

Razvoj kroja zaštitnog kombinezona temeljenog na dinamičkoj antropometriji

Marinović, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:602675>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Razvoj kroja zaštitnog kombinezona temeljenog na dinamičkoj
antropometriji

Martina Marinović

Zagreb, rujan 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO TEHNOLOŠKI FAKULTET
ZAVOD ZA ODJEVNU TEHNOLOGIJU

DIPLOMSKI RAD

Razvoj kroja zaštitnog kombinezona temeljenog na dinamičkoj
antropometriji

Martina Martinović

Matični broj: 11589/OI

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Slavica Bogović

Zagreb, rujan 2022.

Zahvaljujem mentorici izv. prof. dr. sc. Slavica Bogović na savjetima i pruženoj pomoći prilikom pisanja ovog rada. Posebno se zahvaljujem roditeljima Marijani i Zlatku, te bratu Luki na pruženoj podršci tokom dosadašnjeg studija.

Tekstilno-tehnološki fakultet

Sveučilište u Zagrebu

Prilaz baruna Filipovića 28a

10 000 Zagreb

Zavod za odjevnu tehnologiju

Rad sadrži:

Broj stranica: 60

Broj slika: 43

Broj tablica: 6

Broj literaturnih izvora: 30

Članovi povjerenstva:

1. izv.prof.dr.sc. Anica Hursa Šajatović, predsjednica
2. izv.prof.dr.sc. Slavica Bogović, članica
3. izv.prof.dr.sc. Maja Somogy Škoc, članica
4. izv.prof.dr.sc. Mirna Rodić, zamjenica članice

SAŽETAK

Na temelju dinamičkih antropometrijskih mjera muških tijela u specifičnim položajima izrađena je temeljna konstrukcija kroja zaštitnog kombinezona. Obzirom na uočene smetnje i sprječavanja u kretanju koja se događaju primjenom postojećeg kroja predložena su konstrukcijska rješenja koja omogućavaju neometano kretanje. Dodani elementi samim time omogućavaju i bolje provođenje svih aktivnosti za koje je zaštitni kombinezon namijenjen. Predložena konstrukcijska rješenja pogodna su za kombinezone različitih namjena u ovisnosti o primijenjenim materijalima.

Ključne riječi: konstrukcija odjeće, zaštitni kombinezon, dinamička antropometrija

Sadržaj:

1. UVOD	
2. ZAŠTITNA ODJEĆA.....	2
3. Povijest i vrste antropometrije	6
3.1. Antropometrija.....	7
3.1.1. Statička antropometrija.....	8
3.1.2. Dinamička antropometrija	9
4. Ergonomija.....	12
5. Kinematička struktura	15
5.1. Kinematički lanci.....	15
5.2. Hijerarhijski kinematički model	17
5.3. Direktna kinematika	18
5.4. Inverzna kinematika	19
6. Antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera.....	20
7. Eksperimentalni dio	22
7.1. 3D skeniranje modela muškog tijela u različitim položajima, stajanja te penjanja i saginjanja.....	23
7.2. Obrada skeniranih modela tijela u programu GOM Inspect	24
7.3. Antropometrijska izmjera 3D skeniranog modela tijela za potrebe konstrukcije kombinezona	25
7.4. Konstrukcija temeljnog kroja muških hlača i muške baze gornjeg dijela primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme	27
7.5. Usporedba temeljnih krojeva muških hlača	32
7.6. Računalno utvrđivanje tjelesnih mjera na 3D skeniranom modelu tijela.....	33
8. REZULTATI I RASPRAVA.....	36
8.1. Prijedlog idejnog rješenja kroja kombinezona s područja konstrukcije na temelju dinamičke antropometrije.....	37

8.2. Modeliranje konstruiranih kombinezona uz prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja prema područjima na kojima su uočeni problemi	41
9. Zaključak.....	53
10. Literatura	55
11. Popis slika	58
12. Popis tablica	60

1. UVOD

Sve je veća briga i potreba za kvalitetnom zaštitnom odjećom i opremom. Europski kupci najzahtjevniji su korisnici. Obzirom na to zaštitni proizvodi namijenjeni EU tržištu određeni su različitim dijelovima zakonodavstva i standarda koji se redovito prilagođavaju tehničkom razvoju. Teži se optimalnoj ravnoteži između zaštite i izvedbe, a poboljšana ergonomska svojstva i udobnost od velike su važnosti. Tekstilna industrija i znanstvena zajednica razvijaju nova dostignuća na poljima specijalnih vlakana, funkcionalizacije tekstilnih materijala i integracije mikro-elektronskih komponenata u pametne tekstilije. Za što bolji finalni proizvod zaštitne odjeće i opreme odjevna industrija mora ići u korak sa tekstilnom industrijom na području razvoja i inovacija na svom području [1]. Razvoj na području odjevne tehnologije, točnije razvoj krojeva zaštitne odjeće temelji se na antropometriji, dinamičkoj antropometriji i ergonomiji. Antropometrija je istraživačka metoda koja mjeri dimenzije ljudskog tijela, a dolazi od grčke riječi *antropos* što znači čovjek i *metrein* što znači mjeriti. Počeci antropometrije zabilježeni su u 18. stoljeću, a razvija se i danas [2]. Obzirom na konstantni razvoj kroz povijest bilježi razne promjene. Mjerenja se provode na tijelu čovjeka što se naziva somatometrija ili na kostima što se naziva osteometrija. Osim antropometrije prisutna je i ergonomija. Ergonomija je znanost o radu, i također dolazi od dvije grčke riječi: *ergon* što je djelo, čin, rad i *nomos* što u prijevodu znači odluka, red, pravo ili zakon. Zadatak ergonomije je prilagoditi radno mjesto radniku kako bi mu se omogućio jednostavniji i efikasniji način izvođenja određenih radova i aktivnosti, te kako bi se smanjio broj mišićno-koštanih oboljenja [3]. Svako radno mjesto sa sobom donosi specifične i određene opasnosti. Antropometrija i dinamika kao takve prisutne su osim u oblikovanju radnih mjesta i u oblikovanju odjevnih predmeta. Dinamička antropometrija je od velike važnosti pri izradi zaštitne i funkcionalne odjeće. Pri tome se u obzir uzimaju pokreti kojima se osoba u određenom odjevnom predmetu kreće kako bi krajnji proizvod, odnosno odjevni predmet bio prikladan za obavljanje određene vrste aktivnosti.

2. ZAŠTITNA ODJEĆA

Tekstilna i odjevna industrija su heterogene grane koje obuhvaćaju veliki broj aktivnosti, ali i ovisne jedna o drugoj. Od pretvorbe vlakana u visoko tehnološke sintetičke pređe i tkanine sve do proizvodnje gotovih proizvoda poput tehničkog tekstila ili odjeće. Primarna funkcija odjeće je zaštita ljudskog tijela od vanjskih utjecaja. Međutim, odjeća čija je primjena svakodnevna estetsku komponentu uzima kao vodeću, stoga je ona dizajnirana prema trendovima i modnim utjecajima. Pri izradi zaštitne odjeće zaštita i funkcionalnost ostaju na prvom mjestu, pri čemu su dizajner i konstruktor u suradnji te raspolažu informacijama o potrebnim elementima odjeće, uobičajenim pokretima tijela i dodatnim elementima u svrhu zaštite. Na temelju istraživanja i iskustva određuju se pozicije svih dodataka, izračun mjera same konstrukcije kroja te komocije odjevnog predmeta [4].

Dizajnom, konstrukcijom, kvalitetnom i specifičnom izradom odjevnog predmeta koristeći odgovarajuće materijale postiže se funkcionalnost i primjena zaštitnog odjevnog predmeta. Pri izradi zaštitne odjeće potrebno je dobro poznavati mehanička i fizikalna svojstva odabranog materijala kako bi se primijenila ispravna metoda spajanja. Metoda spajanja krojnih dijelova utječe na odabir tipa šava i izradu kroja. Materijali od kojih je izrađena zaštitna odjeća služe za zaštitu te su obrađeni apreturama koje im daju posebna svojstva u svrhu zaštite u skladu s konačnim potrebama. Apretura jesu završni postupci oplemenjivanja tekstilnih materijala kojima dobivaju konačna svojstva i izgled. Također, moraju zadovoljavati svojstva poput fiziološke udobnosti koja podrazumijevaju dobra termoizolacijska svojstva i transport vlage, apsorpiranje kinetičke energije poput udaraca i čvrstoću [1].

Uvjeti koje zaštitna odjeća mora ispunjavati navedeni su u propisima, a govore o izgledu, kroju, obliku, boji, površini materijala, podatnosti i ugodnosti pri nošenju, otpornosti na gužvanje, mrlje, habanje i sl. [5].

Zaštitna odjeća može biti dvodijelna, a čine ju jakna i hlače ili jednodijelna što su kombinezoni, kute, radni ogrtači i pregače koji pokrivaju cijelo tijelo. Odjevni predmeti navedeni kao jednodijelni odjevni predmeti naizgled su predmeti jednostavne konstrukcije kroja, no i kod njih, ali i kod složenijih zaštitnih odjevnih predmeta pri konstrukciji kroja važno je obratiti pozornost na krajnju svrhu i korištenje određenog

zaštitnog odjevnog predmeta te kojim će se pokretima osoba odjevena u isti kretati. Pri tome treba uzeti u obzir najčešće položaje tijela kao što su stajanje, sjedenje, čučanj ili penjanje. Važno je i poznavanje radnog procesa, uvjeta okoline, rada i alata zbog pozicije, veličine i oblika džepova, ali i načina kopčanja odjevnog predmeta. Pri izradi zaštitne odjeće za ekstremne uvijete teži se za jednostavnijim dizajnom i konstrukcijom kroja, stoga su to krojni dijelovi većih površina kako bi se izbjegla veća potreba za spojevima. Smanjenje broja spojeva na zaštitnoj odjeći je izbjegavanje mogućnosti propuštanja određenog medija od kojeg ljudsko tijelo treba biti zaštićeno kroz šavove zbog njihovog oblika, ali i mogućnosti sputavanja tijekom rada i mogućnosti da se tako ošteti odjevni predmet [6].

U izradi kroja zaštitne odjeće potrebno je znanje o dinamičkoj antropometriji i ergonomiji kako bi krajnji rezultat bio odjevni predmet koji ne sputava pokret korisnika nego ga prati, nakon čega se vraća u prvobitan oblik. Navedena elastičnost može se postići materijalima koji imaju dodana elastanska vlakna ili pletivom, što nije uobičajeno kod zaštitne odjeće zbog spomenutih apertura. Pozornost najviše treba usmjeriti na mogućnost pokretanja ruku i nogu te moći predvidjeti prepreke na koje korisnik može naići tijekom rada, a pomiču dijelove odjevnog predmeta poput rukava i nogavica te na taj način dijelovi tijela ruku i nogu ostaju nezaštićeni [5].

Ovisno o namjeni zaštitne odjeće ona treba ispunjavati zahtjeve o termoizolacijskim svojstvima, da pri tome ne narušava termoregulacijsku funkciju tijela, odnosno da omogućuje propusnost vodene pare, zraka tj. vjetra, fiziološku udobnost, zaštitu od padalina [5].

Zaštitna odjeća pruža više zaštitnih funkcija istodobno, no podijeljena je prema glavnoj zaštitnoj funkciji koju ima. Zaštitna odjeća prema namjeni i opasnostima dijeli se na [5]:

- odjeću za zaštitu od pokretnih dijelova (alata, strojeva),
- utjecaja hladnoće i lošeg vremena,
- odjeća za zaštitu od kemikalija,
- odjeća za zaštitu od statičkog elektriciteta,
- odjeća za zaštitu od topline i
- odjeća za zaštitu od kontaminacije radioaktivnim česticama, mikroorganizmima i sl..

Za odabir odgovarajuće zaštitne odjeće obzirom na namjenu i specifikacije radnog mjesta potrebno je procijeniti rizik i analizirati ergonomske zahtjeve radnog mjesta, uvjete okoliša te proučiti utjecaj ergonomije na rad i ugođaj čovjeka u radnom prostoru [6].

Pri projektiranju zaštitne odjeće, ali i obuće i opreme potrebno je uzeti u obzir niz čimbenika koji utječu na ispunjenje navedenih zahtjeva, a prikazani su na sl. 1. U procesu projektiranja, dizajniranja i oblikovanja zaštitne odjeće, obuće i opreme važnu ulogu imaju krajnji korisnici koji svojim iskustvom i testiranjem prototipova u realnim uvjetima korištenja mogu objektivno ocijeniti zaštitni odjevni sustav kojeg čine svi odjevni predmeti koji se nose u realnim uvjetima. Zaštitna odjeća mora biti izrađena od kvalitetnih materijala posebnih svojstava koji osiguravaju dugi životni vijek i jednostavni su za održavanje, uz što korisniku pružaju odgovarajuću razinu zaštite i sigurnost [7].



Slika 1: Čimbenici koji utječu na projektiranje zaštitne odjeće, obuće i opreme [7]

Za uspješnost dizajna zaštitne odjeće, obuće i opreme potrebno je uvažiti točno definirane funkcionalne zahtjeve i standarde [8]:

- razmotriti dizajnersko rješenje s obzirom na specifične zadatke i zadovoljavajuću estetsku komponentu,

- pristaje li rješenje s obzirom na namjenu, trajnost i zadovoljava li odgovarajuće standarde te
- razmotriti funkcionalne zahtjeve korisnika.

U eksperimentalnom dijelu rada prikazana su idejna konstrukcijska rješenja za kroj zaštitnog kombinezona.

3. Povijest i vrste antropometrije

Tijekom povijesti studija antropometrije imala je manje znanstvene primjene. Istraživači su 1800-ih koristili antropometriju kako bi analizirali karakteristike lica i veličinu glave u svrhu predviđanja vjerojatnosti da je osoba predodređena životu zločina. U suvremenom dobu antropometrija ima više praktičnih primjena, posebice na području genetskog istraživanja i ergonomije na radnom mjestu. Također, proučava i ljudske fosile i pomaže paleontolozima u razumijevanju evolucijskog procesa. Osnovna mjerenja uključuju visinu, težinu, indeks tjelesne mase (BMI) i postotak tjelesne masti. Na osnovu navedenih mjera i usporedbe istih među ljudima istraživači imaju mogućnost procijeniti čimbenike rizika za niz bolesti [9].

U 19. stoljeću razvijaju se sljedeće grane antropometrije [2]:

1. Krainometrija - mjerenja oblika i veličine lubanje u svrhu utvrđivanja osobina i rase čovjeka. Točnije, proučavanje ljudske evolucije na temelju anatomske i genetske povezanosti praljudi.
2. Forenzička antropometrija – utemeljena je 1883. godine od Bertillon A., koji je uveo sustav identifikacije pod nazivom Bertillonage. Navedeni sustav temelji se na opisivanju boje očiju, kutova uha, obrva i nosa te kriminologiji. Juan Vuchetic je unaprijedio Bertillonov sustav uporabom čimbenika otisaka prstiju šake. Tim činom nastala je grana antropometrije daktiloskopija, metoda otiska prstiju koja je ujedno i najvažnija metoda identifikacije osoba.
3. Forenzička antropologija – bavi se analiziranjem i identifikacijom ljudskih ostataka te se primjenjuje u medicinske svrhe. Rezultati istraživanja važni su podaci i dokazi u sudskoj medicini i kazneno-forenzičkim istraživanjima.
4. Fizionomija – začetnik ove grane je C. Lombroso, a bavi se proučavanjem ovisnosti između fizičkih osobina ljudskog tijela.
5. Biometrija – je tehnika autentifikacije koja koristi čovjekove jedinstvene fiziološke karakteristike u svrhu njegove auto identifikacije.
6. Filogeografija - je znanost koja se bavi praćenjem i identifikacijom većih migracija ljudi.
7. Fiziološka antropologija – je grana koja istražuje različitosti između ljudi te kako i na koji način pojedini dijelovi tijela rade zajedno s ciljem postizanja određene

funkcije. Istražuje funkcionalne čimbenike, životne procese ljudskog organizma, međusobne odnose dijelova ljudskog organizma i organa.

8. Morfološka antropometrija – je metoda mjerenja dimenzije ljudskog tijela i znanstvena usporedba dobivenih rezultata. Koristi se u biomedicinskim znanostima, u školskoj medicini i odgoju.
9. Ergonomija – je suvremena znanost koja se koristi verificiranim antropometrijskim podacima u svrhu oblikovanja odjeće, strojeva i alata.

Danas su dizajniranje odjeće, arhitektura interijera, umjetnost i šport nezamislivi bez rezultata antropometrijskih istraživanja. Razvoj informatičkog računalstva dao je doprinos provedbi istraživanja, posebice razvojem prikaza 3D virtualnih modela prilikom dizajniranja odjeće [2].

3.1. Antropometrija

Antropometrija je grana antropologije. Istraživačka metoda koja se bavi utvrđivanjem dimenzija ljudskog tijela te utvrđivanjem odnosa ili proporcija pojedinih dijelova tijela što je od velike važnosti za konstrukciju odjeće. Proporcijama je moguće utvrditi pravilnosti međusobnog odnosa pojedinih dijelova tijela, ali i odstupanja tijela od normalne građe odnosno njegove deformacije. Cilj antropometrije je kvantitativno okarakterizirati morfološke i fiziološke osobine tijela čovjeka koje su različite u različitim populacijama, provodeći što točnija mjerenja. Mjerenja se primjenjuju kod testiranja pretpostavki o uzorcima morfološke varijabilnosti unutar i između različitih populacija. Antropometrijska mjerenja provedena i obrađena za pojedinu zemlju, daju za rezultat nacionalni sustav označavanja odjeće koji se koristi u procesu proizvodnje odjeće za velike serije. Potrebno je u obzir uzeti sljedeće podatke [10]:

1. antropometrijske karakteristike uključene populacije,
2. način na koji te karakteristike utječu na oblikovanje strojeva, alata, itd. i
3. kriterije koji određuju povoljan odnos između korisnika i proizvoda.

Mjerenja se izvode na tijelu čovjeka ili na kosturima, a mjere se udaljenosti između određenih točaka i kutova na tijelu koji tvore određene linije i ravnine tijela. Za provedbu mjerenja koriste se instrumenti čija je izrada i upotreba definirana normom.

Antropometrija je danas posebice važna u dizajniranju odjeće, arhitekturi, industrijskom dizajniranju i ergonomiji. Antropometrijom su se koristili znanstvenici i antropolozi koji su razumjeli fizičke varijacije među ljudima. Na temelju dimenzija ljudskog tijela koje utječu na dizajniranje i konstrukciju odjevnog predmeta razlikujemo dvije vrste antropometrije, a to su statička i dinamička antropometrija [5].

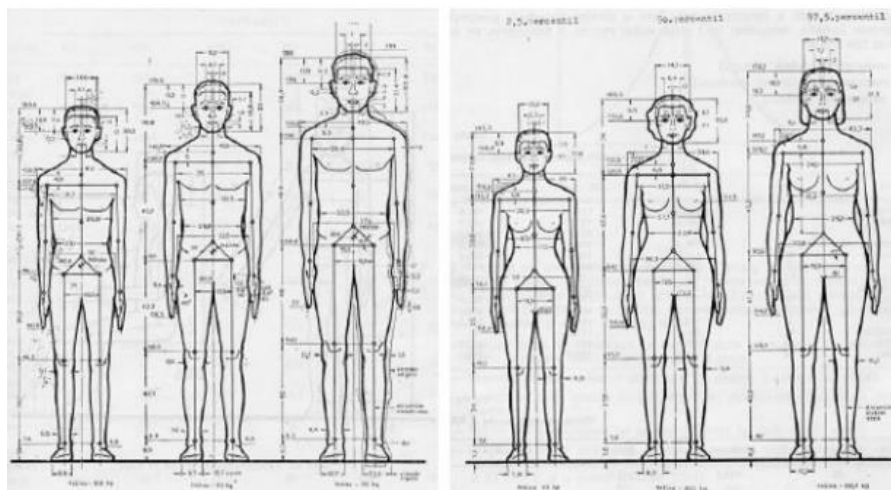
Rezultati dobiveni antropometrijskim mjerenjem primjenjuju se u većem krugu industrijskih grana, od odjevne i obućarske industrije pa sve do industrije namještaja. Također, imaju primjenu u ergonomiji jer čine temelj ergonomskog oblikovanja radnih mjesta i proizvodnih sustava. Važni su za oblikovanje i funkcionalno uređenje interijera, javnih objekata te objekata specijalnih namjena poput dječjih vrtića, škola, staračkih domova, športskih objekata i sl. [10].

3.1.1. Statička antropometrija

Statička ili strukturalna antropometrija bavi se prikupljanjem dimenzija tijela u statičkom, odnosno mirnom položaju tijela koji je najčešće stajući ili sjedeći, a prikazan je na sl. 2 [3]. Belgijski matematičar Lambert Adolphe Jacques Quetelet bio je prvi koji je spomenuo statičku antropometriju, a prikupljao je antropometrijska mjerenja opisana Gaussovom krivuljom.

Mjerenja koja se izvode kod statičke antropometrije su [3]:

- dimenzije između zglobova kostura,
- dimenzije mekih tkiva, tj. mišića, masnog tkiva i kože,
- dimenzije tijela, bez odjeće, obuće i pokrivala za glavu.



Slika 2: Osnovni antropometrijski podaci za američku mušku i žensku populaciju [3]

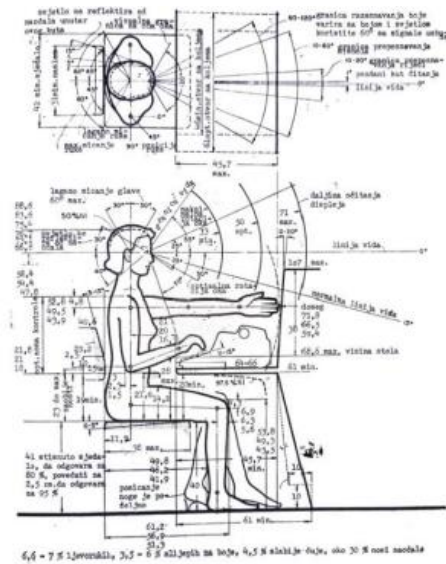
Novo tehnologije prisutne su i u razvoju antropometrije. Jedna od suvremenih metoda provođenja antropometrijskih mjerenja je površinsko snimanje tijela pomoću 3D body skenera. 3D body skener obuhvaća mjerenja statičkih crta lica, tijela, ruku i predmeta koje osoba drži ili dodiruje, a nove metode omogućavaju naknadno očitavanje mjera sa snimke, što daje mogućnost za postavljanje i testiranje novih ideja i stjecanje novih znanja o ljudskoj morfološkoj varijabilnosti [11].

Rad trodimenzionalnog skenera temelji se na sustavu nosača kamera koje snimaju oblik i geometriju tijela. Kao takvi složeni su za korištenje, ali i preskupi za individualnu upotrebu što je razlog zbog kojeg se najčešće koriste samo u laboratorijima u istraživačke svrhe. Dobiveni podaci tim putem su brzi i precizni [12].

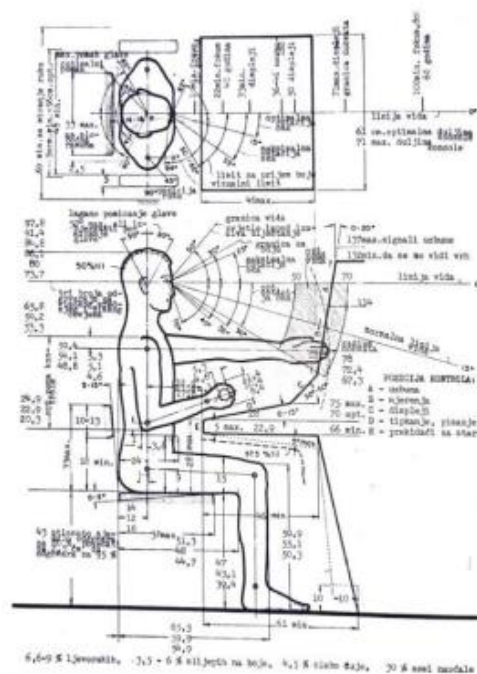
3.1.2. Dinamička antropometrija

Dok statička antropometrija snima ljudsko tijelo u mirnom i nepokretnom stanju, dinamička tj. funkcionalna antropometrija istražuje ljudsko tijelo u pokretu za vrijeme izvršavanja neke aktivnosti. Dinamička antropometrija temelji se na dimenzijama tijela u raznim aktivnim položajima, kutovima međusobno korespondirajući dijelova tijela, dimenzija pojedinih dijelova tijela koji su u međusobnoj zavisnosti, granice dohvata i snage. Zadatak dinamičke antropometrije je odrediti relativne promjene pojedinih pokretnih dijelova tijela čovjeka. Istražuje pokretanja elemenata sustava i kretanje

čovjeka, ali i doseg gornjih i donjih ekstremiteta. Navedena mjerenja skuplja su i složenija, a prikazana su na sl. 3 i sl. 4 koje predstavljaju dinamičke antropometrijske dimenzije za mušku i žensku populaciju [10].



Slika 3: Dinamičke antropometrijske dimenzije za žensku populaciju u sjedećem položaju [10]



Slika 4: Dinamičke antropometrijske dimenzije za mušku populaciju u sjedećem položaju [10]

Kombinacijom odgovarajućih kretanja tijela i prilagođenog radnog okoliša podloga su za dobru ergonomsku interakciju. Dinamička antropometrija usko je vezana za statičku antropometriju zbog izmjera dimenzija tijela u stanju mirovanja koja doprinose pomicanju pokretnih dijelova tijela što tijelu omogućuje zauzimanje različitih pozicija. Čovjek može ponavljati vrlo složena gibanja koja omogućavaju veći doseg samo u slučajevima dosega predmeta manjih težina i ako se ti pokreti ne ponavljaju često kako ne bi došlo do preopterećenja koja dovode do oboljenja mišića i kosti. U dinamičku antropometriju ubrajaju se slijedeći pokreti: produžetak ruku i nogu, saginjanje, čučanj, rotacija tijela i istezanje [12].

4. Ergonomija

Ergonomija je prepoznata tek tijekom drugog svjetskog rata gdje se prvi put počinju primjenjivati tehnologija i humanističke znanosti. Istraživanja na području ergonomije provode ergonomi proučavajući ljudske sposobnosti u odnosu na zahtjeve posla koji obavljaju, odnosno usmjereno je na interakciju između čovjeka i tehničkih sustava zbog čega se još može shvatiti kao tehnologija. Obuhvaća veliki broj istraživanja koja su usmjerena na organizaciju rada s ciljem povećanja produktivnosti radnika i njegove bolje zaštite. Rezultati dobiveni istraživanjem koriste se u dizajnu i evaluaciji zadataka, poslova, proizvoda, okoliša i sustava u svrhu usklađivanja s ljudskim potrebama, mogućnostima i ograničenjima. Zadaća koju ergonomija mora ispuniti je uskladiti dijelove sustava pomoću sustavnih dijelova znanosti o radu koji su: fiziologija rada, psihologija rada, sociologija rada, antropometrija, tehnologije rada, pedagogije rada i organizacije rada [13].

Ergonomija kao znanstvena disciplina usmjerena je na istraživanje interakcije između čovjeka, radnih sustava i okoline. Bavi se oblikovanjem radnih mjesta, oblika i dimenzija strojeva, alata, radne okoline i proizvoda. Ergonomija proučava rad, odnosno aktivnosti radnika kojima dolazi do ciljeva i obavlja zadatke u sklopu proizvodnog sustava. Zaštitna odjeća radnika glavna je komponenta za njegovu zaštitu u slučaju izloženosti opasnostima tijekom rada. Prilikom analize zaštitne odjeće koja se koristi tijekom obavljanja radnih aktivnosti potrebno je razmotriti [14]:

1. udobnost odjeće – stanje koje se smatra kao ugodno, te se ne treba prilagođavati kako bi se osjećalo dobro,
2. funkcionalnost – mogućnost pravilnog korištenja i služenja svrsi,
3. upotrebljivost – prikladnost proizvoda za uporabu.

Ciljevi ergonomije su [15]:

- sigurnost ljudi,
- udobnost ljudi,
- jednostavnost upotrebe proizvoda,
- produktivnost/karakteristike proizvoda i
- estetika proizvoda.

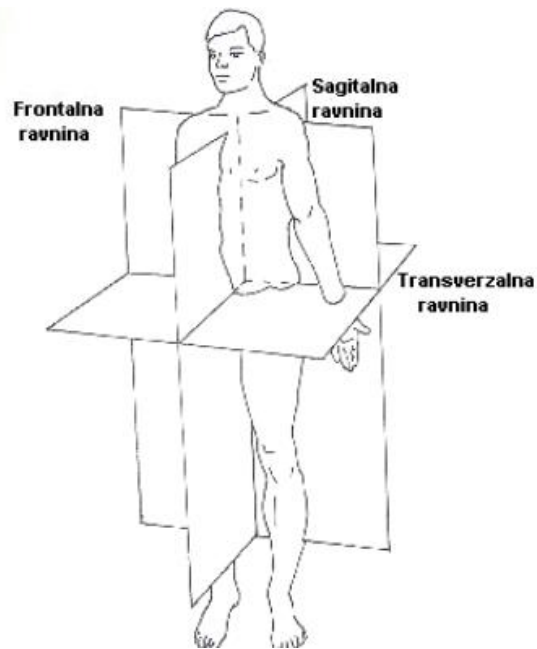
Podjela ergonomije [15]:

- fizikalna ergonomija,
- kognitivna ergonomija i
- organizacijska ergonomija.

Pri dizajniranju i oblikovanju zaštitne odjeće u obzir se uzima građa i funkcija čovjeka, te je potrebno poznavanje pokreta koje čovjek izvodi u određenoj zaštitnoj odjeći. Uz to, potrebno je imati uvid u statičke i dinamičke izmjere tijela, što su dinamička i statička antropometrija, ali i amplitude pokreta u zglobovima, dohvatno polje i mišićnu snagu u različitim položajima tijela. Svemu prethodi izmjera ljudskog tijela u statičkom i dinamičkom položaju. Za osiguravani ergonomski pristup i primjenu ergonomskih načela potrebno je poznavanje metoda iz znanstvenih i stručnih područja kao što su fiziologija, medicina rada, sigurnost pri radu, biomehanika, dizajn, oblikovanje i konstrukcija [16].

Kako je već opisano, zadatak antropometrije je što točnije postupcima mjerenja okarakterizirati morfološke osobine ljudskog tijela. U slučaju kada je tijelo u stanju mirovanja, dobivaju se dimenzije statičkih antropometrijskih varijabli, no kada se tijelo giba dobivaju se dimenzije dinamičkih antropometrijskih varijabli [17].

Dimenzije dinamičkih antropometrijskih varijabli su informacije o amplitudama pokreta u zglobovima, mišićnoj snazi i kinetičkim lancima, dohvatnom polju ruku, koje se odnose na različite položaje tijela prilikom rada. O stupnjevima slobode gibanja pojedinih dijelova tijela u frontalnoj, sagitalnoj i transverzalnoj ravnini prikazanima na sl. 5 ovisi dinamička antropometrija. Može ovisiti i o mogućnostima pojedinog zglobnog sustava ili kinematičkog lanca u udobnom ili maksimalnom području. Dobivene statičke i dinamičke izmjere ljudskog tijela najčešće se primjenjuju u oblikovanju radnih mjesta, no mogu se primijeniti i kod funkcionalnog oblikovanja zaštitne odjeće [16].



Slika 5: Ravnine ljudskog tijela [17]

Projektiranju zaštitne odjeće, obuće i opreme potrebno je pristupiti sustavno i inženjerski, osiguravajući osnovne i dodatne zahtjeve u skladu s Direktivom 89/686/EEC, propisanim normama, zakonima i pravilnicima. Zaštitna odjeća mora biti oblikovanja u skladu s dinamičkim antropometrijskim uvjetima korištenja uz osiguravanje udobnosti pri nošenju i obavljanju radnih aktivnosti te visok stupanj pokreta [18].

5. Kinematička struktura

Kinematika je grana mehanike koja se bavi proučavanjem gibanja ljudskog tijela, pri tome ne uzimajući obzir sile pod čijim se utjecajem to gibanje odvija. Dinamika je druga grana klasične mehanike koja se bavi analiziranjem sile na položaj sustava. Dakle, kinematika je grana grafičkog oblikovanja modela gdje se vodi računa o pokretljivosti, njezinim ograničenjima i povezanosti različitih dijelova modela, pojam preuzet iz terminologije korištene u robotici [19].

5.1. Kinematički lanci

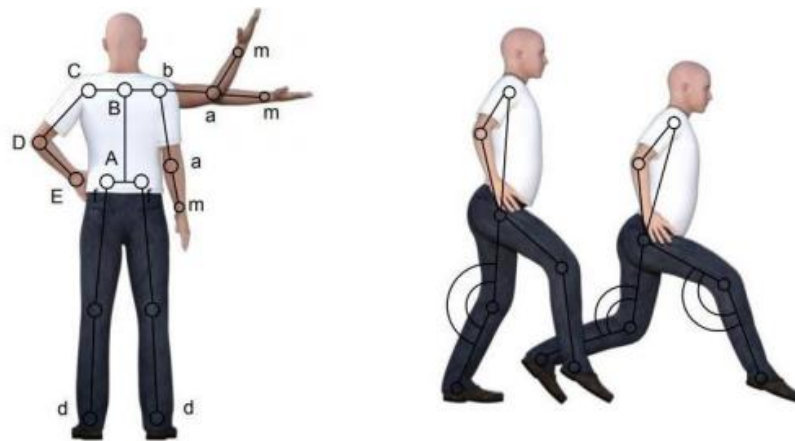
Kinematički lanac čine kruti elementi odnosno čvorovi međusobno povezani zglobovima pri čemu imaju različite stupnjeve slobode. Oblik kinematičkog lanca prisutan je u ljudskom tijelu. Predstavljaju hijerarhijski odnos između članova, odnosno između kostiju, formirani u stablastu strukturu [20].

Ljudsko tijelo može se promatrati kao sustav poluga čiji su pokretački dijelovi mišići, pri čemu mišići na kosti djeluju kao poluge, a središnja rotacija je u zglobovima. Znanost koja proučava opće zakonitosti ljudskog kretanja naziva se biomehanika te se dijeli na kinetiku, dinamiku i statiku. Kinetika se bavi istraživanjem kretanja bez obzira na uzroke kretanja. Dinamika istražuje uzroke kretanja i povezanost između kretanja i sila, dok statika istražuje uvjete mirovanja u kojima se unutarne i vanjske sile nalaze u ravnoteži [21].

Ukoliko se ljudski organizam promatra kao mehanizam on je sastavljen od kostiju koje su međusobno povezane u kinematičke lance te mišićni sustav koji je pokretač dijela tog mehanizma. Ljudski kostur sastavljen je od jednog zatvorenog kinematičkog lanca kralješnice s prsnim košem i pet otvorenih kinematičkih lanaca glave, ruke i noge što je vidljivo na sl. 6. Kinematički lanac označava ulančavanje više segmenata tijela [21].

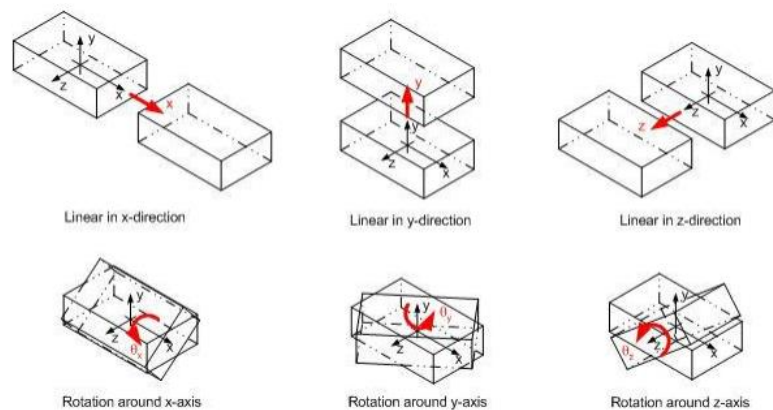
Kinematički lanac se smatra otvorenim ukoliko se jedan kraj lanca može slobodno gibati. U zatvorenim lancima, oba kraja su fiksirana tj. pod djelovanjem ograničenja [20].

Unutar strukturne sheme ljudskog kostura nalaze se 264 stupnja slobode. Ruke s ramenom ostvaruju 28 stupnjeva slobode, dok noga 25 stupnja slobode gibanja što ukupno na ruke i noge ljudskog tijela iznosi 106 stupnjeva slobode gibanja, odnosno 40% od ukupnog broja stupnjeva slobode gibanja. Kralješnica sadrži 20% od ukupnog broja odnosno 54 stupnja slobode gibanja. Preostalih 40% stupnjeva slobode gibanja ljudskog tijela odnosi se na zglobove prsnog koša, vrata i glave [21].



Slika 6: Kinematički lanci u ljudskim pokretima [21]

Postoje rotacijski i translacijski stupnjevi slobode u skladu sa mogućnostima kretanja, po svakom od navedenih stupnjeva slobode postoji i rotacija odnosno translacija po X, Y i Z osi prikazani na sl. 7. Kao što sami nazivi govore rotacijski DOF omogućava rotiranje oko određenih osi, dok translacijski DOF omogućava pomicanje po određenim osima [19].



Slika 7: Rotacijski i translacijski stupnjevi slobode [19]

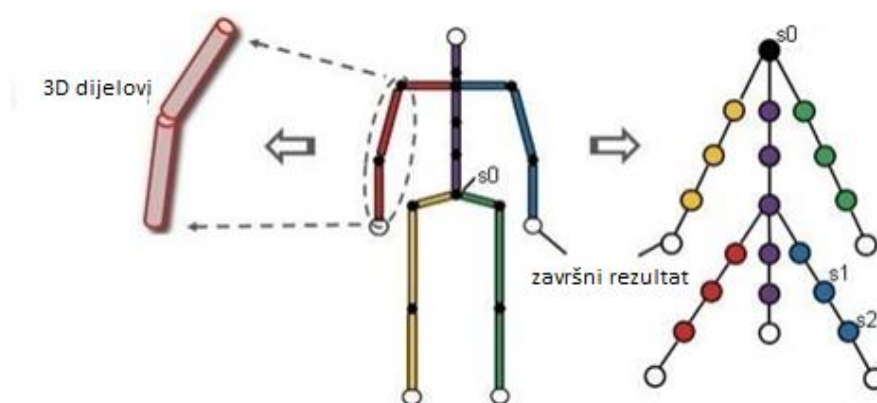
Navedeni stupnjevi slobode se mogu opisati na sljedeći način:

- translacija po x – osi predstavlja pomicanje lijevo – desno (eng. swaying),
- translacija po y – osi predstavlja pomicanje gore – dolje (eng. heaving),
- translacija po z- osi predstavlja pomicanje naprijed – nazad (eng. surging),
- rotacija oko x –osi predstavlja nagnjanje naprijed – nazad (eng. pitching),
- rotacija oko y – osi predstavlja zakretanje lijevo – desno (eng. yawning) i
- rotacija oko z – osi predstavlja nagnjanje u stranu (eng. rolling).

Navedeni su najjednostavniji oblici te omogućuju rotaciju odnosno translaciju oko samo jedne osi. Zglobovi s jednim stupnjem slobode se zajednički označavaju s 1DOF (eng. one degree of freedom). Povezivanjem više 1DOF zglobova sa segmentima veličine nula, nastaju takozvani n-DOF zglobovi, gdje n označava broj omogućenih rotacija i translacija po odabranim osima [21].

5.2. Hijerarhijski kinematički model

Hijerarhijski model čine više jednostavnih međusobno povezanih kinematičkih lanaca. Prvo je potrebno izraditi apstraktni prikaz koji sačinjava sve segmente modela koji su međusobno povezani zglobovima. Nakon izrade apstraktnog prikaza slijedi izrada grafa stablaste strukture kako je prikazano na sl. 8. Izrađuje se na način da se prvo definira korijenski čvor, a zatim se postepeno pozicioniraju ostali čvorovi u odnosu na korijenski čvor [21].

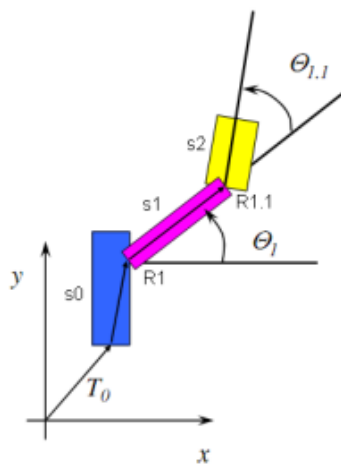


Slika 8: Apstraktni prikaz i stablasta struktura [19]

Hijerarhijski model predstavlja samo pasivni strukturni model. U njemu se uz translaciju segmenata mogu odrediti i ostale značajke kao što su boja, tekstura, oblik, vidljivost, materijal itd. Kod ostvarivanja kretne strukturnog modela potrebno je definirati tehnike gibanja koje će dati prirodni izgled različitih pokreta modela što se ostvaruje uvođenjem i povezivanjem tehnika direktne i inverzne kinematike sa pasivnim strukturnim modelom [22].

5.3. Direktna kinematika

Direktna kinematika je tehnika upravljanja strukturnim modelom po unaprijed definiranim rotacijama i translacijama o kojima ovise pozicije segmenata i zglobova. Položaj pojedinog segmenta određen je na osnovu položaja u hijerarhiji njemu nadređenih segmenata. Iz navedenog slijedi da segment s_1 koji je izveden iz segmenta s_0 ovisi upravo o njegovom položaju, nastavno na to, segment s_2 koji je izveden iz segmenta s_1 ovisi o položaju segmenata s_1 i s_0 . Segmenti mogu biti prikazani i na tijelu, s_0 može predstavljati trup, s_1 nadlakticu i s_2 podlakticu. Rotacija nadlaktice u području ramena utječe na položaj podlaktice jer je podlaktica izvedena iz nje. Što znači ako se rotira podlaktica u području lakta to ne utječe na položaj nadlaktice ili trupa zato što su oni u višem položaju u hijerarhijskoj strukturi. Opisano je vidljivo na sl. 9 [19].



Slika 9: Rotiranje i transliranje po unaprijed određenim kutovima [19]

Direktna kinematika je lako razumljiva, no zahtjevna je od strane programera. Prije iscrtavanja strukturnog modela potrebno je definirati translacijske i rotacijske kutove svih segmenata, to je prihvatljivo kada je model u samo nekoliko pozicija. Problem nastaje kada treba ostvariti složene pokrete što zahtjeva namještanje mnoštvo kutova. Zbog toga se umjesto direktne kinematike počela koristiti inverzna kinematika koja omogućava prirodnije pokrete uz prethodno zadanu početnu i krajnju poziciju segmenata [19].

5.4. Inverzna kinematika

Za inverznu kinematiku vrijedi obrnuto od onoga što je vrijedilo za direktnu kinematiku. U ovom slučaju zadaje se krajnja željena pozicija vrha manipulatora te se na osnovi toga izračunavaju položaji i kutovi svih segmenata i zglobova od kojih se manipulator sastoji. Inverzna kinematika omogućava animiranje pokreta uz jednostavno definiranje početne i krajnje točke vrha manipulatora. Zbog svoje jednostavnosti u primjeni inverzna kinematika je zastupljenija u upotrebi od direktne kinematike. Tijekom animacije cilj je potrebno konstantno pratiti te mu se približavati rješavanjem jednadžbi. Jedan od većih problema u ostvarivanju inverzne kinematike je teška aproksimacija linearnih pokreta zbog nelinearnosti sinusa i kosinusa koji se koriste u proračunima. Zbog toga se razne metode među kojima je najčešća metoda Jakobijeve matrice [21].

6. Antropometrijska mjerenja tijela primjenom 3D skenera

3D skener tijela sustav je koji omogućuje dobivanje informacija o obliku i površini ljudskog tijela koristeći lasere ili strukturirano bijelo svjetlo i CCD (*engl. ChargeCoupled Device*) kamere. Pomoću elektroničkih strujnih krugova i mikroprocesora izvodi se pretraživanje podataka koji se procesuiraju te pohranjuju kao datoteka koju je moguće vizualizirati kao trodimenzionalnu skupinu točaka koje opisuju oblik tijela vidljiv na zaslonu monitora. Prikaz na zaslonu monitora precizna je replika skeniranog tijela koju se može sagledati iz različitih kutova, rotirati te uvećati i umanjiti. Isto tako, služi i kao podloga za računalno automatizirano utvrđivanje tjelesnih mjera [23].

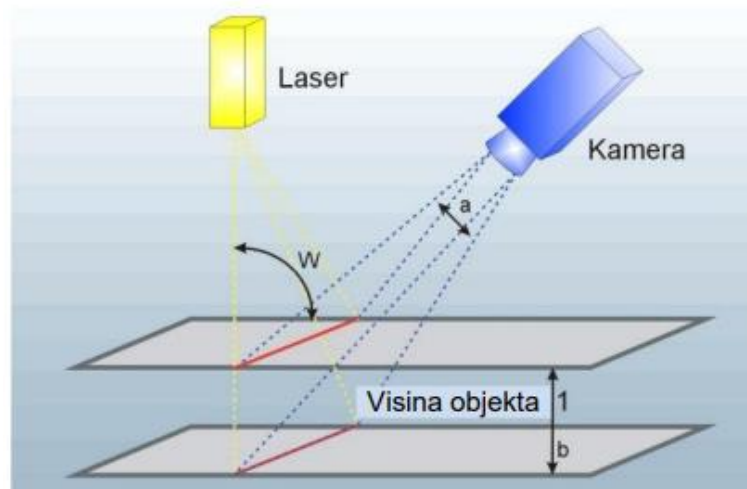
Trenutno je na tržištu više razvijenih 3D skenera različitih proizvođača, a međusobno se razlikuju po broju kamera koje se koriste za snimanje, području snimanja i izvoru svjetla te u pratećim računalnim programima koji se koriste pri vizualizaciji skeniranog tijela i utvrđivanje antropometrijskih mjera. Uzimajući u obzir navedene razlike 3D sustava za skeniranje, trenutno dostupne na tržištu možemo podijeliti na pet osnovnih skupina [24]:

1. Laserski sustav za skeniranje koji koriste lasere kao izvor svjetla,
2. svjetlosni sustavi za skeniranje koji na tijelo projiciraju uzorak strukturiranog, bijelog svjetla,
3. LED sustavi koji za skeniranje koriste infracrvene detektore,
4. Sustavi koji omogućavaju dobivanje sjena tijela na strani suprotnoj od kamere i snimanje 2D obrisa konture tijela. Koriste strukturirano svjetlo kao medij za generiranje 3D modela tijela i
5. Sustavi koji koriste radio-valove za skeniranje površine tijela kroz odjeću.

Mjerenje polarnih koordinata odnosno horizontalnog i vertikalnog kuta te udaljenosti do pojedine točke prostora princip je rada laserskih skenera. Instrument šalje slijed laserskih impulsa kojima je unaprijed određen razmak. Koordinate pojedinih točaka se dobivaju temeljem registriranja ukupnih pomaka sustava odnosno njegov početni položaj te izmjerenu duljinu. Lasersko snimanje daje mogućnost prikupljanja velikog broja 3D podataka o objektu. Oblak točaka naziv je za skup točaka u 3D koordinatnom sustavu, iz kojeg se bez fizičkog pristupa stvarnom objektu ili osobe može izvršiti mjerenje.

Utvrđivanje mjera na tijelu moguće je koristeći se podacima u njihovom izvornom obliku, bez ili sa minimalnom naknadnom obradom [26].

Proizvođači laserskih skenera uz svoje uređaje isporučuju i računalni program koji se koristi za vizualizaciju i utvrđivanje mjera na tijelu. Pomoću programa izvodi se triangulacija 3D točaka pri čemu dolazi do njihovih spajanja te se dobiva površinska mreža koja služi za vizualizaciju objekta te ju je moguće dalje obrađivati u nekom od 3D programa. Proces triangulacije je automatizirani proces u kojem računalno koristi složene matematičke algoritme s obzirom na gustoću točaka koje je potrebno spojiti te pravilno odabrati točke. Svaka točka ima svoje (x, y, z) koordinate koje određuju njezin položaj u trodimenzionalnom Kartezijevom koordinatnom sustavu. Koordinate x, y, z orijentirane su na način da x i y koordinata određuju ravninu na kojoj objekt stoji, a koordinata z je usmjerena okomito na ravninu x, y u smjeru visine objekta kako je vidljivo na sl. 10 gdje oznaka W predstavlja triangulacijski kut, a oznaka b razliku visine [24].



Slika 10: Sustav kamere i lasera koji se koristi za snimanje 3D skenerom - princip optičke triangulacije [24]

7. Eksperimentalni dio

Cilj ovog diplomskog rada je razvoj kroja muškog zaštitnog kombinezona temeljenog na dinamičkim antropometrijskim mjerenjima.

U eksperimentalnom dijelu rada nužno je istražiti slijedeće i obraditi navedene segmente:

1. 3D skeniranje modela muškog tijela u različitim položajima, stajanja te penjanja i saginjanja,
2. Obrada rezultata 3D skeniranog modela tijela u programu GOM Inspect,
3. Antropometrijska izmjera 3D skeniranog modela na određenim područjima u programu GOM Inspect,
4. Konstrukcija temeljnog kroja muških hlača i gornjeg dijela primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme,
5. Usporedba temeljnih krojeva muških hlača,
6. Usporedba dobivenih izmjera na istim područjima tijela u različitim položajima,
7. Proučavanje utjecaja dinamičke antropometrije i kinematičkih lanaca u ljudskom tijelu na razlike rezultata mjerenja pri različitim položajima tijela,
8. Prijedlog idealnog rješenja kroja muškog zaštitnog kombinezona s područja konstrukcije,
9. Prikaz očekivanog funkcioniranja idejnog rješenja na određenim područjima muškog zaštitnog kombinezona,
10. Spajanje temeljnog kroja muških hlača i gornjeg dijela muške baze u kombinezon,
11. Modeliranje konstruiranih temeljnih krojeva kombinezona na temelju 3D skeniranog modela i izmjera istog u različitim položajima i skice modela i
12. Usporedba modeliranih kombinezona prema idejnom rješenju i tjelesnih mjera u različitim položajima.

7.1. 3D skeniranje modela muškog tijela u različitim položajima, stajanja te penjanja i saginjanja

Za potrebe istraživanja i razvoja kroja zaštitnog muškog kombinezona u sklopu rada primijenjen je laserski 3D skener tijela VITUS Smart koji dolazi sa pratećim računalnim programom ScanWorks V.2.7.2., korišten je za skeniranje muškog modela tijela u različitim položajima. Navedeni 3D skener nalazi se na Tekstilno-tehnološkom fakultetu, na Zavodu za odjevnu tehnologiju [27].

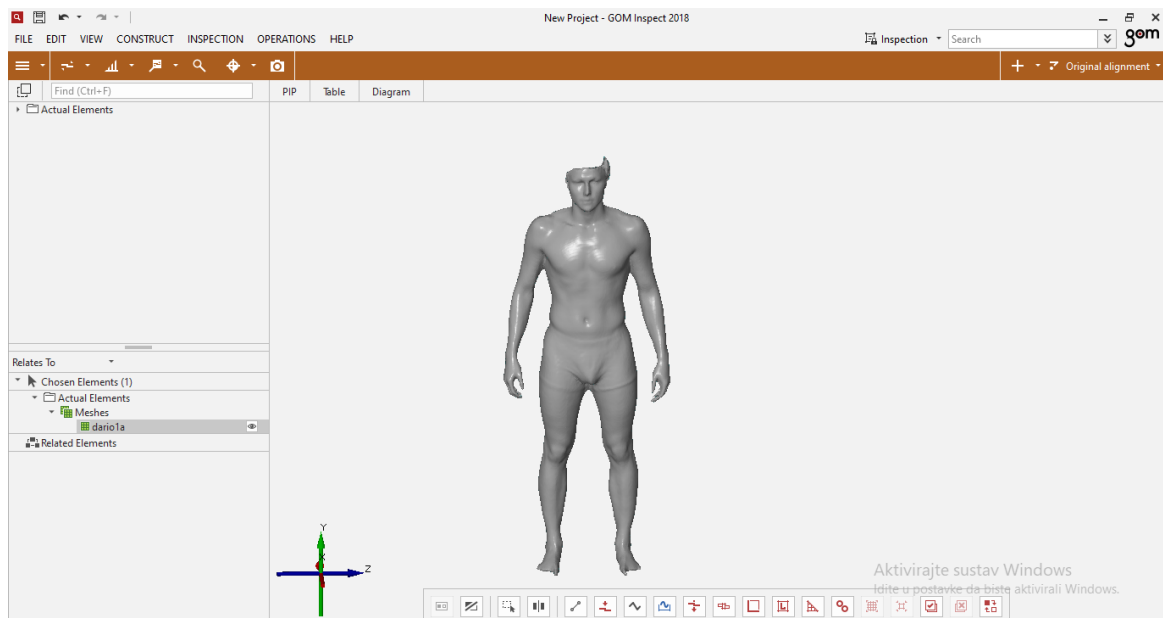
Snimanje tijela je vrlo brzi proces koji traje svega desetak sekundi, a za rezultat daje gustu skupinu 3D točaka koje su raspoređene u paralelne i vodoravne ravnine. 3D skener prikazan na sl. 11 radi na principu laserskih zraka i opremljen je modularnim sustavom sa četiri vodiča koji sadrži po dvije CCD kamere. CCD kamera bilježi udaljenost točaka i pokriva prostor za snimanje 1 x 0,95m i visine 2,03m. Kamerama se izvodi snimanje segmenta tijela te se podaci snimljenog segmenta procesuiraju u računalo brzinom do 40 sekundi [28].



Slika 11: 3D body skener Vitus Smart

7.2. Obrada skeniranih modela tijela u programu GOM Inspect

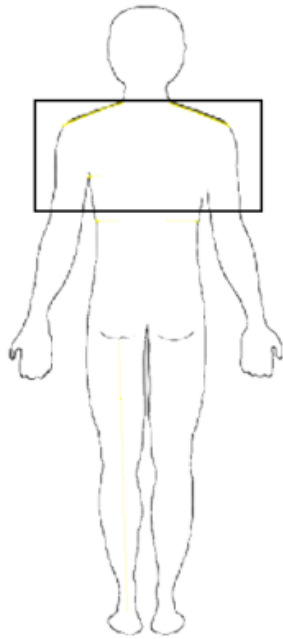
Dobivene rezultate potrebno je obraditi nakon provedenog 3D skeniranja zatvaranjem točaka oblaka radi lakšeg antropometrijskog mjerenja. Program GOM Inspect koji je dio softvera ATOS professional omogućuje beskontaktna mjerenja na rezultatu digitalizacije, editiranje STL datoteke, izradu mjernog izvješća i sl.. Korisničko sučelje je pregledno i vrlo jednostavno. Na lijevoj strani korisničkog sučelja nalaze se različiti moduli, početni zaslon, kalibracija, digitalizacija, obrada podataka te izrada mjernog izvješća i editiranje STL mreže. Sučelje programa GOM Inspect prikazano na sl. 12. Softver GOM koristi se kod razvoja proizvoda, pri kontroli kvalitete i proizvodnji, te je pogodan za preciznu 3D industrijsku metrologiju. GOM Inspect ima mogućnost automatskog preračunavanja oblaka točaka u poligone mreže, redukciju poligonalnih mreža, zatvaranje rupa u mrežama, izrađivanje poligonalnih mreža i slično. Program je dio razreda s najmanjim odstupanjima – klasa 1, te sadrži sve evaluacijske alate koji su potrebni za analizu dijelova i konstrukciju [29].



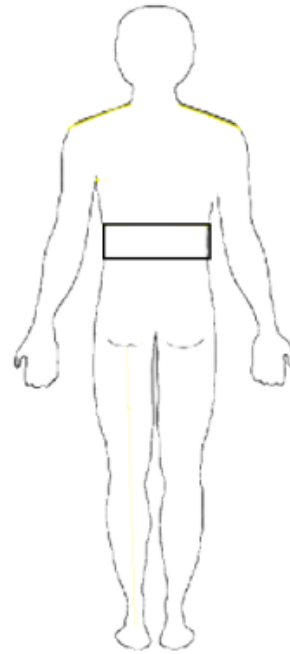
Slika 12: Korisničko sučelje programa GOM Inspect

7.3. Antropometrijska izmjera 3D skeniranog modela tijela za potrebe konstrukcije kombinezona

Antropometrijska mjerenja na 3D skeniranom modelu tijela potrebna su radi utvrđivanja razlika u mjerama na istim područjima, a različitim položajima tijela. Na slikama u nastavku detaljno su prikazana i objašnjena područja na tijelu na kojima će se provesti antropometrijska mjerenja. Područja mjerenja određena su sa pretpostavkom da na navedenim područjima tijela dolazi do sputavanja korisnika zaštitnog kombinezona pri obavljanju određenih aktivnosti. To su područja: širine ramena, opsega grudi, donjeg opsega grudi, prednjeg i stražnjeg dijela noge te duljina od sedmog vratnog kralješka do pete. Sputavanja nastala pri korištenju zaštitnog kombinezona primjerice u svrhu obavljanja aktivnosti prilikom kojih se korisnik saginje ili penje može biti vrlo opasno i za samog korisnika. Područje širine ramena i opsega grudi obuhvaćena su u označenom području prikazanom na sl. 13. Na navedenom području provode se antropometrijska mjerenja zbog pretpostavke promjene antropometrijskih mjera sa promjenom položaja ljudskog tijela. Sa istom pretpostavkom u obzir su uzeta i ostala područja na ljudskom tijelu kako je i navedeno. Područje prikazano na sl. 14 označava područje donjeg opsega grudi. Jedno od najvećih područja za koje se očekuje velika promjena i razlika u rezultatima antropometrijskih mjerenja pri položajima stajanja i penjanja korisnika, prikazano je na sl. 15., područje na ljudskom tijelu od sedmog vratnog kralješka do pete. Također, područja na prednjem i stražnjem dijelu noge prikazanima na sl. 16 i sl. 17



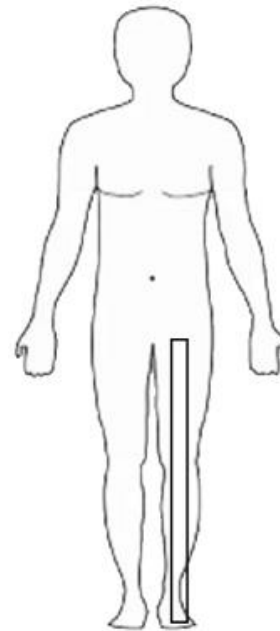
Slika 13: Antropometrijsko mjerenje na području ramena i opsega grudi



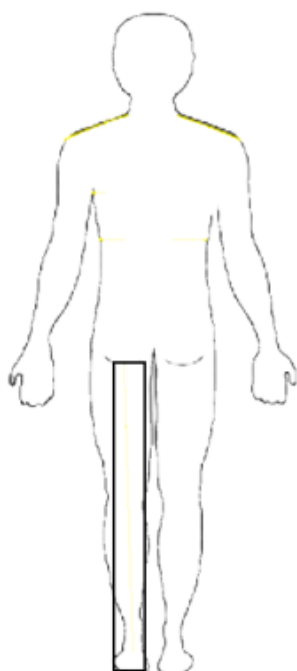
Slika 14: Antropometrijsko mjerenje na području donjega opsega grudi



Slika 15: Antropometrijsko mjerenje na području od sedmog vratnog kralješka do pete



Slika 16: Antropometrijskog mjerenja na području prednjeg dijela noge



Slika 17: Antropometrijsko mjerenje na području stražnjeg dijela noge

7.4. Konstrukcija temeljnog kroja muških hlača i muške baze gornjeg dijela primjenom CAD sustava konstrukcijske pripreme

Nakon provedenih antropometrijskih mjerenja na područjima tijela koja su prethodno prikazana slikama i objašnjena dobiveni su rezultati prikazani u tab. 1. Izmjere dobivene antropometrijskim mjerenjima koje su prikazane u tablici koristit će se pri konstrukciji muškog zaštitnog kombinezona uz glavne i konstrukcijske mjere.

Tablica 1: Rezultati dobiveni računalnim antropometrijskim mjerenjem skeniranog 3D modela muškog tijela

Tjelesne mjere /cm	
Širina ramena	33,5
Donji opseg grudi	32,4
Prednji dio noge	84,2
Stražnji dio noge	77,7
Duljina od sedmog vratnog kralješka do pete	157,3

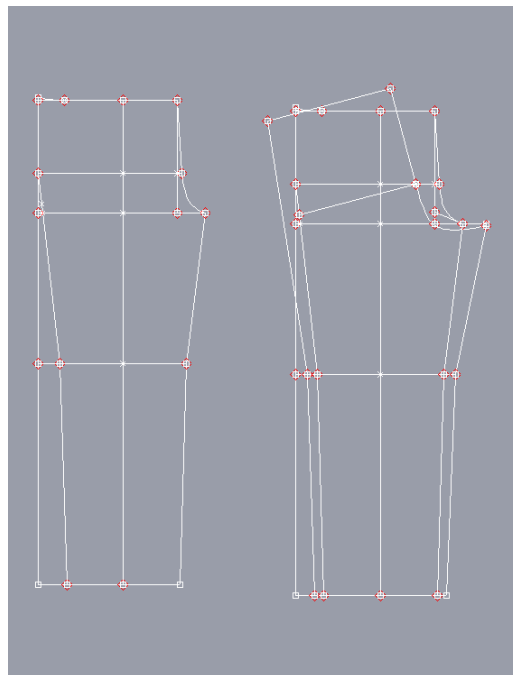
Nakon obrađenih podataka antropometrijskih mjerenja modela muške osobe slijedi konstrukcija muškog kombinezona u odjevnoj veličini 50 koja prema standardu odgovara mjerenoj osobi. Muški kombinezon konstruira se u dva dijela nakon čega se oni spajaju. Konstruiraju se muške hlače i gornji dio kombinezona odnosno gornja muška baza.

Hlače su konstruirane na dva različita načina pri čemu je važno napomenuti da postoje razlike pri osnovnoj konstrukciji. Konstrukcija hlača koja se razlikuje od prethodnih nastala je s ciljem razvoja kroja prilagođenom tjelesnim deformitetima. Napredak u usporedbi s prethodnim krojem muških hlača postignut je dobivanjem veće dubine sjedala. Tako je glavna razlika između njih pozicija linije bokova.

U nastavku su prikazani podaci potrebni za konstrukciju muških hlača. U tab. 2 podaci su za konstrukciju muških hlača sa sl. 18, dok u tab. 3 podaci za konstrukciju muških hlača sa sl. 19.

Tablica 2: Mjere za konstrukciju muških hlača odjevne vel. 50 [25]

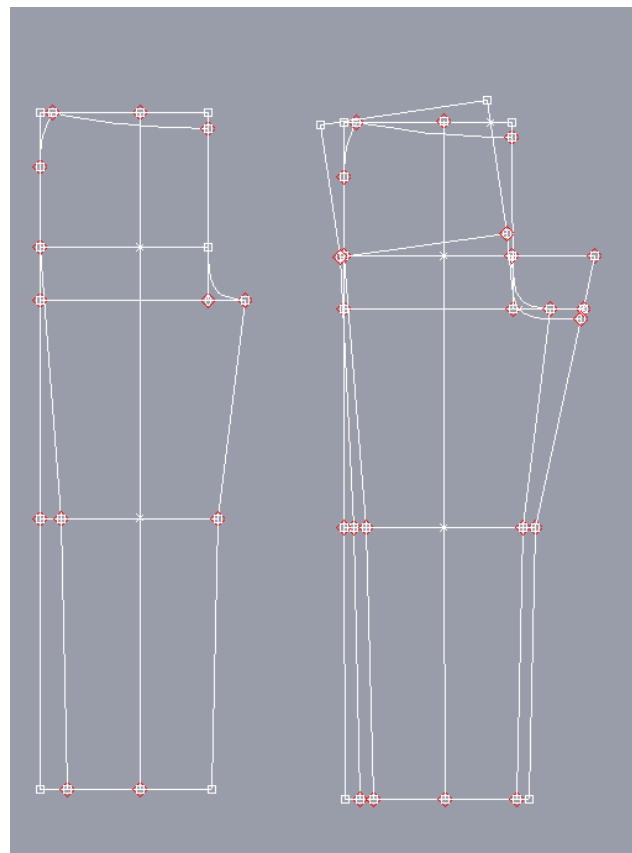
Glavne tjelesne mjere			
Og	Opseg grudi		= 100 cm
Tv	Tjelesna visina		= 172 cm
Os	Opseg struka		= 92 cm
Ob	Opseg bokova		= 106 cm
Konstruktivske tjelesne mjere			
Dh	Duljina hlača	$3/8 Tv - 4,5 \text{ cm}$	= 103 cm
Dk	Duljina kroja	$1/2 Tv - 7 \text{ cm}$	= 79 cm
Ds	Dubina sjedala	$Dh - Dk$	= 24 cm
Pšh	Prednja širina hlača	$1/4 Ob + 3 \text{ do } 4 \text{ cm}$	= 29,5 cm
Sšh	Stražnja širina hlača	$1/4 Ob + 3,5 \text{ cm}$	= 30 cm
Šs	Širina sjedala	$1/4 Ob - 4 \text{ cm}$	= 22,5 cm
Pšs	Prednja širina sjedala	$1/20 Ob + 1 \text{ cm}$	= 6,3 cm
Sšs	Stražnja širina sjedala	$Šs - Pšs$	= 16,2 cm
On	Opseg nogavice		= 46 cm



Slika 18: Prikaz konstrukcije muških hlača odjevne vel 50 [25]

Tablica 3: Mjere za konstrukciju muških hlača odjevne vel. 50 [30]

Glavne tjelesne mjere			
Og	Opseg grudi		= 100 cm
Tv	Tjelesna visina		= 172 cm
Os	Opseg struka		= 92 cm
Ob	Opseg bokova		= 106 cm
Konstruktivske tjelesne mjere			
Db	Dubina bokova	$1/8 Tv$	= 21,5 cm
Ds	Dubina sjedala	$Db + 1/20 Ob + 3 \text{ cm}$	= 24 cm
Pšh	Prednja širina hlača	$1/4 Ob + 0,5 \text{ cm}$	= 27 cm
Pšs	Prednja širina sjedala	$1/20 Ob$	= 5,3 cm
Vk	Visina koljena	$3/8 Tv - 1 \text{ cm}$	= 63,5 cm
Dk	Duljina kroja	$1/2 Tv - 7 \text{ cm}$	= 79 cm
On	Opseg nogavice		= 46 cm

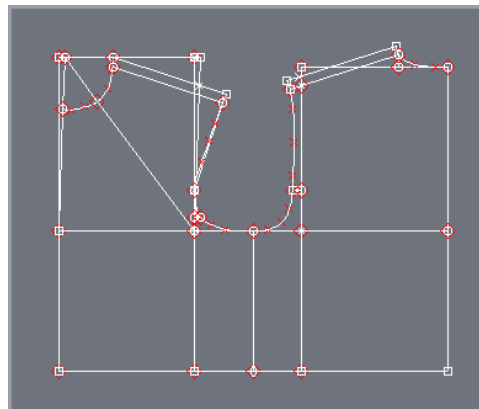


Slika 19: Prikaz konstrukcije muških hlača odjevne vel. 50 [30]

Za potpuni kroj kombinezona potrebna je konstrukcija baze gornjeg muškog dijela također u odjevnoj veličini 50 koja prema standardu odgovara mjerenoj osobi [25]. Isti kroj baze gornjeg muškog dijela kao što je prikazan na sl. 20 bit će spojen sa različitim temeljnim konstrukcijama muških hlača u kombinezon.

Tablica 4: Mjere za konstrukciju gornjeg dijela muškog kombinezona odjevne vel. 50 [25]

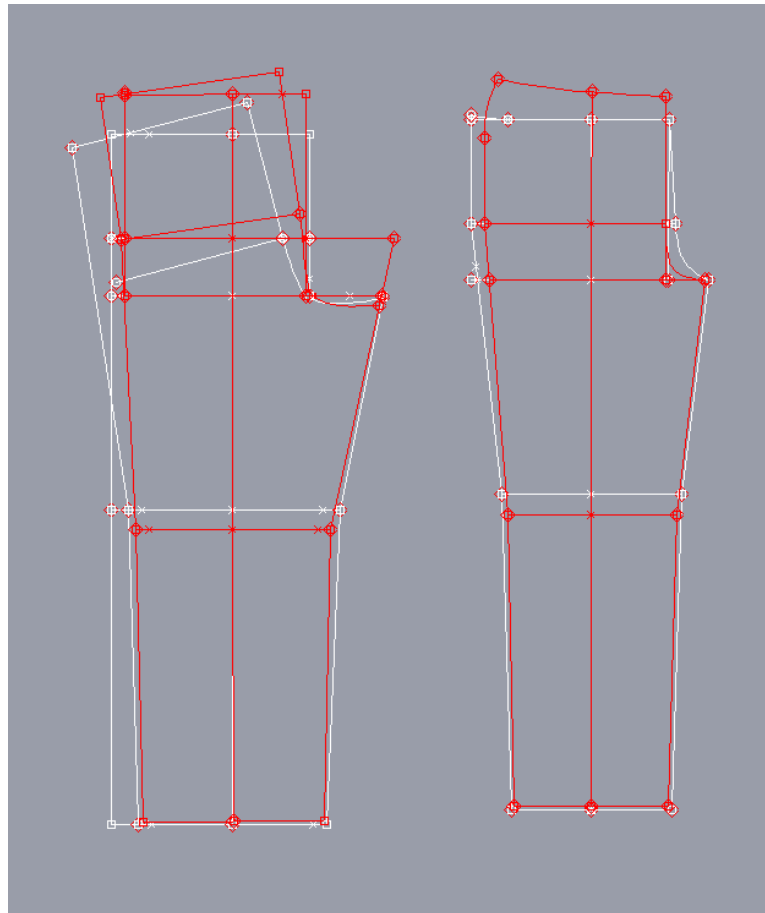
Glavne tjelesne mjere			
Og	Opseg grudi		= 100 cm
Tv	Tjelesna visina		= 172 cm
Os	Opseg struka		= 92 cm
Ob	Opseg bokova		= 106 cm
Konstruktivske tjelesne mjere			
Do	Dubina orukavlja	$1/10 \text{ Og} + 12 \text{ cm} + 5 \text{ do } 6 \text{ cm}$	= 27 cm
Dl	Duljina leđa	$1/4 \text{ Tv} + 2 \text{ cm} + 5 \text{ do } 6 \text{ cm}$	= 50 cm
Švi	Širina vratnog izreza	$1/20 \text{ Og} + 3 \text{ cm}$	= 8 cm
Vp	Visina prednjice	$\text{Do} + 1,5 \text{ do } 2,5 \text{ cm}$	= 28,5 cm
Šl	Širina leđa	$1/8 \text{ Og} + 6,5 \text{ cm} + 5 \text{ do } 6 \text{ cm}$	= 24 cm
Šo	Širina orukavlja	$1/8 \text{ Og} - 1 \text{ cm} + 6 \text{ do } 7 \text{ cm}$	= 17,5 cm
Šg	Širina grudi	$1/4 \text{ Og} - 5,5 \text{ cm} + 3 \text{ do } 4 \text{ cm}$	= 22,5 cm
Šl + Šo + Šg			64
- 1/2 Og			-50
Komocija na 1/2 kroja			=14 cm



Slika 20: Konstrukcija baze muškog gornjeg dijela vel. 50 [25]

7.5. Usporedba temeljnih krojeva muških hlača

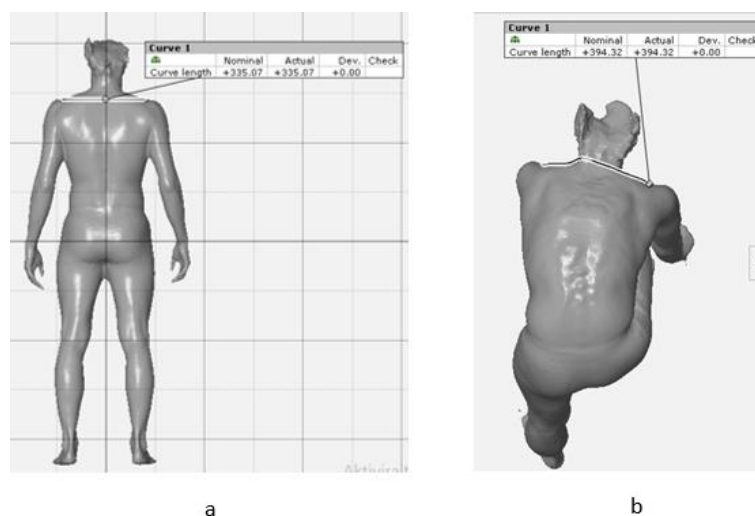
Konstrukcije muških hlača su uspoređene te je vidljiva razlika na području dubine sjedala koja će utjecati na daljnju pristalost kombinezona. Konstrukcija muških hlača prethodno konstruirana i prikazana na sl. 19 je na sl. 21 prikazana crvenom bojom, i položena na konstrukciju muških hlača koja je prethodno konstruirana i vidljiva na sl. 18. Krojevi muških hlača preklopljeni su prema središnjoj osi nogavice i liniji bokova. Dobivena razlika u dubini sjedala nakon izmjere oba kroja je deset centimetara što je znatna razlika. Očito je da će prikazana razlika u dubini sjedala imati utjecaj na završni rezultat odnosno na sam kombinezon.



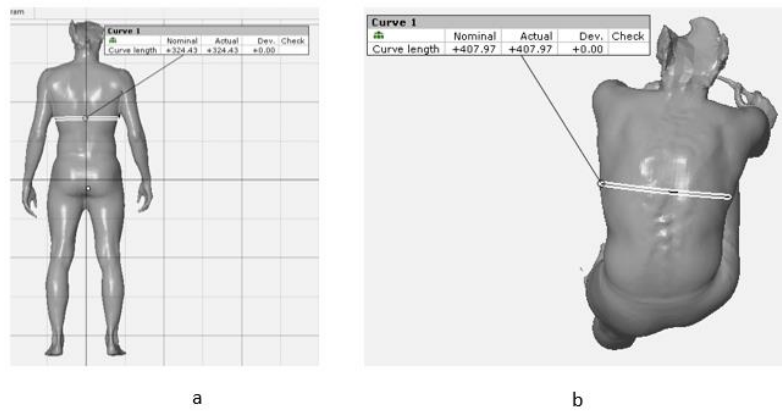
Slika 21: Usporedba temeljne konstrukcije muških hlača

7.6. Računalno utvrđivanje tjelesnih mjera na 3D skeniranom modelu tijela

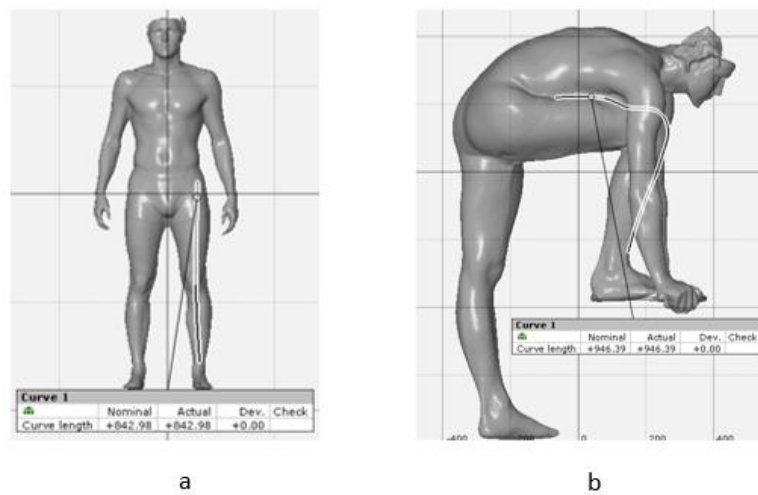
U nastavku rada prikazano je računalno utvrđivanje tjelesnih mjera na 3D skupini točaka koje su rezultat snimanja modela muške osobe pomoću 3D skenera. Rezultati računalnog utvrđivanja istih antropometrijskih mjera na tijelu u različitim položajima prikazana su u tablici uz grafički prikaz pozicije mjerenja na tijelu. Mjerenja su provedena za položaj stajanja i položaj penjanja, uz napomenu da su to samo nekih od položaja kojima se osoba kreće koristeći zaštitni kombinezon. Antropometrijska mjerenja provedena na područjima tijela u položajima stajanja (a) i penjanja (b) prikazana su i objašnjena na sl. 22 do sl. 26. Položaj penjanja prikazan na slikama ako se promatra u segmentima gornjeg i donjeg dijela tijela može se poistovjetiti sa saginjanjem ili penjanjem uz stube. Područja tijela na kojima su provedena antropometrijska mjerenja smatraju se ključnima i potencijalnim za nastajanje problema prilikom korištenja zaštitnog kombinezona za obavljanje određenih aktivnosti. Područja s problemima na postojećem kroju muškog zaštitnog kombinezonima umanjuju njegovu funkcionalnost zbog smanjenog neusklađenog gibanja materijala odjevnog predmeta i tijela. Pretpostavka je da područja koja su odabrana za antropometrijska mjerenja najbolje ukazuju na razliku u mjerenjima u položajima stajanja i penjanja. Kod zaštitnih kombinezona zasigurno je cilj postići što veću funkcionalnost istog te da on zaštiti korisnika u uvjetima za koje je zaštitni kombinezon namijenjen.



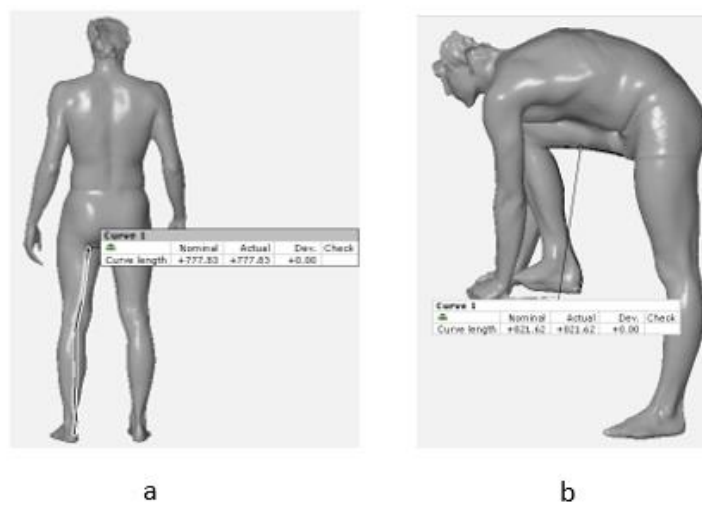
Slika 22: Antropometrijsko mjerenje na području širine ramena na 3D modelu



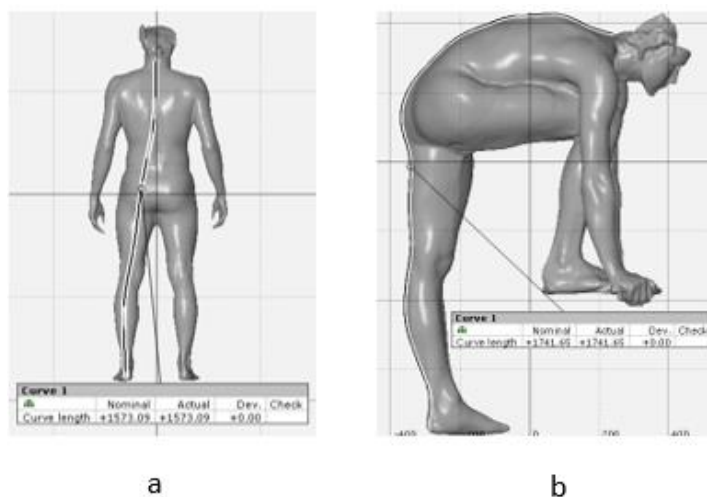
Slika 23: Antropometrijsko mjerenje na području opsega grudi na 3D modelu



Slika 24: Antropometrijsko mjerenje područja prednjeg dijela noge na 3D modelu



Slika 25: Antropometrijsko mjerenje područje stražnjeg dijela noge na 3D modelu



Slika 26: Antropometrijsko mjerenje područja od sedmog vratnog kralješka od pete na 3D modelu

Temeljem dobivenih izmjera tijela postoji znatna razlika mjera na osnovu položaja u kojem se korisnik nalazi. Iz tab. 5 vidljivo je da su izmjere manjih vrijednosti u položaju u kojem korisnik stoji nego li u položaju u kojem se korisnik penje.

Tablica 5: Rezultati dobiveni antropometrijskim mjerenjem skeniranog 3D modela muškog tijela

Tjelesne mjere /cm	Položaji tijela		Razlika mjera /cm
	Položaj stajanja	Položaj penjanja	
Širina ramena	33,5	45,0	11,5
Donji opseg grudi	32,4	40,8	8,4
Prednji dio noge	84,2	94,6	10,4
Stražnji dio noge	77,7	82,1	4,4
Duljina od sedmog vratnog kralješka do pete	157,3	174,2	16,9

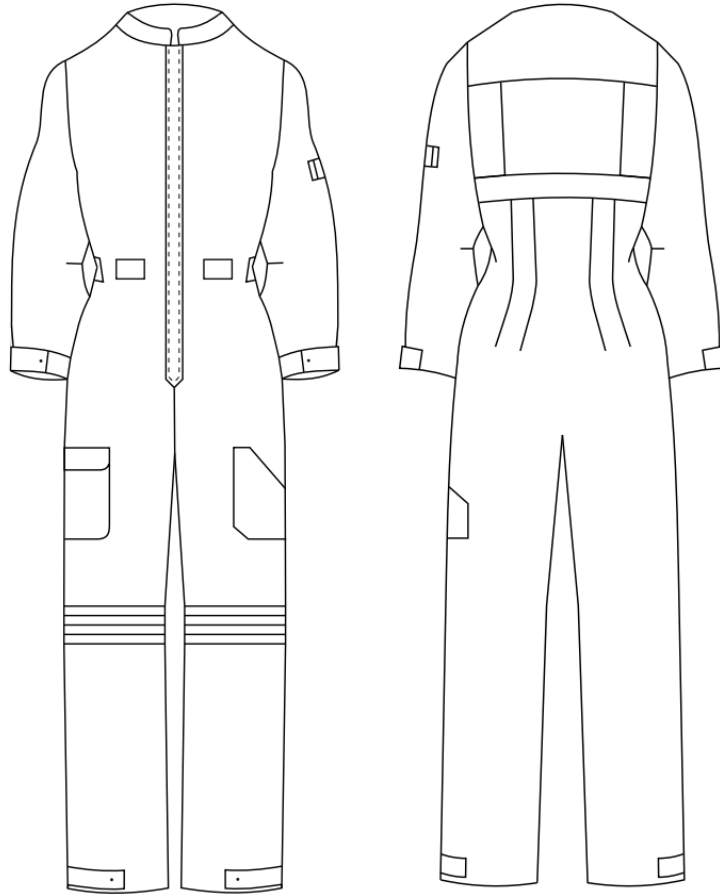
8. REZULTATI I RASPRAVA

Na temelju ulaznih podataka: konstrukcije gornjeg i donjeg dijela kombinezona i mjerenja 3D modela tijela mogu se predložiti konstrukcijska i dizajnerska rješenja. Vidljiva je potreba da na određenim dijelovima tijela kombinezon mora pratiti pokret korisnika koji ga nosi. U suprotnom zaštitni kombinezon ne može biti u potpunosti funkcionalan jer sputava korisnika u obavljanju određenih aktivnosti poput penjanja, čučnja ili istezanja. Također, iz podataka u tab. 5 može se zaključiti da su ispravno određena područja antropometrijskih mjerenja. Moguće je provesti i antropometrijska mjerenja na drugim područjima tijela u različitim položajima. Ukoliko u navedenim ispitivanjima razlika u rezultatima bude minimalna ili je ne bude, sa sigurnošću su prethodno određena područja ispravna.

Obzirom na vidljivi problem, ukazala se potreba za razvojem novog kroja muškog zaštitnog kombinezona koji korisnika neće sputavati u aktivnostima koje obavlja. Razvoju kroja muškog zaštitnog kombinezona prethodi temeljna konstrukcija muškog kombinezona koji će se dalje modelirati prema idejnom rješenju ukazanih problema i nedostataka na istom. Obzirom da je temelj muškog zaštitnog kombinezona prethodno konstruiran slijedeći korak je osmišljavanje idejnog rješenja i izrada idejne skice muškog zaštitnog kombinezona. Na temelju idejne skice muškog zaštitnog kombinezona prikazanog na sl. 27 modelira se temeljni kroj istog.

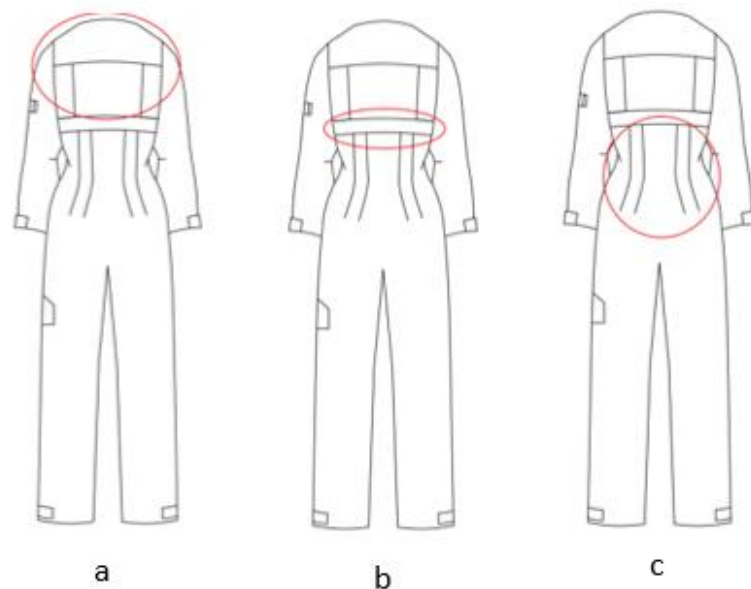
Na temelju podataka o dinamičkoj antropometriji odnosno o amplitudama kretanja zglobova i kinematičkih lanaca koji su povezani u različitim radnim položajima osobe bit će ergonomski dizajniran jednodijelni muški zaštitni kombinezon. Prema dinamičkim mjerenjima dosega ruke i kretanja amplitude zglobova određen je položaj džepova i zatvarača. Zaštitni kombinezon kao odjevni predmet čine veliki krojni dijelovi koji se izrađuju od čvrstih materijala, a tipovi šavova i način šivanja definiraju se u skladu sa zahtjevima čvrstoće i elastičnosti. Obzirom da su navedeni elementi određeni i da se na njih ne može previše utjecati potrebno je pronaći konstruktivna rješenja koja će omogućiti neometano kretanje i rad te time smanjiti moguće nesreće koje se mogu dogoditi zbog ograničenog kretanja.

8.1. Prijedlog idejnog rješenja kroja kombinezona s područja konstrukcije na temelju dinamičke antropometrije



Slika 27: Skica idejnog rješenja muškog zaštitnog kombinezona

Na slikama u nastavku su detaljno prikazana i opisana područja muškog zaštitnog kombinezona koja treba uskladiti sa pokretima tijela. Rješenja za svaki uočeni problem temelj su dosadašnjeg provedenog istraživanja u svrhu razvoja muškog zaštitnog kombinezona. Na temelju podataka iz tablice dobivenih antropometrijskim mjerenjem, promatrajući djelovanja sile pri određenim pokretima tijela, dinamičke antropometrije uočene su potrebe i smjerovi u kojima je potrebno pronaći rješenje.



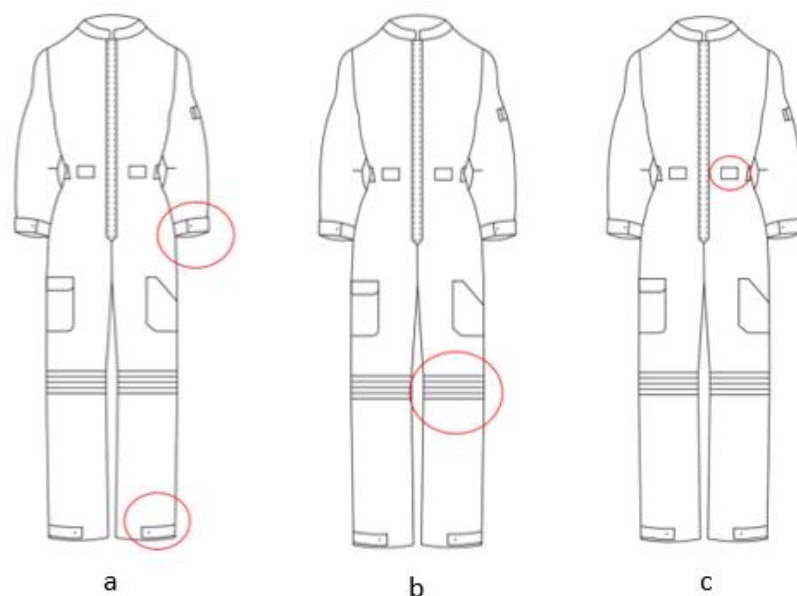
Slika 28: Idejna rješenja stražnjeg dijela zaštitnog kombinezona

Na sl. 28 prikazano je idejno rješenje za stražnji dio muškog zaštitnog kombinezona. Idejno rješenje za područje širine ramena i opsega grudi vidljivo je na slici 28a. Područje koje zahtjeva širenje kombinezona u vodoravnom smjeru riješeno je dodavanjem dva nabora. Nabori će prilikom svog širenja u vodoravnom smjeru korisniku pružiti komociju u tom dijelu zaštitnog kombinezona. Otvaranjem nabora oslobađa se dodatni dio materijala, odnosno kombinezona bez kojeg korisnik osjeća određena zatezanja na području opsega grudi. Oplećnica i rukavi su krojni dijelovi kombinezona koji ostaju konstrukcijski nepromijenjeni. Nabori na stražnjem dijelu kombinezona utječu na rukave te ne umanjuju funkcionalnost zaštitnog kombinezona. Nabor svojim otvaranjem u određenim položajima korisnika kombinezona osigurava gibanje rukava u skladu sa pokretima tijela.

Idejno rješenje za područje donjeg opsega grudi prikazano je na sl. 28b. Vidljivo je da je to područje koje se nastavlja na idejno rješenje prikazano sl. 28a koje osigurava vodoravno širenje kombinezona, iz čega se može zaključiti da će i ovo područje imati isti zahtjev. Ispod nabora nalazi se tunnel u koji se ušiva elastična traka. Predviđena je elastična traka čija je širina pet centimetara, a koja se također širi u vodoravnom smjeru kao i nabor ispod kojeg se nalazi. Nabor i elastična traka ispod njega zajedno savršeno rješavaju problem koji nastaje na području leđa pri pokretima širenja ruku i saginjanja korisnika. Osim što navedeno rješenje rješava problem kada se korisnik nalazi u položaju

penjanja, ono je i rješenje za sve pokrete koje korisnik može raditi, a da pri tome koristi gornji dio tijela.

Uočena je potreba za produljenjem kombinezona na području leđa, odnosno dubini sjedala, ali i širenje kombinezona u okomitom smjeru. Najveća potreba na ovom području je u slučaju penjanja, istezanja ili saginjanja korisnika. Slučajevi su to u kojima je cijelo tijelo jedan kinematički lanac. Primjerice, pokretom ruke prilikom položaja saginjanja nastavno na pokret saginjanja korisnik podiže nogu s ciljem penjanja što je rezultat utjecaja kinematičkih lanaca u modelu ljudskog tijela. Rješenje za navedeno područje su dva okomita tunela sa ušivenom elastičnom trakom prikazanom na sl. 28c. Elastična traka ušivena u tunele se širi u okomitom smjeru u slučaju penjanja ili saginjanja korisnika u zaštitnom kombinezonu, dok u stajaćem položaju ne stvara višak kombinezona koji bi mogao smetati.



Slika 29: Idejna rješenja prednjeg dijela zaštitnog kombinezona

Na sl. 29 prikazana su idejna rješenja prednjeg dijela zaštitnog kombinezona. Dodane kopče na duljini rukava i nogavica prikazane na sl. 29a daju mogućnost sužavanja duljine što omogućava neometano izvršavanje određenih aktivnosti u zaštitnom kombinezonu. Osim što omogućuju neometano izvršavanje određenih aktivnosti zadržavajući duljinu rukava, kopče imaju svrhu držati duljinu rukava na za to predviđenom mjestu, zglobu

ruke. Ukoliko se rukav podigne i otkrije područje ruke koje treba biti zaštićeno od opasnih medija njegova funkcionalnost i zaštita korisnika je smanjena te je povećana opasnost za otkriveni dio ljudskog tijela. Kao dodatak, na rukavu se nalazi i vrpca u koju je moguće umetnuti manji alat.

Dodana kopča na duljini nogavice ima istu funkciju kao i dodana kopča na duljini rukava. Sve prethodno navedeno za zglob ruke vrijedi i za zglob noge prilikom podizanja nogavice.

Problem koji se ističe na području prednjeg odnosno stražnjeg dijela noge zahtijeva širenje kombinezona u okomitom smjeru. Iz tab. 5 u kojoj su navedene razlike dobivenih antropometrijskih izmjera vidljivo je da su podatci dobiveni u položaju stajanja za oba područja manji nego u položaju penjanja. Ako se uzme u obzir da je u oba slučaja korisnik u zaštitnom kombinezonu događa se određena situacija u kojoj se nogavica zaštitnog kombinezona podiže, što je posljedica savijanja koljena. U ovom slučaju nije dovoljna prethodno spomenuta kopča na duljini. Obzirom da problem nastaje pri savijanju koljena poseže se za rješenjem na tom području. Stoga je u području koljenja smješteno više manji nabora u nizu koji se rastvaraju u slučaju savijanja koljena, ali i ponovno zatvaraju prilikom ispravljanja noge. Nabori su prikazani na sl. 29b.

Na prednjem dijelu kombinezona uočena je i potreba za manjim tunelom u koji će biti ušivena elastična traka. Pozicija elastične trake na prednjem dijelu vidljiva je na sl. 29c. Elastična traka na prikazanom području ima funkciju širenja u vodoravnom smjeru prilikom pokreta saginjanja korisnika kombinezona. Navedenim efektom elastične trake neće se stvarati višak kombinezona koji korisniku može smetati prilikom obavljanja određene aktivnosti. Osim toga, smanjuju se moguće opasnosti prilikom nastajanja navedenog viška koji može ostati u određenim područjima u okolini korisnika.

Osim svih prethodno detaljno opisanih detalja muškog zaštitnog kombinezona isti na prednjem dijelu ima letvicu preko zatvarača kojim se kopča kombinezon zbog njegove zaštite. Iako su postavljene elastične trake u struku kako se ne bi stvarao višak na koji dodatno utječe i zatvarač zbog svoje težine i krutosti i njega je potrebno zaštititi. Zatvarač kao takav također može korisnika dovesti u opasnost ukoliko njime povuče predmet iz svoje okoline. Ukoliko dođe do oštećenja zatvarača smanjuje se funkcionalnost zaštitnog kombinezona.

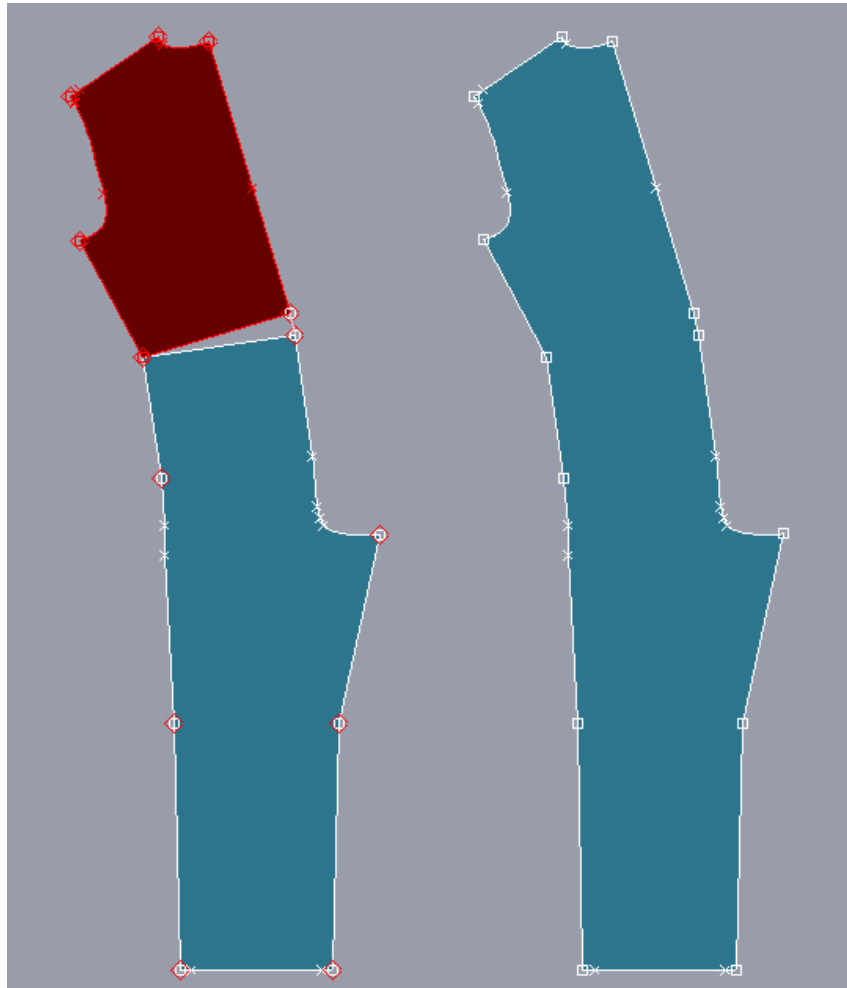
Kombinezon prikazan na skici idejnog rješenja ima stojeći ovratnik. Stojeći ovratnik kao takav također može imati i funkciju da zaštiti vrat od raznih vanjskih neželjenih utjecaja. Kombinezon na području potkoljenica ima džepove koji su korisniku dostupni u svim njegovim položajima. Za određivanje pozicije džepa provedeno je ispitivanje za najprikladnije mjesto na kombinezonu. Bitno je da korisnik pri posezanju prema džepu ne mora trošiti dodatan napor, dodatno se saginjati ukoliko se džep stavi prenisko na nogavici i sl. Osim toga, važno je da sadržaj džepa u ni jednom položaju ne sprječava korisnika u obavljanju određenih aktivnosti.

Sva rješenja osmišljena su s ciljem poboljšanja kroja i povećanja funkcionalnosti zaštitnog kombinezona. Pažnja je posvećena i estetskom izgledu zaštitnog kombinezona, ali nije postavljena ispred njegove funkcionalnosti i udobnosti za korisnika. Osim prvotnog cilja osmišljavanja konstrukcijskog rješenja za muški zaštitni kombinezon, cilj je i usporediti dva kombinezona modelirana s istim rješenjem, a koja se razlikuju u načinu konstrukcije muških hlača detaljnije prethodno opisan kroz eksperimentalni dio rada.

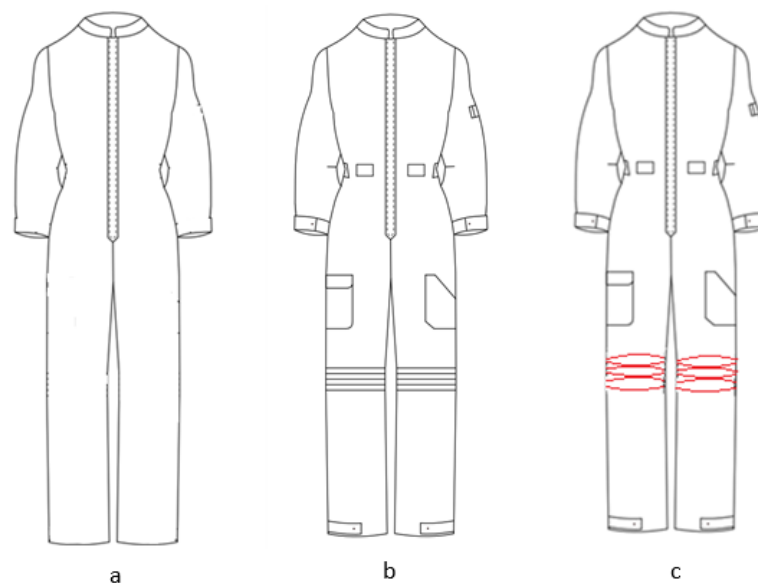
8.2. Modeliranje konstruiranih kombinezona uz prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja prema područjima na kojima su uočeni problemi

Nakon konstrukcije temeljnih krojeva muških hlača i gornje dijela muške baze slijedi spajanje navedenih krojeva u jedan koji zajedno čine muški zaštitni kombinezon. Općenito spajanje kombinezona temelji se na spajanju baze gornjeg dijela i hlača. Spajanje gornje baze sa sl. 20 i muških hlača sa sl. 18 spojeno je upravo na taj način na koji se baza gornjeg dijela nastavlja na muške hlače. Kombinezon spojen od gornje baze sa sl. 20 i muških hlača čija je konstrukcija prikazana na sl. 19, a prikazan je na sl. 30, spojen je na način da je dodano četiri centimetra u području dubine sjedala zbog potrebne komocije utvrđene u tab. 5. Iako je sasvim logično da je kombinezon rezultat spajanja baze gornjeg dijela i hlača ipak se pokazalo da ima mjesta za napredak u tom koraku. Kombinezon kao takav dostupan je na tržištu i korisnici ga kao takvog koriste. Korisnici koji uočavaju poneke poteškoće i nedostatke u trenutnom kroju kombinezona ne osvrću se previše na to zbog neupućenosti u mogućnost napretka i razvoja na tom području. Uočene probleme pripisuju krivom kroju kombinezona. Idejna rješenja predložena su s

ciljem da odgovaraju što većem broju korisnika, odnosno da su rješenja univerzalna i primjenjiva na zaštitnim kombinezonima za sve namjene. U nastavku je detaljno prikazano i objašnjeno modeliranje svakog dijela muškog zaštitnog kombinezona koje je provedeno u programskom paketu Modaris tt. Lectra.



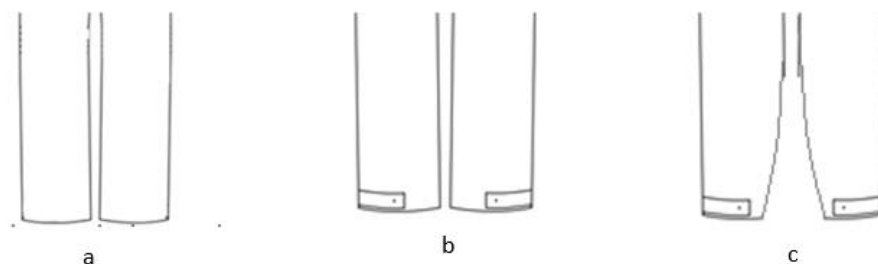
Slika 30: Spajanje muških hlača (sl.19) i baza gornjeg dijela (sl.20)



Slika 31: Prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja za područje prednjeg i stražnjeg dijela noge kod muškog zaštitnog kombinezona

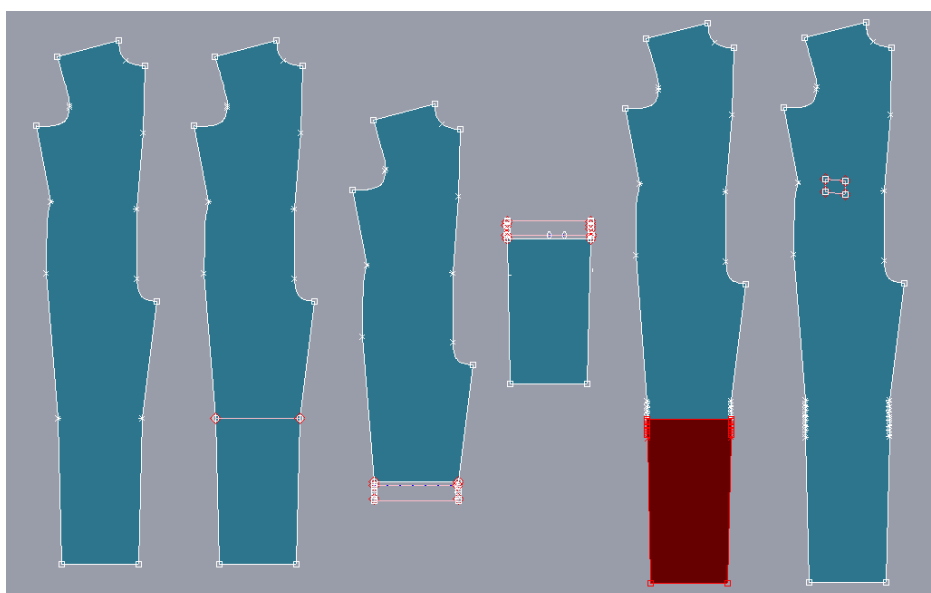
Nakon spajanja baze gornjeg dijela i muških hlača dobiveni kombinezon potrebno je modelirati prema idejnim rješenjima. Na sl. 31 prikazan je očekivani način funkcioniranja idejnog rješenja koje je predloženo za područje prednjeg i stražnjeg dijela noge. Na slici su prikaza tri kombinezona. Prvi kombinezon prikazan na sl. 31a kombinezon je koji je trenutno dostupan na tržištu. Zatim kombinezon sa idejnim rješenjem na sl. 31b, nakon kojeg slijedi kombinezon na sl. 31c na kojem je vidljivo kako bi rješenje na određenom području, području koljena trebalo funkcionirati. U području koljena smještene su četiri nabora čija je širina dva centimetra. Očekuje se da će se pri savijanju koljena navedeni nabori prateći liniju tijela otvoriti. Otvaranjem nabora dobiva se traženi efekt koji ne pruža zatezanje pri korištenju kombinezona, ali i zadržava postojeću duljinu nogavica. Ukoliko korisnik odjeven u prvi kombinezon sa slike savije koljeno, osim određenih zatezanja nogavica se podiže, korisniku u tom trenutno dio noge ostaje ne zaštićen.

Osim rješenja sa naborima, na duljinu nogavice dodana i je traka koja daje mogućnost sužavanja duljine nogavice i zadržavanja duljine na predviđenoj poziciji, a prikazana je na sl. 32. Princip i očekivanja funkcioniranja trake na duljini kombinezona prethodno je objašnjeno u dijelu pod nazivom Prijedlog idejnog rješenja kroja kombinezona s područja konstrukcije na temelju dinamičke antropometrije. Način prikaza sl. 32 isti je kao i prikaz sl. 31.

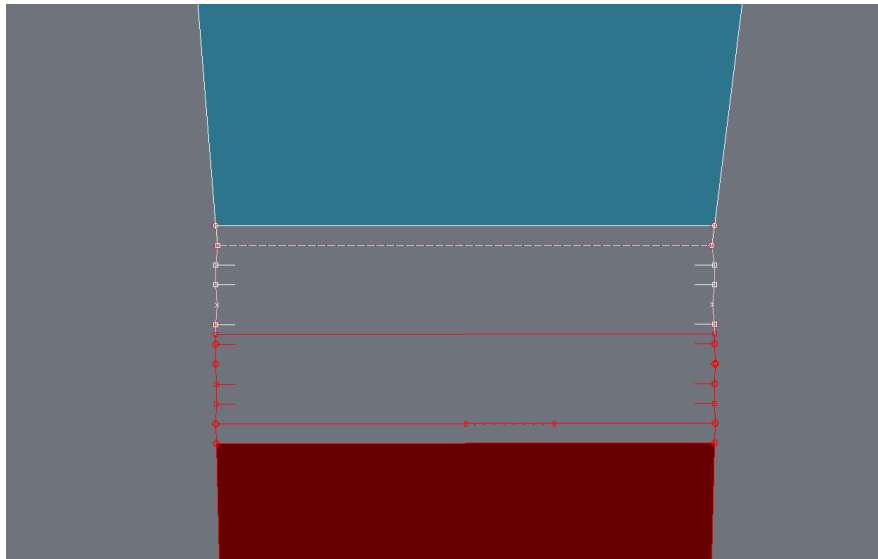


Slika 32: Prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja na području duljine muškog zašitnog kombinezona

U nastavku slijedi prikaz modeliranja temeljnog kroja zašitnog kombinezona, odnosno njegova prednjeg dijela prema idejnom rješenju. Modeliranje je provedeno na temelju antropometrijskih mjerenja modela tijela, a prikazano je na sl. 33 uz oznaku 1 kako će i u nastavku biti označeno modeliranje ovog modela kombinezona. Osim što su modelirani nabori čija je funkcija prethodno objašnjena vidljivo je i područje za tunel u koji se ušiva manja elastična traka. Nabori su modelirani na način da se kroj rezaao u području koljena. Nakon dodavanja određenog broja nabora na gornjem i donjem dijelu u odnosu na liniju koljena krojne dijelove bilo je potrebno ponovno spojiti u cjelinu. Uvećani prikaz nabora prikazan je na sl. 34.

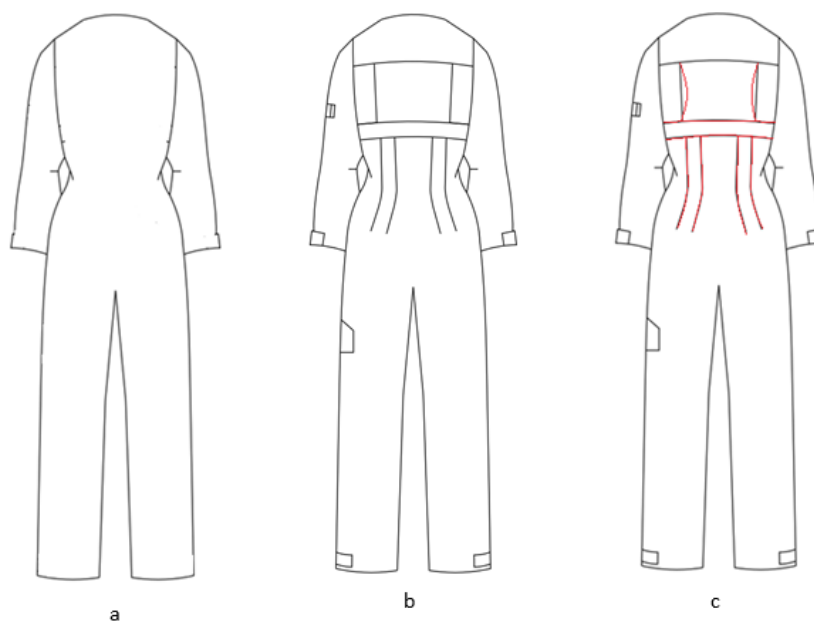


Slika 33: Modeliranje prednjeg dijela muškog zašitnog kombinezona 1



Slika 34: Prikaz modeliranja nabora u području koljena

Iako se modeliraju dva kroja kombinezona, način modeliranja oba je identičan. Razlike postoje samo u modeliranju stražnjih dijelova, no ona je već prikazana i objašnjenja u poglavlju Usporedba temeljnih krojeva muških hlača. Preostali dio modeliranja stražnjih dijelova zaštitnih kombinezona prikazan je u nastavku. Na sl. 35 prikazan je očekivani način funkcioniranja idejnih rješenja.



Slika 35: Prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja na stražnjem dijelu muškog zaštitnog kombinezona

Način prikaza stražnjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona i načina funkcioniranja idejnog rješenja je isti kao i prikaz prednjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona i načina funkcioniranja idejnog rješenja.

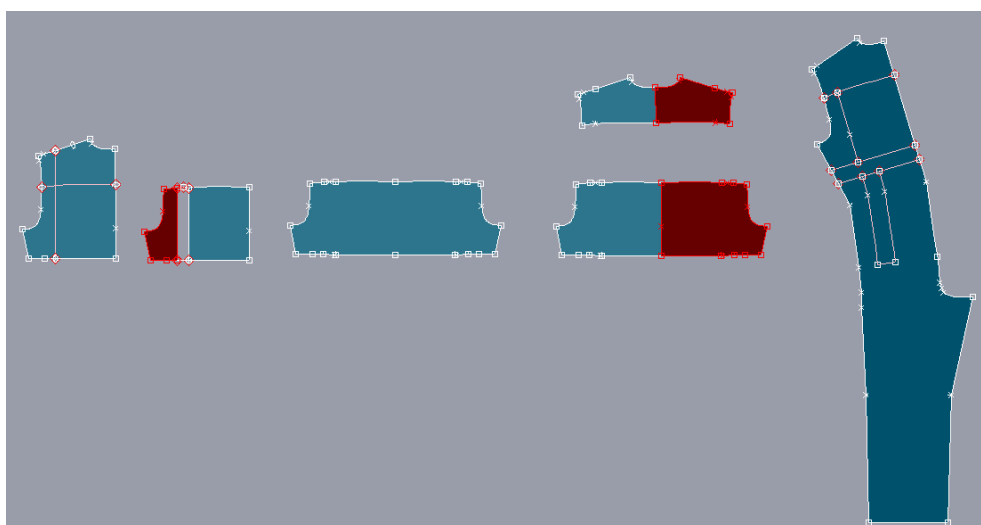
Prvi je trenutni kombinezon na tržištu na sl. 35a, nakon kojeg je prikazan kombinezon na sl. 35b sa idejnim rješenjima. Na kraju je kombinezon na sl. 35c koji prikazuje očekivana rješenja na području širine ramena, opsega grudi, donjeg opsega grudi, ali i područja od sedmog vratnog kralješka do pete. Crvenom bojom vidljiva je očekivana pozicija nabora nakon njegova otvaranja koje se događa uslijed korisnikove aktivnosti koja to zahtjeva. Najčešće se navedeno otvaranje nabora očekuje pri položajima penjanja i saginjanja kada korisnik u potpunosti promjeni svoj položaj tijela pod utjecajem djelovanja dinamičke antropometrije i kinematike.

Slijedi modeliranje stražnjeg dijela kombinezona prema idejnoj skici sa rješenjima, na temelju antropometrijskih izmjera modela tijela. Na sl. 36 vidljiv je postupak navedenog modeliranja kroja za gornji dio zaštitnog kombinezona. Pozicija nabora određena je na 1/3 od orukavlja. Točka određena na ramenu spuštena je na duljinu oplećnice koja je početna točka nabora i paralelna je sa sredinom leđa te se prilikom obavljanja određenih aktivnosti širi vodoravno. Krojni dijelovi oplećnice i nabora su simetrični.



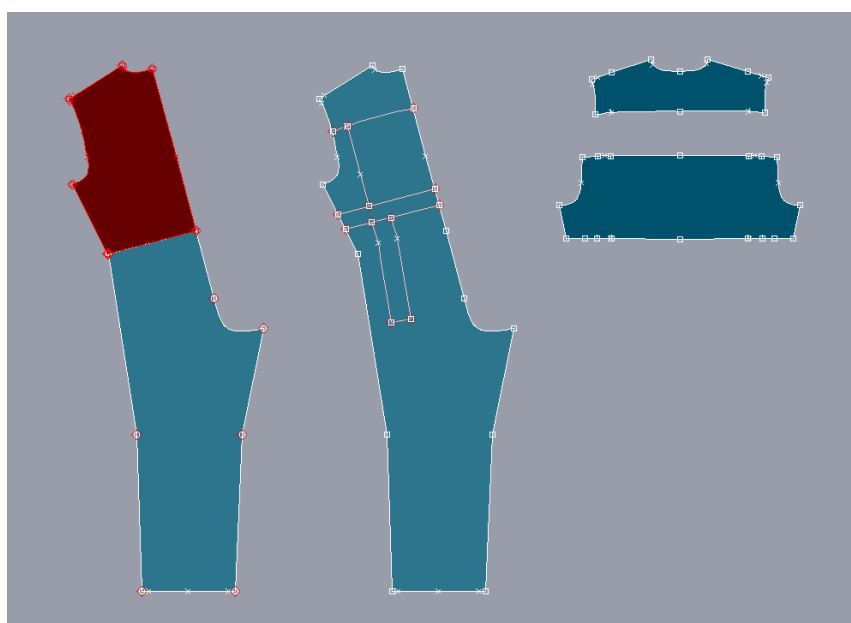
Slika 36: Modeliranje gornjeg dijela zaštitnog kombinezona 1

Na sl. 37 je uz modelirane krojne dijelove gornjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona prikazano i područje tunela u koji se ušivaju elastične trake. Tunnel ispod nabora je za elastičnu traku širine četiri centimetra vodoravnog istežanja, te tunnel koji je predviđen za elastičnu traku okomitog istežanja.

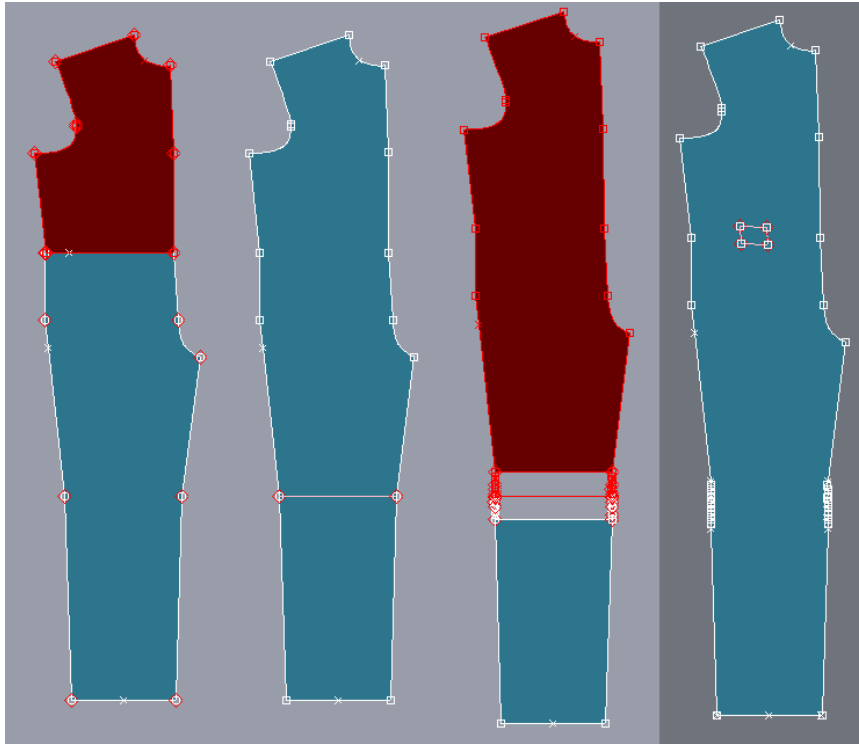


Slika 37: Modeliranje stražnjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 1

Modeliranje muškog zaštitnog kombinezona prema skici sa idejnim rješenjima ponovljeno je na muškom zaštitnom kombinezonom koji ima dio muških hlača konstruiran i prikazan na sl. 18 i bazu gornjeg dijela sa sl. 20. Modeliranje stražnjeg dijela prikazano je na sl. 38 uz oznaku 2 kako će dalje označavati i dalje kroz rad, dok je modeliranje prednjeg dijela prikazano na sl. 39.

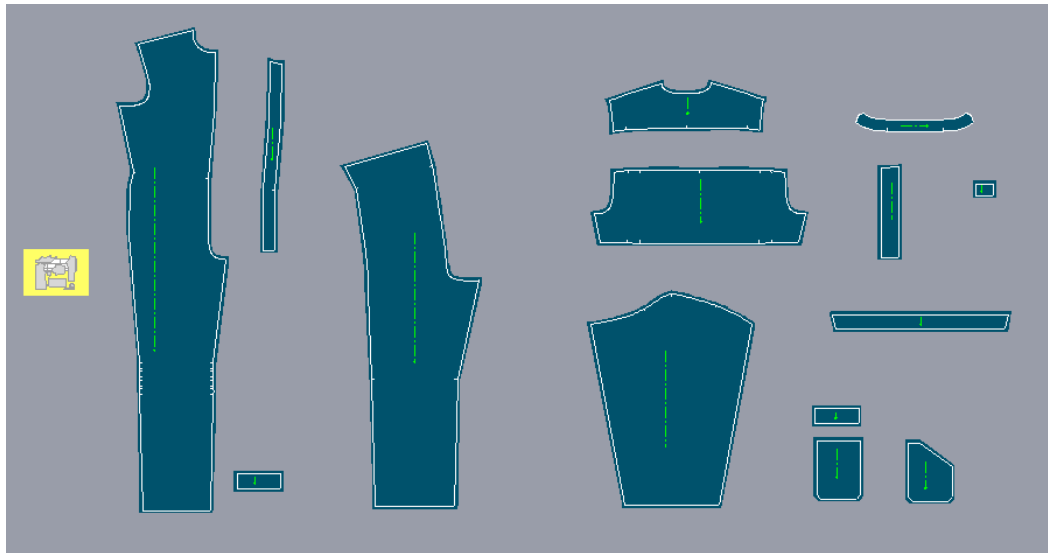


Slika 38: Modeliranje stražnjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 2

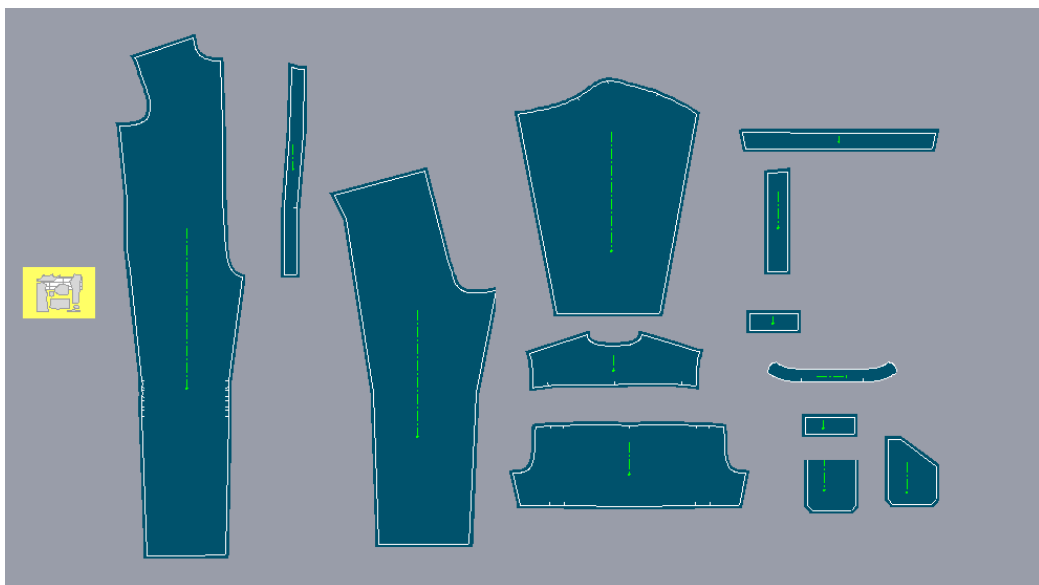


Slika 39: Modeliranje prednjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 2

Krojni dijelovi za muški zaštitni kombinezon nakon konstrukcije i modeliranja istih te dodavanja šavnih dodataka i smjera niti prikazani su na sl. 40 i sl. 41. Osim krojnih dijelova čije je modeliranje prethodno prikazano na slici su vidljivi i drugi krojni dijelovi izrađeni prema idejnoj skici modela. Krojni dijelovi koji čine cjelinu odnosno krojne dijelove kombinezona, su složeni u varijantu i spremni su za tehnološki proces krojenja i šivanja te dorade. Na sl. 40 prikazan je zaštitni kombinezon spojen od baze gornjeg dijela prikazan na sl. 20 i muških hlača prikazanih na sl. 19, dok je na sl. 41 prikazan kombinezon spojen od baze gornjeg dijela sa sl. 20 i muških hlača konstruiranih i prikazanih na sl. 18.



Slika 40: Krojni dijelovi muškog zaštitnog kombinezona 1



Slika 41: Krojni dijelovi muškog zaštitnog kombinezona 2

Da bi krojni dijelovi u potpunosti bili spremni za daljnji proces proizvodnje potrebna je dodatna dimenzijska provjera. Postupkom mjerenja provodi se dodatna provjera konstrukcije temeljnog kroja muškog zaštitnog kombinezona koje je u ovom slučaju potrebno i zbog provjere postignutog cilja i rezultata. Na sl. 42 prikazana su područja mjerenja provedena na temeljnom kroju muškog zaštitnog kombinezona. Crvenom linijom označeno je područje ramena. Siva linijom označeno je područje ramena. Siva linija označava liniju širine leđa, označeno

područje kroz rad je prikazano kao opseg grudi, no za kontrolu temeljnog kroja uzeta je mjera širine leđa. Najveće područje na muškom zaštitnom kombinezonu označeno je žutom bojom, a predstavlja područje od sedmog vratnog kralješka od pete. Linija žute boje sadrži i mjeru stražnje duljine noge čija se mjera uzela sa područja koraka, a to je područje od dubine sjedala do duljine kroja. Preostala linija, smeđe boje označava mjeru prednjeg dijela noge, odnosno duljine koraka na prednjem dijelu temeljnog kroja muškog kombinezona.



Slika 42: Prikaz područja mjerenja na temeljnom kroju muškog kombinezona

Tablica 6: Rezultati izmjera temeljnog kroja muškog zaštitnog kombinezona

Tjelesne mjere / cm	3D skenirani model	Temeljni kroj kombinezona 1	Temeljni kroj kombinezona 2
Širina ramena	33,5	37,8	37,8
Širina leđa	32,4	50,0	50,0
Prednji dio noge	84,2	85,7	86,2
Stražnji dio noge	77,7	77,4	79,3
Duljina od sedmog vratnog kralješka do pete	157,3	171,9	166,2

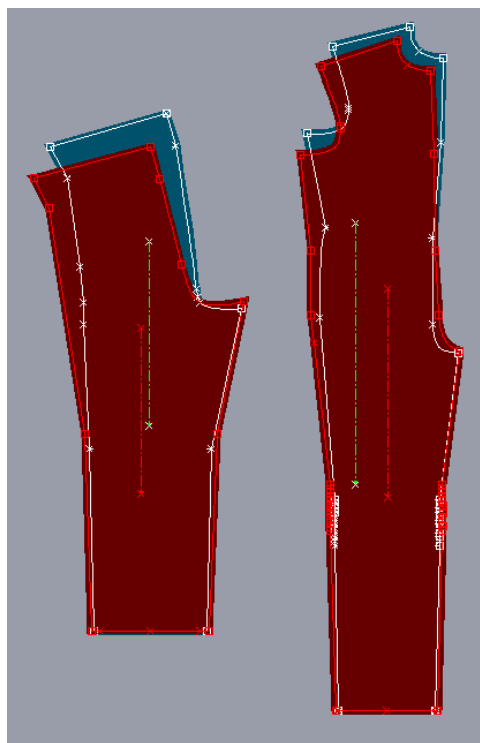
Širina ramena i širina leđa su mjere koje su kod oba kombinezona iste. Razlog tome je što su navedene mjere mjerene na gornjem dijelu muškog zaštitnog kombinezona, što je gornja muška baza, odnosno isti dio kroja kod oba kombinezona.

Lako se primjećuje velika razlika u izmjeri između 3D skeniranog modela i kombinezona na području širine leđa. Veća razlika u istoj izmjeri nastala zbog mjerenja navedenog područja na temeljnom kroju muškog zaštitnog kombinezona u slučaju kada su nabori otvoreni. Ako se u obzir uzme da je ukupna širina jednog nabora osam centimetara tada se dobiva mjera koja odgovara mjeri dobivenoj na 3D skeniranom modelu. Rezultat izmjere širine leđa upućuje na dobro funkcioniranje osmišljenog idejnog rješenja za isto područje jer korisnik pri određenim aktivnostima dobiva dodatnu komociju otvaranjem nabora i time nestaju dosadašnja zatezanja.

Manja razlika nastala je na području duljina prednje i stražnje noge, odnosno na kroju mjereno na području duljine koraka. Nastala razlika posljedica je razlike u konstrukciji temeljnog kroja muških hlača. Rezultat na ovom području upućuje na dobro funkcioniranje idejnog rješenja.

Izmjere za područje od sedmog vratnog kralješka do pete pokazuju zadovoljavajuće rezultate. Rezultati dobiveni mjerenjem temeljnih krojeva muških zaštitnih kombinezona veći su od rezultata mjerenja 3D skeniranog modela. Veća duljina na navedenom području stvarat će dodatnu komociju na traženoj relaciji. Također, u obzir treba uzeti i da će na tom području biti ušivene elastične trake koje će se širiti u okomitom smjeru što će kombinezon u ovom slučaju dozvoljavati i bez poteškoća pratiti liniju tijela pri obavljanju svih aktivnosti.

Nakon konstrukcije temeljnih krojeva muških zaštitnih kombinezona, modeliranja istih, dimenzijske provjere temeljnih krojeva muških zaštitnih kombinezona te usporedbe podataka dobivenih mjerenjem preostaje još rezultat prikazati usporedbom temeljnih krojeva muškog zaštitnog kombinezona. Rezultate je najjednostavnije prikazati polaganjem kroja jednog kombinezona na kraj drugog kombinezona kako je prethodno u radu učinjeno pri usporedbi muških hlača. Razlika nakon provedenog modeliranja na oba temeljna kroja muškog kombinezona i njihovog preklapanja može se uočiti na sl. 43, gdje je plavom bojom označen kombinezon koji čine muške hlače konstrukcije prikazane na sl.19 i gornjeg dijela kombinezona sa sl. 20. Crvenom bojom je označen kombinezon koji čine muške hlače konstrukcije prikazane na sl. 18 i gornjeg dijela kombinezona sa sl. 20. Također, na slici je prikazan prednji dio kombinezona i donji dio stražnjeg kombinezona. Razlika u dubini sjedala veća je nego li je to bilo kod usporedbe sa početka gdje su uspoređivane temeljne konstrukcije muških hlača. Većoj razlici doprinijela su dodatna četiri centimetra koja su dodana na području dubine sjedala između baze gornjeg dijela i muških hlača pri spajanju u kombinezon.



Slika 43: Razlika krojeva muškog zaštitnog kombinezona nakon modeliranja

9. Zaključak

Konstrukcija i oblikovanje zaštitne odjeće odgovoran je i značajan posao jer osim postizanja udobnosti i izgleda zaštitne odjeće potrebno je omogućiti korisniku osobnu zaštitu. Važnu ulogu u procesu projektiranja zaštitne odjeće ima antropometrija i ergonomija, posebice dinamička antropometrija u sklopu koje se događaju promjene izgleda tijela prilikom obavljanja određenih aktivnosti. Ergonomija je ključna za smanjenje rizika nastanka bolesti mišićno-koštanog sustava, zbog čega je obuhvaćena na svim radnim mjestima i uvelike olakšava rad radnicima. Zadužena je i za smanjenu pojavu profesionalnih bolesti i ozljeda na radu. Čovjek je u stalnom pokretu i svojim tijelom formira određenu geometriju. Mjerenja ljudskog tijela u standardnom, stajaćem položaju prolazi kroz promjene tijekom pokreta tijela nakon čega se i mjere istog mijenjaju. Promjene mjera u različitim položajima tijela upućuju na potrebu da kombinezon mora pratiti pokret korisnika koji ga nosi. Model tijela u stajaćem položaju i položaju penjanja skenirano je pomoću 3D body skenera, zatim su dobivani rezultati obrađeni u programu GOM Inspect u kojemu su provedena i antropometrijska mjerenja. Antropometrijska mjerenja su provedena na istim područjima tijela u oba položaja modela ljudskog tijela, te su dobiveni podaci uspoređeni. Područja mjerenja određena su sa pretpostavkom da će na istima biti vidljive razlike u mjerenjima obzirom na položaj tijela. Prilikom uspoređivanja podataka vidljiv je utjecaj dinamičke antropometrije. Mjere dobivene mjerenjem modela u položaju penjanja ukazuju na potrebu dodatnog modeliranja i razvoja kroja zaštitnog kombinezona kako korisnika ne bi sputavao u korištenju istoga. Vidljivo je da je potrebno provesti mjerenja tijela u različitim položajima uzimajući u obzir kinematičke lance. Uzimajući u obzir kinematičke lance, dinamičku antropometriju i kinematiku moguće je predložiti valjano idejno rješenje. Predloženo je idejno rješenje sa područja konstrukcije i razvoja kroja na dijelovima zaštitnog kombinezona koja su ukazivala na potrebu za istim. Uz idejno rješenje prikazano je i očekivano funkcioniranje svakog rješenja na temeljnom zaštitnom kombinezonu. Rješenja su provedena na dva temeljna kroja muških zaštitnih kombinezona koja se razlikuju po temeljnoj konstrukciji muških hlača, prethodno opisanoj i konstruiranoj. Po završetku modeliranja temeljnih krojeva kombinezona provedena je dimenzijska kontrola te su dobiveni rezultati uspoređeni sa antropometrijskim izmjerama tijela. Usporedbom rezultata izmjera uočen je postignut cilj na području razvoja muškog zaštitnog kombinezona. Zaštitni kombinezon nakon modeliranja odgovara zahtjevu i potrebama korisnika te ima mogućnost praćenja pokreta korisnika koji ga nosi. Funkcionalnost zaštitnog kombinezona ovim rješenjima podignuta je na jednu višu razinu.

Rješenja su predložena u svrhu poboljšanja funkcionalnosti i udobnosti zaštitnog kombinezona, s ciljem da odgovaraju što većoj populaciji te da su primjenjiva na zaštitnim kombinezonima za sve namjene u ovisnosti o korištenim materijalima, apreturama i sl.

10. Literatura

- [1] S. Bischif Vukušić: Značaj tržišta osobne zaštitne opreme, u Mladi znanstvenici u istraživanju zaštitnih tekstilija, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet & FP7-REGPOT-2008-1-229801: T-Pot, ISBN 978-953-7105-41-9, Zagreb, (2011.)
- [2] D. Ujević: Hrvatski antropometrijski sustav, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (2006.), str. 224., prema: Ujilaszek i Mascie – Taylor, 1994., ISBN 953-7105-09-1
- [3] K. H. E. Kroemer, E. Grandjean: Prilagođavanje rada čovjeku, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, ISBN 953-191-096-0, Jastrebarsko, (2000.)
- [4] <https://www.hzzsr.hr/index.php/sigurnost-na-radu/osobna-zastitna-oprema/> pristupljeno 07.07.2022.
- [5] A. Hursa Šajatović i sur.: Osobna zaštitna odjeća između zahtjeva normi i uporabe, U: Zbornik radova - 5. međunarodno znanstvenostručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ISSN 165-170, Zagreb, (2012.)
- [6] J. Horvat, A. Regent: Osobna zaštitna oprema, <https://hrcak.srce.hr/file/225439> , pristupljeno 07.07.2022.
- [7] A. Hursa Šajatović, Z. Dragčević, D. Zavec Pavlinić: Oblikovanje zaštitne odjeće, obuće i opreme s ergonomskog stajališta, <https://hrcak.srce.hr/file/276053> , pristupljeno 08.07.2022.
- [8] G. Dammaco, E. Turco, M.I. Glogar: Design of Functional Protective Clothing, U: Functional Protective Textiles, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN 978-953-7105-45-7, Zagreb, (2012.) 37-70, 2012.
- [9] S. Bogović, A. Hursa Šajatović, Konstrukcija zaštitne opreme, u Mladi znanstvenici u istraživanju zaštitnih tekstilija, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet & FP7-REGPOT-2008-1-229801: T-Pot, ISBN 978-953-7105-41-9, Zagreb, (2011.)
- [10] D. Ujević et al.: Antropometrijski instrumenti i njihova primjena, Hrvatski antropometrijski sustav-Podloga za nove hrvatske norme za veličinu odjeće i obuće, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnološki fakultet, ISBN 953-7105-09-1, Zagreb, (2006.)

- [11] N. Smolej-Narančić.: Antropometrija od zamisli do primjene, Hrvatski antropometrijski sustav-Podloga za nove hrvatske norme za veličinu odjeće i obuće, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno– tehnološki fakultet, ISBN 953-7105-09-1, Zagreb, (2006.)
- [12] Z. Balantič, A. Polajnar, S. Jevšnik: Ergonomija v teoriji in praksi : znanstvena monografija, Nacionalni inštitut za javno zdravje, ISBN 978- 961-6911-91-7, Ljubljana, (2016.)
- [13] D. Mikšić: Uvod u ergonomiju, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, ISBN 953-6313-11-1, Zagreb, (1997.)
- [14] Castillo, J., Cubillos, A.: Ergonomic principles to design clothing work for electrical workers in Colombia, *Work*, **41**, 2012., 623-627. ISSN 1001-7003.2021
- [15] D. Domljan: Ekologija i ergonomija namještaja, skripta, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, (2015.)
- [16] S. Bogović, Z. Dragčević and A. Hursa Šajatović: Ergonomic design and construction of protective clothing based on dynamic anthropometric, 12th AUTEX World Textile Conference 2012, ISBN 978-953-7105-48-8, Zadar, (2012.)
- [17] V. Verhovnik, A. Polajnar: Oblikovanje dela in delovnih mest, Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Oddelek za strojništvo, ISSN 0350-6134, Maribor, (1994.)
- [18] J. Geršak, M. Marčić: Složeni koncept projektiranja funkcionalne zaštitne odjeće, *Tekstil*, ISSN 0492-5882, **62**, 2013., 1-2, 31-37.,
- [19] <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinematics> pristupljeno 15.07.2022.
- [20] http://www.zemris.fer.hr/predmeti/ra/predavanja/4_kinemat.pdf, pristupljeno 15.07.2022.
- [21] S. Kirin: Uvod u ergonomiju, Sveučilište u Karlovcu, ISBN 978-953-8213-03-8, Karlovac, (2019.)
- [22] S. Jecić: Mehanika II, Kinematika i dinamika, Tehnička knjiga, ISBN 953-172-008-8, Zagreb, (1995.)
- [23] D. Ujević, S. Petrak, D. Rogale, K. Doležal, B. Brlobašić Šajatović: Conventional and Computer-controlled Methods In Anthropometry under Consideration, Proceedings of the 7th International Scientific Conference on Production Engineering RIM 2009, Kairo, Egipat,

26.09.-03.10.2009, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću , 2009. 152- 157, ISBN: 978-9958-624-29-2

[24] N. D'Apuzzo: Recent advances in 3D full body scanning with applications to fashion and apparel, 9th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques 2009, Engineering Geodesy Vienna University of Technology, ISBN 978-95-7105-44-0, Vienna, Austria, (2009.)

[25] D. Ujević, D. Rogale, M. Hrastinski: Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće, Sveučilišni udžbenik, Zrinski Čakovec, ISBN 953-7105-01-6, Čakovec, (2000.)

[26] Rogale, D., Polanović, S.: Računalni sustavi konstrukcijske pripreme u odjevnoj industriji, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN 953-96183-9-8, Zagreb, 1996.

[27] <https://www.ttf.unizg.hr/3-d-skener-tijela/326>, pristupljeno 09.09.2022.

[28] J.Domjanić, S. Bogović: The impact of dynamic anthropometry on the pattern construction of one-piece suit., 15th AUTEX World Textile Conference, ISBN 978-606-685-276-0, Bucharest, (2015.)

[29] <https://www.gom.com/> , pristupljeno 10.08.2022.

[30] S. Bogović.: Konstrukcija odjeće prilagođena tjelesnim deformitetima primjenom topoloških invarijanti, 2012., doktorska disertacija

11. Popis slika

<i>Slika 1: Čimbenici koji utječu na projektiranje zaštitne odjeće, obuće i opreme [7]</i>	4
<i>Slika 2: Osnovni antropometrijski podaci za američku muško i žensku populaciju [3]</i>	9
<i>Slika 3: Dinamičke antropometrijske dimenzije za žensku populaciju u sjedećem položaju [10]</i>	10
<i>Slika 4: Dinamičke antropometrijske dimenzije za mušku populaciju u sjedećem položaju [10]</i>	10
<i>Slika 5: Ravnine ljudskog tijela [17]</i>	14
<i>Slika 6: Kinematički lanci u ljudskim pokretima [21]</i>	16
<i>Slika 7: Rotacijski i translacijski stupnjevi slobode [19]</i>	16
<i>Slika 8: Apstraktni prikaz i stablasta struktura [19]</i>	17
<i>Slika 9: Rotiranje i transliranje po unaprijed određenim kutovima [19]</i>	18
<i>Slika 10: Sustav kamere i lasera koji se koristi za snimanje 3D skenerom - princip optičke triangulacije [24]</i>	21
<i>Slika 11: 3D body skener Vitus Smart</i>	23
<i>Slika 12: Korisničko sučelje programa GOM Inspect</i>	24
<i>Slika 13: Antropometrijsko mjerenje na području ramena i opsega grudi</i>	26
<i>Slika 14: Antropometrijsko mjerenje na području donjega opsega grudi</i>	26
<i>Slika 15: Antropometrijsko mjerenje na području od sedmog vratnog kralješka do pete</i>	26
<i>Slika 16: Antropometrijskog mjerenja na području prednjeg dijela noge</i>	26
<i>Slika 17: Antropometrijsko mjerenje na području stražnjeg dijela noge</i>	27
<i>Slika 18: Prikaz konstrukcije muških hlača odjevne vel 50 [25]</i>	29
<i>Slika 19: Prikaz konstrukcije muških hlača odjevne vel. 50 [30]</i>	30
<i>Slika 20: Konstrukcija baze muškog gornjeg dijela vel. 50 [25]</i>	31
<i>Slika 21: Usporedba temeljne konstrukcije muških hlača</i>	32
<i>Slika 22: Antropometrijsko mjerenje na području širine ramena na 3D modelu</i>	33
<i>Slika 23: Antropometrijsko mjerenje na području opsega grudi na 3D modelu</i>	34
<i>Slika 24: Antropometrijsko mjerenje područja prednjeg dijela noge na 3D modelu</i>	34
<i>Slika 25: Antropometrijsko mjerenje područje stražnjeg dijela noge na 3D modelu</i>	34
<i>Slika 26: Antropometrijsko mjerenje područja od sedmog vratnog kralješka od pete na 3D modelu</i>	35
<i>Slika 27: Skica idejnog rješenja muškog zaštitnog kombinezona</i>	37
<i>Slika 28: Idejna rješenja stražnjeg dijela zaštitnog kombinezona</i>	38
<i>Slika 29: Idejna rješenja prednjeg dijela zaštitnog kombinezona</i>	39
<i>Slika 30: Spajanje muških hlača (sl.19) i baza gornjeg dijela (sl.20)</i>	42
<i>Slika 31: Prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja za područje prednjeg i stražnjeg dijela noge kod muškog zaštitnog kombinezona</i>	43
<i>Slika 32: Prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja na području duljine muškog zaštitnog kombinezona</i>	44
<i>Slika 33: Modeliranje prednjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 1</i>	44
<i>Slika 34: Prikaz modeliranja nabora u području koljena</i>	45
<i>Slika 35: Prikaz načina funkcioniranja idejnog rješenja na stražnjem dijelu muškog zaštitnog kombinezona</i>	45

<i>Slika 36: Modeliranje gornjeg dijela zaštitnog kombinezona 1</i>	46
<i>Slika 37: Modeliranje stražnjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 1</i>	47
<i>Slika 38: Modeliranje stražnjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 2</i>	47
<i>Slika 39: Modeliranje prednjeg dijela muškog zaštitnog kombinezona 2</i>	48
<i>Slika 40: Krojni dijelovi muškog zaštitnog kombinezona 1</i>	49
<i>Slika 41: Krojni dijelovi muškog zaštitnog kombinezona 2</i>	49
<i>Slika 42: Prikaz područja mjerenja na temeljnom kroju muškog kombinezona</i>	50
<i>Slika 43: Razlika krojeva muškog zaštitnog kombinezona nakon modeliranja</i>	52

12. Popis tablica

<i>Tablica 1: Rezultati dobiveni računalnim antropometrijskim mjerenjem skeniranog 3D modela muškog tijela..</i>	<i>28</i>
<i>Tablica 2: Mjere za konstrukciju muških hlača odjevne vel. 50 [25]</i>	<i>29</i>
<i>Tablica 3: Mjere za konstrukciju muških hlača odjevne vel. 50 [30]</i>	<i>30</i>
<i>Tablica 4: Mjere za konstrukciju gornjeg dijela muškog kombinezona odjevne vel. 50 [25]</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 5: Rezultati dobiveni antropometrijskim mjerenjem skeniranog 3D modela muškog tijela</i>	<i>35</i>
<i>Tablica 6: Rezultati izmjera temeljnog kroja muškog zaštitnog kombinezona</i>	<i>51</i>