - adaptivne i strukture koje brzo reaguju,
  - biomimetičke strukture
  - bioprocesi,
  - inženjering tkiva,

- otpuštanje hemikalija/lekova.

Tekstilni materijali se mogu podeliti i po načinu reagovanja i to na [4]:

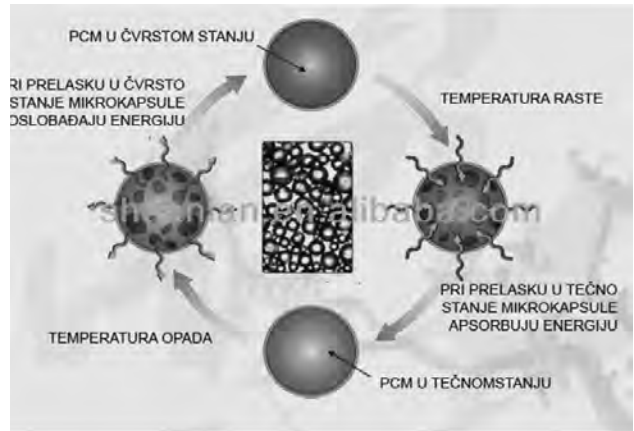
- pasivne tekstilne materijale – može da oseti nadražaje,
- aktivne tekstilne materijale – može da oseti i odreaguje na nadražaje,
- ultra pametni tekstil – može da oseti, reaguje i prilagodi se nadražajima.

### 3. INTELIGENTNI TEKSTIL I ODEĆA ZA SPORT

Specijalizovana odeća za sport već neko vreme ne predstavlja tržište namenjeno samo za profesionalne sportiste. Naime, ovakva odeća pružajući veći komfor, ali i veću sigurnost, privlači sve veći broj fakultativnih sportista.

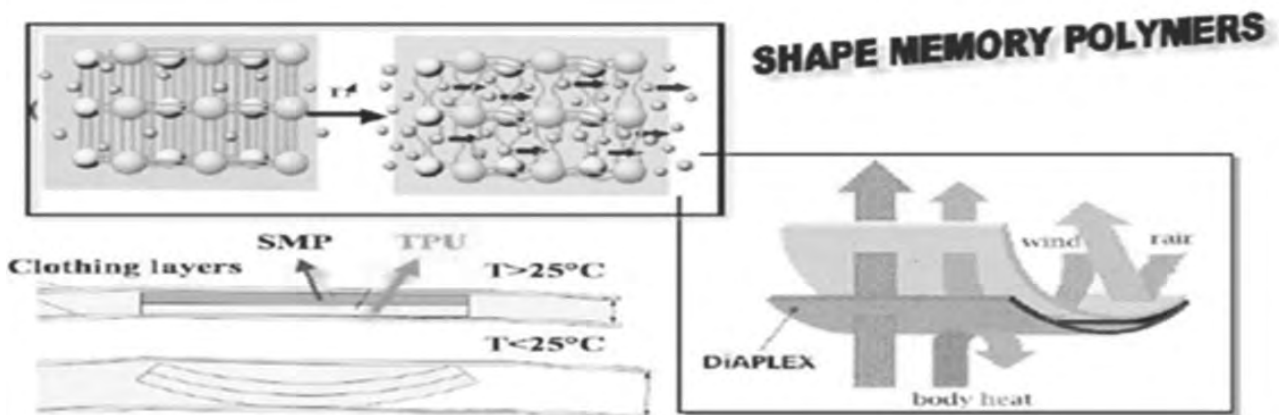
Materijali pogodni za proizvodnju specijalne odeće za sport su mahom od sintetizovanih vlakana. Izbor se pravi prema krajnjoj nameni proizvoda, i karakteristikama koje treba da zadovolji. Pa tako, koriste se različite varijacije poliesterskih vlakana, zatim, polietilena visoke jačine (Dyneema, Spectra...). Kako je vrlo često potrebno zadovoljiti više kriterijuma, jako su popularni kompozitni materijali, na primer tkanine laminirane poliuretanom i naslojene polivinilhloridom, tkani PES, PA naslojen PVC-om na ove strane... Ovakvi materijali su dugotrajni i postojani na abraziju.

Vrlo popularna jesu i takozvana PCM (Phase Change Materials) pletiva - sa implementiranim sredstvima s promenom faze. Naime, mikrokapsule PCM imaju sposobnost akumuliranja i zadržavanja toplote pri višim temperaturama, i njenog kasnijeg odavanja pri nižim temperaturama. Time se dobijaju odlična termo-regulaciona svojstva [4, 7].



**Slika 1:** Način funkcionisanja mikrokapsula sa promenom faze [7]

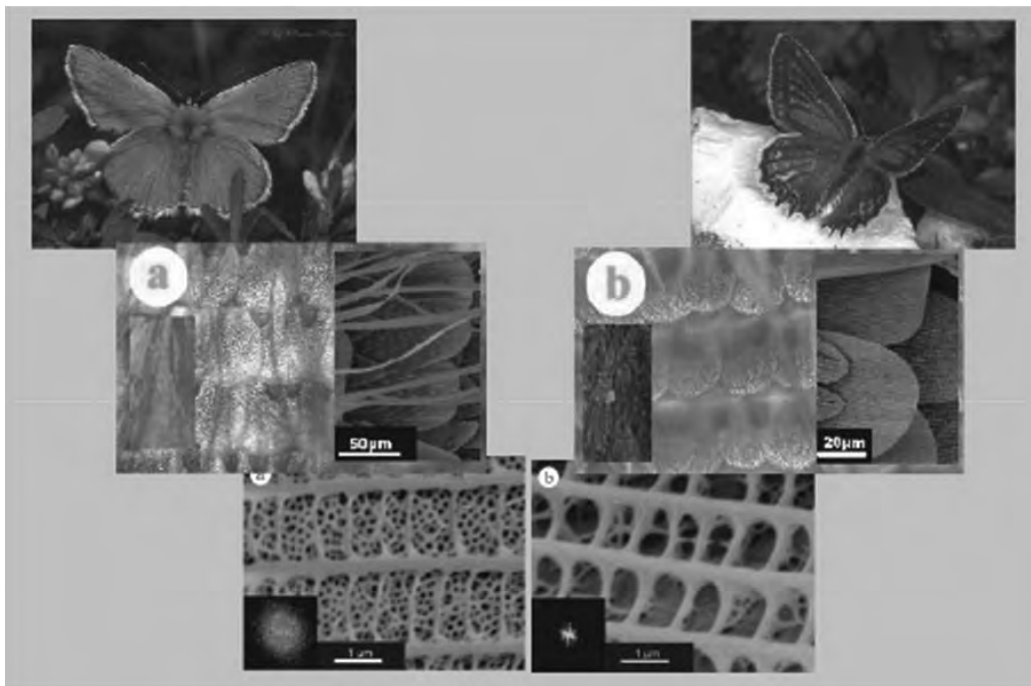
Još jedan pametni material je i SMP material sa memorisanjem oblika (*Shape Memory Polymer*). Njega karakteriše velika reverzibilna promena elastičnosti pri temperature ostakljivanja. Najpoznatiji materijal ovog tipa proizveden je u Japanu pod komercijalnim nazivom *Diaplex*. Odlika ovog materijala jeste održavanje temperature tela preraspodelom svojih čestica u zavisnosti od spoljašnje temperature. Naime, pri niskim temperaturama, ove čestice ce uređuju u čvrstu ploču koja formira izolacioni sloj i štiti od prodora hladnog vazduha. Međutim, povećavanjem toplote koja se može primiti od spoljašnje sredine, ali i samog tela, povećava se kinetička energija, koja izaziva reakciju čestica koje se međusobno grupišu ostavljajući otvore za otpuštanje nepotrebne toplote i znoja. Time on postiže odličnu vodoodbojnost, dišljivost, anti-kondenzaciju. Pored toga, ovi materijali imaju brojne prednosti u odnosu na tradicionalni PA. Naime, samim nepostojanje pora kao takvih, problem sa zapušavanje istih solima iz znoja ili ledom na poliamidnim materijalima su izbegnuti. Takodje postojanost na UV zračenje, kao i mašinsko pranje predstavljaju dodatnu pogodnost [4,8].



**Slika 2:** Način funkcionisanja SNP materijala sa memorisanjem oblika [8]



**Slika 3:** Prikaz kapljice vode na listu lotusa i na tekstilnom materijalu napravljenom prema uzoru na njega [10]



**Slika 4:** Metoda bojenja tekstilnih materijala inspirisana leptirima [11]



**Slika 5:** Speedo odelo za kupanje inspirisano kožom ajkule [11]

Takođe, kao vrlo korisno rešenje nameću se i nano tehnologije. Sama nano tehnologija podrazumeva konfigurisanje molekula u cilju promene njihove veličine i svojstava. U samoj tekstilnoj industriji, sama veličina ovih čestica omogućava postojanost na tečnosti, hemikalije i čestice, a opremljenost senzorima daje mogućnost nadgledanja bioloških procesa samog korisnika. Nano-tech molekuli se obično mešaju sa vunom, pamukom, svilom i likrom, a krajnji opip dobijenog materijala je u potpunosti nepromenjen u odnosu na konvencionalni [4].

### 3.1. Biomimetički tekstilni materijali

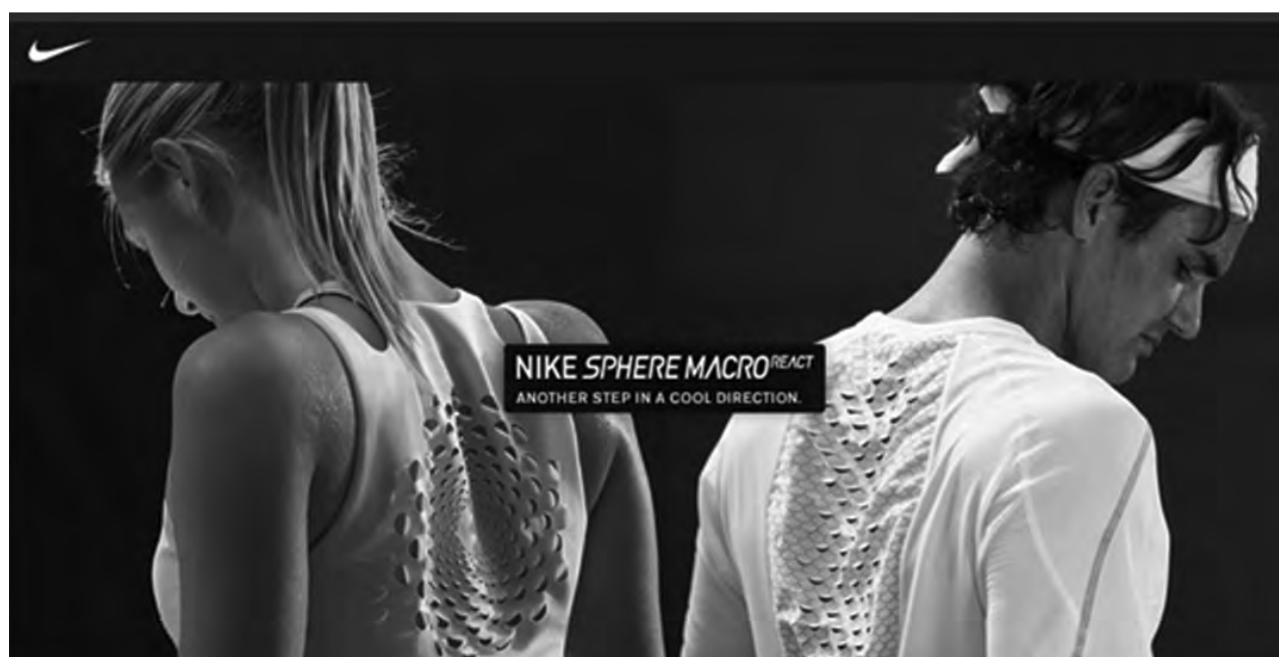
Oponašajući prirodu i njene procese, naučnici su došli do invencije biomimetičkih materijala. Prvim materijalom ovog tipa može se smatrati kamuflažna tkanina. Danas rasprostranjena u vojnim organizacijama širom sveta, prvi put svoju primenu pronalazi 1850. godine, kada su engleske vojne trupe koristile pri kolonizaciji Indije. Osnovna ideja ovih tkanina jeste smanjena vidljivost ljudi, oponašanjem sredine u kojoj se nalaze.

Možda najpoznatiji primer je oponašanje lotosa. Naime, ova biljka poseduje prirodni sistem samočišćenja usled morfologije površine sa mnogo majušnih bradavica, koje su pokrivene vlasima nalik česticama napravljenim od kristala voska. Ovakva kombinacija mikro i nano struktura umnogome smanjuje kontakt između molekula i površine vode, i time stvara takozvani lotus efekat.

Tehnologija samočišćenja proglašena je 2006. od strane časopisa *Times* jednom od najboljih investicija. Pored lotusa, napravljena je grupa materijala inspirisana krilima leptira i Vilinog konjica, čija je površina prirodno hidrofobna i hrapava, čime efektivno skida prljavštinu za vreme kiše.

Najveću primenu na tržištu pronašli su *Valcro* materijali. Po uzoru na biljku čičak, ovi materijali sastoje se iz velikog broja sitnih kukica koje međusobno stvaraju konstrukciju kuka i petlji. Sam materijal je kombinacija somota i krošea i koristi se kao alternativne patent zatvarača.

Jedna od najlepših pojava u prirodi jesu krila leptira i njegove boje. Strukturno obojene tkanine ih oponašaju, a tajna je u boji koja ne potiče samo od obojenja, već i od strukture (sam naziv). Naime, na samim krilima leptira mogu se pronaći samo neke boje – žuta, narandžasta, crvena, braon i crna, dok su plava, zelena i ljubičasta na slojevima nanočestica odvojenih slojevima vazduha. Ti nanoslojevi sastoje se iz niza mozaično uklopljenih pločica, od kojih svaka ima različite karakteristike i pukotine za refleksiju svetlosti, a sama boja zavisi od debljine slojeva. Vlakno ovog tipa prvi put je proizveden u Japanu od strane kompanije Teijin, pod nazivom Morphotex. Ono predstavlja monofilamentarno vlakno, optički obojeno, primenom interferencije da bi se proizvela boja bez pigmentata i boja. Sama tkanina proizvedena je od 61 sloja PA i PES alternativno, debljine 70 nm i laminirana. Četiri tipa osnovnih boja (crvena, zelena, plava i ljubičasta) razvijaju se precizno kon-



Slika 6: Macro React [14]

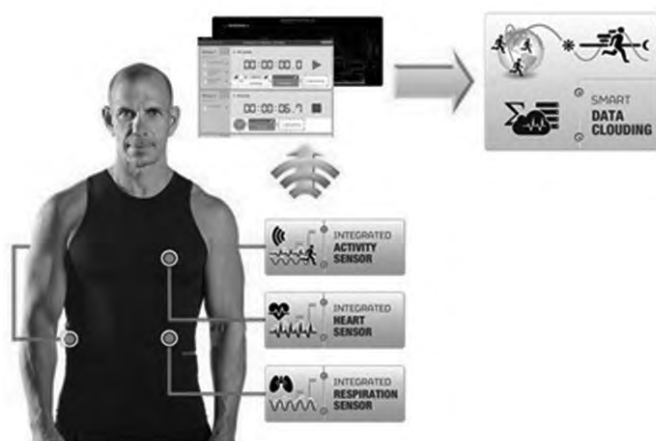
trolisanom debljinom slojeva u skladu sa vidljivom svetlošću.

*Racer (Speedo, UK)*, je tekstilni material napravljen po ugledu na kožu ajkule. Krljuština ovom materijalu smanjuju trenje i povećavaju brzinu plivanja, koja je Majklu Felpsu na Olimpijskim igrama 2009. godine donela čak osam medalja.

*Macro React* je proizvodna linija kompanije Nike koja se može videti na vodećim teniserima poput Marije Šarapove i Rodžera Federera. Naime ova odeća inspirisana krljuštima ribe, ima svojstvo otvaranja, kako bi se redukovala vlaga i toplota.

### 3.2. Proizvodi sa ugrađenim elektronskim komponentama

Pored već pomenutih varijanti inteligentne sportske odeće, postoje i rešenja sa ugrađenim elektronskim komponentama. One pre svega služe za praćenje vitalnih funkcija korisnika, rada srca, pluća, mišića itd... Merenja mogu biti sačuvana na of-raničenoj memoriji merača, dok novije verzije imaju mogućnost bežičnog transfera podataka na uređaj koji ih može u svakom momentu pratiti [15,16,17,18].



**Slika 7:** Sportska oprema sa mogućnošću praćenja vitalnih funkcija organizma [15]

Australijski CSIRO razvio je rukav koji pomaže košarkašima da unaprede ritam šutanja lopte. On radi na principu otpuštanja ritmičkih zvučnih talasa koji utiču na rad same ruke [16].

Ovakav tip tekstilnih proizvoda pronašao je svoje mesto i u biciklizmu. Naime, povezan Bluetooth uređajima, elektronski uređaji mogu davati signale grupama LED diode na leđima jakne, koje su već u napred grupisane i programirane tako da mogu pokazivati pravac kretanja ili neka druga obaveštenja značajna u saobraćaju. Ovi sistemi mogu biti pokrenuti pomoću baterija ili malih solarnih pane-

la. Pored velike koristi koju pruža, ovaj tip odevnih predmeta koristi i sigurnosti u saobraćaju [20].



**Slika 8:** Rukav za stimulisanje i tehniku šutanja [16]

### 4. TEHNOLOGIJA IZRADE ODEĆE SPECIJALNE NAMENE

Tehnologija izrade odeće specijalne namene u potpunosti se razlikuje u zavisnosti od odevnog predmeta koji se izrađuje, odnosno njegovih krajnjih eksploatacionih zahteva. Sama organizacija proizvodnje, planiranje i priprema se ne razlikuju od konvencionalne industrije, uz šta se u pojedinim fazama dodaju specifične komponente. U određenim slučajevima postoje razlike u određenim fazama, kao što je specijalno zatvaranje šavova, u zavisnosti od stepena zaštite odeće koja se proizvodi. Međutim, uz dodate specifične komponente, može se iskoristiti definicija da ona predstavlja proces projektovanja, konstruisanja i konficioniranja odeće koji je kompleksan i u kojem se vrši preoblikovanje ravnih dvodimenzionih materijala u odgovarajući trodimenzionalni oblik odeće.

**Tehnološki proces krojenja** je prva faza rada u preradi tekstilnog materijala u gotove odevne predmete. Iskrojavanjem osnovnog materijala i odgovarajućih pomoćnih materijala dobijaju se svi potrebni delovi od kojih se sastoje odevni predmeti.

Ova faza, u zavisnosti od odevnog predmeta koji se pravi, može predstavljati fazu dodavanja inteligentne komponente. Naime, ukoliko se radi o štampanim pametnim komponentama, u ovoj fazi se odvajaju krojne naslage koje idu na dalje štampanje.

Šivenje predstavlja drugu fazu u procesu izrade odevnih predmeta. U ovoj fazi iskrojani delovi odevnog predmeta spajaju se obrazovanjem šavova pri čemu postupno nastaje odeveni predmet.

U ovoj fazi jako često dolazi do dodavanja elektronskih komponenti. U zavisnosti od same tehnologije koja se ugrađuje zavisi i njen sistem ugradnje. U poslednje vreme teži se sve više bezšavnom načinu, koji je moguće postići tehnikama štampanja. U suprotnom postoje različiti tipovi ugradnih komponenti, elastičnih i neelastičnih, sa i bez žica itd...

**Dorada gotovih odevnih predmeta** predstavlja završnu fazu proizvodnje odevnih predmeta u kojoj odeveni predmet dobija konačnu formu i svojstva. U ovoj fazi dolazi do ugradnje elemenata koji zbog svoje termoplastičnosti dozvoljavaju fiksiranje toplotnim presama ili peglama.



**Slika 9:** Receptori ugrađeni metodom štampanja [21]

## 5. ZAKLJUČAK

Sa tehnološkim promenama, tekstilna industrija se i sama značajno menja. Implementacijom pametnih tekstilnih komponenti u tehničke tekstilne materijale dolazi do ubrzavanja i poboljšavanja kvaliteta usluge za koju su sami materijali predviđeni.

U korak sa modernim životom i tehnologijama, odeća i oprema namenjena za sport postala je konfornija. Danas, kada se sve više u svakodnevnom životu srećemo sa, nekada smatrano, ekstremnim situacijama, i kada ekstremni sportovi sve manje nose tu deskriptivnu odrednicu *ekstremni*, pametna

sportska odeća, visokih performansi nalaze svoj put i do naših domova. Time se dolazi do zaključka da se granica između konvencionalnog i tekstila specijalne namene svakog dana sve više približava, dok jednoga dana, konačno, ne nestane.

## LITERATURA

- [1] Škundrić P., M. Kostić, A. Medović, T. Mihailović, K. Asanović, Lj. Sretković (2008). *Tekstilni materijali*, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.
- [2] Jocić, D. (2010). Surface modification systems for creating stimuli responsiveness of textiles, monografija, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2010.
- [3] Nikolić, G. (2015). Dolazi vrijeme inteligentne odeće, *Polytechnic & design*, Zagreb, Vol. 3, No. 2, 215-226.
- [4] Лазих Б., Поповић Б., (2015). Технички текстил, ДТМ, Београд.
- [5] [https://www.linkedin.com/pulse/global-rise-multi-functional-clothing-jon-klein\(01.06.2022.\)](https://www.linkedin.com/pulse/global-rise-multi-functional-clothing-jon-klein(01.06.2022.))
- [6] Bischof Vukšić S., *Evropska tehnološka platforma za budućnost tekstila i odeće & Uvod u EU istraživačke projekte*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-Tehnološki fakultet, Zagreb.  
<https://slideplayer.com/slide/15002285/>
- [7] <http://www.microtekllabs.com/how-do-pcms-work.html> (03.06.2022.)
- [8] [https://www.researchgate.net/publication/282556673\\_ShapeMemory\\_Applications\\_in\\_Textile\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/282556673_ShapeMemory_Applications_in_Textile_Design) (05.06.2022.)
- [9] <https://www.wallpapersafari.com/army-sniper-wallpaper/> (06.06.2022.)
- [10] [https://www.researchgate.net/publication/282402515\\_Application\\_of\\_biomimicry\\_in\\_textiles](https://www.researchgate.net/publication/282402515_Application_of_biomimicry_in_textiles) (06.06.2022.)
- [11] <https://www.slideshare.net/abiramprince/biomimicry-13690062> (06.06.2022.)
- [12] <http://www.ecouterre.com/10-eco-fashion-garments-inspired-by-nature-and-biomimicry/biomimicry-fashion-speedo-fastskin-swimsuit/> (06.06.2022.)
- [13] <http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/8/59/761> (06.06.2022.)
- [14] <https://www.ponoko.com/blog/how-to-make/nike-sphere-macro-react/> (06.06.2022.)
- [15] <http://www.crossmedias.fr/en/2014/03/wearable-techs-le-textile-intelligent-pour-une->

- meilleure-qualite-de-vie/?PHPSESSID=1ec45f9c1560ab918688ab7b052c6db7 (10.06.2022.)
- [16] <https://www.slideshare.net/mohamedzidan/smart-textile-2> (10.06.2022.)
- [17] <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2013/ee/c3ee40515j#!divAbstract> (10.06.2022.)
- [18] <http://www.newelectronics.co.uk/electronics-technology/while-smart-textiles-for-wearables-remains-in-its-infancy-its-potential-is-huge/119045/> (10.06.2022.)
- [19] <http://alchemystudio.com/2014/08/interesting-technologies/> (10.06.2022.)
- [20] <https://www.pinterest.com/pin/18225573464404780/> (10.06.2022.)
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=8JMZP3on76M> (12.06.2022.)
- 
- Primljeno/Received on: 09.09.2022.  
Revidirano/ Revised on: 29.09.2022.  
Prihvaćeno/Accepted on: 30.09.2022.
- 
- © 2021 Authors. Published by Union of Textile Engineers and Technicians of Serbia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)