

# PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA

---

**Grčić, Borna**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:181033>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-17**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Borna Grčić

# **PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2023.

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Borna Grčić

# **SMART AND INTELLIGENT CLOTHING**

Final paper

Karlovac, 2023.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Borna Grčić

# **PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Snježana Kirin, prof. struč. stud.

Karlovac, 2023.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Sigurnost i zaštita, Karlovac, 2023.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Borna Grčić

Matični broj: 0248078912

Naslov: Pametna i inteligentna odjeća

Opis zadatka: Cilj ovog završnog rada je objasniti pojam pametne i inteligentne odjeće, njihov razvoj kroz povijest, ključne elemente koji ju sačinjavaju te svrhe u koje se može koristiti. Cilj rada je predstaviti pametnu i inteligentnu odjeću kao zaštitnu opremu u području zaštite na radu i sigurnosti radnika u različitim djelatnostima. U radu su opisana poboljšanja u vidu funkcionalnosti pametne i inteligentne odjeće koja se očekuju u bliskoj budućnosti.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Lipanj 2023.

Rujan 2023.

Rujan 2023.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Snježana Kirin, prof. struč. stud.

Lidija Jakšić, mag.ing.cheming., pred.

## **PREDGOVOR**

Zahvaljujem se profesorima Veleučilišta u Karlovcu, osobito profesorima sa odjela Sigurnosti i zaštite, na prenesenom znanju i savjetima tijekom studiranja. Posebnu zahvalu upućujem mentorici dr. sc. Snježani Kirin, prof. struč. stud. na strpljenju i pomoći prilikom pisanja rada.

Veliko hvala roditeljima, sestri, baki i djedu bez čije bezuvjetne potpore ne bih uspio. Hvala Vam za svaku lijepu riječ, podršku i vjeru u mene, olakšali ste mi studentske dane.

## **SAŽETAK**

U radu su definirani pojmovi pametna i inteligentna odjeća, njihov razvoj kroz povijest, primjena u svakodnevnom životu i način na koji pomažu u čovjekovoj svakodnevnici. U radu je opisana primjena pametne i inteligentne odjeće kao zaštitne odjeće u svrhu zaštite i sigurnosti na radu u pojedinim granama djelatnosti. Također su prikazana inovativna rješenja i patenti u izradi pametne i inteligentne odjeće u Hrvatskoj i svijetu te poboljšanja koja se očekuju u budućnosti u pogledu razvoja funkcionalnosti pametne i inteligentne odjeće.

**KLJUČNE RIJEČI:** pametna odjeća, inteligentna odjeća, zaštitna odjeća, tehnologija, senzori

## **ABSTRACT**

The final paper defines the terms smart and intelligent clothing, their development through history, application in everyday life and the way they help human in everyday life. The final paper describes the use of smart and intelligent clothing as protective clothing for the purpose of protection and safety at work in certain branches of activity. Innovative solutions and patents are also presented in the production of smart and intelligent clothing in Croatia and the world, as well as the improvements expected in the future in terms of developing the functionality of smart and intelligent clothing.

**KEY WORDS:** smart clothing, intelligent clothing, protective clothing, technology, sensors

## SADRŽAJ

|  |     |
|--|-----|
| ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....   | i   |
| PREDGOVOR .....  | ii  |
| SAŽETAK .....  | iii |
| SADRŽAJ.....   | iv  |
| 1. UVOD.....   | 1   |
| 1.1. Predmet i cilj završnog rada.....   | 2   |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....   | 2   |
| 2. PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA .....   | 3   |
| 2.1. Razvoj pametne i inteligentne odjeće.....   | 3   |
| 2.1.1. Razvoj inteligentne odjeće u Hrvatskoj.....                                       | 5   |
| 3. ELEMENTI PAMETNE I INTELIGENTNE ODJEĆE .....  | 7   |
| 3.1. Senzori.....  | 7   |
| 3.2. Mikrokontroler .....  | 9   |
| 3.3. Tehnička rješenja primijenjena kod inteligentne odjeće .....                        | 10  |
| 4. PODRUČJA PRIMJENE PAMETNE I INTELIGENTNE ODJEĆE .....                                 | 13  |
| 4.1. Senzori za dobivanje različitih zdravstvenih podataka .....                         | 15  |
| 5. PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA KAO ZAŠTITNA OPREMA U<br>RAZLIČITIM DJELATNOSTIMA ..... | 17  |
| 5.1. Prednosti pametne i inteligentne zaštitne odjeće i opreme .....                     | 20  |
| 5.2. Norme i preporuke za izbor zaštitne odjeće.....                                     | 22  |
| 5.3. Zaštitna odjeća prema zaštitnim svojstvima .....                                    | 23  |
| 6. PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA U BUDUĆNOSTI.....                                       | 25  |
| 7. ZAKLJUČAK .....   | 27  |
| 8. LITERATURA.....   | 28  |
| 9. PRILOZI .....   | 30  |
| 9.1. Popis slika.....  | 30  |
| 9.2. Popis tablica .....   | 30  |



## 1. UVOD

Odjeća je od davnina prisutna u čovjekovom životu kao sredstvo kojim pojedinac štiti dijelove svoga tijela od vanjskih utjecaja. Ljudsko tijelo je gotovo uvijek izloženo različitim opasnostima, a osobito tijekom obavljanja raznih aktivnosti. Ipak, najveća opasnost za dijelove čovjekova tijela javlja se prilikom vršenja radnih postupaka na radnom mjestu. Ukoliko se te opasnosti ne mogu otkloniti ili smanjiti tehničkim i organizacijskim mjerama zaštite na radu, potrebna je primjena adekvatne zaštitne odjeće. Zaštitna odjeća je osobna zaštitna oprema koja će ljudsko tijelo štititi od opasnosti i štetnih utjecaja prilikom radnog procesa. [1] Kako se tehnološki razvoj sve više primijeti u svim segmentima čovjekova života te postaje nepomnjivo živjeti u svijetu u kojem nema najnovijih tehničkih rješenja i podrške, tako se sve više počinje istraživati i razvijati tematika pametne i inteligentne odjeće. Ono što pametnu i inteligentnu odjeću čini drugačijom od ostalih odjevnih predmeta odnosno, gledano sa strane sigurnosti i zaštite na radu, zaštitnih predmeta, je upravo povezanost elektroničkih elemenata, sklopova i uređaja čiji skladan rad omogućuje pojedincu pravovremeno javljanje opasnosti i rizika te pravovremenu zaštitu. Ovakav integrirani sustav omogućuje dvosmjernu komunikaciju između odjevnog predmeta i okoliša ili nositelja takve vrste odjeće. [2] Ova vrsta odjeće predstavlja najsofisticiraniju vrstu i najviši stadij koji je trenutno dosegnut u razvoju odjeće. Iako još nije zasjala u punom sjaju unutar granica Republike Hrvatske, u budućnosti će sve više poslodavaca uvidjeti dugoročne pozitivne strane korištenja pametne i inteligentne odjeće kao primarne zaštitne opreme koju će primjenjivati svi djelatnici, a osobito oni na čijim radnim mjestima postoji visok rizik od ugroze sa opasnim posljedicama.

Rad je raščlanjen na 7 glavnih naslova: uvod, pametna i inteligentna odjeća, elementi od kojih je izrađena, područja primjene pametne i inteligentne odjeće, pametna i inteligentna odjeća kao zaštitna oprema u različitim djelatnostima, pametna i inteligentna odjeća u budućnosti i na samom kraju zaključak. U radu će biti opisan povijesni razvoj pametne i inteligentne odjeće te razvoj inteligentne odjeće u Hrvatskoj. U radu će biti opisana tehnička rješenja primijenjena kod inteligentne odjeće, prednosti pametne i inteligentne zaštitne odjeće i opreme te norme i preporuke po pitanju odabira zaštitne odjeće. Završni osvrt na cjelokupan rad iznesen je u zaključku na samom kraju rada.

## **1.1. Predmet i cilj završnog rada**

Predmet završnog rada je pojam pametne i inteligentne odjeće te njihova primjena u čovjekovoj svakodnevici, osobito na radnom mjestu u različitim djelatnostima. U radu je opisan povijesni razvoj prema stupnjevima razvoja i istraživanja tematike pametne i inteligentne odjeće, kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj. Kako bi se što bolje razjasnio predmet završnog rada, detaljno su objašnjeni ključni elementi od kojih se sastoji pametna i inteligentna odjeća te način na koji funkcioniraju i čine jedinstvenu cjelinu. Cilj završnog rada je objasniti tematiku pametne i inteligentne odjeće te na primjerima opisati funkciju i dobrobiti korištenja ove vrste odjeće i opreme. Cilj rada je predstaviti pametnu i inteligentnu odjeću i opremu kao najsloženiju vrstu odjeće koja će razvoj i doseg primjene tek postići u bliskoj budućnosti.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Za potrebe izrade završnog rada korištena je znanstvena knjiga, Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme te stručni i znanstveni članci iz područja pametne i inteligentne odjeće i opreme. Kao literatura korišteni su završni i diplomski radovi te podaci dostupni na internetskim stranicama. Prilikom izrade završnog rada korištena je metoda prikupljanja i proučavanja podataka iz dostupne literature te metoda analize, povijesna metoda, induktivna i deduktivna metoda te metoda kompilacije.

## **2. PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA**

Kada se govori o odjeći koja u sebi ima integrirane elektroničke elemente, prema njenom postojanju i postepenom razvoju, ona se može promatrati i definirati kroz tri skupine:

E-odjeća je skupina odjeće nastale na samom početku ugradnje jednostavnih elektroničkih uređaja (poput playera, mobitela), tipkovnica, senzora, slušalica i mikrofona te neophodnog ožičenja u odjeću. Ranije je bila nazivana pasivnom pametnom odjećom. [3]

Pametna odjeća je vrsta odjevnih predmeta koja ima ugrađene električne komponente i uređaje, mikroracunalo te zaslon čime se omogućava komunikacija između odjevnog predmeta i njegovog nositelja i/ili okoliša. Zbog integracije svih navedenih komponenti, ovakva vrsta odjeće omogućuje proširenu stvarnost te se iz tog razloga i naziva pametna odjeća. Svoju učinkovitost pametna odjeća pokazuje ponajprije pri očuvanju zdravlja i sigurnosti ljudi što je rezultiralo interesom od strane tržišta odnosno korisnika što je doprinijelo daljnjem rastu i razvoju ovakve vrste odjeće. [2]

Sa druge strane, inteligentna odjeća izvodi složenije i brojnije zadatke od onih koje je u mogućnosti izvesti pametna odjeća. Inteligentna odjeća je zasad najsloženija vrsta i predstavlja najviši stupanj razvoja odjeće koji je do sada dostignut. Osnovna značajka inteligentne odjeće je mogućnost prepoznavanja stanja u okolini u kojoj se nalazi, točna interpretacija tog stanja, donošenje racionalne odluke o novoj prilagodbi karakteristika odjevnog predmeta spram eventualnih promjena u okolišu i ono što je najvažnije, automatsko izvršenje te prilagodbe primjenom ugrađenih izvršnih naprava u odjeći. Osnovno svojstvo inteligentne odjeće predstavlja njena smisljena i samostalna prilagodba i reakcija na uočene promjene u okolišu te čime iskazuje jednostavnije oblike inteligentnog ponašanja. Dakle, inteligentna odjeća sama mijenja i prilagođava svoje karakteristike kako bi svom nositelju odnosno korisniku stvorila optimalne uvjete nošenja. [2]

### **2.1. Razvoj pametne i inteligentne odjeće**

Pametna i inteligentna odjeća počela se postupno stvarati i istraživati u trenutcima kada je i tehnološka revolucija uzela maha, te još uvijek traje. Prvi koraci u razvoju pametne odjeće bilježe se krajem 20. stoljeća kada su se po prvi puta u odjeću počele ugrađivati jednostavnije

električke komponente i elektronički uređaji čija je svrha prvenstveno bila zabavni ili modno-vizualni izričaj pri čemu je nastala jednostavna e-odjeća. Zbog slabe funkcionalnosti ovakve vrste odjeće, a istovremeno visoke cijene zbog koje ju može pribaviti tek mali krug ljudi, ova vrsta odjeće nije zaživjela u većoj mjeri. Nadalje, nova vrsta odjevnih predmeta koji se deklariraju kao inteligentna odjeća pojavljuje se početkom 21. stoljeća i svojim je obilježjima nadmašila tadašnju konvencionalnu i pametnu odjeću. Obzirom da inteligentna odjeća danas sadrži elemente umjetne inteligencije, sama može donositi racionalne odluke pomoću mjera i analiza parametara iz okoliša.

Velik iskorak u pogledu pametne odjeće dogodio se otkrićem nanotehnologije koja je prvobitno služila isključivo telekomunikacijskoj tehnici, biomedicinskim primjenama te automatskim mjerenjima i vođenjem proces, no vrlo brzo se nanotehnologija počela primjenjivati i u odjevnoj i tekstilnoj industriji, oko 1988. godine. Nanotehnologija u pametnoj odjeći zapravo predstavlja nanotehnološke senzore koji su zaslužni za vrlo precizna mjerenja fizikalnih veličina, odnosno za mjerenja parametara unutar tekstila, fizioloških parametara tijela osobe koja nosi pametnu odjeću i parametara okoliša. [4]

Prema definiciji pametna odjeća je svojstvo odjavnog predmeta koji osigurava interaktivnu reakciju koristeći signal osjetila, obradu informacija i poticanje odaziva. Sam razvoj pametne odjeće može se promatrati kroz četiri stupnja. Prvi stupanj razvoja (1980.-1997.) uglavnom se bavio razvojem i istraživanjem integracije već tada poznatih, sitnih komponenti u odjeći. Ipak, krajnji rezultat svih provedenih ispitivanja i integriranja elektroničkih i drugih komponenti u odjevne predmete nisu postigle velik uspjeh i komercijalizaciju. Prvi stupanj razvoja pametne odjeće rezultirao je stvaranju prenosive naprave umjesto nosive. Nakon što su se udružili tehnološki i odjevno-tekstilni sektor i počeli provoditi suradnički projekti između proizvođača elektroničkih naprava i modne industrije, započeo je drugi stupanj razvoja pametne odjeće (1998.-2001.). U trećem stupnju razvoja (2002.-2005.), marketinški razvoj počeo je privlačiti sve veću pozornost. Proizvođači su se počeli okretati potrebama korisnika; poradilo se na pokretljivosti, a i nošenje naprava bilo je lagodnije, dok se velika pažnja posvetila sve većem unapređenju tehničkih funkcija. Posljednja, četvrta faza razvoja pametne odjeće započela je 2006. i dalje traje, rezultirala je velikom potražnjom od strane tržišta, osobito zainteresiranost velikih modnih brandova. Pametna odjeća počela se primjenjivati u razne svrhe, između ostalog zdravstvene, sportske, rekreativne ali i vojne. Komunikacija između okoliša i nositelja pametne odjeće odvija se preko mikroročunala i zaslona koji su vizualnim ili zvučnim putem davali signale korisniku. U zadnjoj fazi razvoja prvi puta je omogućena podatkovna i upravljačka

komunikacija između ugrađenih komponenti, uređaja i sustava koji se nalaze u okolišu odjevnog predmeta i samog nositelja pametne odjeće. [4]

Uzimajući u obzir sve čimbenike koji su kroz povijesni razvoj pametne i inteligentne odjeće utjecali na konačan rezultat, evidentno je da je ova vrste odjeće nastala spojem multidisciplinarnih istraživanja iz različitih područja znanosti: strojarstva, elektronike, informatike te kemije i biologije. U bliskoj budućnosti pametna i inteligentna odjeća biti će dio ljudske svakodnevnice, isto kao što su već godinama unazad općeprihvaćeni i nezamjenjivi pametni mobiteli i satovi.

### **2.1.1. Razvoj inteligentne odjeće u Hrvatskoj**

Razvoj inteligentne odjeće u Hrvatskoj započeo je za 2000. godine na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu inicijativom gospodina Rogale Dubravka, voditelja više znanstvenoistraživačkih projekata vezanih uz tu vrstu odjeće. Rogale je zajedno sa stručnjacima Snježanom Firšt Rogale, Zvonkom Dragčevićem i Gojkom Nikolićem 2003.–2004. Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo i Europskom patentnom uredu predao prvu patentnu prijavu pod nazivom Inteligentni odjevni predmet s aktivnom termoregulacijskom zaštitom. [5]

Prvi funkcionirajući model prve generacije inteligentne odjeće izradila je gospođa Snježana Firšt Rogale u sklopu svoje doktorske disertacije. Ovaj model temeljio se na tri termoizolacijske komore smještene između vanjske školjke i podstave. Komore su napravljene od visokoelastične poliuretanske folije, mikropneumatskim te su se sustavom kombinacijski aktivirale napuhujući se tlakom zraka do 70 mbar, čime se ostvarilo šest stupnjeva toplinske izolacije. Ugrađeno mikroročunalo mjerilo je i interpretiralo izmjerene podatke odnosno temperature iz okoline korisnika odjeće i vrijednosti tlaka u komorama (ramenoj, prsnoj i pojasnoj), a uz pomoć mikrokompresora, pneumatskih ventila za punjenje i pražnjenje komora samostalno je upravljalo sustavom, a korisnik je istodobno preko zaslona dobivao podatke odnosno parametre. [5]

Druga generacija inteligentne odjeće razvijena je u istom istraživačkome timu. Izum druge generacije sastoji se od univerzalne rebraste termoizolacijske komore kontinuirano podesive debljine, u kojoj je debljina komore funkcijski ovisila o tlaku stlačenoga zraka. Ova generacija inteligentne odjeće imala je pojednostavljenu sensoriku i mikropneumatski sustav. Izum je

patentiran u Hrvatskoj te prihvaćen u 13 europskih zemalja i prijavljen u Sjedinjenim Američkim Državama. Uzeći sve u obzir evidentno je da druga generacija ima znatno bolja tehnička i uporabna svojstva i da se automatskim podešavanjem debljina komora omogućava stalna toplinska uroda u širokom rasponu temperatura okoliša i pri različitim fizičkim naporima nositelja, a da pri tome masa odjevnoga predmeta ostaje ista. Ovim izumom nestaje potreba za odijevanjem više slojeva dodatne odjeće. [5]

### **3. ELEMENTI PAMETNE I INTELIGENTNE ODJEĆE**

Sam sklop inteligentne odjeće je tehnički vrlo složen i zahtijeva brojna tehnička i tehnološka znanja. Inteligentna odjeća izrađuje se od velikog broja povezanih komponenata, odnosno sastoji se od vanjske školjke, termo izolacijskog umetka, ugrađenih senzora, mjernih sklopova, mikroračunala, softvera za mjerenja, obradu i interpretaciju mjernih rezultata, algoritma inteligentnog ponašanja i realizaciju odluka, izvršnih naprava za provođenje odluka, baterijskog napajanja, potom iz upravljačkih, mjernih, podatkovnih i napajajućih sabirnica kao kompleksnog ožičenja unutrašnjosti, pokaznih naprava i displeja, komunikacijskih uređaja i na kraju podstavnih tkanina. [2]

Ukratko, da bi se pojedini odjevni predmet mogao nazvati inteligentnim mora sadržavati sljedeće komponente:

1. Senzorsku skupinu za mjerenja i ulaz informacija
2. Obradnu jedinicu za interpretaciju ulaznih podataka i donošenje odluka (mikroračunala, mikroprocesori i sl. s pripadajućim programima)
3. Izvršne jedinice koje izvode prilagodbu odjevnog predmeta i daju izlazne informacije [4]

Prilikom dizajniranja pametne i inteligentne odjeće valja obratiti pozornost na samo mjesto postavljanja senzora i elektroda unutar odjevnog predmeta kako bi se podaci očitavali što preciznije. Osim preciznog pozicioniranja, također je važno osigurati da se senzori minimalno pomiču kako bi se izbjegao bilo kakav šum u signalima.

#### **3.1. Senzori**

Kod ugradbe elemenata u inteligentnu odjeću, od velike važnosti je ugraditi odgovarajuću vrstu senzora koji će detektirati okolišne uvjete, pokrete, fizičko stanje pojedinca i dr. U Tablici 1. prikazani su tipovi senzora, mjerne veličine kod pojedinih senzora te način korištenja u pametnoj i inteligentnoj odjeći.

Tablica 1. Podjela skupina senzora pogodnih za pametnu inteligentnu odjeću [4]

| <b>TIP SENZORA</b> | <b>MJERNA VELIČINA</b>  | <b>KORIŠTERNJE U INTELIGENTNOJ ODJEĆI</b>   |
|--------------------|---|---|
| Mehanički          | Pozicija, sila, brzina, ubrzanje, masa, pomak, oblik  | Detekcija ljudi i predmeta u prostoru, određivanje pozicije, težine kretanja        |
| Akustički          | Intenzitet zvuka, frekvencija, faza   | Detekcija zvuka, interpretacija govora  |
| Biološki           | Srčani puls, tjelesna temperatura, krvni tlak, moždana aktivnost (EEG), srčana aktivnost (EKG), respiracija | Mjerenje zdravstvenog stanja tijela, mentalnog stanja, fizičkog stanja i aktivnosti |
| Optički            | Intenzitet svjetla, frekvencija svjetla, ogib   | Računalna vizualizacija prostora, infracrvena detekcija nazočnosti i gibanja        |
| Motrenje okoliša   | Temperatura zraka, vlažnost zraka, brzina strujanja zraka, prozirnost zraka                                 | Mjerenje stanja u okolišu u kojem se nalaze ljudi                                   |

Senzori koji se ugrađuju u pametnu odjeću integriraju se sa ostalim elektroničkim elementima u odjeći. Trenutno postoji preko 350 tipova senzora koji se mogu primijeniti u tekstilnoj odnosno odjevnoj industriji, a međusobno se razlikuju prema svojstvu transformiranja signala. Senzori su uređaji koji mjere fizički kvantitet i pretvaraju ga u signal kojeg može očitati promatrač ili instrument. Dakle, senzori su zapravo elektroničke komponente čija je svrha otkrivanje promjena u vlastitoj okolini i prijenos podataka drugoj komponenti, najčešće računalu. Ovisno o namjeni pametne odjeće, količina senzora koja se postavlja unutar odjeće



može varirati. Pametni odjevni predmet može sadržavati nekoliko različitih senzora i njegovih pretvornika. [6]

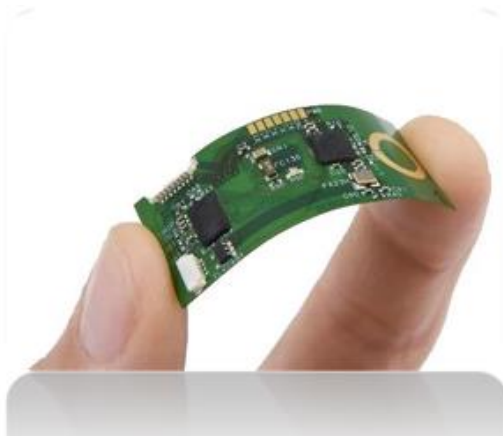
Kada se nalaze unutar strujnog kruga, senzori imaju funkciju identičnu ljudskim osjetilima. Senzori isto kao i čovjek pomoću svojih osjetila, prikupljaju informacije iz svoje okoline. Ugradnjom senzora u pametnu odjeću omogućuje se prilagodba njihovih funkcija kako bi bolje odgovarali aktivnostima korisnika odnosno nositelja. Senzori koji se primjenjuju za biometrijska mjerenja služe se određenim biološkim elementom. Takvi senzori omogućuju interakciju između pametnog odjavnog predmeta i nositelja, a njihov rad se temelji na algoritmu koji predviđa i otkriva opasnosti izvan zadanog omjera. Biološki element može biti biofizički rezultat ili spoj poput znoja. Senzori rade na temelju analize područja interesa kako bi proizveli učinak koji je mjerljiv. Senzori se mogu nositi na tijelu u obliku nosivih uređaja ili mogu biti integrirani u sam odjevni predmet, a mogu se koristiti za npr. neprekidno i kontinuirano očitavanje krvnog tlaka, srčanog pulsa, tjelesne temperature i sličnih vitalnih funkcija nositelja pametne odjeće. Biosenzori se danas razvijaju kako bi poboljšali kvalitetu života i prevenirali moguće zdravstvene komplikacije. [6]

Osim biosenzora, postoji još nekoliko vrsta senzora:

- a) Optički senzor koji može biti difuzijski, retro-reflektirajući li senzor s prolaznom zrakom
- b) Mehanički senzori koji su namijenjeni za detekciju ljudi i predmeta u prostoru, određivanje pozicije, težine kretanja i sl.

### **3.2. Mikrokontroler**

Osim senzora, ključni element integriran u pametnu odjeću je mikroprocesor odnosno mikrokontroler. Mikrokontroler je malo računalo smješteno na jedan integrirani sklop unutar kojeg se nalaze procesor, radna memorija, programska memorija, ulazne i izlazne jedinice i sl. Zbog njegove pouzdanosti, jednostavnosti i praktične veličine počeli su ga upotrebljavati i stručnjaci koji istražuju i razvijaju pametnu i inteligentnu odjeću. Mikrokontroler, s pripadajućim programom je jedinica za obradu i interpretaciju ulaznih informacija i donošenje racionalnih odluka. Obzirom na fleksibilnost elektroničkih komponenata (Slika 1.), omogućuju se lakša ugradnja u pametnu odjeću te mogućnost da cjelokupni sistem koji se ugrađuje u odjeću bude izuzetno ugodan za nositelja odjeće. [6]



Slika 1. Prikaz fleksibilnosti elektroničkih komponenta [6]

Zahvaljujući komunikaciji i međusobnoj povezanosti svi elemenata unutar pametne odjeće, korisnik dobiva informacije u realnom vremenu i može pratiti svoje stanje. Komunikacija unutar pametne i inteligentne odjeće ali i udaljenih sustava odvija se:

- a) Unutar pametnog odjevnog predmeta (komunikacija između ugrađenih komponenti)
- b) Između pametnog odjevnog predmeta i nositelja (preko mikroračunala i njegova zaslona najčešće vizualnim ili zvukovnim načinom)
- c) Između pametnog odjevnog predmeta i sustavima koji se nalaze u okolišu odjevnog predmeta te udaljenih sustava. [6]

### **3.3. Tehnička rješenja primijenjena kod inteligentne odjeće**

Inteligentna odjeća svoj naziv dobila je upravo zbog elemenata od kojih je sastavljena: senzora, procesora i aktuatora (SPA). Sastavni elementi inteligentne odjeće ne bih mogli ispravno obavljati svoju funkciju bez drugih dijelova zato je nužno osigurati i odgovarajuće napajanje te ožičenje. U odnosu na druge automatizirane uređaje, za uređaje koji se koriste kod ove vrste odjeće primijenjena su posebna rješenja specifičnog ožičenja i vrste vodljivih niti, napajanje kao i specifično odjevno računalo. [3]

Za ožičenje tkanine koriste se utkane vodljive metalne, plastične ili optičke niti (Slika 2.). Također se provode eksperimenti i sa tiskanim grafitnim nanosom na tkaninu. Za stvaranje mreže u inteligentnim odjevnim predmetima koriste se vodljiva vlakna ili metalne niti izrađene

iz željeznih legura, nikla, titana, bakra ili ugljika. Niti se izrađuju s promjerom od 1 do 80  $\mu\text{m}$ , a omogućuju uspostavu mreže kroz koju se mogu razmjenjivati podaci brzinom od 400 Kb/s. U Sjedinjenim Američkim Državama razvijena je, primarno za potrebe vojske, tzv. “odjevna računalna matična ploča – ORMP” (eng. Wearable motherboard) izrađena od optičkih vlakana sa zadatkom detektiranja prostriglih mjesta tijekom borbe, te povezivanja senzora za vitalne tjelesne funkcije. U ovom slučaju utkana su polimerna optička vlakna i vodiči koji s tkaninom čine jedinstvenu cjelinu. Uloga matične ploče je da predstavlja podlogu za ugradnju senzora, upravljačkih funkcija i računalno informatičkih naprava te je ona zapravo centralni nosivi dio sustava inteligentne odjeće. [3]



Slika 2. Ožičenja u tkanini [3]

Napajanje inteligentne odjeće preko sustava baterija ukupne snage 1-3W čini oko 50% težine svih ugrađenih elementa u inteligentnu odjeću. Dakle, evidentno je da težina same baterije predstavlja svojevrsan problem i nelagodnost prilikom nošenja ovakve vrste odjeće, no intenzivno se radi na tome da se ta problematika riješi ili doradi. Drugi problem u vidu same baterije je njihovo punjenje. Punjenje po danu osigurano je fotonaponskim panelima (Slika 3.), no preko noći ta opcija nije moguća pa se pristupilo traženju drugih mogućnosti. Jedno od rješenja je da pomak i kretanje čovjeka može putem odjeće stvoriti dovoljno energije za punjenje baterija. Pomak ruksaka i podstave daje 0.5–5W, njihanje udova 0.2–3W, cipela (ravni dio pete i pregibni dio) 2–20W, pomak torza disanjem ili rutinskim kretanjem 0.1–1W, ručno ili nožno pokretanje (kratki pokreti) nekog uređaja poput ručice generatora za opasnost 10–100W. Također energija kompresije pete normalne veličine pretvorena po koraku može biti do 5J, te je snaga proizvedena (u oba stopala) za vrijeme hodanja je 1W do 10W, za što se koriste

elektroaktivni polimeri EAP. Također je razvoj usmjeren i na ugradnju minijaturnog generatora u petu cipele, koji pritisak tijela tijekom hodanja pretvara u električnu energiju. Rješenja baterija, odnosno elemenata za akumulaciju električne energije, se traži u impregniranju tkane ili pletene tkanine s ugljikom u prahu koji se umetne u te pore, čime se postiže veći kapacitet u odnosu na druge tehnike. Na taj jednostavan i jeftin način moguće je da će se uskladištiti znatno veća količina električne energije. [3]



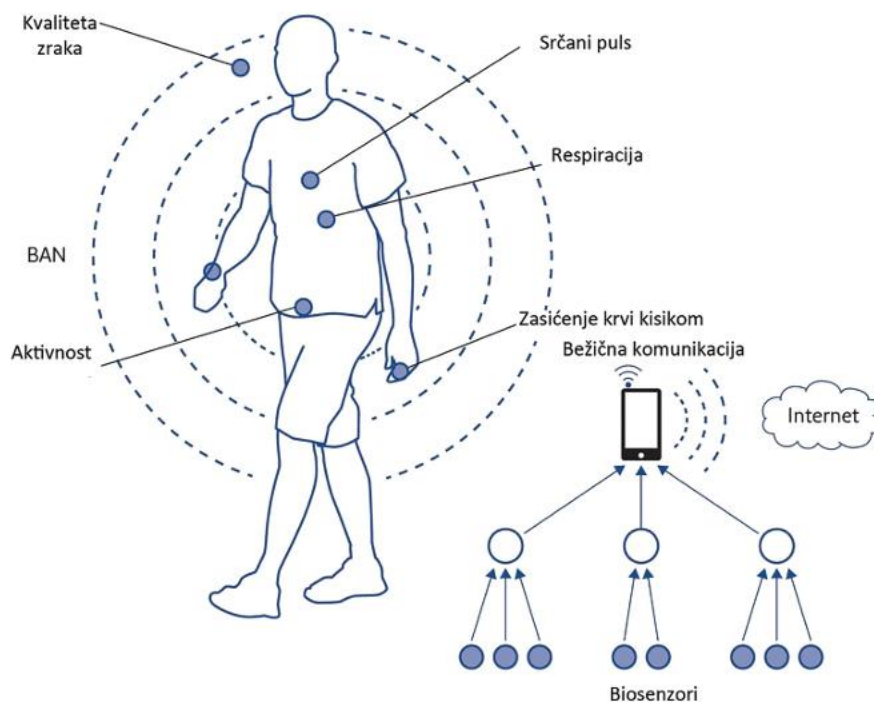
Slika 3. Ugrađeni fleksibilni fotonaponski paneli na leđima inteligentne jakne [3]

## 4. PODRUČJA PRIMJENE PAMETNE I INTELIGENTNE ODJEĆE

Obilježja pametne i inteligentne odjeće omogućuju interakciju između nositelja odjeće i okoliša što korisniku predstavlja neometano obavljanje aktivnosti, dok odjeća za njega alarmira bitne promjene i parametre iz okoline. Upravo zato ovakva vrsta odjeće privlači pozornost stručnjaka iz različitih znanstvenih područja i još se uvijek razvija i nadopunjuje kako bi pružila optimalnu podršku nositelju. Uzimajući u obzir činjenicu da su odjevni predmeti jedan od sastavnih dijelova čovjekova svakodnevnog života i način zaštite dijelova tijela, izražavanja osobnosti, modnog osviještenja, integriteta i dr. razumljivo je da će razvoj pametnih odjevnih predmeta i u budućnosti imati pun potencijal za još veći rast ali i opseg primjene.

Jedno od najranijih odjevnih predmeta koji su na neki način predstavljali uvod u buduću inteligentnu odjeću su ronilačka odijela, antigravitacijska i svemirska odijela. Ova vrsta odjeće bila je usko specijalizirane namjene te je služila preživljavanju čovjeka u tada nesvakidašnjim i opasnim situacijama. Naprednim tehničkim rješenjima i razvojem znanosti, upravo su ovakva specijalizirana odjela pridonosila daljnjem razvitku i istraživanju inteligentne odjeće. [2]

Pametna i inteligentna odjeća primjenjiva je u medicinske svrhe zbog ugrađenih bio senzora koji prate vitalne funkcije kod praćenja zdravstvenog stanja bolesnika i provođenja terapije (Slika 4.). U tipičnom sastavu pametne odjeće za bolesnike i rekonvalescente integrirani su bio senzori za praćenje vitalnih funkcija nositelja. Pomoću bežičnog povezivanja očitani podaci se u stvarnom vremenu šalju na glavni uređaj. Izmjereni podaci se mogu pohraniti na mobilni uređaj ili poslati na računalo liječnika, bez obzira na lokaciju pacijenta odnosno nositelja pametne i inteligentne odjeće. [4]



Slika 4. Komponente pametne odjeće namijenjene za bolesnike i rekonvalescente [4]

Nadalje, ova vrsta odjeće primjenjiva je i u vojne svrhe ili za spasilačke službe, osobito kada se koristi u obliku pametne jakne koju vojnici ili spasioci mogu nositi na terenu u zahtjevnim vremenskim uvjetima, bilo da se radi o ekstremnoj hladnoći ili toplini. U ovom slučaju pametna jakna će prepoznati okolišne uvjete te se prilagoditi potrebi, kako bi nositelj bio maksimalno zaštićen i kako bi mu bilo ugodno.

Pametnu odjeću mogu koristiti i rekreativci ali i profesionalni sportaši koji tijekom treninga ili vježbi izdržljivosti moraju pratiti tjelesne parametre kao što je puls, disajne i krvni tlak. Osim praćenja vitalnih parametara, pametna i inteligentna odjeća može imati i druge korisne funkcije. Tako su na primjer stručnjaci sa Zavoda za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta, projektirali jaknu za osobe koje se profesionalno ili amaterski bave biciklizmom. Jakna je projektirana sa ciljem poboljšanja vidljivosti biciklista na prometnicama u nepovoljnim ili večernjim uvjetima jer su upravo oni sudionici u prometu koji su najčešće slabo vidljivi odnosno neosvijetljeni. Obzirom da se inače biciklistička odjeća šiva sa namjerom da bude ugodna, udobna, aerodinamična i sl. manja se pažnja posvećuje samoj vidljivosti biciklista, što za njih predstavlja ugrozu. Jedno od rješenja za poboljšanu sigurnost biciklista je ugradnja LE diode na prednju i stražnju stranu biciklističke jakne. LE diode na prednjem dijelu jakne, u

području prsa, svijetle cijelo vrijeme prilikom vožnje, odnosno nakon uključivanja izvora napajanja koji se nalazi u prednjem džepu. Stražnja strana svijetli prilikom pritiska prekidača na lijevoj ili desnoj strani rukava ovisno o tome skreće li biciklist u lijevu ili desnu stranu odnosno služi kao pokazivač smjera biciklista. Ovakav tip jakne poboljšava vidljivost biciklista, a samim time i njegovu sigurnost te ima prednost nad običnim reflektirajućim prslucima iz razloga što je biciklist vidljiv sa veće udaljenosti, a isto tako moguća je signalizacija smjera kretanja. [7]

Stručnjaci sa Tehničko-tehnološkog fakulteta u Zagrebu, uz pomoć Hrvatskog instituta za tehnologiju, zajedničkom suradnjom razvili su pametnu odjeću koja se prilagođava temperaturi okoliša. Obzirom na stupanj hladnoće, odjeća sama podešava svoju debljinu i izolacijski se prilagođava stupnju hladnoće odnosno okolišnim uvjetima. Krajnji cilj ovakve odjeće je osigurati nositelju stalan osjećaj toplinske ugone. [8]

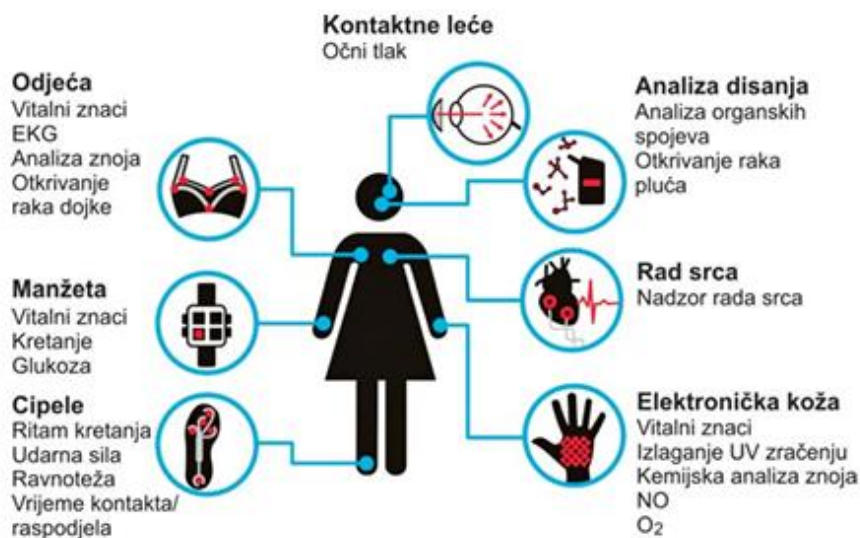
Različiti su tipovi primjene i funkcionalnosti pametne i inteligentne odjeće. U bliskoj budućnosti možemo očekivati da će se razviti odjeća koja će konstantno biti uključena u čovjekovu svakodnevicu i potpomagati svim ljudskim aktivnostima. Obzirom na brojnost situacija u kojima se može koristiti, pametna i inteligentna odjeća tek će doživjeti veliku popularnost i interes korisnika.

#### **4.1. Senzori za dobivanje različitih zdravstvenih podataka**

Suvremene tehnologije omogućuju nove inovacije i dobivanje podataka o stanju organizma koji su prije bili nezamislivi ili bili isključivo mogući pretragama u laboratoriju. Osim standardnih mjerenja poput temperature, otkucaja srca, ritma disanja, pokreta i sl. inteligentna odjeća npr. kroz europski projekt BIOTEX omogućuje analizu tjelesnih tekućina, sline, znoja. Razvijeni ionski biosenzori sposobni su za mjerenje natrija, kalija i klorida u uzorcima znoja. Drugi tip minijaturnih senzora koristi se za mjerenje vrijednost pH znoja. Imuno-senzor, integriran u zavoje, može otkriti prisutnost određenih proteina i sl. Mnoge kemijske ili biokemijske reakcije koje se koriste u testovima uzorka nisu reverzibilne te se dio biosenzora mora mijenjati. Prema prvim istraživanjima ovakvu vrstu odjeće nositi će pretili ljudi koji boluju od dijabetesa kao i sportaši. Nadalje, kroz projekt PROETEX istraživao se tip senzora za kontinuirano praćenje glukoze (CGM) koji će uvelike pomoći pacijentima koji često moraju mjeriti količinu šećera u krvi ubodom u vrh prsta. Senzor CGM odobren je upotrebu, a tim koji radi na razvoju nastoji

integrirati biosenzor i izvor napona kako bi se stvorio prikladni uređaj za CGM povezan s inzulinskom pumpom čime bi se stvorio sustav "umjetne gušterače". [9]

Minijaturizirani uređaji mogu mjeriti jednostavne parametre, kao što su puls ili impulsna oksimetrija, kao i napredna mjerenja, poput elektrokardiograma (EKG). Ova inovacija omogućuje zamjenu nošenja holtera s više vodiča, nošenjem jednog EKG „patch“ (priključak elektrode) za otkrivanje aritmija (Slika 5.). Nova tehnička rješenja integriraju dijagnostiku radi otkrivanja bolesti, poput npr. raka. Provođe se ispitivanja grudnjaka s integriranim toplinskim sensorima koji bi bilježili promjene u cirkadijanskim temperaturama u dojci koje se povezuju s karcinomom dojke. Također se razvija i fotoakustički “pametni grudnjak” koji koristi endogeni fotoakustični signal iz hemoglobina kako bi se pratila povećana vaskularnost i otkrio rani karcinom dojke. Senzori koji moraju imati kontakt direktno s kožom ugrađuju se u intimno rublje, kod žena najčešće u grudnjak, a kod muškaraca u elastičnu potkošulju pripijenu uz tijelo. Senzori koji se moraju mijenjati postavljaju se u tzv. zakrpe koje se prišiju na odjevni predmet. Zakrpe se mogu skinuti, što omogućuje zamjenu senzora te ponovno postavljanje s novim sensorom. [9]



Slika 5. Senzori koji prate zdravlje čovjeka [9]



## **5. PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA KAO ZAŠTITNA OPREMA U RAZLIČITIM DJELATNOSTIMA**

Prema Pravilniku o uporabi osobne zaštitne opreme (NN 5/2021), Osobna zaštitna oprema je sva oprema koju radnik nosi, drži ili na bilo koji drugi način koristi na radu pri obavljanju poslova, tako da ga štiti od jednog ili više izvora opasnosti odnosno štetnosti koji bi mogli ugroziti njegovu sigurnost i zdravlje. Osobnom zaštitnom opremom smatra se i svako pomagalo ili dodatak koji se koristi za postizanje te svrhe. [10]

Sigurnost na radnom mjestu najvažniji je čimbenik rada u svakoj grani industrije. Iz tog razloga razvijene su brojne tehnologije i inovacije sa krajnjim ciljem podizanja razine sigurnosti na radnom mjestu; u rudnicima, na gradilištima, u elektranama, tvornicama itd. [11] Poslodavac je dužan radnicima osigurati propisanu zaštitnu opremu koja ispunjava sve bitne zahtjeve i uvjete. Provodeći cjelovita istraživanja i radeći na unapređenju zaštitne opreme, danas se može reći kako je zaštitna oprema dizajnirana tako da štiti ali i pruža radniku ugodnost tijekom obavljanja aktivnosti. Krajnji cilj nošenja radne opreme i je postići udobnost i ugodnost, bez osjećaja težine, uz optimalan učinak zaštite i sigurnosti radnika od rizika. Kao najnovija inovacija, nastala spojem znanosti i tehnologije, pametna i inteligentna odjeća ima velik potencijal za korištenje u budućnosti u svrhu zaštitne opreme na radnim mjestima. Postavljanje senzora u osobnu zaštitnu opremu omogućuje praćenje raznih varijabli poput tjelesnih funkcija, izloženosti opasnim tvarima, udaljenosti od rizičnih područja te drugih štetnosti. Ovakva vrsta tehnologije može se povezati sa pametnim telefonima ili ekranima te radnicima omogućiti veću sigurnost i praćenje sigurnosnih varijabli na mjestima gdje se posao obavlja. [11] Iako je još uvijek u fazi razvoja i istraživanja, ova vrsta odjeće svojim preciznim alarmiranjem okolišnih utjecaja, može biti od izuzetnog značaja za sigurnost i zaštitu radnika, osobito na mjestima rada sa povećanim rizikom od opasnosti.

Jedno od inovativnih rješenja u pogledu zaštitne opreme osmislili su prof. dr.sc. Dubravko Rogale sa Tekstilno-tehnološkog fakulteta u Zagrebu i njegov student Damir Begić u sklopu diplomskog rada. Radi se o inteligentnoj jakni za nadzor šumarskih radnika. Jakna je zamišljena tako da ima dvojaku funkciju: nadzor rada radnika i zaštita radnika u slučaju nezgode na radu. Također, jakna ima ugrađen i GPS sustav koji omogućuje praćenje gibanja radnika na kartografskom prikazu terena, odnosno dijela šume na kojemu se izvode radovi. Svaki element inteligentne jakne ima svoju bitnu funkciju (Slika 6.). Nadzor rada radnika postiže se uz pomoć mikrofona i akcelerometra ugrađenih u jaknu. Mikrofon prati slike zvučnog okoliša radnika dok

akcelerometar bilježi vibracije uzrokovane potresanjem motorne pile. Istodobno se prikupljaju podaci zvučne slike i uspoređuju sa zvučnom zapisom motorne pile ali i vibracije uzrokovane radom kako bi se eliminirale pogreške zvučnog zapisa uzrokovane radom drugih pila ili drugih izvora buke. Ovaj sistem omogućuje praćenje učinkovitosti radnika tijekom radnog vremena. Druga funkcija inteligentne jakne – zaštita radnika u slučaju nezgode, temelji se na ugrađenim akcelerometrima i žiroskopskim davačima položaja. U jaknu je ograđeno mikroročunalo čija je uloga pratiti pokrete radnika te stav radnikova tijela. Ukoliko dođe do nezgode na radu, radnik će promijeniti tjelesni stav i pokrete tijela što će dovesti do toga da mikroročunalo aktivira izvršnu napravu; mobitel ili radio odašiljač, koji može automatski uputiti poziv za pomoć. Ugrađen GPS odmah će spasiteljima pružiti podatke o poziciji radnika, a moguća je i glasovna komunikacija pomoću ugrađenog mikrofona i minijaturnog zvučnika. [12]



Slika 6. Inteligentna jakna za nadzor rada šumskih radnika [12]

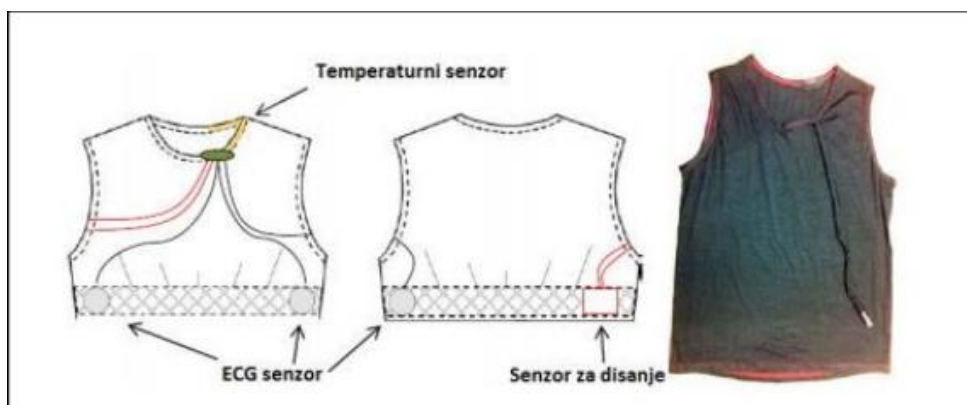
Vrlo interesantno rješenje za zaštitnu odjeću u naftnoj industriji dizajnirao je Norveški istraživački centar SINTEF. Riječ je o inteligentnoj jakni (Slika 7.) dizajniranoj u svrhu zaštite radnika od ekstremno niskih temperatura i hladnih uvjeta, s ciljem da bude funkcionalna, udobna i topla. Jakna je opremljena sensorima za praćenje razine zdravlja radnika pri radu na vrlo niskim temperaturama. Na jakni se očitavaju tjelesna temperatura, vlaga i znojenje unutar i izvan odijela, kao i praćenje lokacije radnika. Jakna je zamišljena za uporabu na naftnim poljima u svrhu nadziranja radnika i sprječavanja rada i zadržavanja na ekstremno niskim

temperaturama koje su ispod granica izdržljivosti za čovjeka. Kada signalizira da je čovjek izložen opasnim uvjetima, jakna šalje informacije do središnje točke i uvelike štiti radnike u zahtjevnim okolišnim uvjetima. [13]



Slika 7. Inteligentna jakna istraživačkog centra SINTEF [13]

Pametna i inteligentna odjeća također su inovativno rješenje i u slučaju vatrogasnih intervencija. Uz pomoću senzora, mikroracunala i zaslona koji su međusobno povezani i ugrađeni u vatrogasno odijelo ili jaknu, omogućuje se dojava stanja i okolnosti iz okoliša. Na izazovnim vatrogasnim intervencijama, kada je svaka minuta od osobite važnosti za unesrećene, pametna i inteligentna odjeća štiti će vatrogasca od ekstremne topline i dima. Sveučilište primijenjenih znanosti u Njemačkoj razvilo je tekstilne EKG elektrode za vatrogasce koji idu na intervenciju. Elektrode su specifične zbog izrazite pouzdanosti, čak i kod obavljanja najzahtjevnijih aktivnosti. Elektrode su implementirane u odjeću i time ne smanjuju udobnost i ugodnost pri nošenju. Njihova uloga je da mjere vitalne znakove nositelja, te ih putem radija u realnom vremenu odašilju do kontrolne stanice, u kojoj se ti podaci spremaju i ocjenjuju. Iz tog razloga se elektrode različitih senzora (EKG-a, disanja, tjelesna temperature) postavljaju u majicu, na mjesta gdje je moguć kontakt s kožom u ekstremnim aktivnostima. Sensorna majica (Slika 8.) je spojena s vatrogasnom jaknom s priključkom okruglog oblika s plastičnim kućištem kako prilikom korištenja ne bi došlo do ozljeđivanja vatrogasca. [14]



Slika 8. Senzorna majica [14]

Postoje i razna druga pametna rješenja u vezi vatrogasne zaštitne opreme. Neka od rješenja su:

1. Elektrokardiogram koji se koristi u svrhu otkrivanja ranih znakova srčanih bolesti prilikom izvođenja vježbi ili vatrogasnih intervencija;
2. Korištenje algoritama za procjenu temperature okruženja i tijela kako bi se smanjio rizik od ozljeda povezanih s vrućinom i nastupanja smrti zbog iste;
3. Korištenje prijenosne tehnologije za praćenje razine onečišćenja zraka na požarištu, pogotovo požara objekata.

Pomoću inteligentnih senzorskih tehnologija, u slučaju visokih temperatura i topline prilikom vatrogasne intervencije, odjeća će svijetliti i upozoravati nositelja. Ovakvim pametnim rješenjem vatrogasne intervencije biti će uspješnije, a što je najvažnije, očuvat će se sigurnost i zdravlje vatrogasaca prilikom obavljanja njihova posla. [14]

### 5.1. Prednosti pametne i inteligentne zaštitne odjeće i opreme

Zbog komponenta od kojih se sastoji pametna i inteligentna zaštitna odjeća prikuplja informacije i stanja iz okoline, prepoznaje okolišne uvjete, prilagođava se uvjetima i upozorava korisnika, tim na terenu ili centralnu jedinicu na opasnost. Isto tako, ugradnjom GPS čipa u zaštitnu odjeću, poslodavac u svakom trenutku može znati na kojoj lokaciji je radnik kada se radi o radu na velikim ili nepreglednim terenima, što u slučaju opasnosti ili nezgode na radu omogućuje bržu intervenciju jer se zna točna lokacija radnika. Senzori ugrađeni u odjeću mogu prepoznati elemente u okolišu, uključujući plin, kemikalije, toplinu, zvuk i udare. [15]

Na slici 9. prikazani su ugrađeni senzori za plin, buku te GPS na zaštitnom prsluku.



Slika 9. Zaštitni prsluk sa sensorima [16]

Osim pametne zaštitne odjeće, postoji i druga radna zaštitna oprema izvedena u pametnom obliku:

- Kacige koje se povezuju na internet ili pomoću bluetooth-a te u realnom vremenu javljaju sigurnosne informacije korisniku ili u centralnu jedinicu
- Štitnici za uši i maske za lice koje mogu poboljšati komunikaciju u bučnim uvjetima ili okruženjima sa slabom vidljivosti
- Pametne zaštitne naočale na kojima se podaci mogu isporučiti unutar naočala na zaslonu u kutu leće kako bi korisnik mogao pratiti promjenjive podatke
- Pametne zaštitne rukavice koje pomoću čipova mogu očitavati podatke i informacije vezano za kemikalije i spojeve, a mogu spriječiti i ulazak radnikovih ruku u opasna područja
- Pametni tehnološki senzori koji se mogu povezati s rashladnim i grijaćim elementima i prilagoditi prema tjelesnoj i vanjskoj temperaturi, pružajući pomoć kada je korisnik u opasnoj situaciji
- Smart Tech uređaji za zaključavanje mogu spriječiti ozljede povezane s opremom pomoću laserskog zaustavljača [15]

Svake godine raste broj novih korisnika odnosno poslodavaca koji u svojim tvrtkama usvajaju senzore i povezivu tehnologiju kako bi osigurali bolju sigurnost i zaštitu te dugoročne uštede

kroz aktivnu prevenciju zdravstvenih problema i tragičnih situacija. Pametna i inteligentna odjeća kao tehnološka inovacija ima vrlo dobre i čvrste temelje za primjenu u budućnosti u području zaštitne odjeće i opreme, gdje će njihova primarna svrha, osim usklađenosti sa normama i propisima, također biti povećanje zaštite radnika smanjenjem rizika i sprječavanjem ozljeda na radnom mjestu. "Internet stvari" odnosno povezivanje uređaja putem interneta, može potaknuti inovacije u području osobne zaštitne opreme i radnog procesa što će utjecati na poboljšavanje izvedbe radnih zadataka i produktivnost, smanjenje pogrešaka i ozljeda te na poboljšanje radnog okruženja. [11]

## **5.2. Norme i preporuke za izbor zaštitne odjeće**

Prilikom odabira osobne zaštitne odjeće u obzir se mora uzeti činjenica ispunjava li ona zahtjeve propisane normama. Opća norma za zaštitnu odjeću, koja je prihvaćena i primjenjuje se u Republici Hrvatskoj kao hrvatska norma je HRN EN 340:2004. Ona definira zaštitnu odjeću kao odjeću koja pokriva ili zamjenjuje osobnu odjeću te pruža zaštitu od jednog ili više rizika koji mogu ugroziti sigurnost i zdravlje osoba prilikom rada. Ova norma se ne može koristiti samostalno, već isključivo u kombinaciji sa nekom drugom normom koja sadrži zahtjeve za specifičnim svojstvima odjeće koja nam mora pružiti željenu zaštitu. [1]

Osnovni zahtjevi za zaštitnu odjeću prema HRN EN 340:

1) Neškodljivost - zaštitna odjeća ne smije ugrožavati i nepovoljno utjecati na zdravlje korisnika. Treba biti izrađena od materijala kao što su tekstil, koža, guma, plastika i drugih koji su dokazano kemijski prikladni. Materijali od kojih je izrađena zaštitna odjeća ne smiju za vrijeme upotrebe propuštati ili razgrađivanjem propuštati supstance za koje je poznato da su otrovne, kancerogene, mutagene, alergene, reproduktivno toksične ili na drugi način štetne. [1]

2) Dizajn - odjeća treba biti dizajnirana i izrađena tako da veličinom i oblikom što bolje prati dimenzije i oblik tijela korisnika te da u svakom trenutku prati statičku i dinamičku morfologiju čovjeka. Dizajn zaštitne odjeće mora osigurati da prilikom očekivanih kretnji korisnika, niti jedan dio tijela nije nepokriven (npr. prilikom podizanja ruku nositelja, jakna se ne smije dizati iznad struka) te da postoji odgovarajuće preklapanje dijelova odjeće. [1]

3) Udobnost – pojam udobnosti je subjektivan osjećaj i različito se očituje od osobe do osobe, no najčešće se definira kao odsutnost boli odnosno odsutnost neudobnosti. Opterećenost

odjećom najčešće se izražava pojmovima neudobnosti: pretoplo, prehladno, prevlažno, prekruto i dr. Zaštitna odjeća mora imati osobinu elastičnosti, te osiguravati udobnost pri svakom pokretu. [1]

4) Općenito i specifično označavanje odjeće - zaštitna odjeća mora biti obilježena oznakom veličine koja se određuje tjelesnim dimenzijama mjerenim u centimetrima. Oznake veličine pojedinih dijelova odjeće moraju sadržavati barem dvije kontrolne dimenzije npr. obujam prsa i visa i/ili obujam struka i visina. [1]

Pametna i inteligentna odjeća u funkciji osobne zaštitne opreme još uvijek je područje koje se istražuje i razvija da bi se iskoristila u svom punom potencijalu i pružila optimalnu zaštitu radnika. U bliskoj budućnosti se očekuje da će pametna i inteligentna odjeća napredovati po pitanju svih kriterija koji se prema normi zahtijevaju.

### **5.3. Zaštitna odjeća prema zaštitnim svojstvima**

Zaštitna odjeća na radnom mjestu određuje se sukladno vrsti djelatnosti koja se obavlja te vrstama opasnosti i štetnosti koje se pojavljuju ili se mogu pojaviti tijekom radnog procesa. Zaštitna odjeća radniku mora osigurati visoki stupanj zaštite od opasnosti, a najčešće ima više zaštitnih funkcija. [1]

Zaštitna odjeća prema zaštitnim svojstvima može se podijeliti na sljedeći način:

1. zaštitna odjeća za zaštitu od mehaničkih opasnosti
  - a) odjeća za zaštitu od zahvata gibajućih dijelova,
  - b) oprema za zaštitu od uboda i posjekotina,
  - c) odjeća za zaštitu od presijecanja pri rukovanju motornom lančanom pilom
2. zaštitna odjeća za zaštitu od topline i vatre,
3. zaštitna odjeća za zaštitu pri zavarivanju i srodnim procesima,
4. zaštitna odjeća za zaštitu od statičkog elektriciteta,
5. zaštitna odjeća za zaštitu od kiše i hladnoće
  - a) zaštitna odjeća za zaštitu od kiše

b) zaštitna odjeća za zaštitu od hladne okoline

c) zaštitna odjeća za zaštitu od hladnoće

6. zaštitna odjeća za zaštitu pri smanjenoj vidljivosti

7. zaštitna odjeća za zaštitu od kemijski štetnosti i opasnosti (prašine, tekućih i plinovitih kemikalija...) [1]

Prilikom izbora zaštitne odjeće u obzir treba uzeti sve čimbenike radnog mjesta i djelatnosti koja se obavlja kako bi radnik bio adekvatno zaštićen. Napredak tehnologije i sve veća ulaganja u istraživanja omogućuju konstantno razvijanje i otkrivanje novih materijala čije karakteristike omogućuju veću kvalitetu i otpornost te su u mogućnosti osigurati izvođenje visokorizičnih radnih operacija. [1] Kada se uzme u obzir i činjenica sve većeg razvitka inteligentne odjeće, možemo zaključiti da će u bliskoj budućnosti zaštitna odjeća imati sve bolje značajke.



## 6. PAMETNA I INTELIGENTNA ODJEĆA U BUDUĆNOSTI

Pametna i inteligentna zaštitna odjeća na tržištu zaštitne opreme još uvijek nije doživjela svoj potpuni doseg. Na to ponajviše utječe relativno visoka cijena ovakve vrste odjeće, nedovoljno istraženo područje prijenosne baterije koja omogućuje pohranu energije za rad svih komponenti pametne odjeće te ograničena mogućnost pranja. Osim toga, tekstilna industrija i strojevi koji se koriste u proizvodnji i procesu nisu prikladni za pametnu proizvodnju tekstila i odjeće. Također, sam pojam pametne i inteligentne odjeće relativno su malo poznati široj publici, a dobrobiti i prednosti ovakve vrste odjeće još nisu u prvom planu. S druge strane, interes znanstvenika stalno raste i javljaju se evolucije u izradi pametne odjeće tako da trenutne prepreke neće predstavljati veće probleme u širokom usvajanju i korištenju pametne odjeće. Prema predviđanjima, pametna će odjeća igrati glavnu ulogu u svakodnevnom životu ljudi u bliskoj budućnosti. Kako se proizvodnja bude razvijala i poboljšavala, cijene će stagnirati, čineći pametnu i inteligentnu odjeću dostupnom većem broju populacije. [17]

Pametna odjeća s jedne strane treba omogućiti multidisciplinarno djelovanje kako bi zadovoljila višestruke potrebe korisnika, dok s druge strane mora biti doradana i specijalizirana za striktno pojedino područje kako bi se prilagodila ključnim potrebama korisnika odnosno prepoznala uvijete i potrebe. Pametna odjeća u budućnosti nastavit će integrirati različite podatke, aplikacije i usluge kako bi stvorila integrirano, personalizirano iskustvo pametnog nošenja za korisnike. Poboljšanja se očekuju u vidu interakcije s korisnikom, poput interakcije prepoznavanja glasa, interakcije gestama, interakcije biofeedbackom<sup>1</sup>, interakcije situacijske svijesti, pa čak i interakcije mozak-računalo. [17]

Kako bi se osigurala dovoljna količina energije za funkcioniranje pametne i inteligentne odjeće, u budućnosti se predviđa opskrba energijom iz održivih izvora kao što su sunčeva energija, energija vjetra, temperatura i fizička energija, što će predstavljati učinkovitiju opciju od dosadašnjih baterija. Isto tako, trenutačni ciklusi pranja i sušenja pre agresivni su za elektroniku, senzore ili druge komponente koje se nalaze u pametnoj odjeći. Dakle, elektronika i senzori moraju se ukloniti prije pranja i ponovno pričvrstiti nakon procesa pranja i sušenja što

---

<sup>1</sup> Biofeedback je računalno potpomognuta metoda treninga u kojoj se određeni parametri fiziološke aktivnosti precizno mjere i učine vidljivima klijentu. Preko monitora i zvučnika na perceptivno prepoznatljiv način tijelu se pokazuje njegova vlastita aktivnost u sadašnjem trenutku. Povratna informacija o funkcioniranju tijela čini povratnu spregu koja omogućuje pojedincu da nauči kako promijeniti fiziološku aktivnost sa svrhom poboljšanja zdravlja ili dostizanja vrhunske izvedbe. Indikatori fiziološke aktivnosti koje mjerimo u biofeedbacku su: rad srca protok krvi, disanje, periferna temperatura tijela, napetost mišića, otpor kože. [18]

predstavlja svojevrsni dodatni napor koji korisnik treba uložiti što ga čini nepraktičnim i oduzima vrijeme i novac. [17]

Međusobnom suradnjom u budućnosti stručnjaka različitih područja osmislit će se kvalitetnija i održivija pametna i inteligentna odjeća. Prilagodbom industrijskih strojeva u tekstilnoj industriji, uređaja, alata i proizvodnih linija koji će biti adaptirani šivanju pametne i inteligentne odjeće omogućit će se efikasniji proizvodni proces pametne odjeće. U budućnosti se također očekuje da će se poraditi na udobnosti i ugodnosti pametne odjeće te će ona dosegnuti svoj puni potencijal i širok opseg primjene. [17]

U bliskoj budućnosti, u cijelom svijetu, najavljen je razvoj inteligentne odjeće koja će mijenjati boju i prilagođavati se promjenama boje okoliša (kamuflaža), odjeće koja će štititi nositelja tako da zatvara pore elektroaktivnim polimerima kad osjetila detektiraju otrovne plinove ili tekućine. Ovaj izum biti će vrlo koristan za vojsku, policiju, vatrogasce, zaštitu poljoprivrednika od herbicida i pesticida, deratizatore i druge djelatnosti u kojima se pojedinci susreću sa otrovnim plinovima ili nagrizajućim tekućinama. Rezultati i patentne prijave ove vrste inteligentne odjeće za sada još nisu objavljeni. [5]

## 7. ZAKLJUČAK

Velika revolucija u području tehnologije dovela je do brojnih istraživanja i razvoja kako tehnologiju integrirati sa odjevnim predmetima. Krajem 20. stoljeća pojavili su se prvi odjevni predmeti koji su nosili naziv pametna odjeća. Takva vrsta odjeće razlikuje se od drugih odjevnih predmeta upravo zbog komponenti koje sadrži: senzor, mikroračunalo i izvršnu jedinicu koja daje izlazne informacije. Istraživanja i razvoj područja pametne i inteligentne odjeće još uvijek se intenzivno provode zajedničkim snagama brojnih znanstvenika iz različitih područja znanosti, a interes za ovakvu vrstu odjeće u bliskoj budućnosti doživjet će svoj procvat. Bilo da se radi o medicini, sportu ili svakodnevnoj upotrebi običnog čovjeka, pametna odjeća u svakom segmentu olakšava praćenje stanja njegova nositelja i omogućuje očitavanje parametara iz okoliša. U svrhu sigurnosti i zaštite radnika na radnim mjestima, napravljene su brojne inovacije pametne zaštitne odjeće koja ima mogućnost detektirati opasnu situaciju i alarmirati na opasnost te čak uputiti i poziv u pomoć. Osim zaštitne pametne i inteligentne odjeće, sigurnosti radnika može osigurati i ostala pametna zaštitna oprema kao što su kacige, rukavice, naočale, maske za lice i štitnici za uši. Poboljšanja u funkcionalnosti pametne i inteligentne odjeće u budućnosti očekuju se u pogledu postizanja veće udobnosti i ugodnosti ovakvih odjevnih predmeta, poboljšanja u vidu baterije odnosno opskrbe energijom te poboljšanja u pogledu jednostavnijeg održavanja. Očekivano je da će napredak i poboljšanja uskoro biti evidentni obzirom da na tome radi velik broj stručnjaka iz različitih područja. U bliskoj budućnosti očekuje se opće prihvaćanje pametne i inteligentne odjeće u svakodnevnoj upotrebi. Isto kao što su već godinama unazad vrlo popularni i nezamjenjivi pametni mobiteli i pametni satovi koji olakšavaju svakodnevnicu, tako će i pametna i inteligentna odjeća izgledno postati standard čovjekova života.

## 8. LITERATURA

- [1] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu – Zaštitna odjeća, <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2016/11/Za%C5%A1titna-odje%C4%87a.pdf>, pristupljeno: 6.7.2023.
- [2] Firšt Rogale S., Rogale S., Nikolić G., Dragčević Z.: Inteligentna odjeća, znanstvena knjiga, Sveučilište u Zagrebu & TTF, Zagreb 2014., ISBN 978-953-7105-52-5
- [3] Nikolić G.: Dolazi vrijeme inteligentne odjeće, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://hrcak.srce.hr/file/287074, pristupljeno: 23.7.2023.
- [4] Rogale D., Firšt Rogale S., Veldić M.: Pametna odjeća za bolesnike i rekonvalescente, <https://hrcak.srce.hr/209222>, pristupljeno: 6.7.2023.
- [5] Rogale D.: Inteligentna odjeća, Hrvatska tehnička enciklopedija <https://tehnika.lzmk.hr/inteligentna-odjeca/>, pristupljeno: 23.7.2023.
- [6] Veldić M.: Projektiranje elemenata pametne odjeće za praćenje signala srčanog pulsa, diplomski rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:210094>, pristupljeno: 6.7.2023.
- [7] Peck-Tijeglić M.: Projektiranje pametne biciklističke jakne, <https://hrcak.srce.hr/243557>, pristupljeno: 15.7.2023.
- [8] I.S.: Hrvatska pametna odjeća, <https://www.vidi.hr/Non-Tech/Hrvatska/Hrvatska-pametna-odjeca>, pristupljeno 7.7.2023.
- [9] Nikolić G., Rogale D.: „Inteligentna odjeća za prevenciju bolesti i smanjenje opterećenja zdravstvenih resursa“, Tekstil, 67 (2018.), (1-2), 40-51.
- [10] Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_01\\_5\\_111.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_01_5_111.html), pristupljeno: 7.7.2023.
- [11] Adjiski V., Despodov Z., Mirakovski D., Serafimovski D.: Arhitektura sustava za praćenje osobne zaštitne opreme i senzora u cilju povećanja sigurnosti rada u podzemnim rudarskim postrojenjima, <https://hrcak.srce.hr/216282>, pristupljeno: 26.7.2023.

- [12] Rogale, D.: Inteligentna jakna za nadzor rada šumskih radnika, godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, 2018., 324-326.str., <https://hrcak.srce.hr/222000>, pristupljeno 10.7.2023.
- [13] Šavija T.: Zaštitna odjeća u naftnoj industriji, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:859243>, pristupljeno: 10.7.2023.
- [14] Stevanović F.: Zaštitna i radna vatrogasna odjeća, završni rad, <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A1869/datastream/PDF/view>, pristupljeno 10.7.2023.
- [15] Sekulić R.: Osobna zaštitna sredstva u građevinarstvu, završni rad, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:605779>, pristupljeno: 16.7.2023.
- [16] Smart Garments - Industrial Wearable Tech, <https://www.bell-integration.com/capabilities/transform/iot-solutions/smart-garments/>, pristupljeno: 26.7.2023.
- [17] Jiang S., Stanke O., Batche F.O., Sultanova S., Sabantina L.: Primjene pametne odjeće, <https://journals.qucosa.de/cdatp/article/view/46/36>, pristupljeno: 18.7.2023.
- [18] Što je biofeedback? <http://www.vitaplenu.hr/clanci/o-metodi-biofeedback/sto-je-biofeedback-15>, pristupljeno: 18.7.2023.

## 9. PRILOZI

### 9.1. Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Prikaz fleksibilnosti elektroničkih komponenta [6].....                         | 10 |
| Slika 2. Ožičenja u tkanini [3] .....  | 11 |
| Slika 3. Ugrađeni fleksibilni fotonaponski paneli na leđima inteligentne jakne [3] ..... | 12 |
| Slika 4. Komponente pametne odjeće namijenjene za bolesnike i rekonvalescente [4] .....  | 14 |
| Slika 5. Senzori koji prate zdravlje čovjeka [9] .....                                   | 16 |
| Slika 6. Inteligentna jakna za nadzor rada šumskih radnika [12] .....                    | 18 |
| Slika 7. Inteligentna jakna istraživačkog centra SINTEF [13] .....                       | 19 |
| Slika 8. Senzorna majica [14] .....  | 20 |
| Slika 9. Zaštitni prsluk sa sensorima [16].....  | 21 |

### 9.2. Popis tablica

|  |   |
|--|---|
| Tablica 1. Podjela skupina senzora pogodnih za pametnu inteligentnu odjeću [4] ..... | 8 |
|--|---|