

Uspostava i razvoj Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

Slavenka Petrak¹ i Dubravko Rogale²

¹ članica suradnica, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, slavenka.petrak@ttf.unizg.hr

² redoviti član, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

Sažetak: *PU radu je opisan razvojni put današnjeg suvremenog Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće, koji se nalazi u Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Dan je osvrt na prva znanstvena istraživanja u ovom području, instalaciju i uvođenje u nastavni proces prvog CAD sustava za konstrukcijsku pripremu krojeva u 80-im godinama prošlog stoljeća te značaj koji je to imalo za daljnji razvoj odjevnog inženjerstva. Dalje je opisan razvojni put u nastajanju suvremenog Laboratorija s detaljnim prikazom opremanja cjelovitim CAD/CAM sustavom i njegovom periodičkom nadogradnjom. Opisani su svi aspekti rada i korištenja opreme Laboratorija, u kontekstu znanstvenog, nastavnog i stručnog rada, s osvrtom na ostvarene rezultate te važnost ovog područja u suvremenim procesima industrijskog dizajna i razvoja odjevnih predmeta, temeljenih na digitalizaciji svih segmenta pripreme proizvodnje i računalnoj integraciji u poslovnim i proizvodnim procesima*

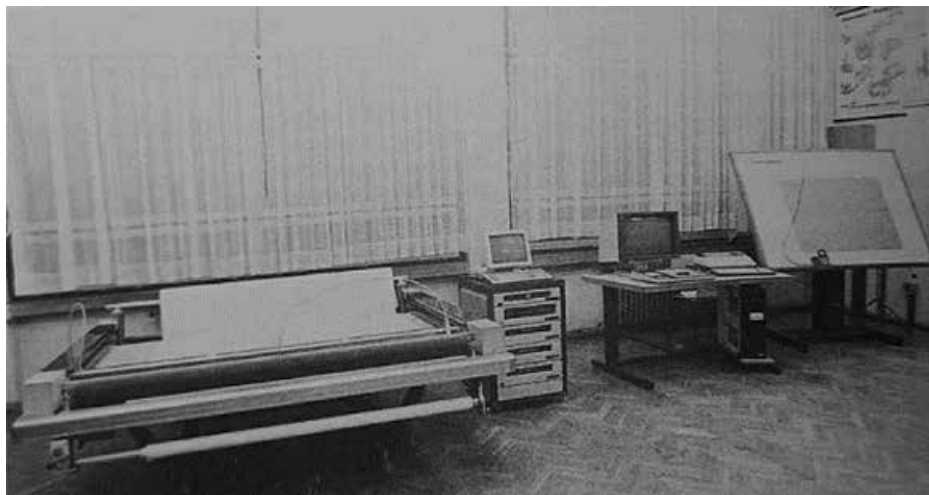
Ključne riječi: *odjevna tehnologija, konstrukcija odjeće, CAD/CAM sustavi, 3D skeniranje tijela, računalno 2D/3D projektiranje odjeće*

1. Uvod

Počeci znanstvenog rada u području računalne obrade krojeva odjeće u nekadašnjoj državi bili su na Tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u Zavodu za odjevnu tehnologiju i datiraju iz 80-tih godina prošlog stoljeća. Zavod za odjevnu tehnologiju osnovan je 1978. godine u okviru tadašnjeg OOUR-a Tekstilno inženjerstvo Tehnološkog fakulteta u Zagrebu, a osnivač zavoda je bio prof. dr. sc. Blaž Knez. U razdoblju od 1986. do 1990. godine, članovi Zavoda su aktivno radili na znanstvenom

potprojektu tadašnjeg SIZ-a znanosti SR Hrvatske pod nazivom "Razvoj i racionalizacija u procesima odjevne tehnologije" na dva znanstvena zadatka: "Projektiranje i konstruiranje odjeće primjenom računala" i "Razvoj novih metoda i postupaka u odjevnoj tehnologiji". U okviru prvog znanstvenog zadatka, znanstveno-istraživački rad je bio usmjeren na istraživanje racionalnog korištenja tkanine i elektroničko gradiranje krojeva odjeće [1]. Utemeljitelj znanstveno-istraživačkog rada u ovom području bio je tada mr. sc. D. Rogale, a uz njega su se tim područjem kasnije bavili i mlađi suradnici u Zavodu.

Sustavnim radom na unaprjeđenju i osuvremenjivanju znanstveno-istraživačke i nastavne opreme u Zavodu je instaliran prvi CAD sustav za elektroničko gradiranje krojeva i izradu krojnih slika, francuske tvrtke Lectra Systemes. CAD sustav je tada bio instaliran u Laboratoriju za odjevno inženjerstvo, sl. 1, a koristio se u nastavi za gradiranje, prekonstruiranje i modificiranje krojeva za različite modele odjevnih predmeta, kao i za elektroničku izradu krojnih slika. Također se opsežno koristio za znanstveno-istraživačke radove i to za istraživanje elektroničkih metoda gradiranja krojeva odjeće [2], stupnja iskorištenja jednoveličinskih i viševeličinskih krojnih slika za različite strukture tkanina, u svrhu što racionalnijeg utroška materijala u proizvodnji odjevnih predmeta [1].



Slika 1: Laboratorij za odjevno inženjerstvo iz 80-ih godina na Tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za odjevnu tehnologiju

Članovi Zavoda razvili su plodnu suradnju s proizvođačem opreme Lectra Systemes, pri čemu su pripremili više od četrdesetak programskih modula s nazivljem na hrvatskom jeziku, koji su se distribuirali hrvatskim korisnicima. Na temelju te suradnje objavljena je monografija u kojoj su razrađene značajke svih programskih modula,

a mr. sc. D. Rogale dobio je certifikat s licencnim pravom za samostalnu izobrazbu stručnjaka za rad na CAD/CAM sustavima. Zahvaljujući stečenim iskustvima, članovi Zavoda su održali više seminara u našoj zemlji i u Austriji za korisnike novo razvijene opreme i programskih paketa. Umjesto novčane naknade, tvrtka Lectra Systemes je tijekom razdoblja od petnaestak godina više puta Zavodu donirala najnovije programske pakete za digitalizaciju, gradiranje, računalno modeliranje odjeće te izradu i iscertavanje krojnih slika. Održano je više od četrdeset predavanja u tvornicama odjeće, na seminarima za izobrazbu nastavnika srednjih škola u organizaciji tadašnjeg Ministarstva prosvjete i športa te na stručnim skupovima i skupštinama strukovnih organizacija [3].

2. Kontinuitet ulaganja u opremu i razvoj Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće

Od svog osnutka do danas, Zavod za odjevnu tehnologiju kontinuirano je razvijao svoju djelatnost u segmentu znanstveno-istraživačkog rada, a paralelno s time i u nastavnim procesima. Ujedno je kontinuirano trajala suradnja s gospodarskim sektorom, a u tom kontekstu uloženi su i značajni naponi u opremanje Zavoda proizvodnom opremom, kako bi se znanstvena istraživanja više usmjerila prema potrebama gospodarstva, a studentima omogućilo stjecanje znanja i vještina neophodnih za aktivno uključivanje na tržište rada po završetku studija. U tom smislu, prepoznata je i potreba kontinuiranog ulaganja u računalnu opremu i računalno podržane tehnologije koje su s vremenom postale nezaobilazni čimbenik konstrukcijske pripreme proizvodnje odjeće. S obzirom da se računalne tehnologije i programski paketi intenzivno i kontinuirano razvijaju, tako su periodički provedene nabave sofisticirane opreme i programskih paketa, koje su prvotno omogućile osnivanje samostalnog Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće, a kasnije i njegovo osuvremenjivanje, čime su stvorene pretpostavke za kontinuirani razvoj ovog područja na Tekstilno-tehnološkom fakultetu.

2.1. Nabava i instalacija cjelovitog CAD/CAM sustava konstrukcijske pripreme proizvodnje odjeće

Tijekom 2003. godine, tadašnji predstojnik Zavoda za odjevnu tehnologiju, prof. dr. sc. G. Nikolić i dekan Tekstilno-tehnološkog fakulteta prof. dr. sc. D. Rogale, razradili su stručni elaborat kojeg je pozitivno ocijenio tadašnji Fond za razvoj i zapošljavanje Republike Hrvatske te je bespovratno financirao nabavu proizvodne opreme u iznosu od 4.580.000,00 kn [4]. U okviru navedenog elaborata predložena je koncentracija i instalacija suvremene opreme u Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta, s vizijom da ona osim znanstvenicima i studentima fakulteta

bude dostupna i nastavnicima i učenicima srednjih tekstilnih škola te stručnjacima iz gospodarstva, odnosno da se omogući osnivanje svojevrsnog suvremenog tehnologijskog središta za obrazovanje svih zainteresiranih dionika iz sektora Tekstil i koža.

Iz cjelokupnog paketa nabavljene i instalirane opreme u Zavodu za odjevnu tehnologiju 2004. godine, veliku vrijednost i poseban značaj za razvoj i unaprjeđenje područja računalne konstrukcije odjeće predstavljala je i dodatna donacija tvrtke Lectra u vidu novih programskih paketa za dizajn, računalnu konstrukciju, gradiranje i modeliranje krojeva te izradu krojnih slika, kao i laserskog rezača krojnih dijelova, čime je ukupna vrijednost donacije podignuta na oko 7.000.000,00 kn. Od toga je oko 2.500.000,00 kn bila vrijednost opreme nabavljene za razvoj područja računalne konstrukcije odjeće [4]. Nabavljeno je 15 računala za instalaciju programskih paketa tvrtke Lectra, sl. 2a, digitalizator za snimanje krojnih dijelova i crtalo krojnih slika, sl. 2b, računalno vođeni strojevi za automatsko krojenje, sl. 3 te laserski 3D skener tijela za automatsko mjerenje i analizu tijela, sl. 4. Time je Zavod opremljen cjelovitim CAD/CAM sustavom koji pokriva sve segmente u razvoju novih modela odjeće, od inicijalne faze primjene CAD programa za računalni dizajn tekstila i odjeće, preko svih segmenata konstrukcijske pripreme krojeva temeljene na primjeni suvremenih programskih rješenja, zatim faze računalne prilagodbe krojeva prema individualnim antropometrijskim karakteristikama tijela utvrđenim 3D skenerom tijela, do konačnog automatiziranog procesa iskrojavanja krojnih dijelova primjenom CNC agregata za automatsko krojenje.



a.

b.

Slika 2: a) Računala s instaliranim CAD programskim paketom za dizajn i konstrukcijsku pripremu odjeće; b) Digitalizator krojnih dijelova i crtalo krojnih slika

Digitalizator krojnih dijelova, kao osnovna ulazna jedinica CAD sustava, namijenjen je za snimanje i unos krojnih dijelova u računalni sustav konstrukcije pripreme, a ima aktivnu radnu površinu 152 x 112 cm. Unos krojnih dijelova u računalno izvodi se snimanjem označenih, glavnih i pomoćnih točaka na konturi i unutar konture pojedinog krojnog dijela pomoću uređaja za digitalizaciju, a snimanje se izvodi uz podršku programskog paketa Modaris. Digitalizacija se može izvoditi snimanjem krojnog dijela

u graničnih odjevnim veličina ili snimanjem samo temeljne odjevne veličine uz naknadno definiranje pravila gradiranja tijekom rada u programskom paketu Modaris.

Nabavljeno crtalo Alys 30 je inkjet crtalo koje služi za iscrtavanje krojnih dijelova i krojnih slika. Širina iscrtavanja je 1.83 m, odlikuje se brzim i tihim radom, a krojne dijelove i krojne slike može iscrtavati u rezoluciji od 90 dpi ili 180 dpi. Upravljanje crtalom se izvodi pomoću programskih paketa JustPrint ili VigiPrint, stvarajući pri tome listu prioriteta iscrtavanja krojnih slika. Brzina iscrtavanja je 30m/h krojnih slika u nižoj rezoluciji ili 17 m/h u višoj rezoluciji.



Slika 3: a) Agregat za iskrojavanje PROSPINFASHION 72; b) Agregat za iskrojavanje VERSALIS

Agregat za iskrojavanje PROSPINFASHION 72 namijenjen je za iskrojavanje jednog sloja tekstilnog materijala ili papira, pri čemu se mogu iskrojavati pojedinačni krojni dijelovi ili cjelovite krojne slike. Kao takav, posebno je prilagođen za iskrojavanje prototipova ili malih serija. Dimenzija površine za iskrojavanje iznose 1.83 x 4.5 m. Agregat je upravljan računalom, a pri tom se koristi program ProspinPilot V2R1. S donje strane stola za iskrojavanje sustav za vakumiranje omogućuje klizanje materijala za vrijeme iskrojavanja, čime se postiže vrlo precizno izrezivanje krojnih dijelova. Agregat za iskrojavanje VERSALIS namijenjen je za iskrojavanje prototi-

pova i šablona te ima iste tehničke karakteristike kao i agregat PROSPINFASHION 72, a razlikuje se jedino u kraćoj duljini površine za rezanje koja iznosi 1.83 x 1.6 m. Računalni programi ProspinPilot V2R1 i VersalisPilot V2R1 omogućuju upravljanje agregatima za iskrojavanje te definiranje svih potrebnih parametara vezanih za strojni rad, za podatke o krojnim dijelovima i krojnim slikama. Također omogućuju vizualizaciju praćenja procesa iskrojavanja na zaslonu monitora, pri čemu su u svakom trenutku dostupni podaci o trenutnoj fazi iskrojavanja. Programi objedinjuju korisne funkcije za iscertavanje i iskrojavanje šablona iz kartona.



Slika 4: 3D skener tijela BSSCANNER 3D-FX

3D skener je posebna ulazna jedinica računalnog sustava konstrukcijske pripreme, namijenjena snimanju tijela i računalnom utvrđivanju mjera na tijelu te analizi držanja i oblika tijela. Područje skeniranja iznosi 100 x80 cm u ravnini uz maksimalnu visinu do 204 cm. Skeniranje se izvodi sustavom od 8 CCD kamera i 4 lasera u vremenu od 12 s, pri čemu se izdvoji 500 000 do 600 000 prostornih koordinata skeniranog tijela. Snimanje se izvodi primjenom programskog paketa za skeniranje koji ima dva modula: Scan Worx Shop GUI i Scan Worx V 2.7.2. Nakon izvedenog skeniranja, procesiranje podataka traje 40-tak sekundi, na zaslonu monitora ostvaruje se prikaz 3D skupine točaka koja opisuje površinu tijela. Korištenjem programskog paketa ScanWorx V 2.7.2. automatiziranim postupkom se utvrđuju karakteristične mjere ljudskog tijela. Programski paket daje mogućnost korekcije utvrđenih tjelesnih mjera kao i dodavanje novih. Osim automatiziranog postupka utvrđivanja mjera na tijelu, one se mogu odrediti i interaktivno, primjenom dostupnih programskih alata.

Nabavom ovako kompleksnog paketa vrlo vrijedne opreme, 2004. godine je pored osnovanog Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće osnovan i Laboratorij za CAD/CAM sustave odjevnog inženjerstva, u kojem su smješteni nabavljeni agregati za automatsko krojenje, čime je omogućeno zaokruživanje procesa konstrukcijske pripreme odjeće s tehnološkim procesom krojenja. Također, 3D skener tijela, koji je početno bio instaliran u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće, 2007. godine je premješten u novoosnovani Studio za 3D uzimanje mjera, koji je uz nazočnost tadašnjeg predsjednika Republike Hrvatske, gosp. S. Mesića otvoren 25. siječnja 2007., na Dan Tekstilno-tehnološkog fakulteta, sl. 5.



Slika 5: Otvorenje Studija za 3D uzimanje mjera uz primjenu 3D skenera tijela 2007. godine

Dodatno osnovani Studio za 3D uzimanje mjera predstavlja vrlo značajnu dopunu CAD sustava instaliranog u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće, u cjelovitom procesu razvoja i prilagodbe krojeva odjeće, s obzirom da je opremljen pratećim programskim rješenjima, koje uz automatizirani proces mjerenja i analize tijela te određivanja tjelesnih mjera, omogućuju povezivanje s programskim paketom na

računalnu konstrukciju krojeva odjeće te prilagodbu krojeva odjevnih predmeta prema utvrđenim individualnim tjelesnim mjerama ispitanika. Time su stvorene pretpostavke za pokretanje novih istraživačkih pravaca u području antropometrijskih mjerenja tijela i računalne konstrukcije odjeće, na tragu aktualnih svjetskih istraživanja u tom području, ali i za značajno osuvremenjivanje nastavnih sadržaja na studijskom programu Tekstilna tehnologija i inženjerstvo, koji se izvodi na fakultetu, sl. 6, [5]. Također, otvorena je mogućnost intenzivnijeg povezivanja s gospodarskim sektorom u kontekstu znanstveno-stručne suradnje te implementacije 3D skenera tijela u procesima industrijske proizvodnje odjeće prema individualnim mjerama kupaca, što predstavlja područje razvoja novih industrijskih strategija u proizvodnji odjeće, premda se ovaj koncept u okviru znanstvenih istraživanja postupno razvija posljednja dva desetljeća [6].



Slika 6: Implementacija CAD/CAM sustava Lectra i 3D skenera tijela u nastavni proces na Tekstilno-tehnološkom fakultetu

2.2. Nabava i instalacija CAD sustava za računalno 2D/3D projektiranje odjeće

Daljnje opremanje za potrebe osuvremenjivanja i nadogradnje Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće provedeno je 2009. godine, kada su nabavljene licence dodatnog CAD sustava za računalno 2D/3D projektiranje odjeće istaknutog svjetskog proizvođača Optitex. Time je postojeći, tada već konvencionalni CAD sustav proizvođača Lectra za 2D konstrukcijsku pripremu krojeva nadograđen sustavom koji omogućuje izvođenje 3D simulacije odjeće, uz uvođenje parametara tekstilnog materijala te vizualizaciju i analizu 3D modela odjevnog predmeta. Nabava ovog sustava pokrenuta je na inicijativu tada doc. dr. sc. S. Petrak, koju je 2007. godine prof. dr. sc. D. Rogale imenovao za vođenje osnovanih laboratorija, s obzirom da je svoja znanstvena istraživanja u okviru poslijediplomskog studija te magistarskog i doktorskog rada izrađenih pod mentorstvom prof. dr. sc. D. Rogalea usmjerila u razvoj metoda automatske računalne konstrukcije odjeće te matematičkih modela za transformaciju 3D krojnih dijelova u 2D krojeve [7-9]. Vrijednost ulaganja iznosila je 65.000,00 kn, a financiranje nabave realizirano je iz sredstava tehnologijskog projekta "Odjeća sa adaptivnim termoizolacijskim svojstvima", financiranim od Hrvatskog instituta za tehnologije u razdoblju od 2009. do 2011.; voditelj: prof. dr. sc. D. Rogale.

Ovime je ponovo učinjen iskorak u osuvremenjivanju nastavnih sadržaja dijela kolegija koji se izvode u okviru studijskih programa na fakultetu te uvođenja novih kolegija, koji pokrivaju područje računalnog projektiranja i konstrukcije te 3D simulacije i animacije odjeće. Također, dan je značajan poticaj za daljnja znanstvena istraživanja na tragu aktualnih svjetskih istraživanja u navedenom području. U kontekstu daljnjih znanstvenih istraživanja u narednim godinama, doc. dr. sc. S. Petrak uspostavila je suradnju s proizvođačem Optitex te s tvrtkom koja je zastupnik za prodaju u RH, Integra d.o.o., Krapina, temeljem koje je dva puta realizirana nadogradnja licenci CAD programa na najnovije verzije tijekom 2012. i ponovo 2015. godine, kao donacija proizvođača Optitex. S obzirom na vrlo intenzivan razvoj ovog sustava od strane proizvođača, a pogotovo na značaj ovog područja u kontekstu aktualnih znanstvenih istraživanja u svijetu i u narednom periodu će biti potrebno iznaći financijska sredstva za nadogradnju postojećeg sustava.

Nabavljen programski paket CAD sustava Optitex V15.0, koji je instaliran 2015. godine sadrži programe: Pattern Design Software (PDS) 2D, 10 licenci programa namijenjenog za konstrukciju, modeliranje i gradiranje krojeva u odjevnoj, automobilskoj te industriji namještaja i kompozitnih materijala, zatim Marker, također 10 licenci programa namijenjenog za uklapanje krojnih dijelova u krojne slike i 3D Runway (1 licenca) koji se pokreće iz programa PDS, a namijenjen je za 3D simulaciju odjeće na parametarskom modelu tijela, analizu pristalosti modela, razvoj dizajna i animaciju modela. Omogućuje vizualizacija promjena na kroju, analizu ponašanja tkanina

i provjeru pristalosti kroja, što značajno ubrzava i pospješuje kvalitetu u procesu razvoja novih modela. Paket također sadrži i 1 licencu programa 3D Flattener, koji omogućuje konstrukciju modela odjevnog predmeta direktno na površini 3D modela tijela i transformaciju u 2D krojne dijelove te je posebno koristan kod razvoja uskih modela odjeće koji prijanjaju uz tijelo i trebaju biti prilagođeni individualnim karakteristikama za različite tipove tijela. Dodatno je također nabavljen program Converter, koji omogućuje konvertiranje podataka i dokumenata kreiranih na CAD sustavima proizvođača Optitex i Lectra, čime je za potrebe znanstvenog i nastavnog rada omogućeno korištenje skupih resursa kao što su digitalizator, crtalo krojnih slika agregati za automatsko krojenje za oba sustava. Početno je CAD sustav Optitex bio instaliran u e-učionici Tekstilno-tehnološkog fakulteta, a od 2020. godine je instaliran u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće. Implementiran je za potrebe realizacije vježbi u okviru nekoliko kolegija koji se izvode na diplomskim studijskim programima, što je značajno utjecalo na osuvremenjivanje nastavnih sadržaja kolegija, a ujedno i atraktivnost studijskih programa, sl. 7.



Slika 7: Implementacija CAD sustava Optitex u nastavni proces na Tekstilno-tehnološkom fakultetu

2.3. Nabava novih računala i licenci programa u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće

Intenzivan razvoj računalne opreme i CAD programskih paketa za konstrukcijsku pripremu krojeva odjeće nametnuo je potrebu da se nakon godina intenzivnog rada u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće računala zamijene novima te da se nadgrade licence programa CAD sustava. Opremanje Laboratorija novim računalima postalo je neophodno kako bi se nastavni proces unaprijedio, a studentima omogućilo

stjecanje kompetencija iz područja računalnog dizajna i konstrukcije odjeće, u skladu sa zahtjevima tržišta rada. Aktivna primjena računalnih tehnologija u procesu dizajna i razvoja kolekcija odjeće postala je imperativ koji poslodavci postavljaju kao zahtjev pred svakog mladog dizajnera odnosno inženjera. Također, nabava i osuvremenjivanje opreme Laboratorija izvedeno je i u skladu sa strateškim ciljevima navedenim u dokumentu Strategija razvoja Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta za razdoblje 2014. - 2020. [10], te kao aktualno područje rada na TTF-u, opisano u monografiji Znanstveno-istraživački centar za tekstil - 10 godina [11].

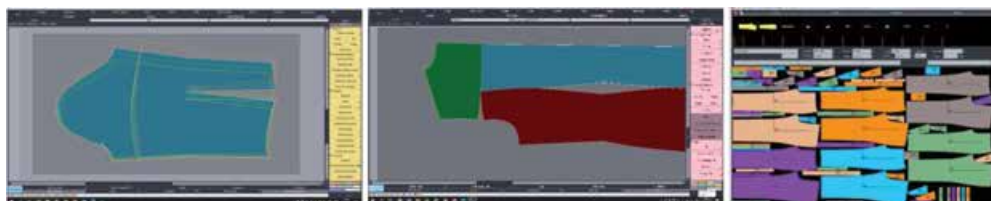
Računalna oprema u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće obnovljena je stoga 2018. godine, kada je nabavljeno 12 novih računala visokih performansi i 6 grafičkih tableta te su nadograđene licence programa CAD/CAM sustava Lectra za računalni dizajn tekstila i odjeće te računalnu konstrukciju odjeće, sl. 8. Za obnovu opreme u navedenom laboratoriju Fakultet je dio potrebnih financijskih sredstava dobio kao donaciju grada Zagreba, a preostali dio financiran je iz vlastitih sredstava Fakulteta. Sve aktivnosti oko prikupljanja financijskih sredstava i oko nabave nove računalne opreme vodile su tadašnja dekanica TTF-a prof. dr. sc. S. Bischof i tadašnja predstojnica Zavoda za odjevnu tehnologiju te voditeljica Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće izv. prof. dr. sc. S. Petrak. Ukupan iznos investicije iznosio je oko 250.000,00 kn. Na sva računala instalirane su najnovije licence programa CAD sustava, koji sadrži sljedeće programske pakete: Modaris Classic V8R1, Diamino-Fashion Interactive V6R2, Kaledo Style V4R1 i Kaledo Textile V4R1. Programski paket Kaledo namijenjen je računalnom 2D dizajnu tekstila i odjeće, sl. 9, te pripremi dijela prateće dokumentacije u razvoju novih modela, programski paket Modaris namijenjen je za cjelovitu računalnu konstrukciju ili digitalizaciju krojnih dijelova, gradiranje, modeliranje i pripremu varijanti modela, a paket Diamino koji sadrži module Marker Manager i Marker Making namijenjen je kreiranju i uklapanju krojnih slika, sl. 10.



Slika 8: Laboratorij za računalnu konstrukciju odjeće nakon nabave novih računala i programskog paketa Lectra 2018. godine



Slika 9: Kaledo Textile V4R1 - modul paketa Kaledo za dizajn tekstila



Slika 10: Modaris Classic V8R1 i DiaminoFashion Interactive V6R2 - programski paketi za konstrukcijsku pripremu krojava i uklapanje krojnih slika

3. Djelatnosti u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće

Suvremeno opremljen Laboratorij za računalnu konstrukciju odjeće kontinuirano se u Zavodu za odjevnju tehnologiju koristi za obavljanje znanstvene, nastavne i stručne djelatnosti te su njegovi resursi na raspolaganju djelatnicima Zavoda i studentima fakulteta. U nastavku su ukratko opisani važniji rezultati rada koji su ostvareni temeljem svake od navedenih djelatnosti.

3.1. Znanstveno-istraživačka djelatnost

Znanstveno-istraživačka djelatnost iz područja odjevne tehnologije, koja je sadržajno vezana uz računalnu konstrukciju i 3D simulaciju odjeće, razvoj računalnih 3D parametarskih prototipova modela odjevnih predmeta, utjecaja fizikalnih i mehaničkih svojstava tkanina na 3D simulaciju odjeće, kao i antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera i istraživanje utjecaja antropometrijskih karakteristika tijela na konstrukciju odjeće, samo su neka od novijih istraživanja koja su realizirana uz primjenu opreme u Laboratoriju za računalnu konstrukciju odjeće te opreme u ostala dva prethodno navedena laboratorija, koji zajedno čine cjeloviti CAD/CAM sustav.

Oprema laboratorija korištena je u okviru provedbe većeg broja domaćih znanstveno-istraživačkih projekata, jednog tehnološkog projekta i tri bilateralna projekta, što je rezultiralo objavom velikog broja znanstvenih i stručnih radova u međunarod-

nim i domaćim časopisima te poglavlja u međunarodnim znanstvenim i domaćim znanstveno-stručnim knjigama, kao i u brojnim zbornicima radova s međunarodnih i domaćih znanstvenih i znanstveno-stručnih skupova. Na temelju provedenih istraživanja održana su i pozvana te brojna druga predavanja na međunarodnim i domaćim skupovima. Oprema se također koristi i za rad s doktorandima u okviru doktorskog studija Tekstilna znanost i tehnologija na dva kolegija.

Provedena su istraživanjima antropometrijskih karakteristika tijela primjenom 3D skenera tijela te drugih mjernih sustava, komparacijom rezultata u ovisnosti od primijenjene mjerne opreme, analizom i usporedbom antropometrijskih značajki tijela na uzorku hrvatske i mađarske populacije [12] te razvojem računalne baze 3D modela tijela prema sustavu veličina odjeće. Nadalje, novija istraživanja vezana su za razvoj računalnih parametarskih modela 3D prototipova odjeće [13], kroz koje se povezuju područja računalnog projektiranja odjeće, računalnih antropometrijskih mjerenja i analize tijela, istraživanja utjecaja fizikalnih i mehaničkih karakteristika tekstilnih materijala na pristalost odjeće [14], analizu udobnosti kroz numeričko vrednovanje naprezanja i istezanja tkanina na računalnim 3D prototipovima modela te prilagodbu modela odjeće različitim tipovima tijela [15]. U suradnji s Kineziološkim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu provedena su istraživanja koja su bila usmjerena na povezivanje i nadogradnju sustava za biomehaničku analizu, mjerenje kinematike tijela i 3D skenera tijela [16], kao podloga budućem razvoju deformabilnog modela i nove metode računalne animacije kretanja ljudskog tijela, što je područje istraživanja doktorskog rada doktorandice M. Mahnić Naglič, a provodi se pod mentorstvom prof. dr. sc. S. Petrak.

Provode se i istraživanja iz područja funkcionalnog dizajna zaštitne i odjeće specijalnih namjena [17], kao i modne odjeće, a posebno značajna su istraživanja vezana za razvoj računalnih parametarskih modela odjevnih predmeta, kao inovativan način gradiranja krojnih dijelova [18]. Dio novijih istraživanja realiziran je u okviru Sveučilišnih potpora znanstvenim istraživanjima, tijekom kojih je analiziran utjecaj držanja i oblika ljudskog tijela na pristalost odjeće, zatim istraživanja provedena u okviru dva doktorska rada iz područja volumetrijskih analiza skeniranih 3D modela tijela, računalne obrade modela tijela i utvrđivanja mikroklimatskih pojasa odjeće primjenom 3D skeniranja [19] te istraživanja iz područja analize proporcija tijela sportske i netrenirane hrvatske populacije i utjecaja na pristalost odjeće [20]. Posebno se ističe i suradnja ostvarena s tvrtkom SUBCRAFT d.o.o. iz Zagreba u okviru istraživanja i razvoja inovativnog modela ronilačkog odijela u okviru jednog realiziranog znanstvenog projekta [21]. Od novijih rezultata istraživanja ističe se i razvoj nove metode i algoritma za identifikaciju tipova tijela [22], na temelju provedenog 3D skeniranja ispitanika i obrade rezultata antropometrijskog mjerenja u okviru jednog znanstvenog projekta, a također je razvijen i protokol za automatsko mjerenje 3D skeniranog modela tijela u definiranim položajima tijela, što predstavlja značajan

doprinosu u području dinamičke antropometrije tijela i 3D konstrukcije funkcionalne odjeće specijalnih namjena [23]. Pri tom je ostvarena suradnja s proizvođačem ronilačkih odijela te s profesionalnom i vrlo uspješnom sportašicom u ronjenju sa svrhom verifikacije rezultata. Time je ostvarena direktna i vrlo uspješna sinergija s gospodarstvom, ne samo u verifikaciji ostvarenih rezultata, već i u transferu znanja i razvoju nove metode računalnog 2D/3D projektiranja ronilačkih odijela, sl. 11 [21]. Također je ostvarena i suradnja s Univerzom u Mariboru Fakultetom za strojništvo u kontekstu provedbe laboratorijskih mjerenja i ispitivanja fizikalnih i mehaničkih svojstava tekstilnih materijala [14].



Slika 11: Područja znanstvenih istraživanja u Laboratorijima Zavoda za odjevnju tehnologiju

3.2. Nastavna djelatnost

Oprema Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće vrlo intenzivno i kontinuirano se koristi tijekom izvođenja nastave na većem broju kolegija koji sadržajno pokrivaju područje računalne konstrukcije odjeće te 2D/3D projektiranja odjeće, a izvode se na preddiplomskoj i diplomskoj razini studija Tekstilna tehnologija i inženjerstvo, diplomskoj razini studija Tekstilni i modni dizajn te na stručnom Studiju tekstilne, odjevne i obućarske tehnologije. U okviru navedenih studija izvode se kolegiji: Računalna konstrukcija odjeće, CAD/CAM u odjevnom inženjerstvu, Računalno projektiranje odjeće I, Računalno projektiranje odjeće II, Konstrukcija odjeće IV te Digitalna kostimografija. Za svaki od kolegija sadržaji vježbi koje studenti izvode su razrađeni sukladno definiranim ishodima učenja pojedinog kolegija, a time je i korištenje određenog dijela cjelovitog CAD/CAM sustava u svrhu nastave prilagođeno nastavnom sadržaju. Stjecanje kompetencija iz ovog područja od velike je važnosti za studente na svim studijskim programima, s obzirom na aktualne potrebe tržišta rada, pri čemu poslodavci kontinuirano ukazuju na važnost stjecanja praktičnih vještina u području primjene CAD/CAM sustava u dizajnu i konstrukcijskoj pripremi proizvodnje odjeće

tijekom studija. Potrebe poslodavaca za educiranim visokostručnim kadrom u ovom području nadmašuju broj studenata koji uspješno završavaju fakultet te će u narednom periodu biti potrebno intenzivirati aktivnosti na popularizaciji i promociji studijskih programa, s ciljem povećavanja interesa za upis na navedene studijske programe.

Oprema cjelovitog CAD/CAM sustava koristi se također za izradu završnih i diplomskih radova studenata, sl. 12 i 13, pri čemu je do sada realiziran veliki broj radova, a na temelju većeg broja obranjenih radova publicirani su i brojni znanstveni i stručni radovi u koautorstvu mentora i studenata [24]. Oprema u laboratoriju se koristi i za izvannastavne aktivnosti studenata, kao što su studentska natjecanja, npr. znanstveni dio natjecanja na Tehnologijadi, radovi koje studenti prijavljuju za Rektorovu nagradu te studentski projekti. U laboratoriju se također izvodila nastava na engleskom jeziku na nekim od prethodno navedenih kolegija, za studente koji na fakultet dolaze u okviru ERASMUS+ programa mobilnosti, a realiziran je i jedan završni rad studentice sa Tallinna Tehnikakõrgkool, TTK University of Applied Sciences, Estonia, 2018. godine.



Slika 12: Računalno gradiranje i razvoj 3D prototipa modela



Slika 13: Računalni dizajn i 2D/3D projektiranje modne odjeće

3.3. Stručna djelatnost

U području stručne djelatnosti oprema Laboratorija za računalnu konstrukciju odjeće te pratećeg Laboratorija za CAD/CAM sustave odjevnog inženjerstva i Studija za 3D uzimanje mjera, korištena je za stručni rad djelatnika Zavoda za odjevnu tehnologiju i studenata fakulteta, što je rezultiralo publiciranjem stručnih radova u časopisima i zbornicima stručnih skupova, te održanim predavanjima na javnim stručnim skupovima [25]. Zavod za odjevnu tehnologiju od svog osnutka je bio usko povezan sa gospodarskim sektorom i odjevnom industrijom, pa je i u tom kontekstu oprema Laboratorija bila korištena u okviru suradnje i realizacije poslova za potrebe proizvođača odjeće iz Republike Hrvatske. Preko Centra za razvoj i transfer tekstilnih i odjevnih tehnologija i modni dizajn koji je na Tekstilno-tehnološkom fakultetu osnovan 2006. godine, pružale su se usluge tvrtkama iz područja 3D skeniranja tijela, računalne konstrukcije odjeće, iscrtavanja krojnih slika i iskrojavanja krojnih dijelova, sl. 14. U suradnji sa Sveučilišnim jedriličarskim klubom ELMAR i tvrtkom Splendor tekstil d.o.o. realizirani su poslovi konstrukcijske pripreme u procesu razvoja programa jedriličarskih košulja Cromarin. Također, oprema Laboratorija korištena je vrlo često za predstavljanje djelatnosti fakulteta tijekom različitih događanja na fakultetu, za izradu promotivnih filmova i drugih sadržaja koji su prezentirani na događanjima kao što je Smotra Sveučilišta, tijekom održavanja znanstvenih i stručnih skupova, seminarima za izobrazbu nastavnika srednjih škola, javnih događanja, sajмова i sl.



Slika 14: Iskrojavanje šablona primjenom agregata PROSPINFASHION 72

4. Zaključak

Laboratorij za računalnu konstrukciju odjeće s pratećim resursima i opremom koja je instalirana u još dva laboratorija u Zavodu za odjevnu tehnologiju, predstavlja vrlo važan dio cjelokupne znanstveno-nastavne opreme Tekstilno-tehnološkog fakulteta.

Primjena modernih računalnih tehnologija u sinergiji s umjetničkim i znanstvenim potencijalom fakulteta, omogućuje kontinuirano izvođenje nastavnog procesa iz područja suvremenog industrijskog dizajna te računalnog 2D/3D projektiranja tekstila i odjeće, na razini koja osigurava uspješno postizanje ishoda učenja grupacije kolegija, a koji se kontinuirano prilagođavaju potrebama tržišta rada. Suvremena konstrukcijska priprema zahtjeva kontinuirano nadograđivanje računalne opreme i pratećih specijaliziranih programskih CAD paketa, sukladno razvojnim trendovima ovog vrlo zahtjevnog područja, kako bi se mogla osigurati provedba relevantnih znanstvenih istraživanja te osigurati kvaliteta nastavnog procesa, kao i sinergija s gospodarskim sektorom. S obzirom da su navedeni laboratoriji opremljeni velikom količinom računalne opreme, njihovo održavanje, kontinuitet nadogradnje i uvođenje u rad novih programskih paketa zahtijeva također veliki angažman u vođenju laboratorija. Najzahtjevniji dio se svakako odnosi na iznalaženje financijskih sredstava za periodička ulaganja u opremu laboratorija. Također, s obzirom na izrazite promjene i kontinuiran razvoj programskih paketa, potrebno je također kontinuirano znanstveno i stručno usavršavanje voditelja laboratorija i korisnika opreme u području razvoja i primjene specijaliziranih digitalnih tehnologija, što je područje koje ujedno predstavlja izazov za znanstvenike diljem svijeta i intenzivno se razvija posljednja dva desetljeća, a sadržano je i u strateškim dokumentima, inicijativama i direktivama Europske unije, kao područje koje je potrebno intenzivirati u kontekstu obrazovnog procesa i implementacije u suvremene procese proizvodnje odjeće.

Literatura

- [1] Raffaelli, D.: 30 godina tekstilnog studija 1960-1990 (monografija), Institut za tekstil i odjeću, Tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (1990)
- [2] Rogale, D. & Knez, B.: Gradiranje krojeva odjeće modificiranom metodom vektorskih translacija, *Tekstil*, 35 (1986), 10, 755-764, ISSN: 0492-5882
- [3] Soljačić, I.: 40 godina tekstilnog studija na Sveučilištu u Zagrebu (monografija) /1960.-2000./ & 10 godina Tekstilno-tehnološkog fakulteta /1991.-2001./, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno- tehnološki fakultet, Zagreb, (2001)
- [4] Nikolić, G. & Rogale, D.: Nova suvremena oprema u Zavodu za odjevnu tehnologiju na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, *Tekstil*, 53, (2004), 4, 177-185, ISSN: 0492-5882
- [5] Andrassy, M. & Petrak, S.: Studiji na Tekstilno-tehnološkom fakultetu, U Sveučilište u Zagrebu - 50 godina tekstilnog studija na Sveučilištu u Zagrebu i 20 godina Tekstilno-tehnološkog fakulteta (monografija), 50th Anniversary of Textile Study at University of Zagreb and 20th Anniversary of Faculty of Textile Technology (monography), Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN: 978-953-7105-40-2, Zagreb, (2011)
- [6] Petrak, S. & Rogale, D.: Industrijska unikatna proizvodnja odjeće na temelju 3D-CAD modela čovjeka, *Tekstil*, 48 (1999), 8, 397-410, ISSN: 0492-5882

- [7] Petrak, S. & Rogale, D.: Methods of automatic computerised cutting pattern construction, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 13 (2001), 3/4, 228-239, ISSN: 0955-6222
- [8] Petrak, S. & Rogale, D.: Systematic Representation and Application of a 3D Computer-Aided Garment Construction Method, Part I 3D garment basic cut construction on a virtual body model, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18 (2006), 3, 179-187, ISSN: 0955-6222
- [9] Petrak, S., Rogale, D. & Mandekić-Botteri, V.: Systematic Representation and Application of a 3D computer-Aided Garment Construction Method, Part II Spatial transformation of 3D garment cut segments, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 18 (2006), 3, 188-199, ISSN: 0955-6222
- [10] Bischof, S. i sur.: Strategija razvoja Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta za razdoblje 2014. - 2020., Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN: 978-953-7105-55-6, Zagreb, (2014)
- [11] Pušić, T. & Bischof, S.: ZNANSTVENO-ISTRAŽIVAČKI CENTAR ZA TEKSTIL - 10 GODINA / TEXTILE SCIENCE RESEARCH CENTRE (TSRC) - 10 YEARS, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN: 978-953-7105-72-3, Zagreb, (2018)
- [12] Tamás, P., Halász, M., Molnár, K., Petrak, S., Ujevic, D. & Vas, L. M.: Human Body's Shape and Data, *Book of Proceedings of 12th World Textile Conference AUTEX 2012, Volume I, Inovative Textile for High Future Demands*, Mijović, B. et al. (ur), 985-990, ISBN: 978-953-7105-49-5, Zadar, Croatia, June 2012., University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zadar (2012)
- [13] Mahnić, M. & Petrak, S.: Investigation of the Fit of Computer-based Parametric Garment Prototypes, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 6 (2013) 1, 51-61, ISSN: 1940-8676
- [14] Petrak, S., Mahnić Naglić, M. & Geršak, J.: Sizing and fit for swimsuits and diving suits, *In Anthropometry, Apparel Sizing And Design*, 2nd Ed, Elsevier, ISBN: 9780081026045, (2019), 255-288
- [15] Petrak, S., Mahnic, M & Rogale, D.: Impact of Male Body Posture and Shape on Design and Garment Fit, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 23 (2015) 6, 150-158, ISSN: 1230-3666
- [16] Mahnic, M., Ujaković, F.; Janjić, S.; Petrak, S.; Medved, V.: Comparative Analysis and Adjustments of Anthropometric Parameters on System for Kinematic Movement Analysis and 3D Body Scanner, *Proceedings of 7th International Scientific Conference on Kinesiology "Fundamental and applied kinesiology - steps forward"*, Milanović, D.; Sporiš, G.(ur.), 165-169, ISBN: 978-953-317-027-5, Opatija, Croatia, June 2014, University of Zagreb Faculty of Kinesiology, Opatija, (2014)
- [17] Bogović, S.: Nove tehnologije pri oblikovanju zaštitne odjeće i opreme, 7. Međunarodni stručno-znanstveni skup ZBORNIK RADOVA, Kirin, S. (ur.), 578-584, Zadar, Croatia, September 2018, Veleučilište u Karlovcu, Zadar (2018)
- [18] Petrak, S., Mahnic, M. & Rogale, D.: Computer Parametrization of Men's Trousers Pattern, *Book of Proceedings of the 7th International Textile, Clothing & Design Conference*

- rence 2014 - Magic World of Textiles, Dragčević, Z.; Hursa Šajatović, A.; Vujasinović, E. (ur.), 316-321, ISSN: 1847-7275, Dubrovnik, Croatia, October 2014, University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Dubrovnik, (2014)
- [19] Špelić, I., Rogale, D., Mihelić-Bogdanić, A., Petrak, S. & Mahnić-Naglić, M.: Changes in ensembles' thermal insulation according to garment's fit and length based on athletic figure, *Fibres and polymers*, 19 (2018) 6, 1278-1287, ISSN: 1229-9197
- [20] Brlobašić Šajatović, B., Petrak, S. & Mahnić Naglič, M.: Analysis of body proportions of Croatian basketball players and the untrained population and their influence on garment fit, *Textile Research Journal*, 89 (2019), 23-24, 5238-5251, ISSN: 0040-5175
- [21] Petrak, S., Mahnić Naglič, M. & Pintarić, D.: Sinergija znanosti i poduzetništva-Inovativni razvoj profesionalnog ronilačkog odijela, *Zbornik radova 10. znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo - Komplementarnost znanosti, tehnologije i dizajna*, Glogar, M. I. (ur.), 62-73, ISSN 2459-8186, Zagreb, RH, Siječanj 2017, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, (2017)
- [22] Mahnić Naglič, M. & Petrak, S.: A method for body posture classification of three-dimensional body models in the sagittal plane, *Textile Research Journal*, 89 (2019) 2, 133-149, ISSN: 0040-5175
- [23] Petrak, S. & Mahnić Naglič, M.: Dynamic Anthropometry – Defining a Protocols for Automatic Body Measurement, *Tekstilec*, 60 (2017) 4, 254-262, ISSN: 0351-3386
- [24] Marjanović, J., Petrak, S.; Mahnić Naglič, M.; Glogar, M.I.: Design and computer construction of structural sleeve forms for women's clothing, *Textile & Leather Review*, 2 (2019) 4, 183-195, ISSN: 2623-6281
- [25] Petrak, S. & Mahnić, M.: Implementacija suvremenih računalnih sustava u procesima industrijskog dizajna i konstrukcije odjeće, *Zbornik radova 5. međunarodnog znanstveno-stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo*, Ujević, D., Penava, Ž. (ur.), 25-36, ISSN 1847-2877, Zagreb, RH, Siječanj 2012., Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, (2012)