



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

**Intelektinė produkcija IO4: elektroninė knyga**

## **GERIAUSIOS PRAKTIKOS KNYGA APIE TEKSTILĘ, PAGRĮSTA IŠMANIAISIAIS JUTIKLIAIS - NUO GAMYBOS VALDYMO IKI GALUTINIO VARTOTOJO**

Redagavo by:  
Georgios Priniotakis (UNIWA)  
Ioannis Chronis (UNIWA)

Europos Komisijos parama šios el. knygos gamybai nereiškia, kad ji patvirtina turinį, kuris atspindi tik autorių požiūrį, ir Komisija negali būti laikoma atsakinga už bet kokį joje pateiktos informacijos naudojimą.



CC BY 4.0; DIGITEX Consortium Partners.

Nuorodoje turėtų būti: ; „Knygos skyrius“, autoriai, „ **GERIAUSIOS PRAKTIKOS KNYGA TEKSTILĖ, PAGRĮSTA IŠMANIAISIAIS JUTIKLIAIS - NUO GAMYBOS VALDYMO IKI GALUTINIO VARTOTOJO** ", Georgios Priniotakis and Ioannis Chronis, eds., DIGITEX Erasmus+ Project (2020-1-RO01-KA226-HE-095335), 2021-2023, pp. x-y.

Visi prekių ženklai ir kitos teisės į trečiųjų šalių gaminius, minimus ar pateiktus šiame dokumente, pripažįstami ir priklauso atitinkamiems savininkams.



## SANTRAUKA

„DigiTEX“ projektu siekiama remti novatoriškus metodus ir skaitmeninio mokymosi technologijas, siekiant paspartinti inovacijas, mokymą ir mokymąsi medicinos, apsauginių, sensorinių ir išmaniųjų 3D tekstilės gaminių projektavimo, bandymų ir naujoviškų pažangių sveikatos priežiūros produktų (apsauginės įrangos, nešiojamų stebėjimo prietaisų) srityje skaitmeninės ekonomikos kontekste.

Ši knyga yra DIGITEX projekto intelektualinis rezultatas Nr. 4. Ji apima daugybę geriausios praktikos, kuri buvo sukurta ir išplėtotą sveikatos priežiūros ir apsaugos, tekstilės srityje, taip pat pateikiant galutinio vartotojo perspektyvą ir potencialą sėkmingai veikti rinkoje.

Knyga skirta supažindinti su sritimi, apžvelgti jau esamus atvejus ir paskatinti susidomėjimą sektoriumi, taip pat inovacijų procesą, kuris turi būti taikomas kuriant ir plėtojant atitinkamas technologijas ir programas.



## Turinys

1 Skyrius. Jutiklių pagrindu pagamintos tekstilės evoliucija	8
<i>Įvadas</i>	8
<i>Pirmos kartos tekstiliniai jutikliai</i>	9
<i>Antros kartos tekstiliniai jutikliai</i>	10
<i>Trečios kartos tekstiliniai jutikliai</i>	11
<i>Išvados</i>	11
2 Skyrius. Reikalavimai tekstilinėms medžiagoms jutikliams, valdikliams, baterijoms ir nešiojamiesiems įrenginiams	14
<i>Įvadas</i>	14
<i>Jutikliai</i>	14
<i>Valdikliai</i>	15
<i>Baterijos</i>	15
<i>Lankstūs dėvimi įrenginiai</i>	16
<i>Pritaikymas</i>	17
<i>Išvados</i>	17
Chapter 3 Bendras jutiklių projektavimas ir integravimas į AAP gaminius, skirtus apsaugoti nuo gaisro ir vandens	20
<i>Įvadas</i>	20
<i>Išmanieji ugnies/vandens AAP jutikliai</i>	21
<i>Apsaugos nuo ugnies/vandens asmeninių apsaugos priemonių bendras projektavimas</i>	22
<i>Jutiklio integravimas į AAP apsaugai nuo gaisro</i>	23
<i>Jutiklio integravimas į AAP apsaugai nuo vandens</i>	23
<i>Išvados</i>	23
4 Skyrius. Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į medicinos prietaisus	25
<i>Įvadas</i>	25



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Išmanieji jutikliai sveikatos priežiūrai	26
<i>Bendras išmaniųjų biomedicininų jutiklių projektavimas</i>	27
<i>Išmaniųjų jutiklių integravimas į medicinos prietaisus</i>	27
<i>Išvados</i>	27
5 Skyrius. Reabilitacijos tekstilės gaminių, kurių pagrindą sudaro valdikliai, bendras projektavimas	31
<i>Įvadas</i>	31
<i>Valdiklis ir lanksčių valdiklių klasifikacija</i>	32
<i>Reabilitacijai skirta tekstilė su valdikliais</i>	33
<i>Išvados</i>	38
6 Skyrius. Energiją surenkantys įrenginiai tekstilinių elektrodų pagrindu	41
<i>Įvadas</i>	41
<i>Energiją surenkančių įrenginių tipai ir jų gamyba</i>	41
<i>Išvados</i>	41
7 Skyrius. Galutinių vartotojų reikalavimai ir perspektyva renkantis išmaniuosius produktus	45
<i>Įvadas</i>	45
<i>Išmaniųjų produktų galutinio vartotojo reikalavimai ir perspektyva</i>	47
<i>Išvados</i>	52
8 Skyrius. Įtakos veiksniai į tekstilės gaminius integruotų elektroninių komponentų tinkamumui naudoti ir priimtinumui	55
<i>Įvadas</i>	55
<i>Įtakos veiksniai į tekstilės gaminius integruotų elektroninių komponentų tinkamumui naudoti ir priimtinumui</i>	56
<i>Išvados</i>	58
9 Skyrius. S Išmanusis jutiminis komfortas – objektyvi ir subjektyvi išmaniosios tekstilės analizė	60
<i>Įvadas</i>	60



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

<i>Jutiminio komforto veiksniai</i>	61
<i>Objektyvus jutiminio komforto įvertinimas</i>	62
<i>Subjektyvus jutiminio komforto įvertinimas</i>	64
<i>Išvados</i>	67
10 Skyrius. Tekstilės gaminiuose integruotų išmaniųjų jutiklių ir valdiklių etika ir reikalavimai	73
<i>ES duomenų apsaugos reglamentas – BDAR</i>	73
<i>Saugos duomenų aspektai</i>	74
Laidžios tekstilės technologijos ir sauga	75
<i>Praktiniai atvejai</i>	76
<i>Išvados</i>	77
11 Skyrius. Naujovių išmaniuosiuose jutikliuose, valdikliuose, nešiojamuose įrenginiuose skatinimas bendrai projektuojant ir kuriant	80
<i>Įvadas</i>	81
<i>SMARTTEES</i>	87
<i>Galactica projektas</i>	42
<i>Išvados</i>	88
12 Skyrius. Kūrybiniai išmaniojo tekstilės gaminio bendro projektavimo metodai	90
<i>Įvadas</i>	90
<i>Tekstilės medžiagos išmaniesiems drabužiams</i>	92
<i>Išvados</i>	96
13 SKYRIUS. Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į karinius AAP gaminius	98
<i>Įvadas</i>	98
<i>Deformacijos jutikliai</i>	100
<i>Išvados</i>	103
14 Skyrius. Bendrai suprojektuoti valdikliai, pagrįsti sensorinėmis medžiagomis	105
<i>Įvadas</i>	105



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

<i>Audinio savybės, turinčios įtakos jutimui komfortui</i>	107
<i>Audinių tempimo savybės</i>	108
<i>Audinio šlytis</i>	108
<i>Audinių storis ir suspaudimas</i>	108
<i>Sensorinis audinių komfortas</i>	109
<i>Išvados</i>	110
15 Skyrius. Nacionaliniai ir Europos teisės aktai dėl išmaniųjų, jutiminių ir nešiojamų gaminių rekomendacijos	<b>Error! Bookmark not defined.</b> Politikos 111
<i>Reguliavimo sistemos pritaikymas nešiojamoms technologijoms</i>	66
<i>Tarptinklinio ryšio išlaidų reguliavimas</i>	68
<i>Nešiojamų technologijų integravimo į medicinos prietaisus skatinimas</i>	6
8 <i>Išvados</i>	6916
6916 Skyrius. Sintetinė analizė - tekstilė, jutikliai, nešiojami drabužiai	7
1 <i>Įvadas</i>	71
<i>analizė</i>	71
<i>modelis</i>	71
3 <i>Išvados</i>	7417
7417 Skyrius. Išmaniosios elektronikos tekstilės gaminių rinkos dinamika	76
<i>potencialas</i>	76
<i>potencialas</i>	77
<i>dinamika</i>	77
<i>Išvados</i>	8018
8018 Skyrius. Jutiklinės tekstilės rinkos dinamika	84
<i>pasiekimai</i>	84
<i>drabužiai</i>	84
<i>Išvados</i>	134
19 Skyrius. Ekologiškas jutiklių, baterijų ir valdiklių dizainas	136
<i>Įvadas</i>	136



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

<i>Medžiagų parinkimas</i>	137
<i>“Žiedinis” dizainas ir gyvavimo ciklo įvertinimas</i>	138
<i>Energijos vartojimo efektyvumas ir atsinaujinantys energijos šaltiniai</i>	139
<i>Ekologiškas nešiojamų jutiklių dizainas</i>	139
<i>Ekologiškas nešiojamų baterijų, energijos kaupimo ir energijos surinkimo prietaisų dizainas</i>	139
<i>Ekologiškas nešiojamųjų valdiklių dizainas</i>	140
<i>Išvados</i>	142
<i>Nuorodos</i>	142
20 Skyrius. Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į AAP, saugančias nuo cheminių ir biologinių pavojų	144
<i>Įvadas</i>	144
<i>Pagrindinės dizaino koncepcijos</i>	145
<i>Išmaniųjų cheminių jutiklių taikymas ir charakteristikos</i>	146
<i>Išmaniųjų biologinių jutiklių taikymas ir charakteristikos</i>	147
<i>Išvados</i>	148
<i>Nuorodos</i>	148
21 Skyrius. Į galutinį vartotoją orientuota išmaniųjų jutiklių, valdiklių gamyba	149
<i>Įvadas</i>	149
<i>Iššūkiai gaminant išmaniuosius AAP komponentus, orientuotus į galutinį vartotoją</i>	149
<i>Naujausios DSS rizikos valdymo tendencijos ir AAP gamybos technologijų gairės</i>	150
<i>Išvados</i>	151
<i>Nuorodos</i>	152



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335





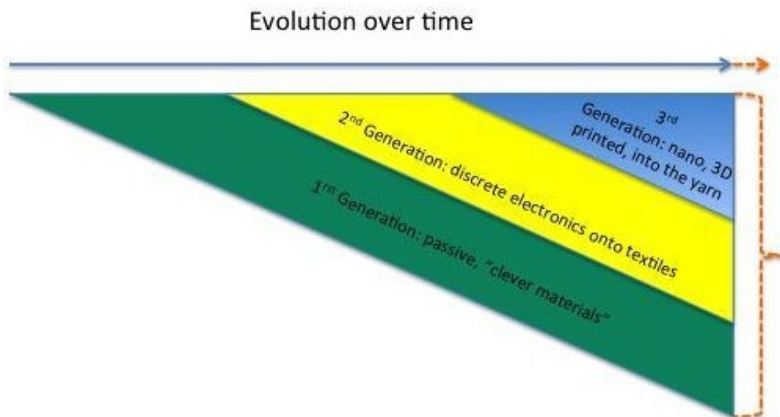
## 1 Skyrius. Jutiklių pagrindu pagamintos tekstilės evoliucija

*Ioannis Chronis, Georgios Priniotakis, Athanasios Panagiotopoulos UNIWA,  
GREECE*

### Įvadas

Moksliniai tyrimai tekstilės jutiklių srityje siekia kelis dešimtmečius ir sutampa su vadinamųjų išmaniųjų tekstilės gaminių, nešiojamų ir elektroninės tekstilės gaminių evoliucija. Pradžia buvo tada, kai į verpalus ar audinius buvo įtrauktos netradicinės medžiagos, kurios dėl išorinių dirgiklių galėjo keisti savybes. Tekstilė ir drabužiai yra plačiausiai naudojami komerciniai gaminiai, dėvimi ant žmogaus kūno, o drabužio gebėjimas perduoti informaciją žmogui buvo vertinamas ne tik kaip labai naudingas pirkėjams, bet ir labai perspektyvus bei patrauklus rinkodaros požiūriu. Tekstilės jutikliai yra vienas iš gyvybiškai svarbių išmaniosios tekstilės komponentų, todėl nebetikslinga detalizuoti, kad tekstilės jutiklių raida eina koja kojon su išmaniosios tekstilės gaminių raida apskritai.

Likusioje šio skyriaus dalyje mes išskiriame tris tekstilės jutiklių kartas (1.1 pav.), tačiau turėtume aiškiai pasakyti, kad visos šių kartų technologijos vis dar tobulėja, o programos vis dar kuriamos, rezultatai yra daug žadantys visoms trimis aprašytoms tekstilės jutiklių kartoms.





### 1.1 paveikslas. Tekstilės jutiklių evoliucija laiko skalėje

#### Pirmos kartos tekstiliniai jutikliai

Pirmosios kartos tekstilės jutikliai apibūdinami kaip medžiagos, galinčios sukurti paprastą ir žemos kokybės/informacinį signalą, pvz., pakeisti formą ar spalvą, atsižvelgiant į tekstilės aplinkos pokyčius (dirgiklius). Šis jutimo gebėjimas buvo priskirtas naujoms to meto medžiagoms, kurių tipiškiausias pavyzdys yra formos atminties polimerai, chromo ir fazės keitimo medžiagos ir kt. Šios medžiagos yra pasyvios: nereikia maitinimo ir įvesties / apdorojimo bloko / išvesties sistemos, jos veikia kaip jutiklis ir valdiklis, kalbant apie tipinę automatizavimo sistemą..

Fazės keičiančios medžiagos gali keisti fazę, priklausomai nuo temperatūros, paprastai iš kietos į skystą ir atvirkščiai. Dažniausiai šiam tikslui naudojamos kietieji angliavandeniliai (vaškai), esantys putose arba mikrokapsulėse, kurie į audinį dedami sluoksniuojant arba verpiant šlapiuoju būdu. Šios medžiagos turi ir jutimo, ir veikimo funkciją ir dažniausiai naudojamos drabužiams šildyti pagal aplinkos temperatūrą [1], [2].

Formos atminties polimerai yra organiniai polimerai, kurie gali keisti savo formą pagal dirgiklius, tokius kaip šiluma, pH, spinduliuotė ir kt. Jie yra dviejų polimerų mišinys (kopolimeras) su skirtingais lydymosi taškais, o tai yra formos pasikeitimo mechanizmas. Pagrindinis jų privalumas yra tai, kad juos galima suverti į verpalus ir sukurti audinį su formos atminties veiksmu [3].

Kai kurios kitos šios kategorijos medžiagos yra chrominė tekstilė, kuri keičia spalvą, optiniai pluoštai, praleidžiantys, aptinkantys ir perduodantys šviesą bei pH jautrūs dažai, kurie keičia spalvą pagal skysčio, absorbuoto audinio paviršiuje pH.. The dyes contain pH indicator substances [4]. Jie turi būti pritvirtinti prie verpalų ar audinio. Integracija yra gera, tačiau jutimo galimybės yra minimalios, todėl šie produktai liko prototipais ir nebuvo komercializuoti.

Talpiniai slėgio jutikliai yra dar viena programa, kuri buvo sukurta šioje eroje (priešingai nei pjezoelektriniai slėgio jutikliai), juos galima daug geriau integruoti į tekstilę siuvinėjant ar net siuvalt. Tinkamas pritaikymas yra siuvinėtos klaviatūros, kuriose buvo naudojamas slėgio jutiklis iš laidžių ir nelaidžių siūlų, kad būtų sukurtas dvejetainis signalas (0/1, taip/ne). Paprastas, plaunamas, gaminamas (išsiuvinėjant), patikimas, bet, žinoma, žemos kokybės/informacija kaip elektroninis



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

signalas. Nors klaviatūros paprastai nėra patys jutikliai, jas galima priskirti šiai kategorijai, nes jos užtikrina tekstilės ryšį su vartotoju / dėvėtoju ir yra išmaniosios tekstilės dalies dalis, kaip ir jutikliai. [6].

### Antros kartos tekstiliniai jutikliai

Antrosios kartos tekstiliniai jutikliai buvo pagrįsti atskirais įprastais elektroniniais jutikliais su laidiniu arba belaidžiu ryšiu su mikrovaldikliais arba spausdintinėmis plokštėmis (SP). Šios programos išpopuliarėjo dėl masinės gamybos ir daugybės jutiklių, taip pat dėl elektronikos ir ryšių skaitmeninimo. Šios kartos tekstilės jutikliai vaizduoja prototipų, galinčių suteikti tikrai naudingą signalą ir informaciją, kūrimą. Taikymas daugiausia buvo susijęs su žmogaus kūno biometriniais duomenimis ir sveikatos bei gerovės stebėjimu. Tai gana pagrįsta, atsižvelgiant į visada aktyvų drabužio pobūdį ir neinvazinį biometrinių jutiklių pobūdį.

Simbolinis pavyzdys yra Arduino Lilypad ekosistema, kurią dėl mažo dydžio galima geriau įtraukti (susiūti ir t.t.) į įprastus tekstilės pagrindus (audinius, drabužius). Arduino Lilypad buvo pristatytas 2007 m. ir yra Arduino šeimos mikrovaldiklio plokštė, skirta tekstilei, o tai reiškia, kad ji turi skylutes siuvimui ant drabužių ir yra gėlę primenančios formos, kurią estetiškai galima geriau priimti kaip drabužio priedą. [7]

„Arduino Lilypad“ ekosistemoje yra keli mažo dydžio, prieinamos kainos jutikliai, skirti įvairiems parametrų: garsui, temperatūrai, drėgmei, liepsnai, fotosesijai, judėjimui, lygiui ir daugeliui kitų. Jie buvo prijungti prie procesoriaus (Arduino Lilypad) siuvinėtais arba susiūtais laidžiais siūlais. Techniniu požiūriu Arduino Lilypad nėra didelė evoliucija, nes tai yra įprastų elektroninių komponentų ekosistema, prastai integruota į drabužius ir estetiškai gana prastas rezultatas. Tačiau tai buvo didelis postūmis „pasidaryk pats“ pastangoms ir prototipams išmaniosios tekstilės sektoriuje ir buvo geras atspirties taškas kelioms pastangoms kuriant prototipus, daugiausia tokius:

- paprastus ir pigius įrenginius, dėvimus ant rankų (įvesties ir išvesties įrenginiai, pvz., jutikliai),
- paprastą ir lengvą programavimo aplinką, skirtą ne kompiuterių programuotojams ir
- įrenginius kūrėjus palaikusiai bendruomenei.



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Šiuo aspektu tai kone idealus tiltas išmaniųjų sistemų (elektronikos) kūrėjams su tekstilės gaminių mados kūrėjais. Tai geras pagrindas šio sektoriaus naujokams, kai kurie iš jų pereis prie geriau veikiančių ir madingų kūrinių.

Kitas šios kartos sprendimas yra nešiojamų jutiklių ekosistema Smimmer<sup>®</sup>, kuri buvo pristatyta 2006 m. ir nuo to laiko buvo išplėtota į išsamų sprendimą, skirtą programoms, daugiausia skirtoms medicinos ir gerovės sprendimams. [8].

Šios kartos išmaniųjų jutiklių programos ir prototipai turėjo elektroninių dalių plovimo problemą, ypač nešiojamojo maitinimo šaltinio (baterijos), taip pat ir jutiklių. Sprendimas buvo nuimti elektroninę drabužio dalį ir išplauti pagrindinį drabužį, o tada vėl pritvirtinti elektroninę dalį. Arba elektroninės dalys buvo įdėtos į vandeniu atsparius konteinerius, tai techniškai teisingas sprendimas, tačiau, žinoma, madingas elementas yra labai ribotas. Sausas valymas šiuo atveju yra labiausiai pageidaujamas sprendimas, tačiau jis yra brangus ir problemiškas, nes tai daroma ne namuose, o specializuotose vietose, kur išmaniosios tekstilės ir jos dalių / sudedamųjų dalių būklė negali būti garantuota.

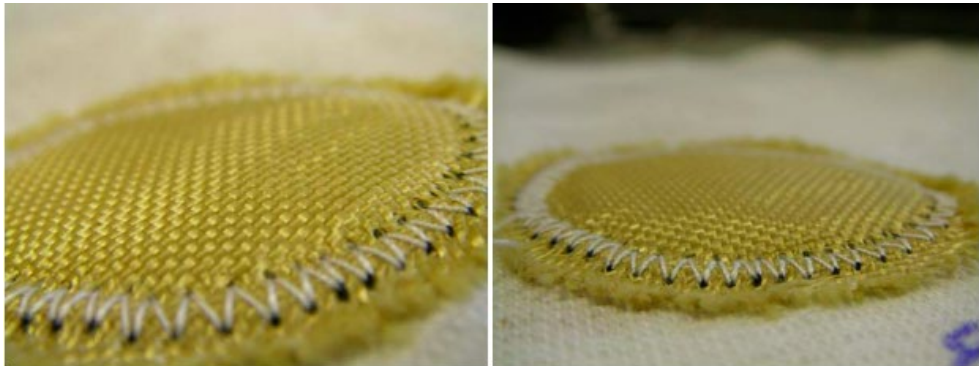
### Trečios kartos tekstiliniai jutikliai

Trečioji karta yra paremta patobulintomis tekstilės medžiagomis, turinčiomis įgimtas jutimo savybes dėl nanodalelių dangos arba verpimo proceso metu į audinį ar verpalą įtrauktų nanodalelių. Galima sukurti techniškai sudėtingesnes audinių struktūras-jutiklius su daugiasluoksne medžiaga iš elektrai laidžių metalų arba iš prigimties laidžių polimerų (ICP). Integracija yra daug geresnė, o gaminys atrodo ir jaučiamas kaip įprastas tekstilės gaminys. [9]. Nano technologijos išplėtimas yra šių naujų tekstilės jutiklių pagrindas ir greičiausiai tai bus tikrų produktų, kuriuos mes masiškai komercializuosime, pradžią dėl prieinamų masinių gamybos metodų, taip pat dėl išmaniojo tekstilės gaminių patrauklumo. Nauji tekstilės gaminiai atrodys ir bus jaučiami kaip įprasti.

3D tekstilės jutiklių spausdinimas yra dar viena naujausia plėtra, galimas masinis gamybos procesas, o tai yra didelis žingsnis į priekį išmaniosios tekstilės komercializavimo link. Jutikliai yra pagaminti iš laidžių ir lanksčių polimerų, todėl jie daug geriau integruojami į drabužį, išvengiant atskirų elektroninių komponentų ant minkštų išmaniųjų tekstilės gaminių problemų. [10]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**1.2. paveikslas.** Auksu dengtas para-aramidininis tekstilės elektrodo padas (Tzerahoglou et al. 2011)

## Išvados

Išmaniosios tekstilės raidą galima suskirstyti į kartas. Nors ši klasifikacija pagrįsta laikmečiu, esama didelių skirtumų tarp atitinkamų produktų techninės bazės ir požiūrio, o visų trijų kartų pritaikymas vis dar kuriamas, komercinės sėkmės lygis skiriasi. Daugiausiai žadantys rezultatai greičiausiai bus gaunami iš tekstilės jutiklių, kurie efektyviai sujungia jutiklį ir tekstilės elementą, kad juos būtų galima iš tikrųjų naudoti gaminyje, kurį galutiniai vartotojai laikys tekstilės gaminiu.

## Nuorodos

1. fibre2fashion, 2022, PCM in textiles <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/81/pcm-in-textiles>, accessed 1/12/2022
2. Mondal S., 2008, Phase change materials for smart textiles – An overview, *Applied Thermal Engineering* 28 (2008) 1536–1550,
3. Gök Mustafa O., Mehmet Z. Bilir, Banu H. Gürcüm, Shape-Memory Applications in Textile Design, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 195, 2015, Pages 2160-2169, ISSN 1877-0428, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.283>.
4. Halili Albana, Ilda Kazani, Genti Guxho, Nano-based Wearable Textile Sensors: a review on latest developments, *Journal of Natural and Technical Sciences (JNTS)*, No 43 / 2017 (XXII), pg. 144-161
5. Sergio M., N. Manaresi, M. Tartagni, R. Guerrieri and R. Canegallo, "A textile based capacitive pressure sensor," *SENSORS, 2002 IEEE*, Orlando, FL, USA, 2002, pp. 1625-1630 vol.2, doi: 10.1109/ICSENS.2002.1037367.
6. M. Rofouei, M. Potkonjak and M. Sarrafzadeh, "Energy efficient E-Textile based portable keyboard," *IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design*, Fukuoka, Japan, 2011, pp. 339-344, doi: 10.1109/ISLPED.2011.5993660.



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

7. Leah Buechley and Benjamin Mako Hill, 2010. LillyPad in the wild: how hardware's long tail is supporting new engineering and design communities. In Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems (DIS '10). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 199–207. <https://doi.org/10.1145/1858171.1858206>
8. <https://shimmersensing.com/>, accessed 115/1/2023
9. Anjali Bishnoi, T.S. Rajaraman, Charu Lata Dube, Nikita J. Ambegaonkar,, 3Smart nanosensors for textiles: an introduction, Chapter 2 In Micro and Nano Technologies, Nanosensors and Nanodevices for Smart Multifunctional Textiles, Andrea Ehrmann, Tuan Anh Nguyen, Phuong Nguyen Tri, editors ,Elsevier, 2021,, Pages 7-25 .
10. Gandler M., F. Eibensteiner and J. Langer, "3D Printable Sensors for Smart Textiles," *2019 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)*, Zilina, Slovakia, 2019, pp. 153-157, doi: 10.1109/DT.2019.8813686.
11. A. Tzerachoglou E. Kapsalis<sup>1</sup> , I. Chronis, G. Priniotakis , G. Pikoulis, L. Karabarpas , D. Piromalis, D. Tseles Gold coated textile electrodes for wearable bio-potential monitoring systems, FiberMed11 28-30 June 2011, Tampere, Finland



## 2 Skyrius. Reikalavimai tekstilinėms medžiagoms jutikliams, valdikliams, baterijoms ir nešiojamiesiems įrenginiams

Athanasios Panagiotopoulos, Ioannis Chronis, Georgios Priniotakis

*UNIWA, Greece*

### Įvadas

Audinių ir jutimo savybių derinys leidžia sukurti tai, ką vadiname išmaniaisiais audinių jutikliais. Jie yra jautrūs daugeliui fizinių ir cheminių dirgiklių, tokių kaip temperatūra, slėgis, jėga, Elektra, srovė ir kt. Jutimo elementai gali būti įtraukti į audinius bet koku lygiu, priklausomai nuo modifikuojamo ar jautrinamo struktūrinio audinio elemento. Šie išmanieji audinių jutikliai gali būti laikomi bendresnio išmaniųjų audinių keitiklių termino dalimi [1].

Išmaniuosius audinio keitikius galime suskirstyti į tris pagrindines kategorijas: jutikius, valdikius ir baterijas.

### Jutikliai

Jutikliuose dažnai naudojamas tekstilės medžiagas galima grubiai suskirstyti į audinius, verpalus ir pluoštus. Slėgio jutikliams, kad būtų galima aptikti arba pajusti įtempimo, prisilietimo ir slėgio pokyčius ir paversti juos elektriniais signalais, paprastai reikia laidžių pluoštų, pvz., nerūdijančio plieno pluoštų ir anglies pluoštų, kurie praleidžia elektrą. [2].

Kuriant jutikius iš audinio, naudojamos įvairios medžiagos ir technologijos. Kai kurie naudojami metodai yra mirkymas, šilkografija, panardinimas, elektrinis verpimas, auginimas in situ ir garų fazės polimerizacija. [3-4].

Norint pagaminti įvairių tipų jutikius, kurių pagrindas yra tekstilė, reikalingi įvairūs medžiagų ir procedūrų deriniai. Šie jutikliai gali būti talpiniai slėgio jutikliai, pjezoelektriniai jutikliai, triboelektriniai slėgio jutikliai.

### Valdikliai

Norėdami suskirstyti pavarus į kategorijas, galėtume naudoti tokias savybes kaip įtempis, deformacija, deformacijos greitis, ciklo trukmė ir tampros modulis. Įtraukiamos įvairios valdymo mechanikos [5]:

-Elektros lauko valdymas

2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- Valdymas jonų pagrindu
- Pneumatinis valdymas
- Terminis valdymas
- Kiti valdymo mechanikos metodai.

Nors kai kurie iš šių mechanizmų susideda iš standžių komponentų, kiti leidžia juos naudoti išmaniuosiuose tekstilės gaminiuose. Išmaniajai tekstilei buvo naudojami polimeriniai valdikliai, kurie veikia naudodami medžiagos matmenų pasikeitimo mechanizmą, kurį sukelia polimero struktūros elektrinė įkrova arba iškrova. [6].

Į šią kategoriją įtraukti tokie valdikliai [7], anglies nanovamzelių valdikliai [8], formos atminties ir lydinių valdikliai [9], susukto ir suvynioto sintetinio pluošto valdikliai [10], mezgti CNT/spandekso siūlai kaip išmanioji tekstilė [11].

Apskritai, valdymo mechanizmas turėtų būti pasirinktas daugiausia dėmesio skiriant galutinio vartotojo poreikiams. Išmaniųjų tekstilės gaminių atveju daugiausia dėmesio buvo skiriama termiškai aktyviems valdikliams, daugiausia dėl to, kad elektroterminis šildymas naudojamas kaip patikimas ir švarus energijos šaltinis.

## Baterijos

Net ir su visa technologine pažanga ir tikrai dideliais žingsniais, kurie buvo padaryti, yra dalykų, kurie nesikeičia. Ir vienas iš jų yra tai, kad baterijos vis dar yra būdas kaupti energiją. Kalbant apie lanksčias baterijas, reikia ištirti komponentus, iš kurių susideda baterija.

Bateriją sudaro keturi komponentai - anodas, katodas, separatorius ir elektrolitas [12]. Kad akumulatorius būtų lankstus, turėtume padaryti jo komponentus lanksčius. Lankstus elektrodas gali būti gaminamas anglies, grafeno arba metalo oksido pagrindu.

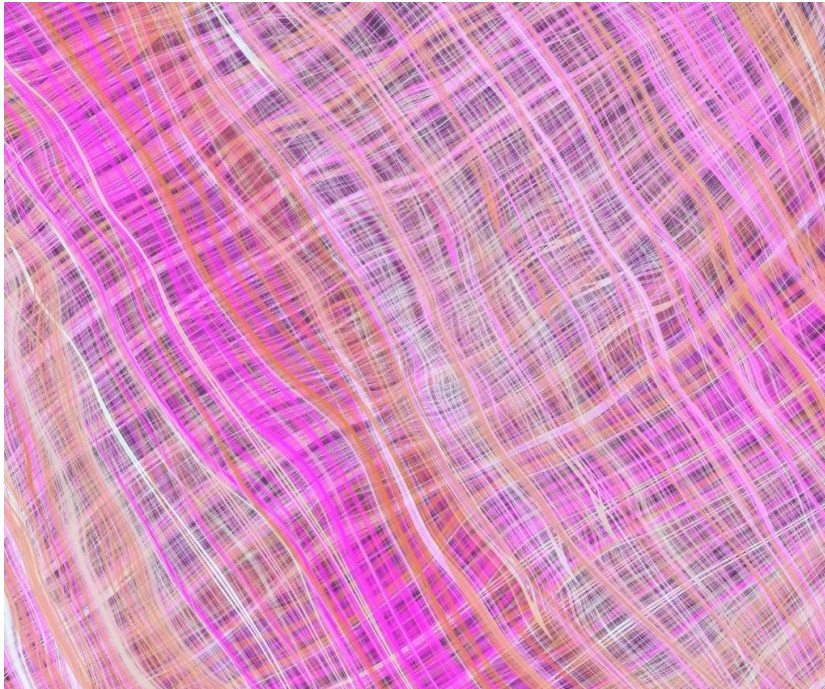
Iki šiol ličio jonų baterijos sulaukė dėmesio pluošto pagrindo lanksčiose baterijose. Pluošto elektrodai pagrindinės galimybės yra grafenas arba anglies nanovamzdeliai. Tam būtų taikomas dvigubas verpimas ir padengimas [13].





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Lankstus elektrolitas yra dar vienas svarbus lanksčios baterijos aspektas. Buvo pranešta apie galimybes naudoti lanksčių baterijų gelio polimero ir kietojo kūno elektrolitus [14].



**2.1 paveikslas.** Išmanus dėvimas įrenginys ant tekstilės

## Lankstūs dėvimi įrenginiai

Kuriant nešiojamus prietaisus, kurie būtų lankstūs ir kurių pagrindas būtų tekstilė, galimi įvairūs laidūs pluoštai. Tai metalinės vielos, metalu dengti pluoštai, laidūs polimerai, grynas anglies nanovamzdelių pluoštas ir anglies nanovamzdelių polimero pluoštas.

Metalinės vielos pasižymi dideliu elektros laidumu, bet ir dideliu tankiu, lengvai oksiduojasi ir menkai atsparios tempimui. Metalu dengti pluoštai gali valdyti elektros laidumą pagal padengto sluoksnio storį, tačiau manoma, kad metalo sluoksnis turi nemažą varžą. Be to, metalo sluoksnio patvarumas yra silpnas. Laidžių polimerų savybės yra panašios į įprastų pluoštų savybes. Mažas elektros laidumas

2020-1-RO01-KA226-HE-095335

ir apdirbamumas yra pagrindinės kliūtys šiai kategorijai. Dėl gryno anglies nanovamzdelių pluošto yra tam tikrų nanomedžiagų saugos problemų, tačiau daug žada didelis atsparumas tempimui ir elektros laidumas. Anglies nanovamzdelių polimero kompozitai turi panašias fizines savybes kaip ir įprasti pluoštai, o paviršius yra grubus ir atsparus [15].

Kitos dalys, kurios gali būti sudarytos iš tam tikros rūšies pluošto, yra tekstilės plokštės [16], pluošto tranzistoriai [17] ir tekstilės elektroninės grandinės. [18].

### Pritaikymas

Visi šie prietaisai arba prietaiso komponentai, kurie tam tikru mastu yra pagaminti iš tekstilės, gali būti naudojami įvairiose srityse, tokiose kaip žmonių sveikatos stebėjimas, sportas, kariuomenė, kasdienis gyvenimas, mityba.

### Išvados

Šiuo metu galima įsigyti daugybę įvairių medžiagų ir komponentų, skirtų tekstilės jutikliams kurti. Integracijos į tekstilės pagrindą lygis dabar yra didesnis dėl mikro ir nano technologijų, taip pat verpalų dengimo metodų ir medžiagų išvystymo. Lankšrios struktūros, kurias galima įterpti į drabužį, užtikrina patenkinamas jutimo funkcijas, nepažeidžiant tekstilės gaminio lankstaus ir „drapiruojamo“ pobūdžio.

### Nuorodos

- [1] Castano, L. M., & Flatau, A. B. (2014). Smart fabric sensors and e-textile technologies: a review. *Smart Materials and Structures*, 23(5), 053001. doi:10.1088/0964-1726/23/5/053001
- [2] Zhang, J., Zhang, Y., Li, Y., & Wang, P. (2021). Textile-Based Flexible Pressure Sensors: A Review. *Polymer Reviews*, 1–31. doi:10.1080/15583724.2021.1901737
- [3] Wang, Z.; Si, Y.; Zhao, C.; Yu, D.; Wang, W.; Sun, G. Flexible and Washable Poly(Ionic Liquid) Nanofibrous Membrane with Moisture Proof Pressure Sensing for Real-Life Wearable Electronics. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 27200–27209. DOI: 10.1021/acsami.9b07786.
- [4] Zhou, Z.; Li, Y.; Cheng, J.; Chen, S.; Hu, R.; Yan, X.; Liao, X.; Xu, C.; Yu, J.; Li, L. Supersensitive All-Fabric Pressure Sensors Using Printed Textile Electrode Arrays for Human Motion Monitoring and Human-Machine Interaction. *J. Mater. Chem. C* 2018, 6, 13120–13127. DOI: 10.1039/C8TC02716A.



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- [5] Kongahage, D., & Foroughi, J. (2019). Actuator materials: review on recent advances and future outlook for smart textiles. *Fibers*, 7(3), 21.
- [6] Kaneto, K. Research Trends of Soft Actuators based on Electroactive Polymers and Conducting Polymers. *J. Phys. Conf. Ser.* 2016, 704, 012004
- [7] Li, D.; Paxton, W.F.; Baughman, R.H.; Huang, T.J.; Stoddart, J.F.; Weiss, P.S. Molecular, supramolecular, and macromolecular motors and artificial muscles. *MRS Bull.* 2009, 34, 671–681.
- [8] Zhang, M.; Atkinson, K.R.; Baughman, R.H. Multifunctional Carbon Nanotube Yarns by Downsizing an Ancient Technology. *Science* 2004, 306, 1358–1361
- [9] Lan, C.-C.; Wang, J.-H.; Fan, C.-H. Optimal design of rotary manipulators using shape memory alloy wire actuated flexures. *Sens. Actuators A Phys.* 2009, 153, 258–266
- [10] Stegmaier, T.; Mavely, J.; Schneider, P. CHAPTER 6: High-Performance and High-Functional Fibres and Textiles. In *Textiles in Sports*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 89–119.
- [11] Foroughi, J.; Spinks, G.M.; Aziz, S.; Mirabedini, A.; Jeiranikhameneh, A.; Wallace, G.G.; Kozlov, M.E.; Baughman, R.H. Knitted Carbon-Nanotube-Sheath/Spandex-Core Elastomeric Yarns for Artificial Muscles and Strain Sensing. *ACS Nano* 2016, 10, 9129–9135.
- [12] Khan, M. I., Hassan, M. M., Rahim, A., & Muhammad, N. (2020). Flexible Batteries. *Rechargeable Batteries*, 41–60. doi:10.1002/9781119714774.ch3
- [13] Sun, C.-F., Zhu, H., Baker, E.B., III, Okada, M., Wan, J., Ghemes, A. et al., Weavable high-capacity electrodes. *Nano Energy*, 2, 987–94, 2013
- [14] Yue, L., Ma, J., Zhang, J., Zhao, J., Dong, S., Liu, Z. et al., All solid-state polymer electrolytes for high-performance lithium ion batteries. *Energy Storage Mater.*, 5, 139–64, 2016
- [15] Baeg, K., & Lee, J. (2020). Flexible Electronic Systems on Plastic Substrates and Textiles for Smart Wearable Technologies. *Advanced Materials Technologies*, 2000071. doi:10.1002/admt.202000071
- [16] C. Kallmayer, R. Pisarek, A. Neudeck, S. Cichos, S. Gimpel, R. Aschenbrenner, H. Reichlt, presented at Proc. of 53rd Electronic Components and Technology Conference, 2003, May 2003.
- [17] J. B. Lee, V. Subramanian, IEEE International Electron Devices Meeting 2003, Washington, DC, USA 2003, pp. 8.3.1–8.3.4
- [18] Chuangchote, S., Sagawa, T., & Yoshikawa, S. (2011). Design of metal wires-based organic photovoltaic cells. *Energy Procedia*, 9, 553-558.

### 3 Skyrius. Bendras jutiklių projektavimas ir integravimas į AAP gaminius, skirtus apsaugoti nuo gaisro ir vandens

*Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCDTP, Romania*

**Santrauka:** Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į ugniagesių ar nardymo AAP apima įvairių jutiklių, kuriuose yra mikrovaldikliai, ryšio moduliai ir atitinkamos programinės įrangos duomenų apdorojimui, skirtam biomedicininiais (pulso, temperatūros, pulso, deguonies lygio) arba aplinkos parametrams (deguonies lygiui, gyliui, slėgiui, temperatūrai, dujų sudėčiai) matuoti, integravimą siekiant padėti darbuotojams jų veikloje ir užtikrinti saugias darbo sąlygas. Nešiojamų išmaniųjų jutiklių integravimas į tekstilės gaminius daugiausia grindžiamas jutiklių lankstumu ir miniatiūrizavimu, o kai kurių išmaniųjų nardymo ar apsaugos nuo gaisro jutiklių integravimas apima ir standžių komponentų integravimą.

#### Įvadas

Normaliomis sąlygomis žmogaus kūno termoreguliacinė sistema veikia kaip temperatūros arba drėgmės regulatorius. Tačiau žalingoje aplinkoje (po vandeniui, veikiant ugniai), deja, žmogaus kūno savireguliacijos nepakanka, kad galima būtų kompensuoti padidėjusį slėgį gylyje arba per didelį įkaitimą dėl gaisro, o dėl to gali rimtų nelaimingų atsitikimų ir kūno sužalojimų, gali kilti pavojus narų gyvybei. [1,2]. Paprastai nardymo metu stebėjimo sistema, turinti teikti informaciją apie slėgį, kvėpavimo ritmą ir vietą, yra apsaugota plastikiniais gaubtais ir pritvirtinama prie narų. (1.1.a paveikslas). Apskritai, povandeninės situacijos apima nardymą su mažais ir tvirtais kompiuteriais, galinčiais apskaičiuoti informaciją apie vandens gylį, vandens temperatūrą, slėgį, deguonies lygį, baterijos lygį, kvėpavimo ritmus ar kūno temperatūrą. Povandeniniam slėgiui įtakos turi panirimo gylis ir jį galima stebėti naudojant nardymo kompiuterį, prijungtą prie skaitmeninio slėgio jutiklio, teikiančio informaciją apie panirimo gylį, vietinį vandens lygį, dujų likučius kvėpavimo rezervuaruose ir saugų nardymo laiką. Tokioms sistemoms atšiaurioje aplinkoje ilgą laiką būtinas atsparumas korozijai (t.y., sūriam vandeniui) ir mažas energijos suvartojimas nuotoliniu būdu. [3, 4]. Povandeniniam stebėjimui naudojami pjerezistiniai jutikliai, nes jie yra atsparūs ir gali veikti tokiomis



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

sąlygomis, integruoti į išmaniuosius laikrodžius (1.1.b pav.), sonaro plūdurus ir rezervuarus. Tokiu būdu galime pastebėti, kad šių jutiklių negalima integruoti į tekstilę, nes jie yra labai tvirti, be lanksčių komponentų. [4]. **Iš esmės visi išmanieji laikrodžiai ir gylio įrankiai buvo analoginiai įrenginiai, tačiau slėgio jutikliai turi didelių pranašumų, nes pjezoelektriniai komponentai ir keitikliai yra integruoti ir gali būti lengviau suderinami su kompiuteriais, palyginti su analoginiais.**



a. Naro įranga



b. Išmaniųjų laikrodžių Merit jutikliai

3.1. paveikslas. Naras turi įrašymo sistemą ir vaizdo kamerą (virš kairės/dešinės rankos) [3]

### Išmanieji ugnies/vandens AAP jutikliai

Išmaniųjų jutiklių integravimas į vandens ar ugnies AAP yra reikalavimas, užtikrinantis autonomiškumą ir nuolatinį naudotojo stebėjimą. Net jei analoginiai jutikliai, pagrįsti lanksčiais tekstilės elektrodais (pluoštais, verpalais), gali būti integruoti į tekstilę siuvant, siuvinėjant, audžiant, mezgant ar įterpiant neaustinio audinio technologiją, ir saugoti nuo vandens ir ugnies poveikio, AAP skirti kompaktiški išmanieji jutikliai parodė atsparumą žalingai aplinkai (ėsdinančiai aplinkai, aukštai temperatūrai, drėgmėi). Be to, tekstiliniai paviršiaus elektrodai žmogaus kūno temperatūros ar drėgmės jutikliams gali būti naudojami, jei jie neturi tiesioginio kontakto su vandeniu ar ugnimi. Priešingu atveju šie elektrodai gali būti sugadinti ir negali garantuoti stebėjimo tikslumo. Išmanieji jutikliai turi keletą komponentų- mikroprocesorių, jutiklį, belaidžio ryšio technologiją (pvz., WiFi) ir programinės įrangos technologijas (ADC, duomenų apdorojimas), vartotojo sąsają per agregatorius (išmanųjį telefoną, planšetinį kompiuterį) ir generuoja skaitmeninius signalus, kai stebimas fizinis matas (pvz. , temperatūra, slėgis, drėgmė). Išmanieji jutikliai, naudojami AAP įrangoje, gali suteikti informacijos apie naudotojo sveikatos būklę, aplinką (cheminę atmosferos sudėtį, pvz., azoto





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

dioksido (NO<sub>2</sub>), azoto oksido (NO) ir anglies monoksido (CO), kiekius), temperatūrą, drėgmę), gylį, radiacijos lygį) arba apie prietaisus, kurie užtikrina išlikimą toksiškoje aplinkoje (deguonies lygio nardymo bake matuoklis) [4]. Pavyzdžiui, nardymo atveju būtina stebėti slėgį, gylį ir O<sub>2</sub> koncentraciją, nes dėl sumažėjusio aplinkos slėgio gali atsirasti dekompresijos liga, kurią sukelia intravaskuliniai arba ekstravaskuliniai burbuliukai. [5, 6]. Be to, deguonies toksiškumas pasireiškia, kai deguonies slėgis 57 metrų gilyje yra 1,4 atmosferos ar didesnis, kai kvėpuojant oru (pvz., 10 m gilyje vandenyje naras veikiamas papildomu 1 atmosferos slėgiu [7]) arba mažesniame gilyje, kvėpuojant deguonimi, kai jo koncentracija didesnė nei 20% [8, 9].

Išmaniuosiuose vandens ar ugnies AAP jutikliuose yra šie komponentai:

- jutikliai;
- mikroprocesorius;
- komunikacijos modulis;
- programinė įranga (ADC, duomenų apdorojimas);
- agregatoriai (išmanieji telefonai, planšetės).

## Apsaugos nuo ugnies/vandens asmeninių apsaugos priemonių bendras projektavimas

Asmeninės apsaugos nuo ugnies ir vandens įrangos su integruotais jutikliais bendro projektavimo metodas (1.2 pav.) susideda iš jutiklių tikslų, specifikacijų, savybių ir apribojimų nustatymo naudojant atitinkamų įgūdžių turinčių specialistų grupę.:



a. Gaisrininko AAP



b. Naro AAP



c. AAP nuo vandens

### 3.2 paveikslas. AAP apsauga nuo vandens ir gaisro



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- ✓ Galutiniai vartotojai – ugniagesiai / nariai / darbuotojai su vandens srove (suteikia naudotojo perspektyvą, realius naudojimo atvejus, poreikius, aspektus, susijusius su komfortu ir produkto priimtumu)
- ✓ Inžinieriai, turintys specializacijas (bakalauro, magistro ir daktaro laipsnius) tekstilės (verpimo, audimo, mezgimo ir tekstilės drabužių) srityje, teikiantys informaciją apie gaminių projektavimą, gamybą ir standartizavimą;
- ✓ Inžinieriai, turintys specializacijas (bakalauro, magistro ir daktaro laipsnius) informatikos/informatikos srityje, siūlantys informaciją apie galimybes sukurti tinkamą programinę įrangą siūlomai techninei įrangai (jutikliai + mikrovaldikliai);
- ✓ Gydytojai (siūlantys medicininę perspektyvą: aspektai, susiję su parametrais, kuriuos reikia įvertinti atsižvelgiant į konkrečius naudojimo atvejus (ugnis / vanduo));
- ✓ Inžinieriai, turintys specializacijas (bakalauro, magistro ir daktaro laipsnius) elektronikos srityje, siūlantys informaciją apie jutiklių projektavimą, gamybą ir standartizavimą

Naudojant skirtingus metodus bus sukurtas produktas, atsižvelgiant į visas galimas rizikas ir projektavimo specifikacijų sąsajas skirtingomis sudėtingomis sąlygomis.

### Jutiklio integravimas į AAP apsaugai nuo gaisro

Atsižvelgiant į lankstumą ir miniatiūrizavimo laipsnį, išmanieji jutikliai gali būti integruoti į AAP apsaugai nuo gaisro.

Išmanieji jutikliai turi būti integruoti į AAP, kad būtų apsaugoti nuo gaisro esant nuotoliniam stebėjimui:

- Pulso jutikliai;
- Dujų jutikliai (deguonies lygio stebėseną);
- Temperatūros jutikliai;
- Drėgmės jutikliai;
- Vietos moduliai (GPS) ir garso įrenginys (AD)
- Akselerometrai/giroskopai



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Jutiklio integravimas į AAP apsaugai nuo vandens

AAP darbuotojams, dirbantiems po vandeniu arba besiliečiantiems su vandeniu, turi integruoti nuotolinį stebėjimą, kad būtų išvengta hipoksijos ar kitų sužalojimų:

- Temperatūros jutikliai;
- Deguonies lygio ir koncentracijos matuokliai;
- Drėgmės jutikliai;
- Vietos (GPS) ir ryšio moduliai (garso įrenginys);
- Oro kiekis nardant
- Gylis
- Slėgis

## Išvados

Išmaniųjų jutiklių integravimas į vandens ar gaisro AAP yra privalomas reikalavimas, nes tai gali suteikti daug privalumų kenksmingoje aplinkoje dirbantiems darbuotojams, pvz., autonomiją ir nuolatinį dėvintojo stebėjimą. Analoginiai jutikliai, pagrįsti kompaktiška technine įranga ir lanksčiais tekstilės elektrodais (pluoštais, siūlais), gali būti integruoti į tekstilę siuvant, siuvinėjant, mezgant, mezgant ar neaustinėmis technologijomis, skirtomis vandeniui ir ugniai atsparioms AAP, turi gerą atsparumą žalingoje aplinkoje (ėsdinanti aplinka, aukšta temperatūra, drėgmė). Ugnies ir vandens AAP su integruotais jutikliais projektavimas apima integruotų jutiklių tikslų, specifikacijų, savybių ir apribojimų nustatymą naudojant atitinkamą specialistų grupę, pvz., ugniagesius, narus, darbuotojus su vandens srove, inžinierius, turinčius tekstilės, medžiagų mokslo išsivystymą, elektronikos ir informatikos bei medicinos personalas, kad nustatytų tinkamus naudojimo atvejus.

## Nuorodos

1. Dietrich, A.J., 1999. US Navy Diving Manual: Air Diving (Vol. 1). DIANE Publishing.
2. Andrew, B.T. and Doolette, D.J., 2020. Manned validation of a US Navy Diving Manual, Revision 7, VVal-79 schedule for short bottom time, deep air decompression diving. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 50(1), p.43.
3. Altepe, C., Egi, S.M., Ozyigit, T., Sinoplu, D.R., Marroni, A. and Pierleoni, P., 2017. Design and validation of a breathing detection system for scuba divers. *Sensors*, 17(6), p.1349.
4. Moon, R.E., 1999. Treatment of diving emergencies. *Critical care clinics*, 15(2), pp.429-456.





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

5. Yu, X., Xu, J., Huang, G., Zhang, K., Qing, L., Liu, W., Xu, W., 2017. Bubble-induced endothelial microparticles promote endothelial dysfunction. *PLoS one*, 12(1), p.e0168881.
6. Vann, R.D., Butler, F.K., Mitchell, S.J., Moon, R.E., 2011. Decompression illness. *The Lancet*, 377(9760), pp.153-164.
7. Bosco, G., Rizzato, A., Moon, R.E. and Camporesi, E.M., 2018. Environmental physiology and diving medicine. *Frontiers in psychology*, 9, p.72.
8. Pendergast, D.R., Moon, R.E., Krasney, J.J., Held, H.E. and Zamparo, P., 2015. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol*, 5(4), pp.1705-50.
9. DeGorordo, A., Vallejo-Manzur, F., Chanin, K. and Varon, J., 2003. Diving emergencies. *Resuscitation*, 59(2), pp.171-180.



## 4 Skyrius. Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į medicinos prietaisus

*Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCDTP, Romania*

**Santrauka:** Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į medicinos prietaisus apima tinkamą skirtingų jutiklių, kuriuose yra mikrovaldikliai, ryšio moduliai ir atitinkamos programinės įrangos, skirtos duomenų apdorojimui, integravimą, siekiant išmatuoti biomedicininis parametrus (kvėpavimo ritmą, kraujospūdį, pulsą, deguonies lygį, glikemiją), kitus biomarkerius, kurie gali būti naudojami diagnozuojant ar gydant (pvz., prakaito analizė naudojant nešiojamus mikroskystinius prietaisus), padedant atlikti pacientų reabilitaciją. Nešiojamų išmaniųjų jutiklių integravimas į tekstilės gaminius pagrįstas jutiklių lankstumu ir miniatiūrizavimu. Jie šie jutikliai nebūtų lankstūs ar miniatiūrizuoti, juos galėtų pažeisti dėl mechaniniai veiksmi, kurie gali atsirasti tekstilės gaminiuose, atsižvelgiant į tai, kad tekstilė yra atskiras, o ne ištisinis paviršius.

### Įvadas

Daugybė nešiojamų novatoriškų platformų, integruojančių jutiklius, buvo sukurta naudojant prakaito analizės mikroskysčių technologiją [1], siekiant įvertinti biomarkerius arba veikti kaip laboratorija po oda, sudaryta iš multipleksinių sistemų pagrindu sukurtų mikroadatų su transderminiais jutikliais, skirtais stebėti biomarkerius (metabolitus, elektrolitus) [2, 3]. Tačiau šiems metodams reikalingos lanksčios ir skaidrios medžiagos, kurių negalima tinkamai integruoti į tekstilės paviršių. Išmaniųjų jutiklių integravimas į tekstilės gaminius (kojines, marškinius), skirtus naudoti medicininiais tikslais, apima lanksčių jutiklių integravimą į kojines [4] susiuvant arba integruojant išmaniuosius jutiklius, tokius kaip EKG, biologinės varžos ir pagreičio spausdinant ant tekstilės [5].



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

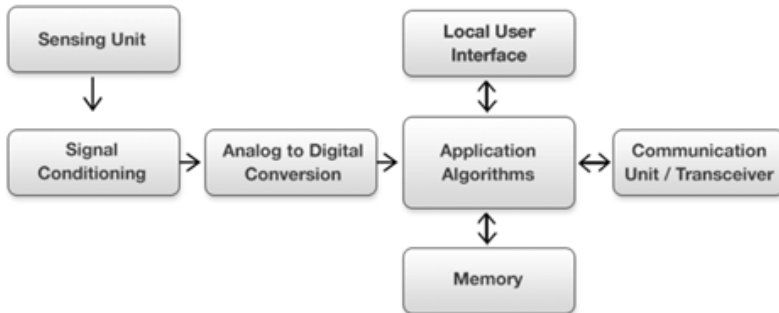


## Išmanieji jutikliai sveikatos priežiūrai

Pageidautina prie tekstilės tvirtinti nešiojamus medicinos prietaisus, užtikrinant autonomiją ir nuolatinę stebėseną. Tačiau analoginiai jutikliai, pagrįsti lanksčiais tekstilės elektrodais (pluoštais, verpalais), gali būti integruoti į tekstilę siuvant, siuvinėjant, audžiant, mezgant ar neaustinėmis technologijomis. Be to, tekstilinio paviršiaus danga gali būti naudojama kaip paviršiaus elektrodai, kurie veikia kaip slėgio, temperatūros ar drėgmės jutikliai. Analoginiai jutikliai generuoja analoginius signalus (pvz., įtampos pokytį) iš stebimos fizinės priemonės. Dažniausiai naudojami analoginiai jutikliai yra garso, šviesos, temperatūros jutikliai ir slėgio jutikliai. Išmanųjį (skaitmeninį) jutiklį sudaro keli komponentai (1 pav.), pavyzdžiui, mikroprocesorius, jutiklis, belaidžio ryšio technologija (pvz., WiFi, LoRa) ir programinės įrangos technologijos (ADC, duomenų apdorojimas), vartotojo sąsaja per agregatorius (išmanusis telefonas, planšetinis kompiuteris) ir jie generuoja skaitmeninius signalus, kai stebimas fizinis veiksnys (pvz., temperatūra, slėgis, drėgmė). Išmanieji jutikliai naudojami medicinos prietaisuose diagnozei atlikti, užkirsti kelią ligoms, stebėti, padėti reabilitacijai, gydyti ligas ir patvirtinti medicinos prietaisų veiknumą.



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**4.2 paveikslas.** Išmaniosius jutiklius sudarantys blokai (Paveikslas © Premier Farnell Ltd.)  
[6]

## Bendras išmaniųjų biomedicininųjų jutiklių projektavimas

Išmaniųjų biomedicininųjų jutiklių bendro projektavimo metodas yra jutiklių tikslų, specifikacijų, savybių ir apribojimų nustatymas, kai dirba atitinkamų įgūdžių turinčių specialistų darbo grupė:

- ✓ Galutiniai vartotojai (siūlo pacientams perspektyvą, poreikius, aspektus, susijusius su komfortu ir produkto priimtumu);
- ✓ Gydytojai (siūlo sveikatos priežiūros perspektyvą: aspektai, susiję su vertinamais parametrais, jutiklių padėtimi);
- ✓ Inžinieriai, turintys specializacijas (bakalauro, magistro ir daktaro laipsnius) tekstilės (verpimo, audimo, mezgimo ir tekstilės drabužių) srityje, teikiantys informaciją apie gaminių projektavimą, gamybą ir standartizavimą;
- ✓ Inžinieriai, turintys specializacijas (bakalauro, magistro ir daktaro laipsnius) elektronikos srityje, siūlantys informaciją apie jutiklių projektavimą, gamybą ir standartizavimą
- ✓ Inžinieriai, turintys specializacijas (bakalauro, magistro ir daktaro laipsnius) informatikos/kompiuterijos srityje, siūlantys informaciją apie galimybes sukurti tinkamą programinę įrangą siūlomai techninei įrangai (jutikliai + mikrovaldikliai).)

Be to, šios įvairios specializacijos ir patirtis sukuria apčiuopiamus „produktus“, tokius kaip pažangių jutiklių dizaino specifikacijos ir integracija.



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Išmaniųjų jutiklių integravimas į medicinos prietaisus

Atsižvelgiant į lankstumą ir miniatiūrizavimo laipsnį, išmanieji jutikliai gali būti integruoti į medicinos prietaisus.

Išmanieji jutikliai, integruoti į medicinos prietaisus biomedicininiam stebėjimui:

- Pulso jutikliai (sudėtinga integruoti į tekstilės konstrukcijas) [7, 8];
- Temperatūros jutikliai (1.3 a paveikslas) [7];
- Drėgmės jutikliai (1.3 c jutikliai) [9];
- Kvėpavimo stebėjimas (tekstilės stebėjimo diržai) (1.3 a paveikslas) [7, 8];
- EKG stebėjimas (su tekstiliniiais elektrodais) (1.3 b paveikslas) [10];
- oksimetrijos jutikliai deguonies lygiui stebėti (1.3 paveikslas) [11];
- EMG raumenų veiklai stebėti (1.3 d paveikslas) [11];
- Vartų stebėjimo jutikliai (išmanieji vidpadžiai integruojantys akselerometrai + giroskopas) [12-16].

 <p>a. <a href="#">Į meginį integruoti jutikliai, skirti stebėti temperatūrą, kvėpavimą ir širdies ritmą (e-TECS)</a> [7]</p>	 <p>b. Movisens - EKG stebėjimo diržas [8]</p>
 <p>c. Drėgmės jutiklis elektrodų pagrindu Ag [9]</p>	 <p>d. wiNIREM sisteminiai EMG jutikliai ir NIRS oksimetrija [11]</p>

**4.3.paveikslas.** Išmanieji jutikliai, integruoti medicinos reikmėms



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Išvados

Medicininės tekstilės su integruotais išmaniaisiais jutikliais kūrimas apima komponentus (mikrovaldiklius, ryšio modulius, programines programas), signalų apdorojimą, kad būtų galima išmatuoti biomedicininis parametrus (kvėpavimo ritmą, kraujospūdį, pulsą, deguonies lygį, glikemiją) arba biomarkerius (pvz., prakaito analizę). naudojant nešiojamus mikrofluidinius prietaisus) ir duomenų analizę, siekiant nustatyti gerus įvairių ligų modelius, padėti pacientams reabilituotis.

Nešiojamų išmaniųjų jutiklių integravimas su tekstilės gaminiais priklauso nuo elektroninių komponentų lankstumo ir miniatiūrizavimo. Esant nepakankamam lankstumui ar miniatiūrizacijai, jutikliai gali būti pažeisti dėl mechaninių veiksmų, būdingų atskiroms medžiagoms (tekstilei).

Išmaniųjų tekstilės gaminių, kuriuose integruoti biomedicininiai jutikliai, bendro projektavimo metodas susideda iš bendradarbiavimo su įvairiomis grupėmis (pacientais, medicinos personalu, inžinieriais, turinčiais medžiagų mokslo, tekstilės, elektronikos integravimo ir informatikos žinių), siekiant apibrėžti jutiklių tikslus, gaminio specifikacijas ir apribojimus. integruoti jutikliai.

## Nuorodos

1. Li, S., Ma, Z., Cao, Z., Pan, L. and Shi, Y., 2020. Advanced wearable microfluidic sensors for healthcare monitoring. *Small*, 16(9), p.1903822.
2. Teymourian, H., Tehrani, F., Mahato, K. and Wang, J., 2021. Lab under the skin: microneedle based wearable devices. *Advanced healthcare materials*, 10(17), p.2002255.
3. Gowers, S.A., Freeman, D.M., Rawson, T.M., Rogers, M.L., Wilson, R.C., Holmes, A.H., Cass, A.E. and O'Hare, D., 2019. Development of a minimally invasive microneedle-based sensor for continuous monitoring of  $\beta$ -lactam antibiotic concentrations in vivo. *ACS sensors*, 4(4), pp.1072-1080.
4. Fraunhofer ISC enables wearable technology for technical textiles and medical devices, online available: [www.indiantextilemagazine.in/fraunhofer-isc-enables-wearable-technology-for-technical-textiles-and-medical-devices](http://www.indiantextilemagazine.in/fraunhofer-isc-enables-wearable-technology-for-technical-textiles-and-medical-devices)
5. Wearable textile electronics, online available: [www.2mel.nl/wearable-textile-electronics](http://www.2mel.nl/wearable-textile-electronics)
6. Smart sensors – overview and latest technology, online available: [at.farnell.com/smart-sensors-overview-and-latest-technology](http://at.farnell.com/smart-sensors-overview-and-latest-technology)
7. Sensors woven into a shirt can monitor vital signs, online available: [news.mit.edu/2020/sensors-monitor-vital-signs-0423](http://news.mit.edu/2020/sensors-monitor-vital-signs-0423)



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

8. Fan, W., He, Q., Meng, K., Tan, X., Zhou, Z., Zhang, G., Yang, J. and Wang, Z.L., 2020. Machine-knitted washable sensor array textile for precise epidermal physiological signal monitoring. *Science advances*, 6(11), p.eaay2840.
9. Weremczuk, J., Tarapata, G. and Jachowicz, R., 2012. Humidity sensor printed on textile with the use of ink-jet technology. *Procedia engineering*, 47, pp.1366-1369.
10. EcgMove 4 – EKG- und Aktivitätssensor, online available: [www.movisens.com/de/produkte/ekg-sensor](http://www.movisens.com/de/produkte/ekg-sensor)
11. Di Giminiani, R., Cardinale, M., Ferrari, M. and Quaresima, V., 2020. Validation of fabric-based thigh-wearable EMG sensors and oximetry for monitoring quadriceps activity during strength and endurance exercises. *Sensors*, 20(17), p.4664.
12. Xu, W., Huang, M.C., Amini, N., Liu, J.J., He, L. and Sarrafzadeh, M., 2012, June. Smart insole: A wearable system for gait analysis. In *Proceedings of the 5th international conference on pervasive technologies related to assistive environments* (pp. 1-4).
13. Mustafa, Y.A., Barton, J., O'Flynn, B., Davies, R., McCullagh, P. and Zheng, H., 2015, June. Design of a smart insole for ambulatory assessment of gait. In *IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)* (pp. 1-5). IEEE.
14. Roden, T.E., LeGrand, R., Fernandez, R., Brown, J., Deaton, J. and Ross, J., 2014, May. Development of a smart insole tracking system for physical therapy and athletics. In *Proceedings of the 7th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 1-6).
15. Raghav, S., Singh, A., Mani, S., Anand, A., Pathak, S., Kandasamy, G. and Kumar, M., 2023. Role of Sensor-Based Insole as a Rehabilitation Tool in Improving Walking among the Patients with Lower Limb Arthroplasty: A Systematic Review. *Intelligent Systems and Smart Infrastructure: Proceedings of ICISSI 2022*, p.38.
16. da Rosa Tavares, J.E., Ullrich, M., Roth, N., Kluge, F., Eskofier, B.M., Gaßner, H., Klucken, J., Gladow, T., Marxreiter, F., da Costa, C.A. and da Rosa Righi, R., 2023. uTUG: An unsupervised Timed Up and Go test for Parkinson's disease. *Biomedical Signal Processing and Control*, 81, p.104394.

## 5 Skyrius. Reabilitacijos tekstilės gaminių, kurių pagrindą sudaro valdikliai, bendras projektavimas

*Md. Reazuddin Repon, Daiva Mikucioniene, Department of Production Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology, Studentų 56, LT-51424, Kaunas, Lithuania*

### Santrauka:

Lanksčių valdiklių pranašumai yra jų lengvas svoris, minkštumas ir galimybė įgyti bet kokią formą, o dėl išorinių dirgiklių jie deformuojasi. Nors lanksčių valdiklių, naudojamų išmaniojoje tekstilėje, patirtis vis dar yra ankstyvoje stadijoje, tekstilės



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

gaminių, pagamintų iš valdiklių mechanizmų, gebėjimas generuoti jėgą ir keisti formą gali paskatinti kai kurias naujas funkcijas ir padidinti jų išmanumą. Šiuo metu išmanioji tekstilė labai retai naudoja lanksčių valdiklių technologiją. Tačiau, derinant lanksčius valdiklius ir išmanųjį audinį, galima kurti įvairius įrenginius. Jie gali būti naudojami įvairiose srityse, įskaitant sveikatos priežiūros programas. Šiame skyriuje apžvelgiamas ir aptariamas rehabilitacijos tekstilės gaminių, kurių pagrindą sudaro valdikliai, dizainas. Neabejotina, kad artimiausiais metais išmaniosios tekstilės sričiai turės didelę įtaką lanksčių valdiklių žinių panaudojimas.

## Įvadas

Išmanioji tekstilė – tai audiniai, leidžiantys apklijuoti elektroninius komponentus, tokius kaip mikro maitinimo šaltiniai, apdorojimo kompiuteriai, tarpusavyje sujungtos grandinės ir išmaniosios medžiagos. Pasyvioji išmanioji tekstilė yra tekstilė, turinti jutimo funkciją, o aktyvioji išmanioji tekstilė turi veikimo funkciją, nes pastebi aplinkos dirgiklius ir į juos reaguoja. (Tao 2001). Išmaniojoje tekstilėje valdiklio mechanizmų užduotis yra reaguoti į atitinkamai jutiklio arba duomenų apdorojimo bloko siunčiamą signalą. Reakcija gali būti judėjimo, triukšmo ar medžiagos išskyrimo forma. Įdomūs tyrimai atliekami mechaninio veikimo, naudojamo išmaniuosiuose audiniuose, srityje. Apdorojus valdikliais, jis taps žymiai išmanesnis.

Pagrindinės tekstilės savybės yra jų prisitaikymas prie kūno, patogumas liesti, minkštumas ir dėvėjimas. Tradicinės valdiklių medžiagos, pvz., formos atminties lydiniai, magnetrostrikcinės medžiagos ir pjezoelektrinė keramika, dažnai yra standžios, trapios ir sunkiai integruojamos į audinius. Daugėja naujos rūšies valdiklių medžiagų, žinomų kaip lankstūs valdikliai. Šios medžiagos yra minkštos ir lanksčios ir turi galimybę paversti elektros energiją mechanine energija, kurią vėliau galima panaudoti jėgai ar judėjimui sukurti. Bet koku atveju lanksčių valdiklių technologija yra palyginti neseniai sukurta, ji šiuo metu yra diegiama įvairiose tekstilės srityse. Lankstūs valdikliai gali būti jausti į audinį daug lengviau nei standartiniai valdikliai.

Sparčiai besivystančioje spausdintos elektronikos srityje įprastinė šilkografija ir skaitmeninio rašalinio spausdinimo būdai įgijo naują reikšmę. Elektroaktyvūs polimero sluoksniai gali būti spausdinami ant lankstaus pagrindo, pavyzdžiui, rašalo, ne tik siuvami ant tekstilės, pavyzdžiui, pleistrų. Sujungimas su skaitmeniniais komponentais lanksčiomis spausdintinėmis grandinėmis taip pat yra labai praktiškas. Šiuo metu išmaniosios tekstilės gaminiuose nėra daug specifinių





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

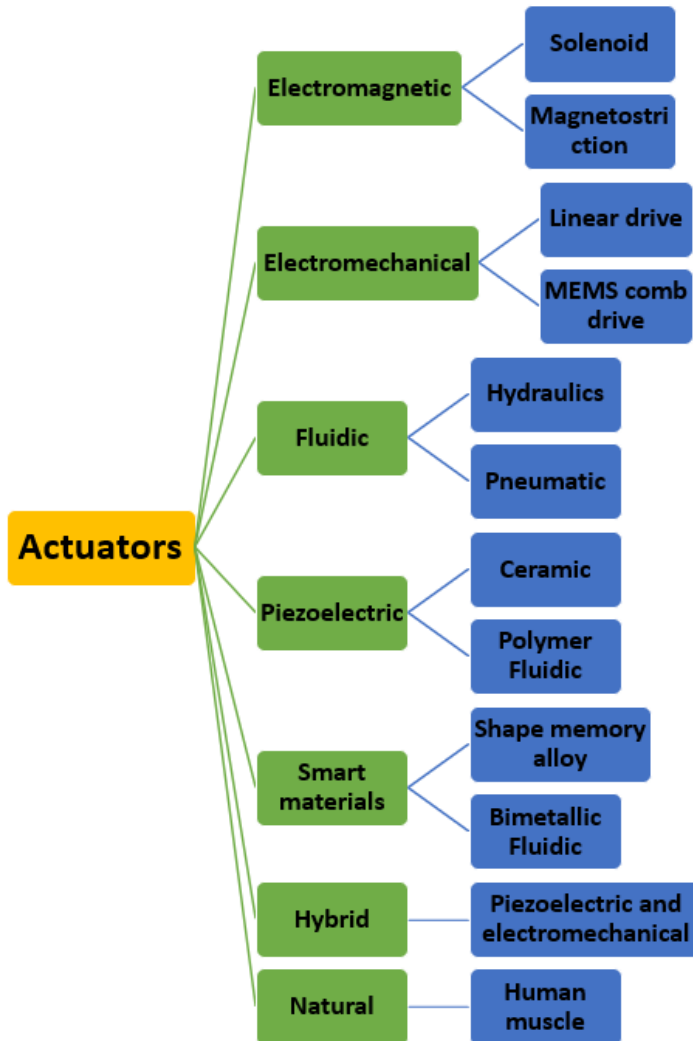
lanksčiųjų valdiklių technologijos naudojimo būdų. Išmaniųjų audinių kūrimas dar tik pradedamas. Tačiau šioje srityje yra daugybė galimų pritaikymų. Neabejotina, kad artimiausioje ateityje lanksčių valdiklių technologijos naudojimas turės esminės įtakos išmaniosios tekstilės sričiai.

### Valdiklis ir lanksčių valdiklių klasifikacija

Valdiklis yra mašinos arba įrangos komponentas, padedantis generuoti mechaninę jėgą konvertuojant energiją, dažnai elektros, oro ar hidraulinę energiją. Paprasčiau tariant, tai yra bet kurios mašinos dalis, kuri leidžia judėti. Valdikliai yra įtaisai, kurie gali dirbti kontroliuojant. 1 paveiksle pavaizduoti skirtingi valdiklių tipai.



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



5.1. paveikslas. Valdiklių klasifikacija

## Reabilitacijai skirta tekstilė su valdikliais

Du pagrindiniai tradicinių drabužių tikslai yra apsauga ir patrauklumas. Ir iki šio momento prie drabužių buvo pridėta daug papildomų funkcijų, įskaitant šilumą, ryšį, mechaninį, optinį ir cheminį jutimą. Valdikliai gali reaguoti į didelę deformaciją, judėjimą, vibraciją, didelę jėgą ir medžiagos iškrovą. Paprastai terminas „įprastas lankstus valdiklis“ reiškia pneumatinius dirbtinius raumenis, kurie buvo sukurti



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

reabilitacijos medicininei įrangai palaikyti. Tšie dideli, nepatogūs dėvimi daiktai yra labiau panašūs į mechaninius nei tekstilinius prietaisus ir yra didelio tūrio. Šiuo metu yra keletas pavyzdžių, kai išmaniosios tekstilės gaminiai naudojami kaip pirmiau nurodyti lankstūs valdikliai. Taip yra visų pirma todėl, kad, palyginti su pneumatiniiais valdikliais, jų veikimo efektyvumas yra mažas. Vis dar atliekama daugybė tyrimų, siekiant pagerinti valdiklių veiklą. Be to, minkšti ir į plėvelę panašūs valdikliai puikiai tinka tekstilės apdorojimui.

Pastaraisiais dešimtmečiais senų žmonių skaičius visame pasaulyje nuolat auga. Tiek išsivysčiusios, tiek besivystančios šalys išgyvena tas pačias tendencijas. Senėjimas lemia bendrą biologinių procesų sulėtėjimą. Susidomėjimas susijusiais klausimais išaugo dėl vyresnio amžiaus gyventojų skaičiaus augimo ir didėjančios reabilitacinės terapijos paklausos. Daugelis žmonių patiria smegenų pažeidimus dėl ligų, kurios sukelia pažinimo ir motorikos sutrikimus, bei su amžiumi susijusių sunkumų. Yra labai daug žmonių, kuriems reikalinga ypatinga priežiūra – reabilitacija ar pagalba.

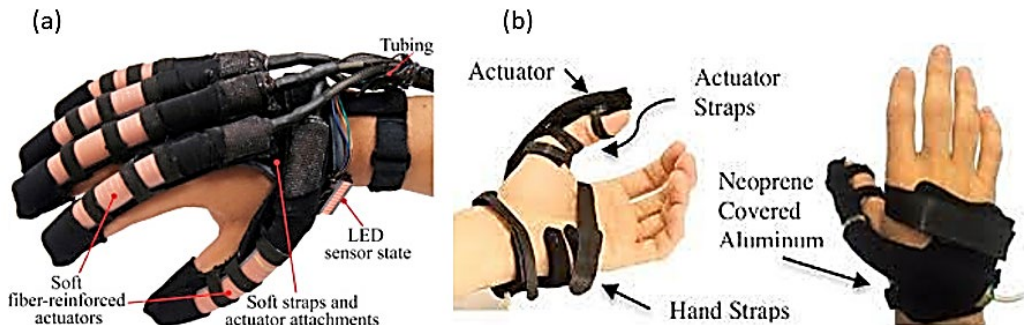
Dauguma reabilitacijos procedūrų pirmiausia susideda iš dviejų galimybių. Viena iš jų – nuolatinės mankštos, kurios neleidžia pablogėti bendrai lėtinių ligonių būklei; kitas yra nuolatiniai pratimai traumą patyrusiems pacientams, kurie gali padėti jiems atgauti visas arba dalines raumenų funkcijas. Reabilitacijos sistemos ir metodai gali labai skirtis, todėl juos reikia pritaikyti esamai situacijai. To pasekmė – didelės socialinės išlaidos. Robotizuotos įrangos naudojimas pagalbai teikti ir reabilitacijai yra vienas įmanomų sprendimų. Pneumatini valdikliai buvo sukurti padėti žmonėms, naudojant kietą rėmą, pvz., egzoskeletą, arba įdedant diržus tinkamose vietose. Šios reabilitacijos priemonės yra skirtos toliau nurodytiems tikslams, atsižvelgiant į pneumatinių valdiklių atliekamus judesius arba valdymo funkcijas ([1]):

**Rankų valdymas:** Pneumatiniai raumenys, pritvirtinti pirštų gale, yra pagaminti specialiai pirštams sulenkti. Minkšta robotinė pirštinė su skysčiu varomu valdikliu padeda rankai sugriebti. Norint sukurti įprastą griebimo judesį, buvo naudojami skirtingi nykščio ir kitų pirštų veikimo režimai (2a paveikslas) [2]. Asmenims, turintiems rankų trūkumą dėl neurologinių būklių, tyrime aprašyta minkštųjų robotų nykščio reabilitacijos sistema dubliuoja ir atkuria tinkamą nykščio motorinę funkciją. (2b paveikslas) [3]. Okajamos universitete Sasaki ir bendraautoriai sukūrė pagalbinę pirštinę, skirtą suimti rankomis, kad pagerintų kasdienį gyvenimą (ADL)



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

paprastai ir saugiai. Priešpriešinį nykštį judina du linijinio tipo pneumatiniai raumenys, esantys nykščio apačioje, vienas plaštakos gale ir vienas delne. Išlenkti pneumatinės gumos raumenys, sujungti su pirštų galine dalimi, leidžia sulenkti pirštus [4].



**5.2 paveikslas.** (a) Hidraulinė minkšta pirštinė skirta kombinuotai pagalbai ir reabilitacijai namuose [2], (b) Sukurtas rankinis priedas su integruotu segmentuotu minkštu valdikliu [3].

**Alkūnės valdymas:** Raumenys sukurti taip, kad padėtų judinti alkūnę arba padėtų sąnariui atgauti funkciją. Kad pacientas tinkamai sujungtų alkūnės sąnarį, buvo pasiūlytas medicininės reabilitacijos egzoskeletas, naudojant SMA laidus kaip alkūnės valdiklį. Siūlomas egzoskeletas yra tylus ir lengvas, o tai padidina pacientų gebėjimą atlikti kasdienes užduotis ir medicininės reabilitacijos procesą [5]. Buvo pateikta naujoviška tekstilės valdiklio koncepcija; jį sudaro pripučiamas vamzdis, sulankstytas medžiaginio gaubto viduje. Siūlomas valdiklis gerai veikia laikant svorius; bandymai su dėvimomis pirštinėmis ir alkūnės dydžio lenkiamuoju lenktuvu naudojo 9 kg ir 20 kg apkrovas. Siūloma naudoti struktūrą su keičiamu kreivumu, kad būtų pakeista valdiklio forma, kai veikia slėgis ([6]. Kohas ir jo bendraautoriai iš Singapūro nacionalinio universiteto sukūrė minkštą robotizuotą alkūnės rankovę su pasyviu ir tyčia valdomu valdikliu. [7].



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**5.3 paveikslas.** (a) Medicininės rehabilitacijos egzoskeletas tinkamai paciento alkūnės sąnario artikuliacijai [5]; (b) Minkštos roboto alkūnės rankovės dizainas [8]; Rankų konfigūracijos naudojant minkštą robotizuotą alkūnės rankovę. (c) Lanksti konfigūracija ir (d) išplėstinė konfigūracija [7].

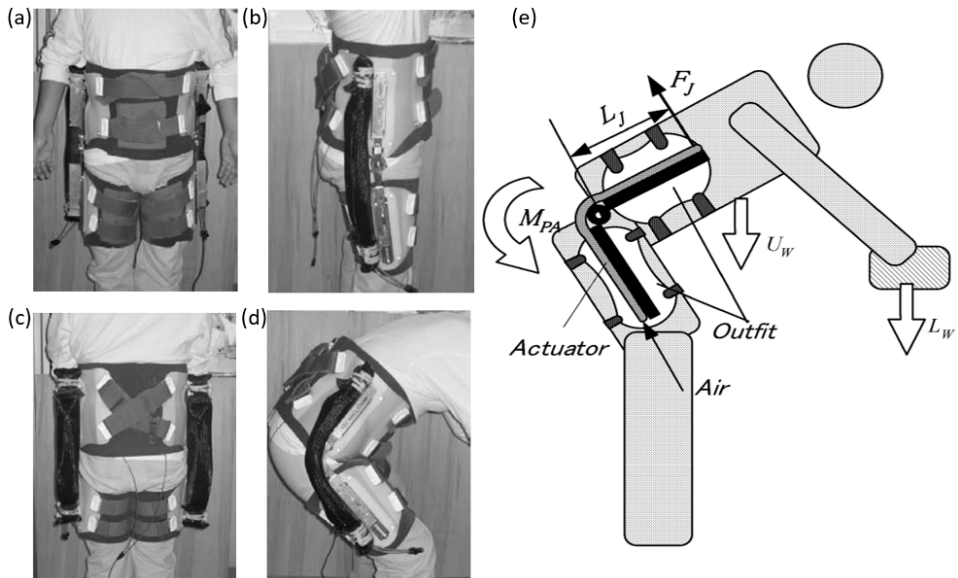
**Viršutinių galūnių valdymas:** Viršutinės galūnės judėjimo pagalbos įtaiso petys, ranka ir dilbis yra sujungti dviem varikliu varomomis jungtimis [9]. Okajamos universiteto tyrimų grupės sukurtas žasto pagalbinis įtvaras stiprina riešo ir alkūnės sąnarius, kad padėtų judėti viršutinei galūnei. Minkštos medžiagos, pavyzdžiui, pirštinės, šioje situacijoje nepakanka, kad ji veiktų kaip sąsaja su pacientu. Reikia didesnio standumo, nes valdikliai perduoda stipresnes jėgas galūnėms [10]. Tyrėjas Ciaranas iš Harvardo universiteto sukūrė tekstilės pagrindu pagamintus minkštus nešiojamus robotus, skirtus viršutinių galūnių rehabilitacijai ir pagalbai. [11]. Pirmiausia buvo sukonstruoti išskleidžiamos tekstilės pagrindu pagaminti pneumatiniai valdikliai, kurie sukimo momentus perduoda tiesiai į tikslinę jungtį, o valdiklių mechanizmų veikimo procesams modeliuoti ir įvertinti buvo naudojami įvairūs fiziniai prototipai. Buvo iširta keletas skirtingų viršutinių galūnių pagalbinių prietaisų tipų. Raumenys skatina alkūnės sąnario judėjimą.

**Liemens ir juosmens valdymas:** Prietaisas, skirtas padėti juosmens judėjimui, sudarytas iš dviejų standžių dalių, sujungtų vyriais ir pritvirtintų prie pneumatinių

2020-1-RO01-KA226-HE-095335

raumenų, kurie yra išlenkti. [12]. Žmogaus kūnas aprūpintas nešiojamo pagalbinio galios įtaisu, kuris padeda raumenims dirbti efektyviau. Šis prietaisas padeda atlikti kasdienę veiklą, reabilitaciją, sunkius darbus, treniruotes ir kitas užduotis [13].

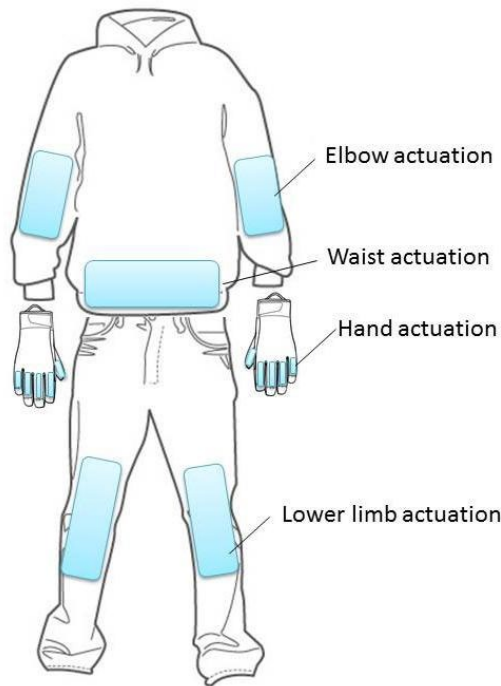
**Apatinių galūnių valdymas:** Lygiagretūs raumenys, naudojami aktyvioje apatinėje galūnėje, maitina kelio sąnarį. Prietaisas skirtas suteikti daugiau savarankiškumo senam ar neįgaliam žmogui, kuris gali vaikščioti, bet turi problemų sėdėti ir atsistoti iš sėdimos padėties [14]. Trys pagrindiniai iššūkiai kuriant tokius nešiojamus prietaisus yra svoris, galia ir deformacija. Pneumatiniai raumenys vis dar turi didžiulį pajėgumą ir jiems reikia suslėgto dujų šaltinio, kuris būtų varomas nešiojamajame įrenginyje. Šiems tikslams pasiekti reikalingi saugūs, maži, lengvi ir jūdri valdikliai. Žmonėms su negalia nešiojamas reabilitacijos prietaisas turėtų būti toks pat elementarus kaip ir kasdieniai drabužiai. Optimalus variantas yra lankstus lakštinio tipo valdiklis, kaip aptarta aukščiau. 14 pav. pavaizduotas nešiojamas reabilitacijos pagalbinis kostiumas su DE valdikliais, išdėstytais įvairiems pagalbos paleidimams.



5.4. paveikslas (a) priekinė pusė, (b) šoninė pusė (sužadinta), (c) galinė pusė, (d) šoninė pusė (antefleksija) ir (e) juosmens jėgos asistento veikimo principas [12].



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**5.5 paveikslas:** Nešiojamasis reabilitacinis kostiumas, pagamintas Stack DE pagrindu [15].

## Išvados

Pastaraisiais metais išaugo tekstilės gaminių su valdikliais, skirtų naudoti nešiojamoms reikmėms, ypač reabilitacijai, kūrimas. Lankstūs valdikliai gali būti naudojamos sveikatos priežiūrai ir nešiojamai medicinos įrangai. Jie gali padėti sukurti šiuos įtaisus, apimdami drabužius su funkcijomis, kurios bus labai naudingos atliekant gydomąjį masažą, reabilitaciją ir pagalbą. Kadangi sunku numatyti minkštą ir suderinamą tekstilės elgseną, šių tekstilės pagrindu pagamintų valdiklių projektavimas dažnai yra kartotinis procesas. Tekstilė ar drabužis taps išmanesnis, jei į jį bus įtrauktos šios savybės. Nors dar laukia ilgas ir sunkus kelias, lanksčių valdiklių technologija yra būtina, kad jie taptų realybe. Tikimasi, kad būsimai išmaniajai tekstilei kai kurios iš šių lanksčių valdiklių, mokslininkų teigimu, gali būti panašios į natūralius raumenis, todėl suteiks daug naudos.



## Nuorodos

1. Belforte G, Quaglia G, Testore F, et al (2007) Wearable textiles for rehabilitation of disabled patients using pneumatic systems. In: Smart textiles for medicine and healthcare: Materials, systems and applications. pp 221–252
2. Polygerinos P, Wang Z, Galloway KC, et al (2015) Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation. *Rob Auton Syst* 73:135–143. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.08.014>
3. Maeder-York P, Clites T, Boggs E, et al (2014) Biologically inspired soft robot for thumb rehabilitation. *J Med Devices, Trans ASME* 8:2014–2016. <https://doi.org/10.1115/1.4027031>
4. Sasaki D, Noritsugu T, Takaiwa M, Yamamoto H (2004) Wearable power assist device for hand grasping using pneumatic artificial rubber muscle. *Proc - IEEE Int Work Robot Hum Interact Commun* 655–660. <https://doi.org/10.1109/roman.2004.1374840>
5. Copaci D, Cano E, Moreno L, Blanco D (2017) New Design of a Soft Robotics Wearable Elbow Exoskeleton Based on Shape Memory Alloy Wire Actuators. *Appl Bionics Biomech* 2017:. <https://doi.org/10.1155/2017/1605101>
6. Nassour J, Hamker FH, Cheng G (2020) High-Performance Perpendicularly-Enfolded-Textile Actuators for Soft Wearable Robots: Design and Realization. *IEEE Trans Med Robot Bionics* 2:309–319. <https://doi.org/10.1109/TMRB.2020.3012131>
7. Koh TH, Cheng N, Yap HK, Yeow CH (2017) Design of a soft robotic elbow sleeve with passive and intent-controlled actuation. *Front Neurosci* 11:1–12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00597>
8. Thalman CM, Lam QP, Nguyen PH, et al (2018) A Novel Soft Elbow Exosuit to Supplement Bicep Lifting Capacity. *IEEE Int Conf Intell Robot Syst* 6965–6971. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8594403>
9. Chakarov D, Veneva I, Tsveov M, Venev P (2018) Powered upper limb orthosis actuation system based on pneumatic artificial muscles. *J Theor Appl Mech* 48:23–36. <https://doi.org/10.2478/jtam-2018-0002>
10. Sasaki D, Noritsugu T, Takaiwa M, Kataoka Y (2005) Development of Pneumatic Wearable Power Assist Device for Human Arm “ASSIST.” In: Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power. pp 202–207
11. O’Neill C (2021) Textile-based Soft Wearable Robots for Upper-Limb Rehabilitation and Assistance. Harvard University





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

12. Noritsugu T, Gao L (2005) Development of Wearable Waist Power Assist Device Using Curved Pneumatic Artificial Rubber Muscle. *Trans Japan Fluid Power Syst Soc* 36:143–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.5739/jfps.36.143>
13. Noritsugu T (2015) Development of Power Assist Wear driven with Pneumatic Rubber Artificial Muscle. *J Robot Soc Japan* 33:222–227. <https://doi.org/10.7210/jrsj.33.222>
14. Raparelli T, Zobel PB, Durante F (2004) Powered Lower Limb Orthosis for Assisting Standing Up and Sitting Down Movements. In: *Designing a More Inclusive World*. pp 205–214
15. Tao X (2015) *Handbook of smart textiles*. Springer Singapore, Hung Hom, Hong Kong
16. Tao X (2001) *Smart Fibres, Fabrics and Clothing, Fundamentals and Applications*, 1st edn. Woodhead Publishing



## 6 Skyrius. Energiją surenkantys įrenginiai tekstilinių elektrodų pagrindu

*Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCDTP, Romania*

**Santrauka:** Energijos surinkimo prietaisai, pagaminti iš tekstilės, yra alternatyva klasikiniams akumulatoriams, kurių tūris ir energija yra riboti, nes jie gali gauti energiją iš skirtingų šaltinių (saulės energijos, kinetinės energijos, šiluminės energijos, cheminės energijos ir elektromagnetinių bangų). Šiame skyriuje pristatomi pagrindiniai dėvimų energijos surinkimo prietaisų aspektai, naudojamos tekstilės medžiagos ir technologijos, naudojamos energiją surenkantiems įrenginiams kurti.

### Įvadas

Alternatyva ribotą energijos kaupimo talpą turinčioms baterijoms yra energijos surinkimo prietaisai, nes įvairių energijos šaltinių - kinetinės, šiluminės, elektromagnetinės ir net cheminės, randama neribotais kiekiais ir juos galima paversti elektros energija bei kaupti, kad būtų užtikrintas energijos tiekimas įvairiems nešiojamiems autonominiams prietaisams. Bendrieji principai (elektromechaniniai, termoelektriniai, elektromagnetiniai, pjezoelektriniai) yra atspirties taškai kuriant energijos surinkimo prietaisus. Daugybė tyrimų tiria šių prietaisų realizavimą naudojant tekstilės medžiagas, pagamintas iš elektrai laidžių pluoštų / laidų arba naudojant polimerines plėveles, turinčias magnetoelektrinių savybių (pvz., PVDF).

### Energiją surenkančių įrenginių tipai ir jų gamyba

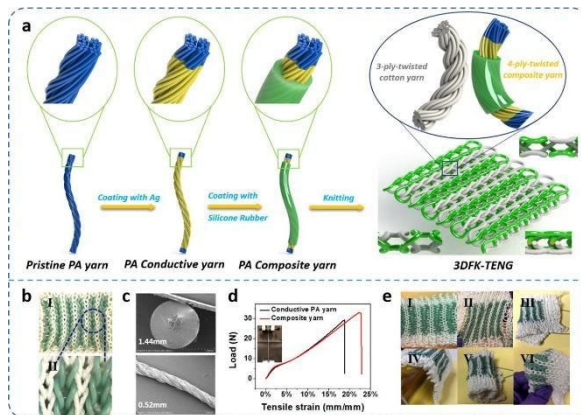
Energijos surinkimo įrenginiai (ESJ) gali išspręsti energijos tiekimo problemą autonominių nešiojamų prietaisų (dėvimųjų sistemų pagrindu veikiančių valdiklių ar jutiklių) atveju). Šis nepriklausomas maitinimo šaltinis yra ypač svarbus atšiaurioje aplinkoje arba nešiojamiems implantams (širdies stimulatoriams), nes, pavyzdžiui, širdies stimuliatorių baterijos veikimo laikas yra apie 12–13 metų. Tam, kad įvesties energija (šiluminė, elektrostatinė, mechaninė, elektromagnetinė, saulės), gaunama iš skirtingų šaltinių (žmogaus kūno šilumos, žmogaus kūno judėjimo, aplinkos, saulės, vėjo), būtų surinkta ir paversta elektros energija



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

nešiojamiems autonominiams įrenginiams maitinti, reikalingas termoelektrinių, pjezoelektrinių ar triboelektrinių medžiagų/įtaisų, integruotų į nešiojamas sistemas, naudojimas. Pneumatinė energijos surinkimo sistema gali atgauti daugiausiai 3 W galią ir 20 % viršyti elektromagnetinio, pjezoelektrinio ir triboelektrinio konversijos energijos efektyvumą. Energijos rinktuvus sudaro medžiagos / sistemos (pvz., tekstilinis mikrokabelis, skirtas vienu metu surinkti saulės ir mechaninę energiją), kurios gali paversti vienos rūšies energiją (mechaninę, šviesos, šiluminę ir kt.) kitos rūšies., t.y., elektros energija.

Elektrostatinė indukcija ir triboelektrinis efektas sukuria nedidelį kiekį galios iš mechaninio judėjimo. 1.1 paveiksle pristatomas 3D dvipusis blokuojantis audinio triboelektrinis nanogeneratorius (3DFIF-TENG), kurio pagrindas yra interlock trikotožo audinys, galintis gaminti elektros energiją kai yra lenkiamas ar tempiamas [1].



**6.1 paveikslas.** Triboelektrinio nanogeneratoriaus 3DFIF-TENG gamybos procesas ir mechaninis elgesys [1]

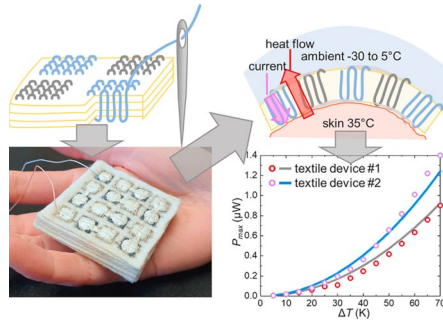
Nuolatinės srovės (DC) elektros generavimas iš aplinkos belaidžių signalų gali būti gaunamas naudojant laidžias ir dielektrines tekstilės medžiagas (pluoštus, siūlus), gautas verpimo, pynimo, mezgimo, siuvinėjimo ir laidaus rašalo nusodinimo ant izoliacinių medžiagų, antenų, skirtų energijai surinkti, įterpimo būdu. [2]. Be to, elektros srovę galima gauti iš elektromagnetinių bangų (RF) naudojant anteną ir lygintuvą, pagamintą naudojant laidų siūlą ant tekstilės izoliatoriaus pagrindų. [3].

Elektrą galima gaminti iš šiluminės energijos naudojant p- ir n- tipo medžiagas, kurių pagrindą sudaro sidabro ir tekstilės siūlus, funkcionalizuotus nusodinant laidžius



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

polimerus (PEDOT: PSS) ir siuvant / siuvinėjan, gaminant termoelektrinius tekstilės generatorius. [4, 5] (2 paveikslas).




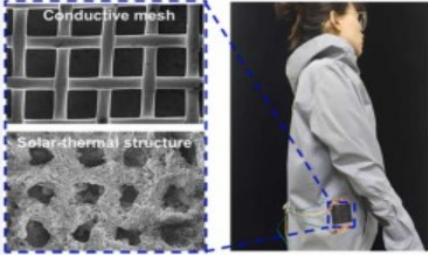
**6.2 paveikslas.** Mūsų termoelektrinėje tekstilėje naudojamos medžiagos [4]

Kad elektros surinkimo įrenginiai būtų naudojami nešiojamiems įrenginiams maitinti, jie [6] (1 lentelė) turėtų transformuoti įvairių rūšių energiją (šiluminę, mechaninę, radijo dažnių ir saulės energiją) į elektros energiją, remiantis skirtingais efektais (Seebeck, radijo dažnių energijos surinkimas, pjezoelektrinis, fotoelektrinis elektros surinkimas).

**6.1 lentelė. Energiją surenkančių įrenginių tipai**

Energiją surenkančio įrenginio tipas	Efektas	Įvesties energija	Energijos šaltinis	Nešiojamo įrenginio tipas ir integracija	Domenas*	Pavyzdžiai
Termoelektrinis (TEG)	Termoelektrinis	Terminė	Žmogaus kūno šiluma	Sistema mikroschemoje (SoC); riešas [7] 	M, P, A, S	<a href="#">Karščio transformavimas į elektros energiją</a>
Pjezoelektrinis (PE)	Pjezoelektrinis	Mechaninė	Žmogaus kūno judesiai	Energiją surenkančio įrenginys paremtas pneumatine sistema [8] 	M, P, A, S	<a href="#">Pjezoelektriniai pluoštai judesiams jautriai tekstilei</a> <a href="#">Tekstiliniai pneumatiniai energiją surenkantys įrenginiai</a> <a href="#">Pluoštų pagrindu pagaminti triboelektriniai nanogeneratoriai</a>
Radio dažnių (RF)	Energijos šalinimas radijo bangose (GSM (900 MHz); WiFi,	Elektromagnetinė	Aplinka	Dėvimi radijo dažnius surenkantys marškinėliai[9] 	M, P, A, S	



	ISM (2.4 GHz)					
Saulės energijos	Fotoelektrinis	Solar	Aplinka	Dėvimi saulės energijos rinktuvai integruoti švarke [10] 	M, P, A, S	<a href="#">Fotovoltinė energija iš tekstilės</a>
Hibridinis nanogeneratorius	Fotoelektrinis ir pjezelektrinis	Mechaninė ir saulės	Žmogaus kūnas ir aplinka	Striukė su saulės energijos ir pjezelektriniu generatoriumi [10] 	M, P, A, S	<a href="#">Susukty siūlų valdiklis</a>



## Išvados

Tekstilės naudojimas energijos gamybos prietaisams yra iššūkis tyrėjams pakeisti klasikinę bateriją, kurios tarnavimo laikas ir energija yra ribota, energija, gauta konvertuojant įvairių rūšių energiją (saulės energiją, kinetinę energiją, šiluminę energiją, cheminę energiją ir elektromagnetines bangas). Įvairios energijos rūšys (šiluminė, mechaninė, RF ir saulės) paverčiamos elektra, remdamiesi skirtingais efektais (Seedbeck, EM energijos surinkimas, pjezoelektrinis, fotoelektrinis). Mažos elektronikos (sisteminiai jutikliai ir pavaros) atveju dėvimi energijos generavimo įrenginiai (EHD) gali išspręsti energijos tiekimo problemą.

## Nuorodos

1. Chen, C., Chen, L., Wu, Z., Guo, H., Yu, W., Du, Z. and Wang, Z.L., 2020. 3D double-faced interlock fabric triboelectric nanogenerator for bio-motion energy harvesting and as self-powered stretching and 3D tactile sensors. *Materials Today*, 32, pp.84-93.
2. Yamada, Y., 2022. Textile Materials for Wireless Energy Harvesting. *Electronic Materials*, 3(4), pp.301-331.
3. Vital, D., Bhardwaj, S. and Volakis, J.L., 2019. Textile-based large area RF-power harvesting system for wearable applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 68(3), pp.2323-2331.
4. Lund, A., Tian, Y., Darabi, S. and Müller, C., 2020. A polymer-based textile thermoelectric generator for wearable energy harvesting. *Journal of Power Sources*, 480, p.228836.
5. Tian, Z., Lee, S. and Chen, G., 2014. Comprehensive review of heat transfer in thermoelectric materials and devices. *Annual review of heat transfer*, 17.
6. Hudak, N.S. and Amatucci, G.G., 2008. Small-scale energy harvesting through thermoelectric, vibration, and radiofrequency power conversion. *Journal of Applied Physics*, 103(10), p.5.
7. Alhawari, M., Mohammad, B., Saleh, H. and Ismail, M., 2018. Energy harvesting for self-powered wearable devices. Springer International Publishing.
8. Shveda, R.A., Rajappan, A., Yap, T.F., Liu, Z., Bell, M.D., Jumet, B., Sanchez, V. and Preston, D.J., 2022. A wearable textile-based pneumatic energy harvesting system for assistive robotics. *Science Advances*, 8(34), p.eabo2418.
9. Radio Frequency Harvesting, online available: [assistcenter.org/radio-frequency-rf-harvesting](http://assistcenter.org/radio-frequency-rf-harvesting)





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

10. Chen, J., Huang, Y., Zhang, N., Zou, H., Liu, R., Tao, C., Fan, X. and Wang, Z.L., 2016. Micro-cable structured textile for simultaneously harvesting solar and mechanical energy. Nature Energy, 1(10), pp.1-8.



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for Training and Development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## 7 Skyrius. Galutinių vartotojų reikalavimai ir perspektyva renkantis išmaniuosius produktus

*Md. Reazuddin Repon, Daiva Mikucioniene, Department of Production  
Engineering, Kaunas University of Technology, Studentų 56, LT-51424, Kaunas,  
Lithuania*

### **Santrauka:**

Pasaulio ekonomika ir rinkos poreikiai per pastaruosius kelerius metus sparčiai keičiasi, o išmaniųjų produktų paklausa auga. Išmanieji gaminiai su nauja įranga buvo sukurti dėl techninės pažangos. Tačiau norint gaminti išmaniuosius produktus, reikia gerokai pakoreguoti produktų kūrimo procedūras, kuriose pastaraisiais metais buvo daug pažangos teorijos, metodologijos ir požiūrių požiūriu. Išmanieji produktai gali rinkti, apdoroti ir pateikti informaciją. Šiame skyriuje aptariami galutinio vartotojo reikalavimai ir perspektyva renkantis išmaniuosius produktus.

### **Įvadas**

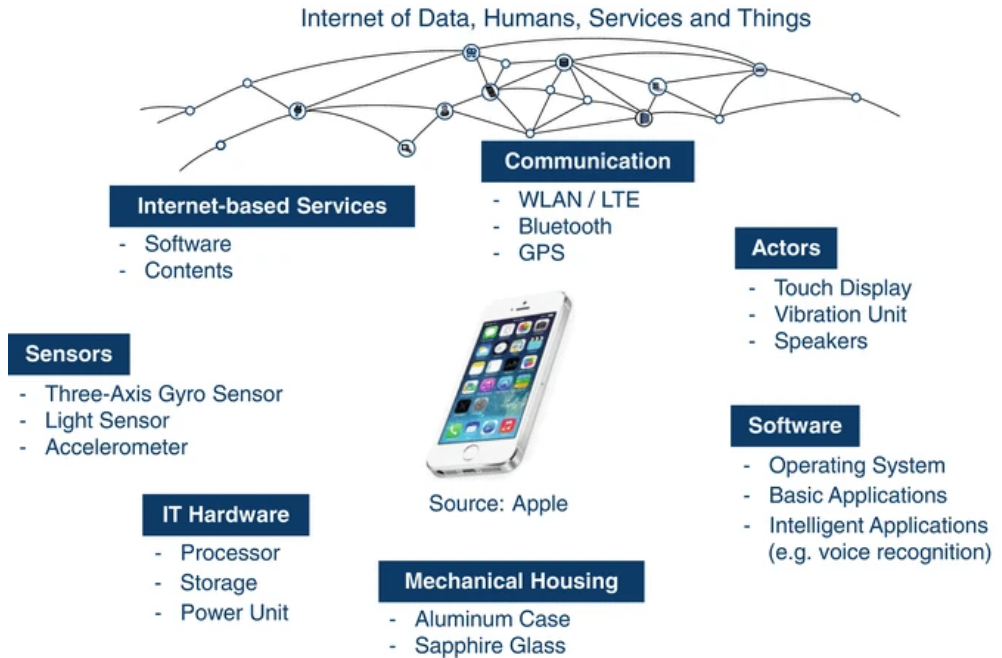
„Išmanieji produktai“ per pastaruosius 10 metų išpopuliarėjo tarp technologijų ekspertų ir akademikų. Dešimtmečio pradžioje išmanieji produktai pirmiausia buvo naudojami pažangiausioms technologijoms parodose reklamuoti. Tačiau dėl technologinių laimėjimų išmanieji produktai jau tapo realybe, o kai kuriais atvejais jau padėjo sužlugdyti įsitvirtinusias įmones prasidėjus naujai erai, kuriai būdingas Daiktų internetas (DI) ir technologinė rinkodara bei inovacijos. [1],[2] [3]. Kibernetinės fizinės sistemos (CPS), kurios taip pat naudoja ir integruoja internetines paslaugas, kad galėtų atlikti reikiamą funkciją, vadinamos išmaniaisiais produktais. [4];[5]. CPS apibūdinami kaip „protingi“ mechatroniniai įrenginiai arba sistemos, galinčios sąveikauti ir bendrauti su kitais CPS įvairiais ryšio kanalais, tokiais kaip belaidis LAN arba internetas [6], [5].



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**7.1 paveikslas.** Esminiai išmaniojo gaminio elementai išmaniojo telefono pavyzdžiu [5].

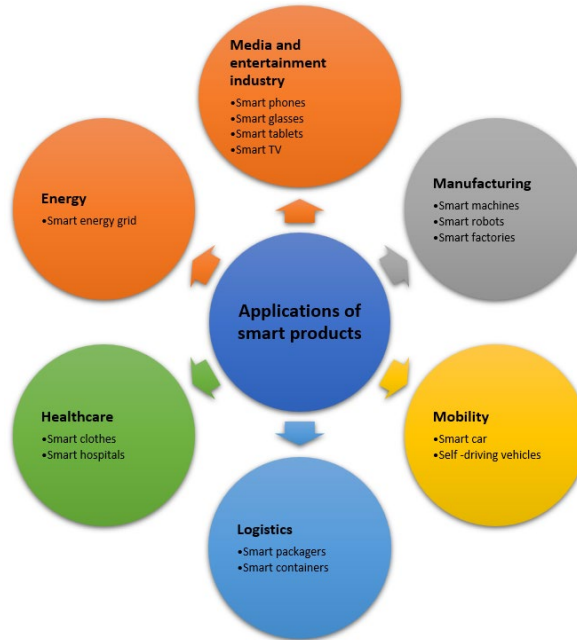
Fizinius ir virtualius komponentus, produktus ir internetines paslaugas, visa tai įtraukia išmanieji produktai. 7.1 paveiksle pavaizduoti esminiai išmaniojo gaminio elementai, pasitelkiant žinomiausio išmaniojo produkto –telefono – pavyzdį. 7.2 paveiksle pavaizduotas išmaniųjų gaminių pritaikymas ir pagrindinės charakteristikos [5], [7].





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

(a)



7.2 paveikslas. Išmaniųjų produktų pritaikymas (a) ir pagrindinės charakteristikos (b)



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for Training and Development

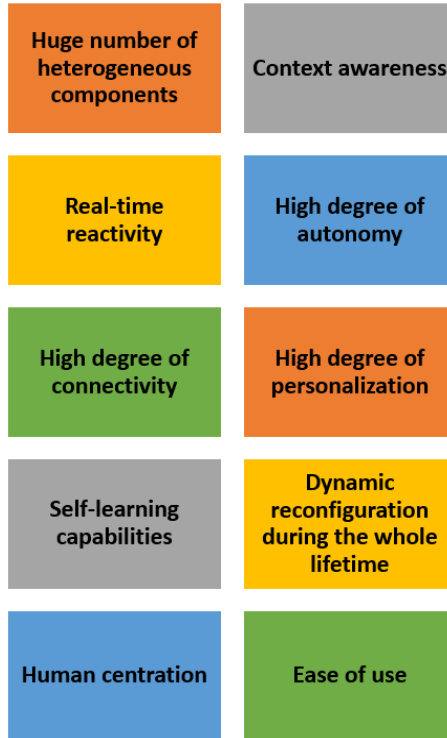


[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

(b)



**7.2 paveikslas.** Išmaniųjų produktų pritaikymas (a) ir pagrindinės charakteristikos (b)..

### Išmaniųjų produktų galutinio vartotojo reikalavimai ir perspektyva

Išmanieji gaminiai skiriasi nuo įprastų gaminių tuo, kad jie turi keletą bendrų funkcinių galimybių. Tai yra savarankiškumas, patikimumas ir individualizavimas, taip pat protinga sąveika su žmonėmis. Šios funkcinės galimybės yra daugelio techninių savybių, įskaitant atsparumą, intelektą ir ryšį, palaikomą jutimo ir perkonfigūravimo, rezultatas. Viena iš pagrindinių išmaniųjų produktų savybių yra jų intelektas, apimantis tokius gebėjimus kaip atpažinimas (kalba, regėjimas, kalba ir kt.), samprotavimas ir mokymasis. Pažangi vartotojo sąveika yra pirmoji termino „protinga“ reikšmė, galvojant apie produktus. Antrasis komponentas yra vadinamas intelektualiu valdymu, kuris peržengia įprastą grįžtamojo ryšio valdymą. Trečia, kiti bruožai, tokie kaip savarankiškumas ir perkonfigūravimas, turi naudoti iš intelekto [8], [9].



kauno technologijos universitetas



cre thi dev



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Išmanieji gaminiai turi turėti išmanųjį jutiklį ir jutimo galimybes. Išmanieji gaminiai gali pajusti išorinius dirgiklius ir kaupti informaciją per jutiklį. Surinkti duomenys gali būti naudojami ilgalaikiams ir trumpalaikiams tikslams. Radijo dažnio identifikavimo jutiklis ir Daiktų interneto lustai leidžia plačiai taikyti šį principą [10], [11], [12], [13].

Žodinis, vaizdinis, lytėjimo ir kiti įsitraukimo būdai yra būtini elementai žmonių sąveikai. Tačiau geriausias išmanusis produktas turėtų būti suprantamas kaip toks, kuris bendrauja su vartotojais protingais būdais ir reikalauja kuo mažiau žmonių sąveikos. Jutiklinio ekrano vartotojo sąsaja leidžia palaikyti dvikryptį, tačiau ne tradicinį, ryšį. [8], [9].

Produktų ir paslaugų sistemos turėtų būti įtrauktos į išmaniuosius produktus. Naudodami jutiklius, jie renka eksploatacinius duomenis ir geriau panaudoja juos techninei priežiūrai ir gyvavimo ciklo valdymui. Išmaniosioms transporto priemonėms, naudojamoms autonominėms MaaS paslaugoms, šios charakteristikos gali būti labai svarbios. Techniškai kalbant, tai rodo, kad reikalingas žymiai didesnis tvirtumas ir patikimumas. Nauji paslaugų teikimo būdai, tokie kaip nuolatinis sveikatos stebėjimas realiuoju laiku, aktyvi priežiūra ir prevencinė priežiūra, yra greitesni ir efektyvesni. [14], [15].

Visos išmaniųjų gaminių savybės yra sukurtos remiantis prisijungimo prie kitų agentų internete galimybe. Tai leis rinkti duomenis, bet taip pat palengvins savęs identifikavimą ir vietos nustatymą. Belaidžio ryšio technologijų raida šiuo metu perkelia belaidžio ryšio ribas iki 5G ir toliau [16]. Daugelis programų taip pat turės galimybę pereiti nuo vietinės kompiuterijos prie debesų, ribinės ar miglos kompiuterijos [17]. Jei išmaniųjų produktų ekosistema orientuota į duomenis arba pagrįsta duomenimis, reikalingas didelės spartos ryšys.

Išmanieji produktai turi turėti didelį savarankiškumo laipsnį. Keliose disciplinose susidomėjimas autonomija auga. Autonominės sistemos turi galimybę pajusti informaciją iš išorės, priimti protingus sprendimus be žmonių pagalbos ir imtis atitinkamų veiksmų [18]. Dronas arba giliavandenis robotas povandeninis laivas dažnai gali skristi ar plaukti patys, nenaudojant nuotolinio valdymo pulto. Vykdydami savo misiją, jie neturi sužaloti jokių pašalinių asmenų ir nesuklysti. Autonominė sistema taip pat gali rodyti nedeterministinį elgesį mokantis





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

savarankiškai. Modulinis gaminys, kuris pats konfigūruojasi sumontavus modulius, yra savarankiško mokymosi pavyzdys [19], [2], [20].



**7.3 paveikslas.** Kai kurie išmaniųjų produktų pavyzdžiai: išmanusis telefonas (a) [21]; išmanusis laikrodis (b) [22]; protingas audinys (f) [23]; išmanūs akiniai (g) [24]; išmanus robotas (d) [25]; išmanusis savarankiškai važiuojantis automobilis (e) [26]; išmanusis televizorius (c) [27]) iš išmanusis konteineris (h) [28].

Pritaikymas, individualizavimas arba personalizavimas yra būtini norint suteikti klientui papildomos vertės. Perkonfigūravimas gali būti naudojamas siekiant palengvinti išmaniųjų produktų pritaikymą, individualizavimą, kad būtų patenkinti tiesioginiai arba numanomi vartotojo reikalavimai. [29], [30]; [31]. Išmaniųjų produktų konfigūracija gali įvykti bet kuriuo jų gyvavimo laikotarpiu. Priešingai nei atliekant perkonfigūravimą, kuris gali būti bet kokia valdymo forma, siekiant pritaikyti mašiną prie besikeičiančios išorinės aplinkos ir prastėjančių vidinių aplinkybių, projektavimo metu perkonfigūruojant reikia pakeisti mašinos konstrukciją, kad senas modelis būtų pritaikytas naujiems vartotojo poreikiams. [32], [4], [32].







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Stebint būseną ir aplinkos charakteristikas ir vėliau analizuodami surinktus duomenis, naudojant duomenų analizę, išmanieji produktai veikti geriau priežiūros, eksploatavimo pabaigos apdorojimo ir energijos suvartojimo požiūriu. Tai galėtų padėti skatinti tvarumą. 3 paveiksle pateikti kai kurių rinkoje esančių išmaniųjų produktų pavyzdžiai.

## Išvados

Išmaniųjų produktų, t. y. CPS su integruotomis internetinėmis klientų paslaugomis, apibrėžimas dabar tampa konkretesnis. Tai numano programinės įrangos intensyvumą, duomenų pagrįstumą ir daugiadiscipliniškumą. Tačiau kuriant išmaniuosius įrenginius reikia ne tik pridėti daugiau su programine įranga susijusių galimybių. Palyginti su ankstesnių kartų raida, jos labai skiriasi. Išmaniosios paslaugos išmaniesiems produktams suteikia pridėtinės vertės, padidindamos vartotojų patirties vertę. Šiame skyriuje pateikiama greita kelių išmaniųjų gaminių apžvalga, o toliau kalbama apie bendras charakteristikas ir galutinio vartotojo reikalavimus.

## Nuorodos

1. Ng ICL, Wakenshaw SYL (2017) The Internet-of-Things: Review and research directions. *Int J Res Mark* 34:3–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.003>
2. Tomiyama T, Lutters E, Stark R, Abramovici M (2019) Development capabilities for smart products. *CIRP Ann* 68:727–750. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.05.010>
3. Li CZ, Chen Z, Xue F, et al (2021) A blockchain- and IoT-based smart product-service system for the sustainability of prefabricated housing construction. *J Clean Prod* 286:125391. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125391>
4. Abramovici M, Göbel JC, Savarino P (2017) Reconfiguration of smart products during their use phase based on virtual product twins. *CIRP Ann - Manuf Technol* 66:165–168. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.042>
5. Zheng P, Wang Z, Chen CH, Pheng Khoo L (2019) A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives. *Adv Eng Informatics* 42:100973. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100973>
6. Abramovici M (2015) Smart Products. In: Chatti S, Tolio T (eds) *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 1-5



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for research and development





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

7. Shao S, Xu G, Li M (2019) The design of an IoT-based route optimization system: A smart product-service system (SPSS) approach. *Adv Eng Informatics* 42:101006. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.101006>
8. Nee AYC, Ong SK, Chryssolouris G, Mourtzis D (2012) Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP Ann - Manuf Technol* 61:657–679. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.010>
9. Choi S, Jung K, Noh S Do (2015) Virtual reality applications in manufacturing industries: Past research, present findings, and future directions. *Concurr Eng Res Appl* 23:40–63. <https://doi.org/10.1177/1063293X14568814>
10. Teti R, Jemielniak K, O'Donnell G, Dornfeld D (2010) Advanced monitoring of machining operations. *CIRP Ann - Manuf Technol* 59:717–739. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.05.010>
11. Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Futur Gener Comput Syst* 29:1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
12. Ungurean I, Gaitan NC, Gaitan VG (2014) An IoT architecture for things from industrial environment. *IEEE Int Conf Commun*. <https://doi.org/10.1109/ICComm.2014.6866713>
13. Yasuura, Hiroto Kyung, Chong-Min Liu, Yongpan Lin Y-L (2017) *Smart Sensors at the IoT Frontier*. Springer Cham
14. Zhong RY, Xu X, Klotz E, Newman ST (2017) Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering* 3:616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>
15. Liu Y, Zhang Y, Ren S, et al (2020) How can smart technologies contribute to sustainable product lifecycle management? *J Clean Prod* 249:119423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119423>
16. Palattella MR, Dohler M, Grieco A, et al (2016) Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture, and Business Models. *IEEE J Sel Areas Commun* 34:510–527. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2016.2525418>
17. Agiwal M, Roy A, Saxena N (2016) Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Commun Surv Tutor* 18:1617–1655. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2532458>
18. Lucia-Palacios L, Pérez-López R (2021) How can autonomy improve consumer experience when interacting with smart products? *J Res Interact Mark*. <https://doi.org/10.1108/JRIM-02-2021-0031>



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for research and development







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

19. Zhang EM (2010) Understanding the Acceptance of Mobile SMS Advertising among Young Chinese Consumers. *Psychol Mark* 30:461–469.  
<https://doi.org/10.1002/mar>
20. Raff S, Wentzel D, Obwegeser N (2020) Smart Products: Conceptual Review, Synthesis, and Research Directions. *J Prod Innov Manag* 37:379–404.  
<https://doi.org/10.1111/jpim.12544>
21. Apple iPhone (2019) <https://istore.it/apple-iphone-xr-smart-battery-deklas-white.html>
22. Smartwatch (2022) <https://www.yescart.com/hifuture-futurefit-ultra-smart-watch>
23. Iwano M (2020) <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/From-gamers-to-dogs-Japan-forges-ahead-in-smart-clothing>
24. Appleglass (2022) <https://www.nextpit.com/device/apple-glass>
25. smart robots (2016) <https://internetofbusiness.com/eu-vote-manufacturing-robots/>
26. Zac Estrada (2017) <https://www.theverge.com/2017/8/30/16226514/smart-vision-eq-electric-future-car2go>
27. Sencor (2022) <https://www.sencor.com/smart-uhd-television/sle-55us800tcsb>
28. Reidy S (2020) <https://arviem.com/a-smart-container-or-smart-device-for-containers-what-fulfill-your-organizations-need-for-real-time-cargo-monitoring/>
29. Tseng MM, Jiao RJ, Wang C (2010) Design for mass personalization. *CIRP Ann - Manuf Technol* 59:175–178. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.03.097>
30. Zawadzki P, Zywicki K (2016) Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept. *Manag Prod Eng Rev* 7:105–112. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
31. Huikkola T, Kohtamäki M, Ylimäki J (2022) Becoming a smart solution provider: Reconfiguring a product manufacturer’s strategic capabilities and processes to facilitate business model innovation. *Technovation*.  
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102498>
32. Basten, Twan Hamberg, Roelof Reckers, Frans Verriet J (2013) *Model-Based Design of Adaptive Embedded Systems*. Springer New York
33. Savarino P, Abramovici M, Göbel JC, Gebus P (2018) Design for reconfiguration as fundamental aspect of smart products. *Procedia CIRP* 70:374–379.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.007>



## 8 Skyrius. Įtakos veiksniai į tekstilės gaminius integruotų elektroninių komponentų tinkamumui naudoti ir priimtinumui

*David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carrer Sant Pau nº6,  
Terrassa, Barcelona.*

### Įvadas

Išmanioji tekstilė – tai funkcionali tekstilės medžiaga, kuri aktyviai reaguoja į aplinką ir aktyviai bei automatiškai reaguoja į iš aplinkos gaunamą įvestį. Ši tekstilė reaguoja į išorinius dirgiklius (šviesą, temperatūrą, drėgmę, slėgį ir kt.) ir gali bendrauti su kitais prietaisais, praleisti energiją, paversti kitomis medžiagomis ir apsaugoti dėvėtoją nuo aplinkos pavojų.

Išmanioji tekstilė suteikia galutinių produktų funkcijas ir yra naudojama didele pridėtinę vertę turinčiuose sektoriuose, pavyzdžiui, sveikatos ir medicinos; automobilių ir aeronautikos; asmeninės apsaugos priemonių pramonėje; sporte; statyboje ir interjero dizaine bei daugelyje kitų sektorių.

Elektroniniai komponentai, integruoti į tekstilės gaminius, atveria begalinį pritaikomumą daugelyje sričių ir turi didžiulį potencialą padaryti mūsų gyvenimą geresnį ir lengvesnį. Kai kurie elektronikos prietaisai įdedami į audinį, kiti laidžią elektroniką susluoksniuoja į tekstilę, kaip matysime toliau pateiktame prototipe.

Išmanioji tekstilė yra palyginti naujas produktas tekstilės pramonėje. Nors šios tekstilės gaminiai turi daug žadančių ateitį, juos naudojant tai pat kyla iššūkių. Integruoti elektronines medžiagas į pagrindinius išmaniosios tekstilės siūlus yra techniškai labai sudėtinga ir vis dar reikia atlikti tyrimus. Daugelis įmonių gali neturėti infrastruktūros šiai tekstilei gaminti ir joms reikia perprogramuoti savo gamybos procesus. Didelės gamybos sąnaudos tikriausiai yra kliūtis patekti į rinką daugeliui mažų ir vidutinių įmonių.

Čia aptariama išmaniosios tekstilės gaminių taikymo sritis apima tekstilės gaminius su įterptais elektroniniais komponentais, nesvarbu, ar šie komponentai yra laidūs siūlai, ar jutikliai. Tokie gaminiai yra svarbūs ir suteikia galimybę tekstilės sektoriui vystytis ir patekti į išmaniųjų gaminių sritį.





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Išmaniieji tekstilės gaminiai dažniausiai vis dar yra prototipo arba pažangaus prototipo pavidalu. Pavyzdžiui, ugniagesio uniforma su širdies plakimo jutikliu, galinčiu siųsti šiuos duomenis nuotoliniu būdu, arba darbuotojas, dėvintis kostiumą, kuris gali identifikuoti blogą laikyseną ir duoti įspėjamąjį signalą. Šiuose pavyzdžiuose svarbus aspektas yra pridėtinės vertės paslauga, galinti papildyti produktą, o tai daugeliu atvejų gali būti naujo verslo modelio pagrindas.

Tai galimybė tekstilės ir drabužių sektoriui plėstis į kitas verslo sritis ir pritraukti žmones, turinčius skirtingų įgūdžių ir kompetencijų, pavyzdžiui, elektronikos ir programavimo.

### Įtakos veiksniai į tekstilės gaminius integruotų elektroninių komponentų tinkamumui naudoti ir priimtinumui

Išmanusis jodinėjimas yra geras į tekstilės gaminius integruotų elektroninių komponentų naudojimo ir priimtino veiksnio įtakos pavyzdys.

Išmanusis puslapis atitinka POLISILK produktų portfelio strategiją, skirtą audinių galutinio naudojimo įvairovei, siekiant didesnės pridėtinės vertės produktų, kuriuose integruota lanksti elektronika.

Šią novatorišką iniciatyvą sudaro išmanusis puslapis, skirtas jojimo (jojimo sporto šakos) rinkai. Šiame naujame gaminyje integruota lanksti elektronika per atspausdintus laidžius siūlus ir slėgio jutiklius pagalvėlėje (antklodė, dedama tarp arklio ir balno). Taip pat naujai sukurta virtuali programėlė stebi kelis raitelio generuojamus slėgio taškus.



kauno  
technologijos  
universitetas



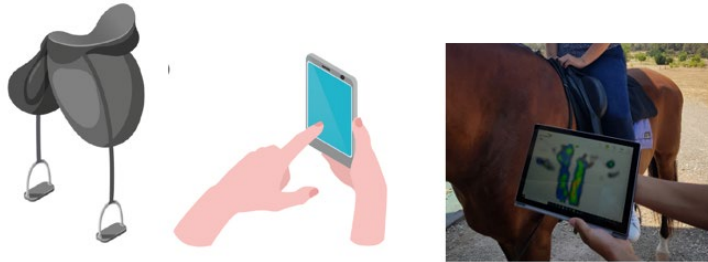
cre thi dev  
center for digital innovation



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]

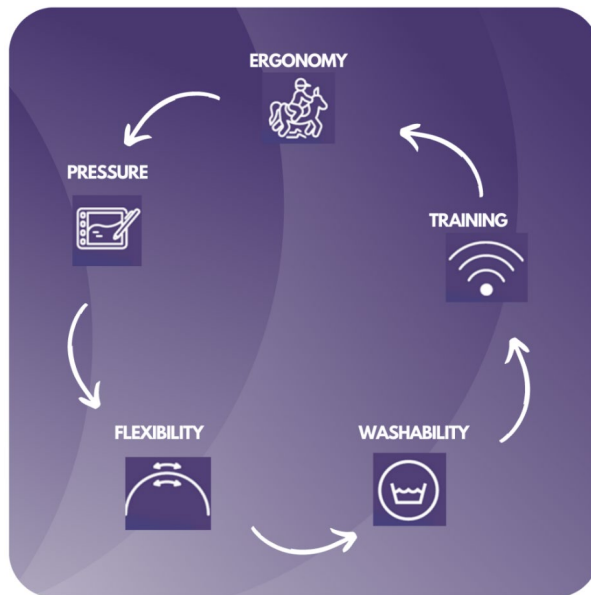


2020-1-RO01-KA226-HE-095335



### 8.1 paveikslas. Išmanusis jodinėjimo produktas

Toliau norėtume pabrėžti išmaniojo jodinėjimo pasiūlymo vertę:



### 8.2 paveikslas. Išmaniojo jodinėjimo etapai

1. Ergonomiška forma padeda išvengti žirgo nugaros ir raitelio traumų dėl netinkamo balno pritvirtinimo.



kauno technologijos universitetas



cre thi dev  
center for riding development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

2. Naudodamas „Wi-Fi“ ryšį, išmanusis jodinėjimas siunčia trenerio surinktus duomenis realiuoju laiku, o tai pagerina našumą treniruotės metu..
3. **Galimybė skalbti:** labai patvarūs apsauginiai audiniai, kuriuos galima nuimti ir skalbti skalbimo mašinoje.
4. Kadangi tai yra lanksti sistema, tai yra specifinė alternatyva, kuri užtikrina 10 % pailgėjimą, kad nebūtų pažeisti jutikliai. Tai taip pat užtikrinama jodinėjimo dinamika ir didesnis patvarumas.
5. Sistemoje yra labai tikslūs slėgio žemėlapiai. Tai reiškia, kad turint labai daug jutiklių (+500), kurie atskleidžia per didelio slėgio taškus, sistema yra optimali treniruotėms ir arklio bei raitelio traumų prevencijai.

## Išvados

Išmanusis jodinėjimo prototipas iliustruoja, kaip laidus siūlai yra naudojami jutikliams ir kitiems elektroniniams prietaisams, integruojantiems tekstilės audinius. Tai geras pavyzdys, kaip į tekstilės gaminius integruoti elektroniniai komponentai atveria platų panaudojimo spektrą daugelyje sričių.

Prototipe numatytas ir išmanusis puslapis, skirtas jojimo rinkai. Šis pažangus prototipas integruoja lanksčią elektroniką per atspausdintus laidžius siūlus ir slėgio jutiklius pagalvėlėje, o skirtingi slėgio taškai, kuriuos sukuria raitelio padėtis ant žirgo, vizualizuojami naudojant specialią programą, sukurtą prototipo etape. Išmanusis jodinėjimas vertingas, kaip minėta aukščiau, ir žirgui, ir raiteliui.

## Nuorodos

1. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 6th 2022. Available online: <https://smartees.eu/smartees2-application-experiments/>
2. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), "POLISILK presents its first SMART-HORSE-RIDING prototype", September



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
creative thinking development





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

6th 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/polisilk-presents-its-first-smart-horse-riding-prototype-4/>

3. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), "CONTEXT organizes a webinar to present funding opportunities and success stories for the development of smart textiles", September 6th 2022. Available online: <https://www.context-cost.eu/2021/04/06/context-organizes-a-webinar-to-present-funding-opportunities-and-success-stories-for-the-development-of-smart-textiles/>



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for Textile Development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



## 9 Skyrius. Išmanusis jutimasis komfortas – objektyvi ir subjektyvi išmaniosios tekstilės analizė

*Md. Reazuddin Repon, Daiva Mikucioniene, Kaunas University of Technology,  
Lithuania*

### **Santrauka:**

Patogumas yra esminė išmaniųjų audinių savybė, siekiant maksimaliai padidinti jų praktinį efektyvumą. Išmaniosios tekstilės gaminių naudojimas išaugo dėl elektroninių funkcijų, skirtų įvairioms programoms, pažangos. Išmanioji tekstilė vis dar kelia komforto iššūkius nešiojant. Patogūs drabužiai yra pagrindinis reikalavimas tekstilės gaminiams, kurie tiesiogiai liečiasi su oda. Šiame skyriuje trumpai apžvelgta subjektyvi ir objektyvi analizė, naudojama išmaniosios tekstilės jutimam komfortui įvertinti. Motyvacija dėl jutiminio vertinimo reikalavimo išmaniajai tekstilei išsakyta.

### **Įvadas**

Drabužiai yra vienas iš svarbiausių būtinų dalykų, kurių reikia kiekvienam, norint uždengti savo kūną ir apsaugoti jį nuo atšiaurių aplinkos veiksnių, pavyzdžiui, oro. Nors šiandieninė apranga veikia kaip apsauga, suteikia papildomo funkcionalumo ir yra naudojama sveikatos stebėjimui, pagalbai sporto renginiuose ir kaip komunikacijos kanalas dėl įvairių žmogaus poreikių. [1], [2]. Išmaniosios tekstilės gamyba sparčiai auga, o poreikis didėja, tačiau taip pat yra nepasitenkinimo naudojimu dėl didelio svorio ir standumo. Išmaniosios tekstilės gaminiai gali būti prispausti prie kūno ir turėti įdubimus, kurie gali būti nepatogūs. Išmanioji tekstilė turi galimybę pakeisti savo įprastą elgesį, reaguodama į aplinkos signalus, tokius kaip periferinės savybės ar techniniai dirgikliai. [3].

Pakeitimą gali įtakoti mechaniniai, terminiai, elektriniai, cheminiai ar kiti išoriniai šaltiniai. Nors plataus vartojimo dėvimas elektronikos gaminiai jau gerokai pažengę, jie vis dar tik pradėti kurti. Viena iš priežasčių gali būti komforto problemos keliais aspektais. Vis dėlto, priešingai nei atliekami dėvimų technologijų naujų ir skatinimo tyrimai, išmaniosios tekstilės gaminių komforto vertinimo tyrimų sritis nesiplečia taip greitai. Dauguma nešiojamos elektronikos tyrimų yra sutelkti ties tam tikromis temomis, tokiomis kaip





jutikliai, valdikliai ir elektroninės sveikatos įrašų dalijimosi platformos. Vartotojui labiau rūpi išmaniosios tekstilės privalumai, o ne naudojimo patogumas [4].

Svarbiausia medžiagų, kurios tiesiogiai liečiasi su oda, savybė yra patogumas. Yra trys aprangos komforto tipai: sensorinis, psichologinis ir termo fiziologinis. Psichologinis komfortas yra taika su savimi, termo- fiziologinis komfortas susijęs su kūno šilumos balansu įvairaus krūvio metu. Audinio gebėjimas atlaikyti prisilietimą, drėgmę, spaudimą ir šilumos pojūčius yra žinomas kaip jutimo komfortas [5] [6]. Jei išmaniosios tekstilės gaminių gamybos procesas nėra apribotas ir netvarkomas aiškiai, naudotojo patogumas gali būti neužtikrinamas. Negalima ignoruoti poveikio audinio patogumui dėvint, nes funkcionalumą galima išgauti mechaniškai (pavyzdžiui, audžiant), chemiškai (pavyzdžiui, spausdinant) arba abiem būdais. [2] [7]. Tiesa, kad medžiagų ar procesų integravimas gali turėti įtakos vartotojo sveikatai. Kai liečiame audinį, galime patirti jutiminį komfortą, pavyzdžiui, minkštumą, standumą, lipnumą, glotnumą, šiurkštumą ir dilgčiojimą. Niežulys ir dilgčiojimas rodo skausmą ir diskomfortą. Lygiai taip pat galima pajusti ir šilumą, vėšą, pralaidumą orui, karštį ir šaltį. Aptariama objektyvi ir subjektyvi išmaniosios tekstilės jutiminio komforto analizė.

### Jutiminio komforto veiksniai

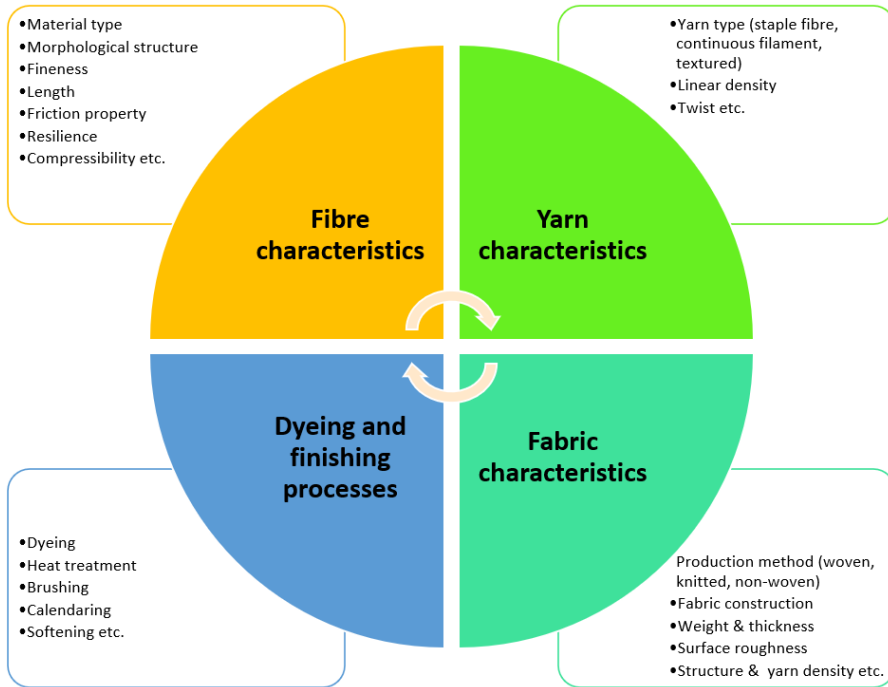
Pluošto savybės turi įtakos verpalų savybėms ir grifui, taigi ir audiniui. Kalbant apie galutinio audinio jutimo komfortą, visos šios savybės yra tarpusavyje susijusios. Dažymas, apdaila ir visi kiti apdorojimo parametrai taip pat turi įtakos jutimui [8], [9], [10]. Pagrindinės tekstilės gaminių sudedamosios dalys, galinčios žymiai pakeisti audinio pojūtį, pateiktos paveikslėlyje 9.1.







2020-1-RO01-KA226-HE-095335



9.1 paveikslas. Tekstilės gaminių jutiminio komforto veiksniai.

## Objektyvus jutiminio komforto įvertinimas

Įranga pagrįstos objektyvios procedūros suteikia rezultatų nuoseklumo ir atkuriamumo galimybę, kurią sunku pasiekti naudojant subjektyvius metodus. Šilumos laidumo, šiluminės varžos, šiluminės difuzijos ir santykinio vandens garų pralaidumo matavimai naudoti funkcinių audinių komforto charakteristikoms numatyti. Komforto matavimo metodas taikant objektyvius įrankius buvo šiluminio komforto prognozė, kurią sudaryti tapo įmanoma matuojant funkcinių audinių šiluminės savybes. [11].

Kawabata ir jo kolegos įdiegė „Kawabata“ vertinimo sistemą (KES), kad nustatytų tekstilės gaminio jutiminį komfortą ir mechanines savybes, tokias kaip tempimas, kirpimas, lenkimas, suspaudimas, storis, svoris ir trinties savybės. [12]. Lygumas yra svarbiausias grifo vertinimo elementas. Taigi, vertinant išmaniąją tekstilę jutimėmis priemonėmis, reikėtų atsižvelgti į lygumą. Siekiant



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI



cre thi dev

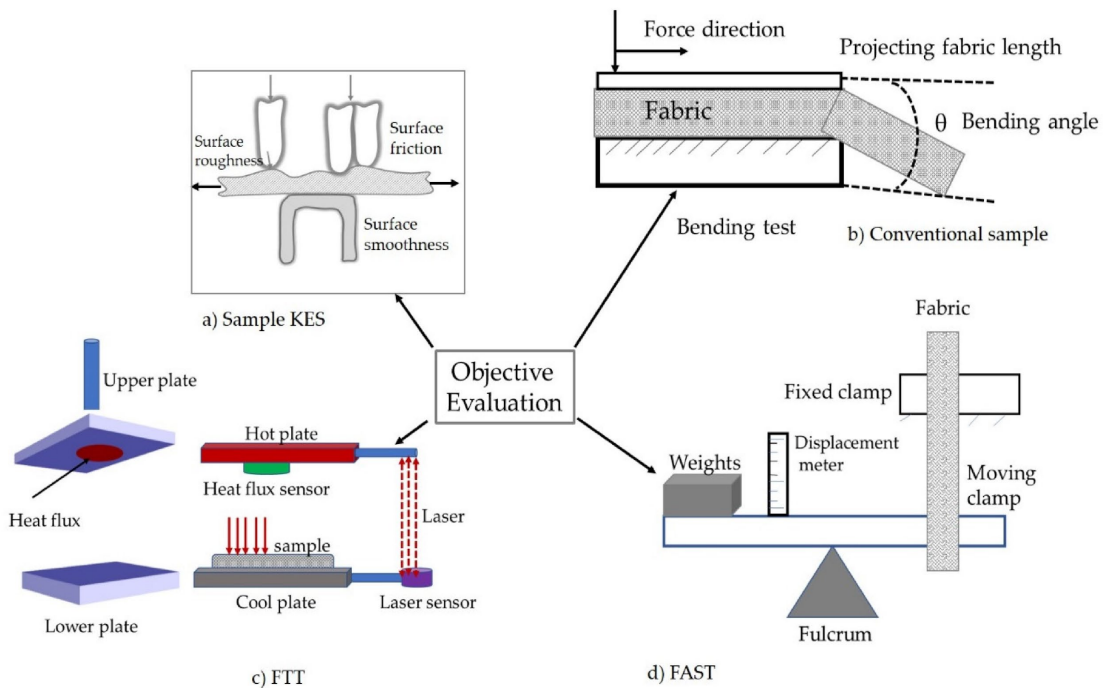




2020-1-RO01-KA226-HE-095335

efektyviai išmatuoti tekstilės gaminių grifą, audinys taip pat buvo kruopščiai tikrintas naudojant paprastą testavimą (FAST) [13] ir audinio grifo testerį (FTT) [14]. Skirtingi objektyvaus tekstilės komforto vertinimo metodai nurodyti paveiksle 9.2.

Tyrimo metu nustatyta, kad spauda turi didelę įtaką drabužių patogumui. Naudodami aprašomąją ekspertų grupę, autoriai ištyrė, kaip žmonių drabužių patogumo suvokimą paveikė modelis ir spalva. [15] Kito tyrimo metu buvo nustatyta, kad apdaila gali neigiamai paveikti tekstilės gaminių grifą. Naudodami KES metodikas, autoriai pažvelgė į tai, kaip apdaila paveikė audinio apdirbimo savybes. Jie atrado, kad apdailos procesas turėjo didelės įtakos audinio gebėjimui linkti. Tai parodė ryšį tarp mechaninių savybių ir audinio apdorojimo [16].



**9.2 paveikslas.** Objektyvaus audinio komforto vertinimo sistemos. (a) KES [13], (b) lenkimo matavimas ir komfortas [7], (c) FTT [17]), ir (d) FAST [18].





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Yoo ir kt. ištyrė, kaip karščiui atsparių apsauginių darbo drabužių galutinio naudojimo aplinkybės ir termo-fiziologinės bei jutiminės savybės paveikė naudotojo komfortą. Karščiui atsparios darbo drabužių medžiagos su įvairaus pluošto kiekiu, siūlų kokybe, pynimo tipais ir funkcinė apdaila vertinamos pagal jų termo-fiziologines ir jutimo galimybes. Aiškesnius palyginimus galima atlikti naudojant išmatuotas jutimo savybes, gautas iš audinio mechaninių, paviršiaus ir skysčio drėgmės valdymo savybių. Šlapio sukibimo, kontaktinio ploto ir paviršiaus šiurkštumo analizės rezultatai rodo, kad minkštesni siūlai, smulkesni pluoštai ir ruoželinis pynimas sukuria pastebimai lygesnius audinius su nedideliu kontaktu. [19]. Straipsnyje apsauginės funkcinės aprangos jutimui komfortui, pasak autorių, didelę įtaką gali turėti audinio elastingumas, kuris taip pat turi įtakos audinio paviršiaus savybėms. [20].

„PhilaU Haptic Device“, naudojamas lietimo ir jutimo reakcijai užtikrinti, „Shirley“ standumo matuoklis ir kritimo matuokliai, storio matuokliai storiui ir suspaudimui tirti bei robotinė sistema taip pat naudojami jutimo komforto savybėms analizuoti. Buvo sukurti ir patvirtinti keli modeliai grifo kokybei nustatyti naudojant tokius objektyvius metodus [21]. Rankinio jutimo spektro aprašomosios analizės (HSDA) metodas leidžia praktiškai palyginti audinių jutimo savybes. HSDA metodas, naudojamas JAV, Didžiosios Britanijos, Kanados ir Australijos karinėse uniformose, buvo panaudotas tiriant 13 audinių, skirtų jutimui pojūčiui analizuoti. [22].

### Subjektyvus jutiminio komforto įvertinimas

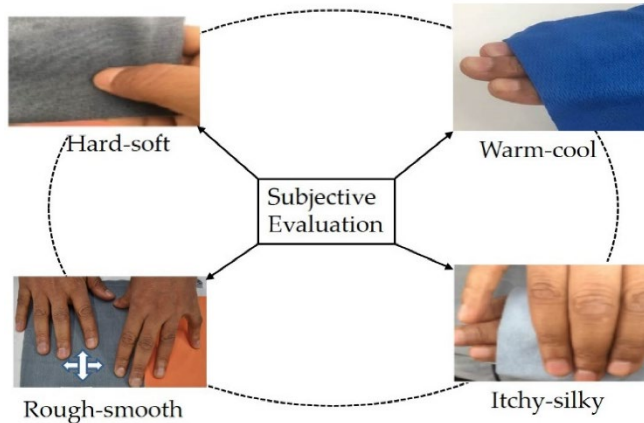
Dėvimos elektroninės tekstilės rinka visada ieško inovacijų, kad pagerintų vartotojų pasitenkinimą nuolatiniu funkcinės tekstilės naudojimu gyvenimo kokybei užtikrinti. Tačiau patogumas dėvint drabužius turi įtakos tam, kaip dažnai naudojama funkcinė tekstilė. Todėl patogumo įvertinimas yra labai svarbus pirmasis žingsnis. Alternatyva objektyviam komforto matavimui funkcinėje tekstilėje yra subjektyvus vertinimas. Sukūrus keletą sensorinių dvipolių frazių, skirtų funkcinės tekstilės patogumui įvertinti, tai galima panaudoti subjektyviems žmonių jausmams tirti. [16]. Funkcinės tekstilės patogumui įvertinti naudojant aklujų ir regėjimo metodus buvo sukurti specifiniai jutiminiai žodžiai, susiję su audinio sąlyčiu su oda, o rezultatai parodė,





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

kad subjektyvus vertinimas gali būti perspektyvi alternatyvą. 9.3 paveiksle parodytas subjektyvus jutiminio komforto vertinimas.



9.3 paveikslas. Subjektyvus jutiminio komforto vertinimas.

Dėl prisilietimo pojūčio subjektyvi analizė ranką su audiniu susieja su psichologiniu rezultatu (Bakar 2004). Kai žmogus perbraukia pirštų galiukais per audinio paviršių, įvyksta daugybė jutimo reakcijų, priverčiančių jausti ir galvoti. Suvokiamam pojūčiui suteikiamas konkretus rankos parametras. Šiam pasirinkimui įtakos gali turėti tokie kintamieji kaip asmenybė, aplinka, išankstiniai nusistatymai (pvz., norimi arba laukiami rezultatai), emocijos ir reitingavimo ar masto kriterijai (Aliouche and Viallter 2000). Nepriklausomi teisėjai subjektyviai įvertino audinių apdorojimą tekstilės sektoriuose. Sprendimai labai priklauso nuo personalo standartų (Yick et al. 1995). Labai svarbu pasirinkti tinkamus posakius, apibūdinančius audinio grifo parametras, kad būtų užtikrintas subjektyvių vertinimų pagrįstumas. Daugybė autorių nustatė įvairias juslines savybes, minimas paveiksle 9.4 [23].



kauno  
technologijos  
universitetas



AEi



cre thi dev





2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**9.4 paveikslas.** Įvairios juslinės savybės.

Norint rasti ryšį tarp objektyvių matavimų, kad būtų galima ištirti statistinį vertinimą, subjektyvaus vertinimo rezultatus reikia konvertuoti į skaitines reikšmes. Vadinasi, jausliniam vertinimui rekomenduojama naudoti skalę ir trukmę, paminėtus lentelėje 9.1.

**9.1 lentelė.** Jutiminio vertinimo skalė ir trukmė [1], [23]

Jutimo atributas	Skalė			Trukmė (s)
	1	5	10	
Storis	1	5	10	15
	ploniausias	vidutinis	storiausias	
Minkštumas / standumas	1	5	10	20
	minkščiausias	vidutinis	standžiausias	
Šiurkštumas/lygumas	1	5	10	15
	lygiausias	vidutinis	šiurkščiausias	
Bendras grifas	1	3	5	15
	netinkamas	vidutinis	tinkamiausias	

Subjektyviam grifo vertinimui reikalinga ilgametė patirtis, kurią taip pat aiškiai gali įtakoti paties vertintojo pageidavimai. Audinys gali atrodyti lygus, trapus, sunkus, šiurkštus, šiurkštus, pūkuotas, neryškus arba pūkuotas. Jis taip pat gali jaustis lengvas, švelnus, švelnus ar minkštas. Todėl eksperto subjektyvų audinio



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

vertinimą būtina pakeisti objektyviu mašininu metodu, kuris leis gauti nuoseklius ir pakartojamus rezultatus. 9.2 lentelėje nurodytos įvertintos savybės pagal grifo metodus.

**9.2 paveikslas.** Lietimo metodikos (Moody et al. 2001)

Lietimo technika	Nuotrauka	Nustatomos savybės
Lietimas		Paviršiaus kokybė (tekstūra), temperatūra
Sukamieji judesiai		Standumas, svoris, temperatūra, komfortas, bendra tekstūra, raukšlėjimasis
Suspaudimas tarp kelių pirštų: sukimasis tarp pirštų viena ranka (nykštis ir 1 arba 2 pirštai)		Tekstūra, standumas, temperatūra, audinio struktūra, abi audinio pusės, trintis, tempimas (pasipriešinimas)
Sukimo judesiai abiem rankom		Ištempiamumas, skaidrumas

**Išvada**

Tyrėjai daugiausia dėmesio skiria jutimo komforto įvertinimui, kad įvertintų našumą nešiojimo metu. Gaminių patogumą subjektyviai gali įvertinti tos srities specialistai arba jis gali būti objektyviai įvertintas pagal mechanines charakteristikas įvairiais įrankiais. Subjektyviems ir objektyviems duomenims







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

integuoti buvo naudojamos matematinės ir minkštosios skaičiavimo/išmaniosios strategijos. Numatoma, kad intelektinės sistemos ir toliau bus naudojamos integruojant žmogaus žinias ir instrumentinius duomenis. Kai kurie sudėtingi algoritmai ilgainiui galėtų pakeisti įprastus tekstilės gaminių komforto modeliavimo būdus. Tikėtina, kad būsiami tyrimai bus skirti įvairių intelektualių minkštųjų skaičiavimo metodų naudojimui išmaniojo tekstilės komforto modeliavimo srityje.

### Nuorodos

1. Sülar V, Okur A (2007) Sensory evaluation methods for tactile properties of fabrics. *J Sens Stud* 22:1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00090.x>
2. Barker RL (2002) From fabric hand to thermal comfort: The evolving role of objective measurements in explaining human comfort response to textiles. *Int J Cloth Sci Technol* 14:181–200. <https://doi.org/10.1108/09556220210437158>
3. Tadesse MG, Harpa R, Chen Y, et al (2019) Assessing the comfort of functional fabrics for smart clothing using subjective evaluation. *J Ind Text* 48:1310–1326. <https://doi.org/10.1177/1528083718764906>
4. Tao X (2001) Smart technology for textiles and clothing – introduction and overview. In: Tao X (ed) *Smart Fibres, Fabrics and Clothing: Fundamentals and Applications*. Woodhead Publishing, pp 1–6
5. Aliouche D, Vialter P (2000) Mechanical and Tactile Compression of Fabrics: Influence on Handle. *Text Res J* 70:939–944. <https://doi.org/10.1177/004051750007001101>
6. Bakar BA (2004) Subjective and objective evaluation of fabric handle characteristics. The University of Leeds
7. Deng YM, Wang SF, Wang SJ (2016) Study on antibacterial and comfort performances of cotton fabric finished by chitosan-silver for intimate apparel. *Fibers Polym* 17:1384–1390. <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6277-2>
8. Behery HM (2005) Effect of Mechanical and Physical Properties on Fabric Hand
9. Shanmugasundaram OL (2008) Objective Measurement Techniques for Fabrics. *Asian Text J* 17:63–67
10. Özçelik Kayseri G, Özdil N, Megüç GS (2012) Sensorial Comfort of Textile Materials. In: *Woven Fabrics*. pp 235–240
11. Crina B, Blaga M, Luminita V, Mishra R (2013) Comfort properties of functional weft knitted spacer fabrics. *Tekst ve Konfeksiyon* 23:220–227



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI  
KAUNO UNIVERSITETO TARPINIAI TYRIMAI



cre thi dev  
Creative Textile Development



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

12. Kawabata S (2005) The Standardization and Analysis of Hand Evaluation. In: Behery HM (ed) Effect of Mechanical and Physical Properties on Fabric Hand. Woodhead Publishing, pp 389–443
13. Namligöz ES, Bahtiyari MI, Körlü AE, Çoban S (2008) Evaluation of finishing processes for linen fabrics using the Kawabata evaluation system. J Test Eval 36:384–391. <https://doi.org/10.1520/jte101461>
14. Hu JY, Hes L, Li Y, et al (2006) Fabric Touch Tester: Integrated evaluation of thermal-mechanical sensory properties of polymeric materials. Polym Test 25:1081–1090. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2006.07.008>
15. Robinson KJ, Chambers E, Gatewood BM (1997) Influence of Pattern Design and Fabric Type on the Hand Characteristics of Pigment Prints. Text Res J 67:837–845. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177%2F004051759706701108>
16. Tadesse MG, Nagy L, Nierstrasz V, et al (2018) Low-stress mechanical property study of various functional fabrics for tactile property evaluation. Materials (Basel) 11:.. <https://doi.org/10.3390/ma11122466>
17. Musa A BH, B M, S V, Langenhove L V (2018) Practical Considerations of the FTT Device for Fabric Comfort Evaluation. J Fash Technol Text Eng s4:1–4. <https://doi.org/10.4172/2329-9568.s4-003>
18. Tokmak O, Berkalp OB, Gersak J (2010) Investigation of the mechanics and performance of woven fabrics using objective evaluation techniques. part I: The relationship between FAST, KES-F and cusick's drape-meter parameters. Fibres Text East Eur 79:55–59
19. Yoo S, Barker RL (2005) Comfort Properties of Heat-Resistant Protective Workwear in Varying Conditions of Physical Activity and Environment. Part I: Thermophysical and Sensorial Properties of Fabrics. Text Res J 75:523–530. <https://doi.org/10.1177/0040517505053949>
20. Nawaz N, Troynikov O, Watson C (2011) Evaluation of surface characteristics of fabrics suitable for skin layer of firefighters' protective clothing. Phys Procedia 22:478–486. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.11.074>
21. Wang H, Mahar TJ, Hall R (2012) Prediction of the handle characteristics of lightweight next-to-skin knitted fabrics using a fabric extraction technique. J Text Inst 103:691–697. <https://doi.org/10.1080/00405000.2011.602230>
22. Cardello AV (2008) The sensory properties and comfort of military fabrics and clothing. In: Military Textiles. Woodhead Publishing, Cambridge, pp 71–106
23. Sülar V, Okur A (2008) Objective Evaluation of Fabric Handle by Simple Measurement Methods. Text Res J 78:856–868. <https://doi.org/10.1177/0040517508090785>







Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

24. Moody W, Morgan R, Dillon P, et al (2001) Factors Underlying Fabric Perception. 1st Eurohaptics Conf Proc 1–10
25. Yick KL, Cheng KPS, How YL (1995) Subjective and objective evaluation of men's shirting fabrics. Int J Cloth Sci Technol 7:17–29.  
<https://doi.org/10.1108/09556229510094832>



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for Training and Development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## 10 Skyrius. Tekstilės gaminiuose integruotų išmaniųjų jutiklių ir valdiklių etika ir reikalavimai

*David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carrer Sant Pau nº6, Terrassa, Barcelona.*

### Santrauka

Su išmaniąja tekstile susijusi etika turi daug spręstinių klausimų. Etika, suprantama kaip išmaniosios tekstilės teikiamos naujos ir išmaniosios programos, yra opi tema. O tai jautru, nes dauguma tų programų tvarko ne tik asmeninius ir privačius asmens, kuris naudoja nešiojamus, bet ir gyvybiškai svarbius (fiziologinius) įrenginius, duomenis, ypač kai kalbame apie išmaniąsias apsaugos priemones.

Be to, ne tik duomenų tvarkymas yra pagrindinis veiksnys, į kurį reikia atsižvelgti užtikrinant saugų išmaniosios tekstilės naudojimą, bet ir saugos klausimai, tiesiogiai susiję su sveikatai ir (arba) galima žala sveikatai, kurią nešiojamasis aparatas gali sukelti žmonėms.

Šiame darbe bandoma paaiškinti, kodėl duomenys ir fizinė priežiūra yra esminiai veiksniai, kuriais reikia pasirūpinti naudojant išmaniuosius tekstilės gaminius, kad būtų užtikrintas visų matmenų saugumas ne tik naudojant, bet ir vėliau. Straipsnyje daugiausia dėmesio bus skiriama Europos Sąjungos duomenų apsaugos reglamentui ir kai kurioms teorijoms bei praktiniams fizinio saugumo ir etikos atvejams.

### ES duomenų apsaugos reglamentas – BDAR

Europos Sąjungos (ES) priimtas Bendrasis duomenų apsaugos reglamentas (BDAR) yra pagrindinė ir aukščiausia duomenų apsaugos ir valdymo norma, kurios turi laikytis visos ES narės. Tai ne paviršutiniškas klausimas, nes ES pagrindinių teisių chartija nustato, kad visi ES piliečiai turi teisę saugoti savo asmens duomenis [1].

Ši direktyva patvirtinta 2016 m. ir ja ne tik bandoma apsaugoti minėtus duomenis, bet ir nustatyti vienodus duomenų apsaugos standartus visoms ES narėms ir jų piliečiams.



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI



cre thi dev



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



Šioje srityje duomenys tampa ypač svarbūs, jei kalbame apie fiziologinius ir sveikatos duomenis – būtent tai ir yra aptariama šiame darbe, nes jie yra glaudžiai susiję su išmaniąja tekstile ir elektroniniais nešiojamaisiais prietaisais.

Jei mes kalbame apie Jungtines Amerikos Valstijas (JAV), privatumo taisyklės galioja HIPAA. Ir abiem atvejais, UE ir JAV, šiomis normomis siekiama užkirsti kelią piktnaudžiavimo duomenimis skandalams, sušvelninti duomenų nutekėjimo poveikį ir patvirtinti teisinius privatumo reglamentus su bendra sistema. [3]. Vis dėlto pasaulinis reglamentas šiuo klausimu dar nebuvo sutartas [5].

Ši informacija išmaniosios tekstilės srityje taikoma keliais aspektais, susijusiais su vartotojo ryšiu su elektronika. Ji įgyvendinama nuo privatumo politikos priėmimo svetainėje iki išmaniosios tekstilės srities.

## Saugos duomenų aspektai

Pastaruoju atveju ir atsižvelgiant į tai, kad kai kurie duomenys laikomi labai jautriais, turi būti sukurti ir įgyvendinti kai kurie prevenciniai mechanizmai. Jie sumažintų kibernetines atakas ar kitokias grėsmes iš išorės veikėjų. Šių mechanizmų patikimumas yra pagrindinis veiksnys siekiant apsaugoti šiuos jautrius duomenis.

Pavyzdžiui, metrikų stebėjimas – ir tai, ar jie nenormalūs, ar ne – gali palengvinti paslaugos kokybės aptikimą ir tai, ar ji yra užpulta ir duomenims kyla grėsmė.

Autentifikavimo veiksnys norint pasiekti duomenis (per įrenginį arba išmanųjį nešiojamąjį įrenginį) pastaraisiais metais tapo lemiamu elementu. Šis autentifikavimas apima klasikinius elementus, pavyzdžiui, slaptažodžius, taip pat ir klasikinius reikalavimus, pavyzdžiui, vengti paprastų slaptažodžių, iki naujų elementų, tokių kaip kortelė ir biometrinė prieiga. Visų šių elementų derinys patvirtins sistemos tvirtumą iki pat pirmųjų durų, kur duomenis galima pasiekti, pavogti, pertraukti....

Šia prasme atsekamumas yra dar vienas veiksnys, į kurį reikia atsižvelgti. Tai reiškia galimybę aptikti užpuoliko pėdsaką po atakos ir taip, kaip įmanoma,





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

nustatyti, iš kur jis kilęs, jo tapatybę, tikslus ir apskritai didžiausią naudingos informacijos kiekį, kuris padeda atitaisyti žalą, jei vėliau būtų atliktas tyrimas.

Be to, svarbu pabrėžti, kad duomenų pažeidžiamumas gali atsirasti kelis kartus, kai jis valdomas. Nuo jo generavimo realiuoju laiku iki perdavimo arba saugojimo. Dėl šios priežasties minėti prevenciniai elementai ir veiksmai turėtų būti sukurti ir parengti taip, kad būtų išvengta grėsmių bet kuriame iš šių etapų.

**10.1 lentelė.** Išmaniųjų sveikatos sistemų saugumo sprendimų suvestinė ir klasifikacija [4]

Type	Solution	Actor	TCP/IP Layer	Requirements Protected
Secure communications	Lightweight cryptography	Nodes Communications HIS	Network interface	Confidentiality Integrity Non-repudiation Authentication
	Key management	Nodes HIS	Network interface	Confidentiality Authentication
Always-on systems	Secure routing	Communications	Network	Availability
	DDoS countermeasures	Nodes Communications HIS	Network	Availability
Trust management	Authentication protocols	Nodes HIS	Transport Application	Authentication Confidentiality Privacy
	Access control mechanisms	HIS	Application	Authentication Confidentiality Privacy
	Intrusion detection systems	Communications HIS	Network Transport Application	Confidentiality Integrity Availability Authentication Privacy
	Traceability of digital evidence	HIS	Application	Integrity
Data protection	Privacy protection models	HIS	Application	Privacy
	Awareness programmes	Users	-	Privacy





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Laidžios tekstilės technologijos ir sauga

Kitas aspektas, apie kurį reikia kalbėti saugos ir išmaniosios tekstilės srityje, yra laidžiųjų savybių turinčios tekstilės saugumas.

Jutikliai negali paveikti odos jokia būdu, tas pats pasakytina ir apie žmonių sveikatą ir saugą. Funkcionalumo ir vartotojo požiūriu jutikliai ir valdikliai turėtų būti patikimi, nes priešingu atveju jų naudotojai negali pasikliauti aliarmais ir įspėjimais, gaunamais iš APP ar kitų įrenginių.

Norint pagaminti audinį su laidžiomis savybėmis, naudojami du pagrindiniai labiausiai įprasti būdai:

Vielos tempimas Anot A. Angelucci ir kt., vielos tempimas yra mechaninis procesas, kurio metu žaliava paverčiama mikropluoštais pramoninėmis mašinomis. Po tempimo mikropluoštas atkaitinamas aukštoje 600–900 °C temperatūroje, kad būtų atkurtos jo mechaninės ir elektrinės savybės. Po to viela atšaldoma ir suvyniojama į besisukantį cilindrą. Šiam procesui dažniausiai naudojami metalai yra varis, sidabras, bronzos, plienas ir sidabruotas varis [4].

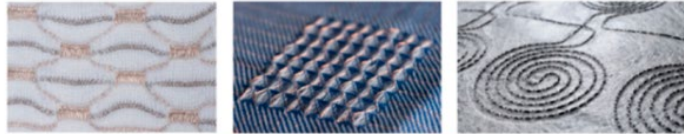
Pluošto danga. Pluošto danga – tai metalų arba laidžių polimerų uždėjimas ant nemetalinio pagrindo paviršiaus, kad jis būtų laidus [...]. Pagrindas gali būti pluoštas, verpalai arba audinys. Pateiktoje apžvalgoje aiškumo sumetimais pluoštas laikomas laidžiu. Įvairūs laidžių pluoštų gamybos būdai yra purškimas, cheminė polimerizacija, elektrodepozicija ir panardinimas. [3].

Šiuo metu svarbus aspektas yra tai, kad abu metodai sukuria saugią elektroninę tekstilę ankstesnio naudojamų jutiklių bandymo prasme. Taip galime būti tikri, kad elektroniniai prietaisai taps saugūs ir gaminį bus galima naudoti.





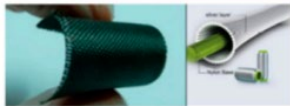
2020-1-RO01-KA226-HE-095335



Knitting, Weaving,  
Embroidery

## Conductive Textiles

### Coating Methods



Chemical Polymerization  
Electrodeposition  
Dip Coating  
Sputtering

### Printing Methods

Screen Printing  
Flexographic Printing  
Inkjet Printing



**10.1 praveikslas.** Dažniausios laidžios tekstilės gamybos technologijos: mezgimas, audimas, siuvinėjimas; dengimo būdai; spausdinimas [3]

## Praktiniai atvejai

Prototipo, neseniai sukurto pagal GDPR gaires, pavyzdys yra „SmartWorkwear“ projektas [5]. Jį pagamino CP Aluart ir jame yra keli jutikliai, galintys stebėti gaminį nešiojančio asmens fizines konstantas. Šiuo atveju išbandyti ir patvirtinti jutikliai yra integruojami į funkcinis marškinius.

Visų pirma, renkami duomenys apie temperatūrą, drėgmę, širdies susitraukimų dažnį ir kitus su sveikata susijusius duomenis, kurie laikomi jautriais ir šiuo atveju gali sumažinti darbuotojui riziką, susijusią su aplinka, pavyzdžiui, kai jis apalpstą.



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
Creative Printing Solutions





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais

DIG--TEX

2020-1-RO01-KA226-HE-095335



10.2 paveikslas. SMART-DARBO APRANGA [5]

## Išvados

Per pastaruosius dešimtmečius asmens duomenų generavimas išaugo diegiant ir plečiant virtualumą ir internetą. Ypač jautri su sveikata susijusi informacija, kurią galima pavogti ir panaudoti nesąžiningiems tikslams. Taigi tampa labai svarbu, kad ji būtų saugi.

Iki šiol šį poreikį sprendė ES ir JAV, sukurdamos bendrą sistemą kiekvienai teritorijai. Vis dėlto jie neprieštarauja vienas kitam, o likęs pasaulis, daugiausia, tokio reguliavimo nėra plačiai įgyvendinęs.

Be to, reikia atsižvelgti į daugiau aspektų, susijusių su vartotojo saugumu. Ir jie pereina nuo kibernetinio saugumo, kur reikės nuolat tobulinti virtualių gijų evoliuciją ir pritaikymą, iki fizinių, kurie turi užtikrinti, kad elektroniniai įrenginiai, pridėti prie bet kokio nešiojimo, būtų saugūs vartotojui.



kauno  
technologijos  
universitetas



AEi



cre thi dev  
center for Technology Development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]





## Nuorodos

1. EUR-Lex, Access to European Union Law. Document 12012P/TXT, "Charter of Fundamental Rights of the European Union". September 15<sup>th</sup>. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:12012P/TXT>
2. European Commission, Data protection in the EU, "The General Data Protection Regulation (GDPR), the Data Protection Law Enforcement Directive and other rules concerning the protection of personal data". September 15<sup>th</sup>. Available online: [https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_en)
3. Batista, M.; Moncusi, A.M.; López-Aguilar, P.; Martínez-Ballesté, A.; Solanas, A. Sensors for Context-Aware Smart Healthcare: A Security Perspective. *Sensors* 2021, 21, 6886. <https://doi.org/10.3390/s21206886>
4. Angelucci, A.; Cavicchioli, M.; Cintorrino, I.A.; Lauricella, G.; Rossi, C.; Strati, S.; Aliverti, A. Smart Textiles and Sensorized Garments for Physiological Monitoring: A Review of Available Solutions and Techniques. *Sensors* 2021, 21, 814. <https://doi.org/10.3390/s21030814>
5. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/c-p-uart-presents-its-smart-textile-prototype-for-personal-protection/>







## 11 Skyrius. Naujovių išmaniuosiuose jutikliuose, valdikliuose, nešiojamuose įrenginiuose skatinimas bendrai projektuojant ir kuriant

*David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carrer Sant Pau nº6, Terrassa, Barcelona.*

### Santrauka:

Klasterinis dokumentas inovacijų skatinimo srityje nėra tiesiogiai susijęs, bet lemiamas. Klasteriai pataria įmonėms išsiaiškinti ir išnaudoti savo galimybes, strateginę kryptį ir pagerinti savo silpnąsias vietas. Šiais laikais šie tikslai tiesiogiai atitinka sektoriaus transformaciją, tekstilės pramonės atnaujinimą nuo XX amžiaus iki XXI a. Konkrečiai, šis patobulinimas susijęs su dviem pagrindiniais inovacijų ramsčiais (be kitų): tvarumu ir skaitmeninimu.

Klasteriai taip pat siekia šių tikslų, veikdami kaip optimali įmonių sąveikos ekosistema, palengvinanti simbiozę, keitimąsi patirtimi ir tarpusavio pasitikėjimą.

Kai kurie tokios palengvinančios veiklos pavyzdžiai yra įmonės bendradarbiavimas arba paprastas dalyvavimas keliose naujų produktų kūrimo arba įmonių ir gamyklų tobulinimo programose.

Be to, kai kurios finansavimo programos yra skirtos kelioms įmonėms, siekiant išsiaiškinti, kaip esamam produktui pristatyti išmaniają programą arba tiesiogiai sukurti naują produktą, kilusį iš įmonių idėjų.

Daugeliu atvejų šios klasterių vadovaujamos iniciatyvos baigia gaminti naujus produktus ir naujas programas, apimančias jutiklius, valdiklius ir daugybę kitų naujovių rinkai.

Šiame darbe bandoma paaiškinti ypatingą Katalonijos pažangių tekstilės medžiagų klasterio AEI Tèxtils patirtį ir jų įmonių inovacijų iniciatyvas kaip pavyzdį, iliustruojantį, kaip klasteris skatina inovacijas ir kaip jis bei jos įmonės veikia kaip palengvinanti ekosistema bendradarbiauti ir kartu kurti naujoves šiame sektoriuje.





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Įvadas

AEI Tèxtils, Katalonijos pažangių tekstilės medžiagų klasteris, pastaraisiais metais patarė kai kurioms savo įmonėms narėms kurti projektus, kurie būtų pateikti keliuose kvietimuose, skirtuose padėti novatoriškoms įmonėms skaitmeninti savo verslą remiantis lanksčios ir nešiojamos elektronikos bandymų ir eksperimentų rezultatais ir palaikyti gamybą[1].

Klasteris reguliariai remia savo įmones iš anksto konsultuodamas ir įvertindamas jų novatoriškus projektus prieš siunčiant juos į vertinimo kvietimą.

Visų pirma, jis dalyvavo dviejų rūšių finansavimo programose, kurios skatina įmonių naujoves ir ekonomiškai remia tokių produktų, kaip valdikliai, jutikliai ir nešiojamieji prietaisai, kūrimą apskritai: programoje SMARTEES [2] ir GALACTICA projekte. [3].

Pabrėžtina, kad tokios veiklos sėkmės rodiklis yra labai svarbus, nes SMARTEES kvietime teikti paraiškas trims nariams buvo leista vystyti savo projektus..

## SMARTEES

SMARTEES yra projektas, kuriuo skelbiami kvietimai teikti paraiškas, siekiant „padėti naujoviškoms įmonėms skaitmeninti savo verslą dėl lanksčios ir nešiojamos elektronikos (FWE) testavimo, eksperimentavimo ir gamybos palaikymo“. Jis įkurtas pagal Europos Sąjungos programą „Horizontas 2020“ ir leido plėtoti daugybę inovatyvių projektų tekstilės sektoriuje.

Jame pagrindinis dėmesys skiriamas „lanksčioms ir nešiojamosioms elektronikos technologijoms“ ir „yra vienas iš skaitmeninių inovacijų centrų (DIH), t.y. ekosistema, kurią sudaro MVĮ, didelės pramonės įmonės, pradedančios įmonės, tyrėjai, greitintuvai ir investuotojai.“.

Tarp pagrindinių tikslų galime rasti: a) siekį padėti ES įmonėms skaitmeninti verslą, b) norą padėti ES įmonėms bandyti ir eksperimentuoti prototipus, prieš joms nusprendžiant investuoti į juos ir paleisti naują produktą, ir c) sukurti skaitmeninių inovacijų centrą, kuris veikia kaip tinklas, skatinantis ES suinteresuotųjų šalių skaitmeninimą.



kauno  
technologijos  
universitetas



AEIi



cre thi dev



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Paskutinė šios programos versija apėmė 2020–2022 m. laikotarpį ir, kaip minėta, kai kurių įmonių klasterio narės buvo naudos gavėjos, nes jų projektai buvo įvertinti kaip labai konkurencingi ir novatoriški. Be to, ankstesniuose leidimuose buvo skiriamos dotacijos Katalonijos pramonei.

„Arpe“ [3] yra įmonė, sukūrusi pirmąjį bendradarbiavimo pagrindų sukurtų nešiojamųjų drabužių, kuriuos ketina pateikti klasteris, pavyzdį. Atsižvelgdama į COVID-19 pandemijų sunkumus ir akivaizdžius iššūkius, susijusius su daugkartinio naudojimo kaukių (būtinai plaunamų aukštoje temperatūroje ir sunaudojant daug vandens) plovimo procesu, Arpe sukūrė išmaniąją veido kaukę. [4].

Ji sudaro kaukę, sukurta naudojant siūlų raštą, kuris papildo elektrines jungtis, kad būtų galima savaime įkaitinti ir pašalinti ten galimai esančius virusus.



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI



cre thi dev



[[veskite čia](#)][[veskite čia](#)][[veskite čia](#)]



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



## SMART-FACEMASK PROTOTYPE BY ARPE

ARPE IS SPECIALIST IN DESIGNING, PRODUCING AND PRINTING MICROFIBER  
TOWELS AND OTHER SUSTAINABLE PROMOTIONAL TEXTILES

### PROBLEM TO BE SOLVED

Current washing requirements for textile masks require standalone washing cycles at 60°C (aggressive temperature for the fabrics and polluting of large amounts of water).



The development of a textile with an integrated disinfection system, reducing the washing requirements of the mask, without compromising user safety.



### OUTCOME

SMART-MASK consists in a smart hygienic face mask, with a resistive yarn pattern on the inner layer and customized electric interconnections for powering it up.

It uses heat to denature and deactivate viruses within short timeframes by self-heating the facemasks for 3 minutes. The prototype is composed by 3 parts:

## 11.1 paveikslas. Infografinis Smart-Facemask koncepcijos paaiškinimas



kauno technologijos universitetas



cre thi dev



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

**FACEMASK**  
It is composed of three different layers, where in the middle layer two individual heating systems were embroidered. Each system is regulated by a small temperature and humidity sensor, sewed to the inner layer and fully encapsulated to withstand washing cycles.

**CONTROLLING ELECTRONICS MODULE**  
It is applied on a highly flexible casing to assure adaptability to the user's head. This module assure the data acquisition from the embedded sensors, interacting with the mobile app and it is also responsible for the monitorization of the heating system performance, to assure that the disinfection process is occurring.

**MOBILE APP**  
It displays all the information for user interaction with the facemask, including the alert to disinfect the mask, humidity and temperature display and also if there is any malfunction in the mask.

**AEi**  
textils.cat

**smartees.eu**  
arpe.es

Illustrations designed by macrovector / Freepik

### 11.2 paveikslas. Infografinis Smart-Facemask koncepcijos paaiškinimas

Polisilk [5] savo projekte pasiūlė sukurti prototipą, pavadintą Smart-horse-riding [6].

Šią koncepciją sudaro išmanusis puspamušalis, skirtas jojimo sporto rinkai. *“Šis gaminys sudarytas iš lanksčios elektronikos, sudarytos iš atspausdintų laidžių siūlų ir slėgio jutiklių, esančių puspamušalyje (antklodėje, esančioje po arklio*



kauno technologijos universitetas



cre thi dev



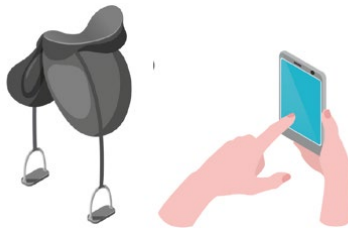
[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

*balnu). Skirtingi slėgio taškai, kuriuos sukuria raitelio padėtis ant žirgo, vizualizuojami naudojant pritaikytą programėlę, sukurtą prototipo etape”.*

Šie klasikinio gaminio patobulinimai patvirtina naująją versiją su keliais privalumais, susijusiais su ergonomika, užkertant kelią galimiems raitelio ir žirgo sužeidimams ir su treniruotėmis, leidžiančiomis realiuoju laiku sekti kai kuriuos duomenis, siekiant pagerinti raitelio veiklą is su skalbimo galimybėmis, kai gaminį galimaskalbti įprastoje skalbimo mašinoje.



### 11.3 paveikslas. Išmaniojo jodinėjimo koncepcijos brėžinys



### 11.4 paveikslas. Tikroji Išmaniojo jodinėjimo sistema







Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais

DIGITEX

2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Galiausiai C.P. Aluartas [7] sukūrė kitą idėją, skirtą darbuotojo sąlygoms. Naudodama kelis lanksčius jutiklius, integruotus į įprastą darbuotojų kostiumą, bendrovė sukūrė išmanaus odą liečiančio drabužio prototipą, kuris realiu laiku matuoja naudotojų fiziologines sąlygas.

Tokiu būdu galima bet kuriuo momentu išmatuoti sąlygas, kurios darbuotoją veikia lauke (temperatūra, drėgmė ir kt.), ir nustatyti galimą riziką, kurią jis gali patirti, pavyzdžiui, nuovargį ar karščio smūgį.

Šio gaminio pavadinimas yra SMART-WORKWEAR [8].



11.5 paveikslas. SMART-WORKWEAR



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for Technology Development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Galactica projektas

„Galactica“ projektas yra dar viena Europos Sąjungos programos „Horizontas 2020“ finansuojama iniciatyva, kuria siekiama remti MVĮ pasitelkiant daugiausia finansinės paramos mechanizmą, be kitų, inovacijų srityje. Ypač tuos projektus, kurie įgyvendina tarpsektorinę dinamiką tekstilės, aviacijos ir pažangios gamybos srityse.

Klasterio teigimu, „GALACTICA yra pagrindinis strateginis AEI Tèxtils projektas, kuriuo siekiama skatinti technologines inovacijas ir naujus verslo modelius, kurie skatina MVĮ augimą ir konkurencingumą šiame sektoriuje. *Tai skatina bendradarbiavimą tarp partnerių ir su kitomis naujoviškomis sistemomis, tokiomis kaip aviacija ir pažangi gamyba. Tvirtas tarpsektorinis požiūris įgalina kurti verslo galimybes ir tarpsektorines inovacijas, skatinant bendradarbiavimą kuriant naujas programas ir rinkas.* [9].

Šios iniciatyvos dėka ir klasterio paramos paskatintos, penkioms įmonėms narėms pavyko gauti dotaciją, kuri padėtų finansuoti jų novatoriškas idėjas ir prototipus. Tai Cinpasa [10], E.Cima [11], Texfire [12], Maccion [13], Fello [14] ir Triturats la Canya [15].

Be kita ko, minėtos įmonės sukūrė aktyvią vėsinimo tekstilės sistemą, skirtą apsaugoti nuo karščio streso lauko darbuotojus [16], aplinką tausojančias duomenų perdavimo juostas aeronautikos pramonei [17] ar išmaniosios tekstilės juostas su įterptais šviesolaidiniais sprendimais - didesnio tikslumo ir lankstumo taikant sudėtinių aeronautikos konstrukcijų konstrukcijų būklės stebėjimą [18].

## Išvados

Skatinti naujoves ir sukurti bendro projektavimo bei bendro kūrimo pajėgumus nėra lengva.

Žinoma, įmonės gali pačios vadovauti savo projektams, tačiau naujo produkto tyrimas, projektavimas, bandymas, prototipo kūrimas ir naujo produkto



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

pristatymas yra ne tik daug laiko, bet ir didelių pinigų sumų reikalaujanti užduotis.

Tekstilės pramonės įmonės yra daugiau nei pajėgios vadovauti šiai inovacijų paradigmos revoliucijai, tačiau reikia sukurti tinkamą aplinką tokiam ambicingam tikslui pasiekti.

Norint tai padaryti, labai svarbus bendradarbiavimas ir konsultacijos sektoriuje, o finansavimo linijų buvimas lemiamas, kad nedidelė įmonių grupė galėtų sau leisti tokius brangius tyrimus, kad sukurtų naujus ir novatoriškus produktus.

Dėl šio ekonominio finansavimo ir gero klasterių vaidmens inovacijų skatinimas yra platesnis ir gilesnis nei tuo atveju, jei šie veiksniai neegzistuoja arba tinkamai neveiktų.

## Nuorodos

1. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/aei-textils-members-to-start-innovative-projects-enabled-by-the-cluster-support/>
2. Smartees project, September 19<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://smartees.eu/>
3. Galactica project, September 16<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://galacticaproject.eu/>
4. ARPE company. September 16<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://arpe.es/en>
5. Twitter post. Consulted on September 19<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://twitter.com/SmartEEsEU/status/1485564863590064129>
6. Polisilk company. September 16<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://www.polisilk.com/home>
7. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/polisilk-presents-its-first-smart-horse-riding-prototype-4/>
8. C.P. Aluart company. September 16<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://cpaluart.com/en/cpaluart-sl/>
9. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/c-p-aluart-presents-its-smart-textile-prototype-for-personal-protection/>
10. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15<sup>th</sup>, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/5-members-of-aei>





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

textils-awarded-180ke-in-funding-from-the-2nd-call-of-galactica-for-their-  
innovation-projects/

11. Cinpasa company. September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://cinpasa.com/>
12. E. Cima company. September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://ecima.com/en/>
13. Texfire company. September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://texfire.net/es/>
14. Maccion company. September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://www.maccion.com/>
15. Fello company. September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://fellospportswear.com/>
16. Triturats la Canya company. September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<http://trituratslacanya.com/>
17. Galactica project, September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://galacticaproject.eu/orbital-beneficiaries/>
18. Galactica project, September 16<sup>th</sup>,2022. Available online:  
<https://galacticaproject.eu/pioneer-beneficiaries/>



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
Center for Textile Development





## 12 Skyrius. Kūrybiniai išmanojo tekstilės gaminio bendro projektavimo metodai

*Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra, Gheorghe Asachi  
Technical University, Romania*

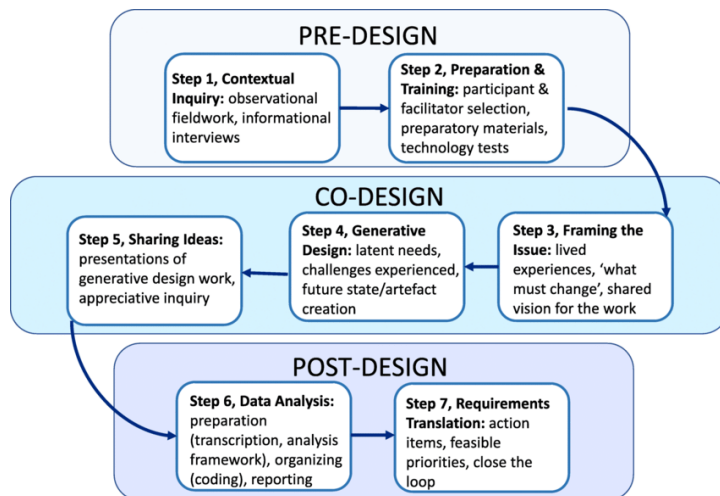
### Įvadas

Bendras projektavimas yra procesas. Galimybė priartėti prie bendro projektavimo proceso keliais būdais sukuria galimybę naudoti skirtingus metodus, principus ir modelius. Visa tai galima pritaikyti skirtingiems žmonėms.

Nėra universalus požiūris, tačiau yra modelių ir principų, kuriuos galima skirtingai pritaikyti skirtingiems žmonėms.

Bendro projektavimo tarpusavio priklausomybės elementai yra: gamyba, pristatymas, projektavimas, įvertinimas, planavimas (12.5 pav.). Bendras dizainas reiškia kolektyvinį bendradarbiaujančių dizainerių kūrybiškumą.

Bendro projektavimo vieta projektavimo procese parodyta paveikslėlyje 12.1 [5].



12.1 paveikslas. Bendro projektavimo vieta projektavimo procese



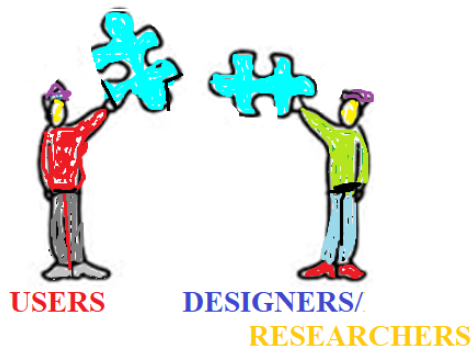


2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Iš 12.1 pav. galima pastebėti, kad projektavimo procese yra trys lygiai:

1. **išankstinis projektavimas**, kurį sudaro du etapai: kontekstinis tyrimas ir pasiruošimas bei mokymas;
2. **bendras dizainas**, kurį sudaro trys žingsniai: dalijimasis idėjomis, generatyvus dizainas ir problemos įrėminimas;
3. **etapas po projektavimo**, kurį sudaro du etapai: duomenų analizė ir reikalavimų vertimas.

Bendras dizainas yra tarsi dėlionė, suformuota iš dviejų dalių: naudotojų ir dizainerių (12.2 pav.). Kai dvi dalys puikiai dera, rezultatas yra bendras dizainas.



### 12.2 paveikslas. Bendradarbiavimas tarp vartotojų ir dizainerių

Bendro projektavimo ir kitų dizaino požiūrių skirtumas

Bendro dizaino ir klasikinio dizaino skirtumai pateikti paveikslėlyje 12.3 [4].



kauno  
technologijos  
universitetas

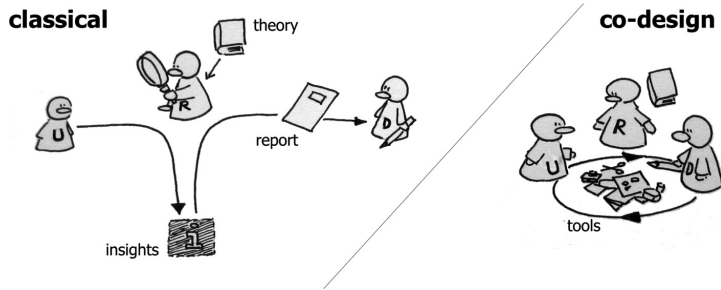


cre thi dev  
center for Training and Development



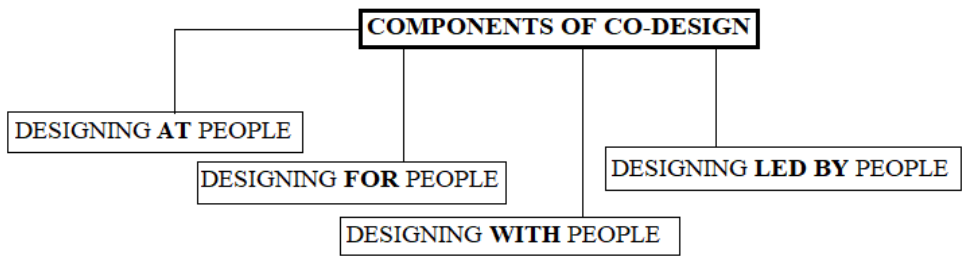


2020-1-RO01-KA226-HE-095335



### 12.3 paveikslas. Bendro dizaino ir klasikinio dizaino palyginimai

Bendro projektavimo proceso komponentai pateikti paveikslėlyje 12.4.



### 12.4 paveikslas. The components of co-design

Klasikinio dizaino atveju tyrėjas yra vertėjas tarp „vartotojų“ ir dizainerio, o bendrai projektuojant tyrėjas (kuris gali būti dizaineris) yra pagalbininkas..

## Kūrybiniai bendro projektavimo metodai

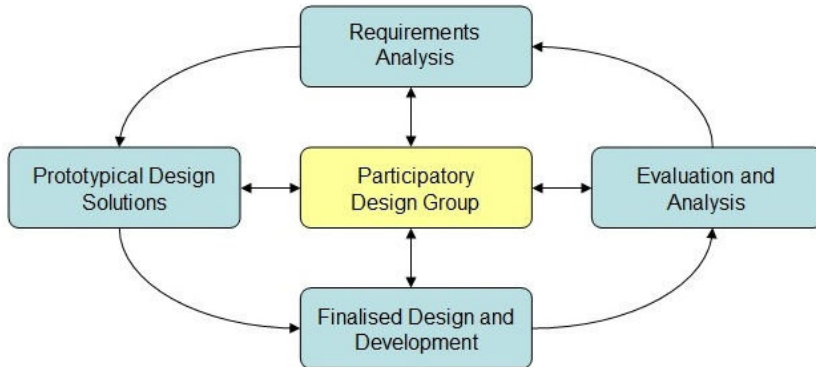
Kūrybiniai bendro projektavimo metodai pateikti paveikslėlyje 12.5 [3].

1. Dalyvaujantis dizainas, kaip kūrybinis bendro projektavimo metodas, apima aktyvų visų šiame procese dalyvaujančių asmenų dalyvavimą projektavimo procese. (pav 12.5) [3].



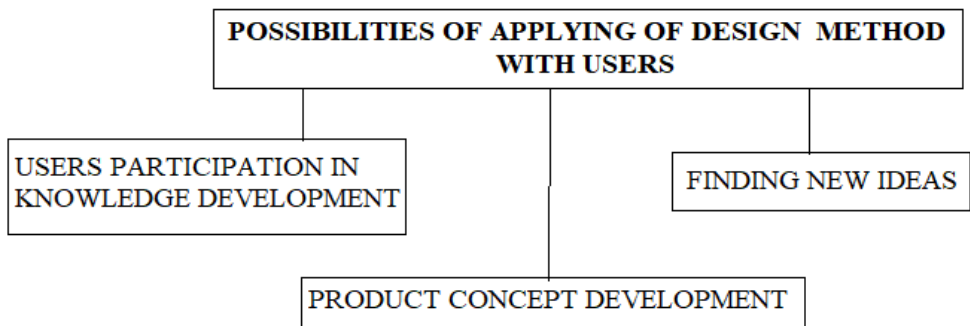


2020-1-RO01-KA226-HE-095335



12.5 paveikslas. Bendro dizaino kūrybinių metodų klasifikacija

2. Projektavimo metodo taikymo galimybės bendradarbiaujant su vartotojais [1] pateiktos paveiksle 12.6.



12.6 paveikslas. Projektavimo su vartotojais metodas

3. Savirefleksijos tyrimo metodo [1] turinys ir pritaikymo galimybės pateikti paveikslėlyje 12.7.



kauno technologijos universitetas

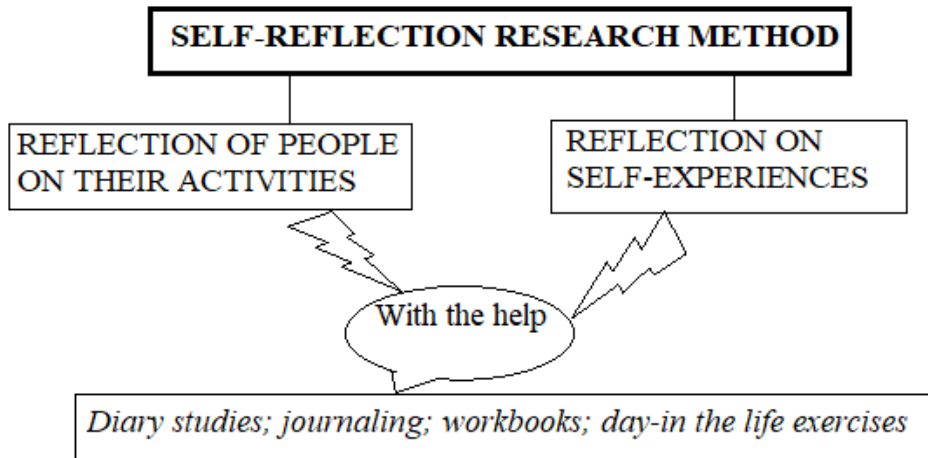


cre thi dev



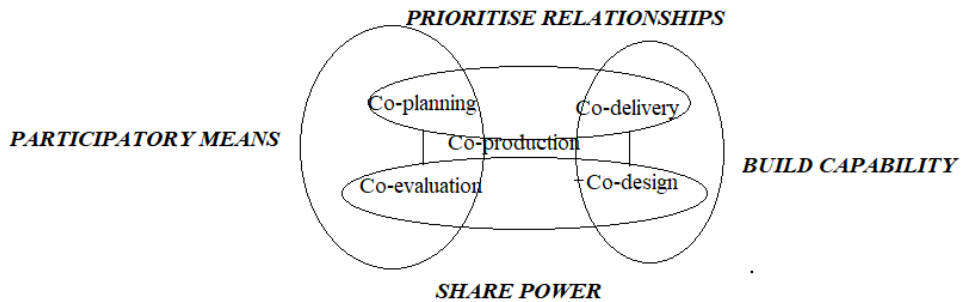


2020-1-RO01-KA226-HE-095335



12.7 paveikslas. Savirefleksijos tyrimo metodas

Bendro projektavimo principai pateikti paveikslėlyje 1.8.



12.8 paveikslas. Bendro projektavimo principai



kauno  
technologijos  
universitetas



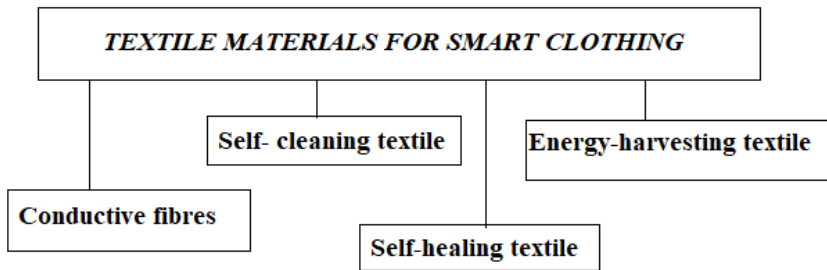
cre thi dev  
center for Training and Development





## Tekstilės medžiagos išmaniesiems drabužiams

Kai išmaniesiems drabužiams gauti taikomi kūrybiniai bendro dizaino metodai, turi būti žinomos tekstilės medžiagos (1.9 pav.) [6], sudarančios struktūrą.



**12.9 paveikslas.** Pagrindinės išmaniųjų drabužių tekstilės medžiagos

Naudojant didelio laidumo pluoštus, galima gauti antistatinį, EMI, IR sugerties efektą [2].

Savaime išsivalanti tekstilė (3D varis, sidabro nanostruktūra) dėl savo mechanizmo (nanostruktūros, metalo atomo sužadinimas šviesa) naudojama marškiniams, švarkams ir kt. [2].

Medicinoje ir ne tik galite naudoti savaime gyjančią tekstilę (magnetinio rašalo pagrindu, anglies miltelius), kurie turi galimybę lėtai atpalaiduoti gydomąją medžiagą.

Išmaniosios tekstilės funkcijos pateiktos paveikslėlyje 1.10 [2].







2020-1-RO01-KA226-HE-095335



### 12.10 paveikslas. Išmaniosios tekstilės funkcijos

Išmaniajai tekstilei reikia naujų technologijų, naujų pluoštų ir naujos tekstilės.

### Išvados

Šiuo metu, vystantis žmonių visuomenei, daugiausia dėmesio skiriama naujos išmaniosios tekstilės (tekstilės technologijų, naujų medžiagų, nanotechnologijų ir elektronikos) kūrimui išmaniesiems drabužiams gaminti, o tai leis pakelti gyvenimo kokybę. Taigi, naujos kartos tekstilė yra išmanioji tekstilė.

Tačiau pagrindinis išmanios aprangos reikalavimas išlieka patogumas dėvint drabužius.

### Nuorodos

1. <https://uxmag.com/articles/creativity-based-research-the-process-of-co-designing-with-users>
2. Dilan Canan Çelikel, *Smart E-Textile Materials*, <https://www.intechopen.com/chapters/73836>, Submitted: November 18th, 2019 Reviewed: April 9th, 2020 Published: October 30th, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.92439



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for textile development





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

3. [https://www.researchgate.net/publication/281901079\\_Evaluating\\_the\\_Role\\_of\\_Prior\\_Experience\\_in\\_Inclusive\\_Design/](https://www.researchgate.net/publication/281901079_Evaluating_the_Role_of_Prior_Experience_in_Inclusive_Design/)
4. <https://www.google.com/search?q=The+difference+of+codesign+and+classical+design&tbm>
5. <https://www.google.com/search?q=design%2C+pre-design+and++co-design&tbm>
6. <https://www.google.com/search?q=smart%20textile%20product.images&tbm=isch&tbs=ring:>



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



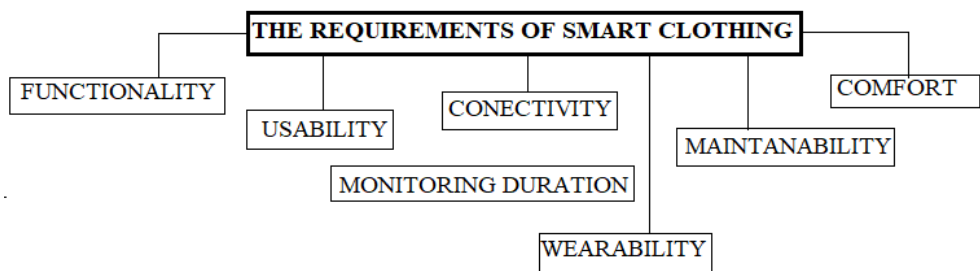
## 13 SKYRIUS. BENDRAS IŠMANIŲJŲ JUTIKLIŲ PROJEKTAVIMAS IR INTEGRAVIMAS Į KARINIUS AAP GAMINIUS

*Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra Gheorghe Asachi  
Technical University, Romania*

### Įvadas

Kariui fiziologinės ir fizinės galimybės yra labai svarbios dėl jo veiklos. Todėl šios galimybės turi būti stebimos naudojant nešiojamas sistemas ir išmaniuosius drabužius [1].

Pagrindiniai išmaniosios aprangos reikalavimai [2] pateikti paveiksle 13.1



### 13.1 paveikslas. Reikalavimai išmanierms drabužiams

13.1 paveiksle parodytas reikalavimas dėl išmaniosios aprangos patogumo. Šis reikalavimas yra labai svarbus naudojant nešiojamųjų sistemų stebėjimo technologijas [3].

Nešiojamos sistemos fiziškai, fiziologiškai ir funkcionaliai sąveikauja su žmogaus kūnu.

Dvi sritys, susijusios su išmaniojo drabužio dizainu, pateiktos paveikslėlyje 13.2 [1].





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

*The role of Tech*

- Electronics for sensing
- ICT for communication
- algorithms

**Technological Issues**

- SENSING AND PROCESSING
- DATA TRANSMISSION
- POWER SUPPLY

**DESIGNING SMART CLOTHES**

**Design Issues**

- ANTHROPOMETRY
- WEARABILITY
- ELASTICITY AND ADHERENCE

*The role of Design*

- UCD methods
- Anthropometry
- Digital fabrication
- User testing
- Functional design

**13.2 paveikslas. Išmaniųjų drabužių kūrimas**

Kad projektavimo procesas vyktų sklandžiai, pirmiausia reikia žinoti naudotojo reikalavimus [1] (13.3 paveikslas) [4].



**13.3 paveikslas. Dizaino kūrimo mąstymo procesas**



kauno technologijos universitetas



cre thi dev





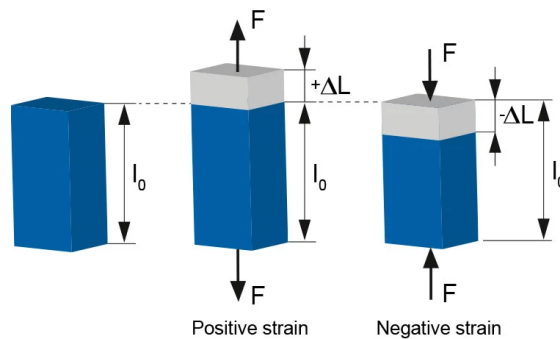
2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Deformacijos jutikliai

Deformacija (mechaninė arba šiluminė) atsiranda dėl jėgos, kai santykinai kinta elemento ilgis (elementas pailgėja arba yra suspaudžiamas).

Pavyzdžiui, mechaninė deformacija matuojama jutiklių pagalba, kurie netiesiogiai fiksuoja deformacijos jėgą.[5]

Iš 13.4 paveikslu matyti, kad deformacija gali būti teigiama ir neigiama [5]



13.4 paveikslas. Deformacijos tipai

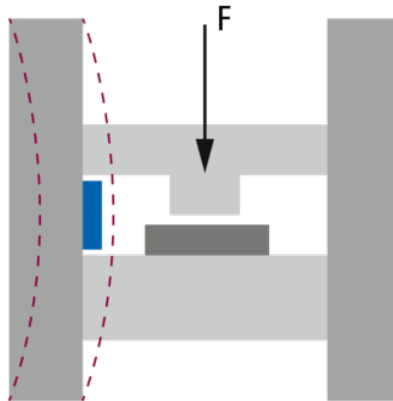
Jėgos matavimas su deformacijos jutikliais parodytas paveikslėlyje 13.5 [5]



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**13.5 paveikslas.** Netiesioginis jėgos matavimas su deformacijos jutkliais

Deformacijos jutiklių tipai pateikti paveikslėliuose 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 [4].



**13.6 paveikslas.** Miniatiūrinis  
deformacijos jutklis



**13.7 paveikslas.** Deformacijos jutklio  
charakteristikos



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for textile development





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

**13.8 paveikslas.** Standartinis defomacijos  
jutiklis

**13.9 paveikslas.** Tvirtas jutiklis atšiauriai  
lauko aplinkai

Kadangi šio tipo deformacijos jutiklis naudojamas ribotoje erdvėje, jis bus naudojamas atšiaurioje pramoninėje aplinkoje, taip pat kaip ir pasyvus įkišamas jutiklis (13.6 paveikslas).

Deformacijos jutiklio veikimo ypatybės (13.7 paveikslas) [5] yra:

- optimizuotas mažam ir dideliam matavimo diapazonui;
- integruota stiprintuvo elektronika, skirta konkrečiai programai
- pritaikymas naudoti pramoninėse patalpose.

AAP kariuomenėje yra daug sudėtingų ir skirtingų jutiklių tipų (13.10 paveikslas) [6,7]



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
Centre for Policy Studies



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



13.10 paveikslas. Kariuomenės AAP

## Išvados

Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į karinių AAP gaminius suponuoja karinių AAP dėvėjimo srities reikalavimų išmanymą ir naudotojų jaučiamą komfortą.

## Nuorodos







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

1. Sofia Scatagliani, Giuseppe Andreoni, and Johan Gallant, *Smart Clothing Design Issues in Military Applications*, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019 T. Ahram (Ed.): AHFE 2018, AISC 795, pp. 1–11, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94619-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94619-1_15)
2. Gilsoo, C.: *Smart Clothing: Technology and Applications*. CRC Press, Boca Raton (2009)
3. Tharion, W.J., Buller, M.J., Karis, A.J., Muller, S.P.: Acceptability of a wearable vital sign detection system. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society* (2007)
4. <https://www.baumer.com/ch/en/service-support/function-principle/function-of-strain-sensors/a/function-strain-sensors>
5. <https://www.baumer.com/ch/en/service-support/function-principle/function-of-strain-sensors/a/function-strain-sensors>
6. <https://safety.army.mil/ON-DUTY/Workplace/Personal-Protective-Equipment>
7. G.Shaw, A.M.Siegel, T.Opar, *Warfighter physiological and Environmental Monitoring: A Study for the U.S.Army Research Institute in Environmental Medicine and the Soldier Systems Center*, Computer Sci



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI  
KONJUNKCINIS PRAEKTAS



cre thi dev  
center for Training and Development





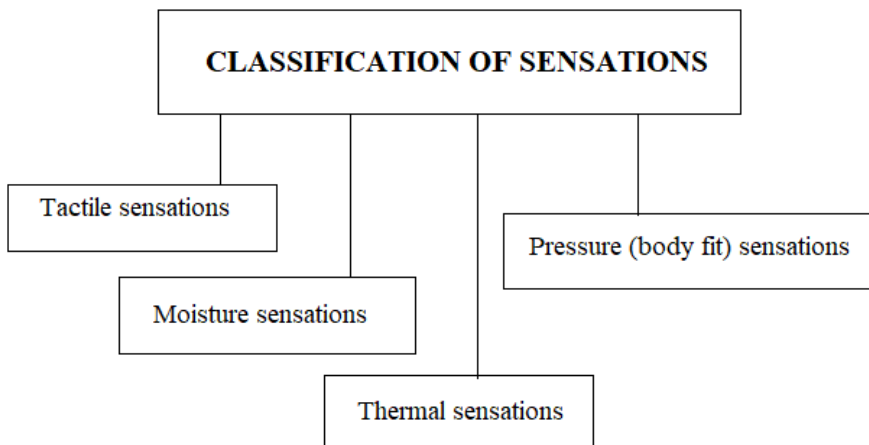
## 14 Skyrius. Bendrai suprojektuoti valdikliai, pagrįsti sensorinėmis medžiagomis

*Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra, Gheorghe Asachi*  
Technical University, Romania

### Įvadas

Norint sukurti pagerintų charakteristikų medžiagas, naudojamos jutiminės medžiagos. Medžiagų identifikavimui reikalingas jutiminis įvertinimas, bei techninės jų specifikacijos (stiprumas, eksploatacinės savybės, lankstumas, elastingumas, patogumas)) [1].

**Pojūčių klasifikacija** pateikta paveikslėlyje 14.1.



**14.1 paveikslas.** Pjūčių klasifikacija

Pagrindiniai veiksniai, turintys įtakos audinio jutimo komfortui, yra:

- Pluošto savybės;
- Verpalų savybės;





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- Audinio savybės;
- Apdailos procesai, dažymo būdai ir rūšys.

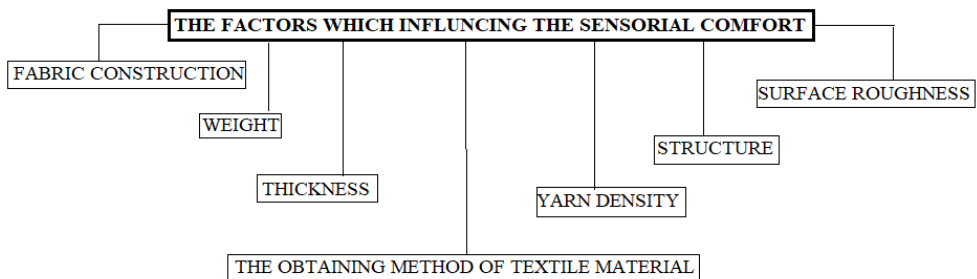
Norint gauti tekstilės medžiagas, turinčias skirtingas jutiminio komforto charakteristikas, pirmiausia reikia pasirinkti žaliavas, atsižvelgiant į jų savybes.

Jutiminį tekstilės medžiagos komfortą galima pagerinti taikant cheminį apdorojimą. Dėl šių procedūrų sumažėja pluošto - pluošto trintis, todėl gaunama specialios tekstūros medžiaga [1].

**Siūlų tipas** (paprastas, ištisinis, tekstūruotas, susuktas siūlas, linijinis siūlo tankis) yra labai svarbus audinių jutimui.

The bending, stiffness and shearing property are influenced by the degree of twisting of the yarns [2].

Veiksniai, turintys įtakos jutimui, pateikti paveiksle 14.2.



14.2 paveikslas. Sensorinį komfortą įtakojantys veiksniai

Siekiant sumažinti statinės ir dinaminės trinties koeficientą, taikomas minkštinantis ir standinantis apdorojimas.



kauno technologijos universitetas



cre thi dev

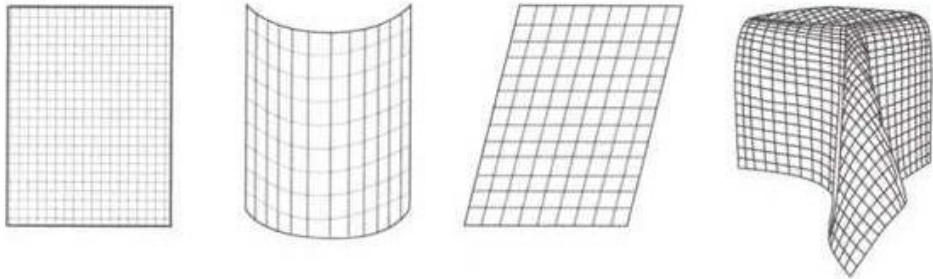




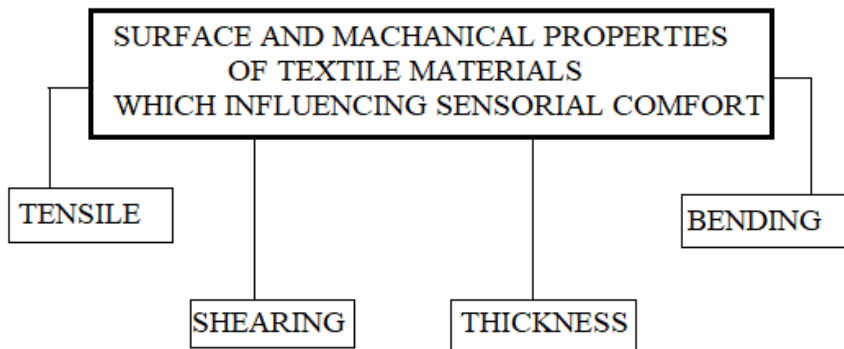
2020-1-RO01-KA226-HE-095335

### Audinio savybės, turinčios įtakos jutiminiam komfortui

Tekstilės medžiagų sensoriniam komfortui įtakos turi paviršiaus savybės (tekstūra) ir mechaninės savybės (1.3 ir 1.4 paveikslai).



14.3 paveikslas. Audinio deformacija (Hu, 2004)



14.4 paveikslas. Sensorinį komfortą lemiantys veiksniai



kauno technologijos universitetas



cre thi dev  
center for textile development



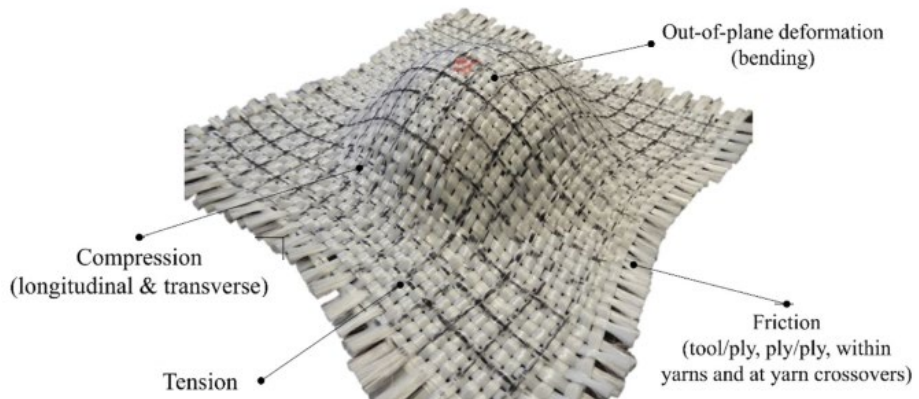


## Audinių tempimo savybės

Tempimas yra svarbiausias, nes nepriklausomai nuo deformacijos tipo jis sukels tam tikrą pluoštų ir siūlų judėjimą (Hu, 2004) [1].

Audinio tempimo metu yra trys etapai:

1. Vidinė pluošto trintis;
2. Verpalų orientacija apkrovos veikimo kryptimi;
3. Apkrovos ištjos kreivė dėl laido ištjos (1.5 paveikslas) [4].



14.5 paveikslas. Audinių savybės

Audinių lenkimo savybes (lenkimo standumą ir lenkimo histerezę) lemia siūlai ir audinio apdaila. (Schwartz, 2008).

Lenkimo standumas apibrėžiamas tekstilės medžiagos atsparumu lenkimui (Pavlinić & Geršak, 2003).





## Audinio šlytis

Šlyties savybės veikia austų audinių kritumą, lankstumą ir elgsenos su jais patogumą (Schwartz, 2008).

Dėvint drabužius, dėl kūno judesių atsiranda šlyties deformacija (Hu, 2004).

## Audinių storis ir suspaudimas

**Pagrindinis veiksnys, turintis įtakos suspaudimui, yra audinio struktūra** (Mukhopadyhay et al., 2002).

Dėvint drabužius, audinio storis suteikia informacijos apie jo šilumos izoliaciją, sunkumą ar standumą.

## Sensorinis audinių komfortas

Yra daug jutiminių audinių grifo atributų (14.1 lentelė).

**14.1 lentelė.** Jutiminės audinių savybės

Stiffness/crispness/pliability/flexibility/limpness	Anti-drape/spread/fullness
Softness/harshness/hardness	Tensile deformation/ bending/surface friction/sheer
Thickness/bulkiness/sheerness/thinness	Compressibility
Weight/heaviness/lightness	Snugness/loosenes
Warmth/coolness/coldness (thermal characteristics)	Clinginess/flowing
Dampness/dryness/wetness/clamminess	Quietness/noisiness
Prickliness/scratchiness/roughness/coarseness/itchiness/tickliness/stickiness/	Smoothness/fineness/silkiness
Looseness/tightness	

Priklausomai nuo charakteristikų tipo, vertinimo metodai yra objektyvūs arba subjektyvūs.





## Išvados

Sensorinėms medžiagoms būdingas gebėjimas save aptikti ir aktyviai reaguoti. Dėl prisitaikymo ir jutimo galimybių šios medžiagos bus vis dažniau naudojamos daugiafunkciams drabužiams gaminti.

Audinio grifui apibūdinti galima naudoti šiuos terminus [ASTM standartas D123 (2003)]:

- lankstumas reiškia lengvą lenkimą;
- tankis apibūdina masę/tūrio vienetą;
- atsparumas yra gebėjimas atsistatyti po deformacijos;
- suspaudžiamumą sudaro lengvas suspaudimas;
- išplečiamumas nurodo, tempimo lengvumą;
- paviršių nusako atsparumas slydimui;
- paviršiaus kontūras – paviršiaus nukrypimas nuo audinio plokštumos;
- šiluminė charakteristika, kurią apibrėžia matomas temperatūros skirtumas tarp audinio ir odos.

Pagrindinės žinios apie šių medžiagų struktūros ir savybių ryšį yra raktas į sėkmę kuriant naujus daugiafunkcius gaminius.

## Nuorodos

1. Gonca Özçelik Kayseri, Nilgün Özdil and Gamze Süpüren Mengüç, *Sensorial Comfort of Textile Materials*, <https://www.intechopen.com/chapters/36908>
2. Shanmugasundaram, 2008
3. Namligöz et al, 2008
4. Reza Sourki, Bryn Crawford, Reza Vaziri, Abbas S. Milani, *Orientation Dependency and Hysteresis Nature of Inter-Ply Friction in Woven Fabrics*, *Applied Composite Materials* volume 28, pages113–127 (2021).





## 15 Skyrius. Nacionaliniai ir Europos teisės aktai dėl išmaniųjų, jutiminių ir nešiojamų gaminių

*Veronica Guagliumi, Ciape, Italy*

### Politikos rekomendacijos

Galima pateikti keletą politikos rekomendacijų, pagrįstų veiksmų ir kliūčių, galinčių padėti sukurti nešiojamų technologijų kūrimui ir pritaikymui palankesnę verslo aplinką, analize. Verslininkai, veikiantys nešiojamų technologijų srityje, galėtų pasinaudoti reguliavimo sistema, kuri labiau atitiktų jų poreikius, ypač atsižvelgiant į privatumo problemas, susijusias su asmens duomenų rinkimu ir saugojimu naudojant nešiojamuosius įrenginius. [1].

Be to, patobulinus mobiliojo ryšio duomenų perdavimo tarptinkliniu ryšiu sąnaudų reguliavimą, gali padidėti nešiojamųjų technologijų pritaikymas. Galiausiai, politikos formuotojai galėtų paskatinti nešiojamų technologijų integravimą į medicinos prietaisus, kad būtų skatinamas jų kūrimas ir pritaikymas. [2]

### Reguliavimo sistemos pritaikymas nešiojamoms technologijoms

Didėjant asmeninių įrenginių skaičiui, duomenų saugojimas ir privatumas tampa vis svarbesniais faktoriais. Tačiau dabartinė Europos reguliavimo sistema gali būti nepajėgi išspręsti sudėtingų privatumo problemų, kurios gali kilti dėl šių pokyčių. Įmonės ir viešosios organizacijos gali neribotą laiką saugoti nešiojamų technologijų prietaisų surinktus asmeninius duomenis skaitmeniniuose debesyse, kad galėtų analizuoti klientų duomenis. [3] Nors sveikatos draudimo bendrovės apdovanoja savo dalyvius už sveikatą gerinančių nešiojamų technologijų prietaisų naudojimą, tai taip pat suteikia galimybę netinkamai panaudoti surinktus duomenis. Direktyva 95/46/EB dėl asmens duomenų apsaugos ir jų judėjimo turėtų būti iš naujo įvertinta siekiant nustatyti, ar duomenims, surinktiems naudojant nešiojamus prietaisus, tinkamai taikoma dabartinė reguliavimo sistema. Be to, didėjantis technologijų naudojimas vairuojant, įskaitant išmaniuosius telefonus ir išmaniuosius laikrodžius, yra







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

pagrindinė vairuotojo išsiblaškymo ir išvengiamų avarijų priežastis. [4] Įstatymai ir teisės aktai turi būti peržiūrėti, kad būtų įtraukti nešiojami prietaisai vairuojant, nes net ir laisvų rankų įranga gali sumažinti vairuotojo gebėjimą reaguoti į nesaugias situacijas kelyje.

Tikėtina, kad mados pramonę paveiks nauja GDPR reguliavimo sistema, nes ateinančiais metais dėvimi prietaisai ir išmanieji drabužiai taps vis svarbesni. Nors kai kurios duomenų apsaugos problemos yra bendros visose įmonėse ir šiuolaikiniuose įrenginiuose, kitos yra būdingos tik nešiojamiesiems įrenginiams. Visų pirma, didelių klientų ir darbuotojų duomenų [5], surinktų naudojant šiuos įrenginius, tvarkymas, profiliavimas ir komercinė veikla, skirta šiems duomenims patikslinti, bus pagrindinė problema ateityje. Nors šis elementas būdingas ne tik mados pramonei, glaudus ryšys tarp duomenų ir asmens bus išskirtinis mados ir duomenų saugumo santykio bruožas. Pirmą kartą naudotojo drabužiai taip pat veiks kaip jutikliai, realiuoju laiku renkantys didžiulį duomenų kiekį, kuris gali būti vertinamas kaip įkyrus ir reikalaujantis teisinio reguliavimo. Reikia atsižvelgti į duomenų jautrumą ne tik dėl jų komercinės vertės, bet ir dėl glaudaus ryšio su asmeniu. Saugumo ir privatumo politikos, specialiai pritaikytos mados pramonei, kūrimas tampa vis svarbesnis, kaip ir kituose sektoriuose, tokiuose kaip bankininkystė, draudimas, telekomunikacijos ir vyriausybė.

Pagrindinis dėmesys skiriamas politikos, kuri gali veiksmingai spręsti duomenų saugumo pažeidimus, įgyvendinimui. Ši politika apimtų supratimą, kas yra duomenų pažeidimas, įskaitant vidinius trūkumus ar trūkumus, kurie gali sukelti nekontroliuojamą duomenų plitimą.

Nustačius pažeidimą, būtina greitai veikti ir suteikti informaciją, kad būtų galima įvertinti situacijos rimtumą, kartu užtikrinant skaidrų bendravimą su reguliavimo institucijomis ir klientais. Taip pat labai svarbu apriboti žalą, o vienas iš sprendimų yra naudoti anoniminius arba užšifruotus duomenis. [6]

Svarbu suprasti, kaip tvarkyti duomenis visoje įmonėje, ypač kai reikia analizuoti klientų elgesį ir pageidavimus sąveikaujant neprisijungus ir internetu. Mobiliosios technologijos yra ypač svarbios, nes per jas surinktus duomenis galima integruoti su dirbtiniu intelektu, kad būtų galima teikti asmeninius patarimus. [7]



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI



cre thi dev





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Nors daugelis mados namų samdo duomenų mokslininkus, kad šie analizuotų šiuos duomenis, reikia sutelkti dėmesį į teisinių ir kibernetinio saugumo specialistų samdymą. Iššūkis yra tas, kad tikrasis anonimiškumas tampa vis sunkesnis, nes nešiojamos technologijos renka intymius duomenis, susijusius su žmogaus elgesiu ir sveikata, todėl tai yra precedento neturinti priemonė reklamos požiūriu. [8]

### Tarptinklinio ryšio išlaidų reguliavimas

Siekiant padidinti nešiojamųjų įrenginių su mobiliuoju internetu naudojimą, labai svarbu sumažinti tarptinklinio ryšio mokesčius Europos Sąjungoje (ES) ir kitose pasaulio dalyse. Remiantis pranešimais, tinklo tiekėjai uždirba didelį pelną, o marža siekia net 90 proc. [9] Siekdama išspręsti šią problemą, Europos Komisija įdiegė Europos tarifo viršutinę ribą, dėl kurios nuo 2007 m. telefono skambučių, SMS ir duomenų kainos sumažėjo 80 proc. Europos Parlamentas taip pat nubalsavo visiškai uždrausti tarptinklinio ryšio mokesčius nuo 2015 m. gruodžio mėn. [10] Nepaisant šių priemonių, reikia toliau daryti spaudimą telekomunikacijų paslaugų teikėjams, kad jie pakoreguotų pasaulinius tarptinklinio ryšio tarifus.

### Nešiojamųjų technologijų integravimo į medicinos prietaisus skatinimas

Sveikatos priežiūros sistemos visame pasaulyje susiduria su dideliais iššūkiais dėl didėjančių išlaidų ir poreikio, kartu su sudėtingų ligų gydymo pažanga. Didėjanti BVP dalis [2], skiriama sveikatos priežiūrai, yra netvari, o technologijos gali būti perspektyviausias sprendimas šiam iššūkiui spręsti. Politikos formuotojai gali skatinti nešiojamųjų technologijų integravimą į medicinos prietaisus, leidžiančius verslininkams pereiti nuo plataus vartojimo elektronikos tiekimo prie reguliuojamų medicinos prietaisų, kurie teikia tikslus duomenis ir gali būti integruoti į pacientų sveikatos įrašus. [3] Politikos formuotojai taip pat gali skatinti demonstruoti nešiojamųjų technologijų medicinos prietaisuose vertę, kad įtikintų sveikatos priežiūros paslaugų teikėjus ir draudikus jų teikiama nauda. Tačiau reguliavimo sistema turi būti pakankamai lanksti, kad būtų skatinamos sparčios naujovės, kartu apsaugant visuomenės sveikatą, o dėvimųjų drabužių tiekėjų ar programų kūrėjų teiginiai turi būti nuodugnai





išnagrinėti, nes tik nedidelė dalis sveikatos programų, teigiančių, kad jos gydo medicininės problemas, yra kliniškai išbandytos ar patvirtintos. [11]

## Išvados

Pirmoji išvada yra ta, kad labai svarbu duomenis apdoroti taip, kad būtų išlaikytas anonimiškumas. Antras svarbus aspektas yra duomenų šifravimas, kuris yra veiksmingiausia technologinė priemonė surinktiems duomenims apsaugoti, ypač bendraujant su mados įmonėmis per nešiojamus prietaisus. GDPR ir kiti standartai pabrėžia, kaip svarbu apsaugoti tokius įrenginius naudojančius klientus. Be to, Allday nustato keturias dėmesio sritis, kurios jungia nešiojamus įrenginius, geriausią kibernetinio saugumo praktiką ir GDPR. Pirmoji sritis – užtikrinti, kad darbuotojai žinotų, kas yra duomenų saugumo pažeidimas ir kaip jiems užkirsti kelią šiam pažeidimui bei apie tai pranešti [12]. Antroji sritis – investicijos į santykių su klientais valdymą, kad klientai, turintys klausimų, galėtų susisiekti ir galima būtų palaikyti jų įsitraukimą. Duomenų pažeidimai laikomi didžiausia grėsme nešiojamo įrenginio duomenims, todėl būtina imtis priemonių jiems užkirsti kelią.

Trečiasis šiame kontekste aptariamas aspektas yra susijęs su vartotojo duomenų apsauga, kuri taip pat pabrėžiama daugelyje BDAR reglamentų ir reikalavimų. Ypač svarbu visiškai atvirai kalbėti su klientais apie jų teises, apie tai, kaip reikalauti daugiau informacijos ir kaip ištrinti jų duomenis. Skaidrumas ir sąžiningumas yra būtini norint išlaikyti klientų lojalumą ir užtikrinti jų saugumą internete, ypač atsižvelgiant į praeities skandalus, tokius kaip Cambridge Analytica ir Facebook. Taip pat svarbu operatyviai atsakyti į visus klientų prašymus pateikti duomenis, ypač prašymus pašalinti informaciją. Galiausiai, socialinių tinklų rinkodara ir reklama turėtų sutelkti dėmesį į suasmeninto turinio teikimą, kuris įtrauktų individualius klientus nepakenkiant jų duomenims ar jų nenaudojant. Svarbu suderinti duomenų apsaugos poreikį ir duomenų tvarkymo poreikį.

## Nuorodos





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

1. PwC, 2014, The Wearable Future, Consumer Intelligence Series, Available at: [http://www.pwc.com/es\\_MX/mx/industrias/archivo/2014-11-pwc-the-wearable-future.pdf](http://www.pwc.com/es_MX/mx/industrias/archivo/2014-11-pwc-the-wearable-future.pdf) [Accessed on 20 December 2014].
2. MD+DI, 2015, Wearable Tech Regulated as Medical Devices Can Revolutionize Healthcare, Available at: [Wearable Tech Regulated as Medical Devices Can Revolutionize Healthcar \(mddionline.com\)](http://www.mddionline.com)
3. Business Innovation Observatory case study 46 on Smart Health, ef. Ares (2015)4620622 - 27/10/2015: Diederik Verzijl & Kristina Derojeda, PwC Netherlands and Laurent Probst & Laurent Frideres, PwC Luxembourg.
4. Smartwatches are a bigger distraction to drivers than mobile phones - Pierre-Majorique Léger, HEC Montréal and Sylvain Senecal, RSC College of New Scholars, HEC Montréal May 19, 2021.
5. (Allery 2019) Allery, Charlotte 2019. Wearable Technology in the Workplace and Data Protection Law, retrieved from ComputerWeekly.com, February.
6. Ziccardi, G., 2020. Werable technologies and smart clothes in the fashion business: some issues concerning cybersecurity and data protection. Laws, 9(2), p.12.
7. Luce, Leanne. 2019. Artificial Intelligence for Fashion: How AI is Revolutionizing the Fashion Industry. San Francisco: Apress.
8. Kamarinou, Dimitra, Millard Christopher, and Singh Jatinder. 2016. Machine Learning with Personal Data. Queen Mary School of Law Legal Studies Research Paper No. 247/2016. Amsterdam: Elsevier.
9. eWeek, 2015, -Mobile eSIM Cuts Data Roaming Fees for Connected Devices, Michelle Maisto - February 18, 2014.
10. European Commission, 2015, Mobile roaming costs, [End of roaming charges: Council confirms agreement with EP - Consilium \(europa.eu\)](http://europa.eu)
11. Many health apps are based on flimsy science at best, and they often do not work By Rochelle Sharpe | New England Center for Investigative Reporting - November 12, 2012.
12. (Allday 2018) Allday, Florence 2018. Is the Fashion Industry ready for GDPR? London: Euromonitor International. Available online: <https://blog.euromonitor.com/fashion-industry-ready-gdpr/> (accessed on 25 May 2018).



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev





## 16 Skyrius. Sintetinė analizė - tekstilė, jutikliai, nešiojami drabužiai

*Ioannis Chronis, Georgios Priniotakis, Athanasios Panagiotopoulos UNIWA, GREECE*

### Įvadas

Išmanioji tekstilė yra naujas sektorius, kuris, atrodo, pasiekia savo brandos etapą. Iki šiol šis sektorius buvo orientuotas į elektronikos ir ryšių pažangos išnaudojimą, tačiau nesugebėjo jų integruoti į gaminį, atitinkantį tekstilės reikalavimus. Dėl naujų tekstilės medžiagų, kurios yra laidžios ir (arba) atlieka savo funkcijas, prototipai tampa labiau „tekstiliniai“.

### Išmaniosios tekstilės analizė

Tai yra nešiojami drabužiai arba žmogaus kūno aksesuarai, galintys atlikti tam tikras funkcijas. Šiuo aspektu dėvimos tekstilės modelis turėtų būti drabužio ar aksesuaro integracija, taip pat galioja ir klasikinis automatikos sistemos modelis.:

- Signalo įvesties įrenginiai: jutikliai
- Įvesties (duomenų) apdorojimo mikrovaldiklis, PCB, išmanusis telefonas
- Signalo išvestis: valdikliai, šviesos diodai, ekranai, įvestis (signalas) į programinę įrangą
- Duomenų saugojimas: išmanusis telefonas, debesija per programėlę
- Ryšys tarp dalių: elektroninis, belaidis, optinis
- Maitinimas: baterija, fotovoltinės plokštės, kinetika, triboelektrinis

Visos aukščiau nurodytos dalys turi būti kuo labiau integruotos. Tiesą sakant, išmaniosios tekstilės gaminių raida skirstoma į tris kategorijas, atsižvelgiant į dalių integravimo į gaminį lygį. Pirmoje ir antroje išmaniųjų tekstilės gaminių kartose tai buvo paprasti drabužiai su atskiromis aktyviomis medžiagomis arba įprasta elektronika, pritvirtinta prie drabužio. Audinys turėtų būti pagrindas, kuriame bus kitos dalys arba bent kai kurios iš jų. Dėl šios konfigūracijos buvo sukurti kai kurie produktai, pvz., „Iconic Levi’s® Trucker“ striukė [1] ir keli produktai, skirti biometriniams duomenims rinkti (išmaniosios liemenės), tačiau jie netapo sėkmės istorija.





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Kita gana sėkminga ir tipiška šios kartos technologija buvo Arduino [2] ir Adafruit ekosistemos [3]: Maži procesoriai (plokštės) ir jutikliai, lengvai programuojami paprastoje integruotoje kūrimo aplinkoje (IDE).

Trečioji karta atrodo daug žadanti, tai yra tokia gaminių karta, kurioje veikiantys komponentai sklandžiai integruoti į drabužį.

Tiesa, kol kas išmaniajai tekstilei rinkos nėra. Qian Xu et al. technologijos gyvavimo ciklo ir tinklo analizės metodas [4], remdamasis patentų duomenimis atskleidė, kad išmaniosios tekstilės gaminių technologijų konvergencija aukščiausią tašką pasieks 2030 m., o tai reiškia, kad šiuo metu šis sektorius pasiekia brandos etapą. Be to, šiame tyrime pristatomi pagrindiniai technologijų sektoriai, susiję su išmaniąja tekstile: elektronika (pirmaujantis sektorius), mechanikos ir chemijos inžinerija, informatika ir gaminių dizainas.

Naujausiuose prototipuose ir gaminiuose daug minėtų dalių buvo pakeistos išmaniuoju telefonu, nes jis gali būti duomenų saugykla ir duomenų apdorojimo elementas, taip pat ekranas kaip išvesties įrenginys..

Nesuderinamumas yra esminis dėvimų drabužių aspektas: jie turi būti lankstūs, kaip ir drabužiai, tačiau elektronika yra kieta. Tai daugiausia turi įtakos estetiniam aspektui, nes šie elementai suteikia keisto drabužio įvaizdį. Tai taip pat susiję su daikto patogumu. Šios problemos sprendimas gali būti tekstilės elektroninių dalių projektavimas ir gamyba arba mikro (ar net nano) elektronikos tvirtinimas prie tekstilės pagrindo. Abu variantai buvo pritaikyti prototipams ir gaminiams ir abu gali duoti daug žadančių rezultatų, tačiau masinės gamybos metodų trūkumo problema dar neišspręsta.

Heitor Luiz Ornaghi Junior ir kt. [5], pateikia išsamią metodų ir medžiagų, taikomų gaminant išmaniuosius tekstilės gaminius, apžvalgą. Remiantis šiuo dokumentu, pagrindinės gamybos kategorijos yra:

- laidžių tekstilės siūlų naudojimas
- audimas ir mezgimas
- tekstilės apdaila, kai po pagaminimo į tekstilę įtraukiama specifinė savybė.

Pagrindinės išmaniųjų audinių kategorijos yra:





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- Išmanioji spalvas keičianti tekstilė
- Audiniai temperatūros kontrolei
- Formos atminties tekstilė
- Elektroninė tekstilė

## Išmaniosios tekstilės dizaino modelis

Reikalingi nešiojamos išmaniosios tekstilės elementų atributai yra patogumas, apsauga, trukmė, skalbimas ir estetika/madingumas. Tačiau projektuojant juos reikia tenkinti ir daug daugiau reikalavimų.

Nešiojamų įrenginių modelių dizainas yra gana sudėtingas, tačiau dar nenusistovėjęs. Geras modelis yra pasiūlytas Francés-Morcillo ir kt. [6], sujungiantis dizaino reikalavimus į 9 grupių ratą, ir kuriame be fizinių reikalavimų pateikiami ir ergonomikos bei vartotojo sąveikos reikalavimai, o tai yra naujas šio modelio aspektas. Rato modelis parodytas 16.1 paveiksle žemiau. Tačiau turėtume paminėti, kad šiame modelyje trūksta naujo ekologinio dizaino aspekto, kuris tampa vis svarbesnis ir anksčiau ar vėliau taps privalomu reikalavimu dėvimiems daiktams, elektronikai ir drabužiams.

Rato modeliui trūksta ir kito dizaino reikalavimo – pagaminamumo. Tai labai svarbus aspektas, nes jis susijęs su išmaniosios tekstilės gaminių komercializavimu, kuris dar nėra realybė. Reikalingi automatizuoti gamybos metodai, kurie užtikrins masinę gamybą už prieinamą kainą ir patikimumą. Tikėtina, kad naujos tekstilės gamybos technologijos, tokios kaip 3D mezgimas ir 3D spausdinimas, artimiausiu metu nurungs įprastus gamybos metodus, tačiau bet kuriuo atveju gaminytis turi būti atitinkamai sukurtas ir pagamintas iš tinkamos medžiagos (lankstūs, lengvi laidūs siūlai). Kol kas, mūsų žiniomis, pastangos kurti naujas novatoriškas medžiagas nukreiptos į naujas funkcijas ir patogumą, o gamybos elemento yra nepaisoma. Dėl šios priežasties išmaniosios tekstilės gaminiai neegzistuoja už 2 technologijų parengties lygio, kurie iš esmės yra prototipai [7].

Akivaizdu, kad tam reikia multidisciplininės projektavimo komandos. Kol kas drabužius kuria mados dizaineriai, daugiausia dėmesio skirdami kainai, estetikai ir patogumui. Kita vertus, tekstilę kuria inžinieriai, siekiantys funkcionalumo ir







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

funkcijos patikimumo. Atstumą tarp šių dviejų dizainerių komandų labai gerai apibūdina Rebecca R. Ruckdashel ir kt. [7], apibrėždami tai terminu “Vieninga intencija su padalintu dėmesiu”.



Figure 3. Wearable design requirements wheel model.

### 16.1 paveikslas. Nešiojamo dizaino reikalavimų rato modelis [6]

Pavyzdžiui, Natascha M. van der Velden ir kt. [8] pabrėžia medžiagų atrankos svarbą ir siūlo naudoti varį laidininkams ir akrilą substratui, atitinkamai keičiant sidabrą ir akrilą, kaip medžiagas, kurios daro mažesnę poveikį aplinkai ir yra ekologiškesnės.

### Išvados

Išmaniosios tekstilės analizė atskleidžia, kad nėra nusistovėjusios projektavimo ir gamybos paradigos. Sektoriumi įtakos turi didelė pažangiųjų medžiagų ir technologijų pažanga, tačiau jį taip pat riboja sėkmė dėl veiksmingo integravimo į tekstilės gaminius. Elektroninė tekstilė gali būti šios problemos sprendimas, jei tik yra prieinamos masinės gamybos ir gamybos technologijos.







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

## Nuorodos

1. Jacquard, available by <https://atap.google.com/jacquard/>, accessed 3/4/2023.
2. Arduino, 2023, available by <https://www.arduino.cc/>, accessed 3/4/2023.
3. Adafruit, 2023, <https://www.adafruit.com/>, accessed 3/4/2023.
4. Xu, Q.; Yu, Y.; Yu, X., 2022, Analysis of the Technological Convergence in Smart Textiles. *Sustainability* 2022, 14, 13451. <https://doi.org/10.3390/su142013451>.
5. Júnior, Heitor Luiz Ornaghi, Roberta Motta Neves, Francisco Maciel Monticeli, and Lucas Dall Agnol. 2022. "Smart Fabric Textiles: Recent Advances and Challenges" *Textiles* 2, no. 4: 582-605. <https://doi.org/10.3390/textiles2040034>.
6. Francés-Morcillo, Leire, Paz Morer-Camo, María Isabel Rodríguez-Ferradas, and Aitor Cazón-Martín, 2020. "Wearable Design Requirements Identification and Evaluation" *Sensors* 20, no. 9: 2599. <https://doi.org/10.3390/s20092599>.
7. Ruckdashel, Rebecca R., Ninad Khadse, and Jay Hoon Park. 2022. "Smart E-Textiles: Overview of Components and Outlook" *Sensors* 22, no. 16: 6055. <https://doi.org/10.3390/s22166055>.
8. Natascha M. van der Velden, Kristi Kuusk, Andreas R. Köhler, 2015, Life cycle assessment and eco-design of smart textiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign, *Materials & Design*, Volume 84, 2015, Pages 313-324, ISSN 0264-1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.129>.



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
creative thinking development





## 17 Skyrius. Išmaniosios elektronikos tekstilės gaminių rinkos dinamika

*Veronica Guagliumi, Ciape, Italy*

### Rinkos potencialas

Išmaniosios tekstilės rinkos augimą skatina elektronikos miniatiūrizavimo tendencija ir didėjanti išmaniosios tekstilės integracija su nešiojamaisiais prietaisais. Sveikatos ir sporto srityse išmanioji tekstilė vis dažniau naudojama raumenų vibracijai stebėti, kūno temperatūrai reguliuoti ir apsaugoti nuo pavojų. Sukūrus kompaktiškus elektroninius komponentus, tokius kaip jutikliai, baterijos ir valdymo skydeliai, taip pat tapo lengviau integruoti išmaniąją tekstilę į nešiojamus ir elektroninius prietaisus. Be to, gynybos sektorius pristato daugiau produktų, o tai taip pat prisideda prie rinkos augimo. (1)

Tikimasi, kad nešiojami sveikatos priežiūros prietaisai, leidžiantys vartotojams stebėti gyvybiškai svarbią informaciją apie sveikatą tiek ligoninėse, tiek už jų ribų, išliks pagrindiniu sektoriumi, kuriame palankiai vertinamas korinis ryšys.. (2)

Prognozuojama, kad išmaniosios tekstilės rinka iki 2029 m. pasieks 30,45 mlrd. JAV dolerių, o metinis augimo tempas sieks 28,4 proc., ypač aktyvios / itin išmaniosios tekstilės segmente.. (3)

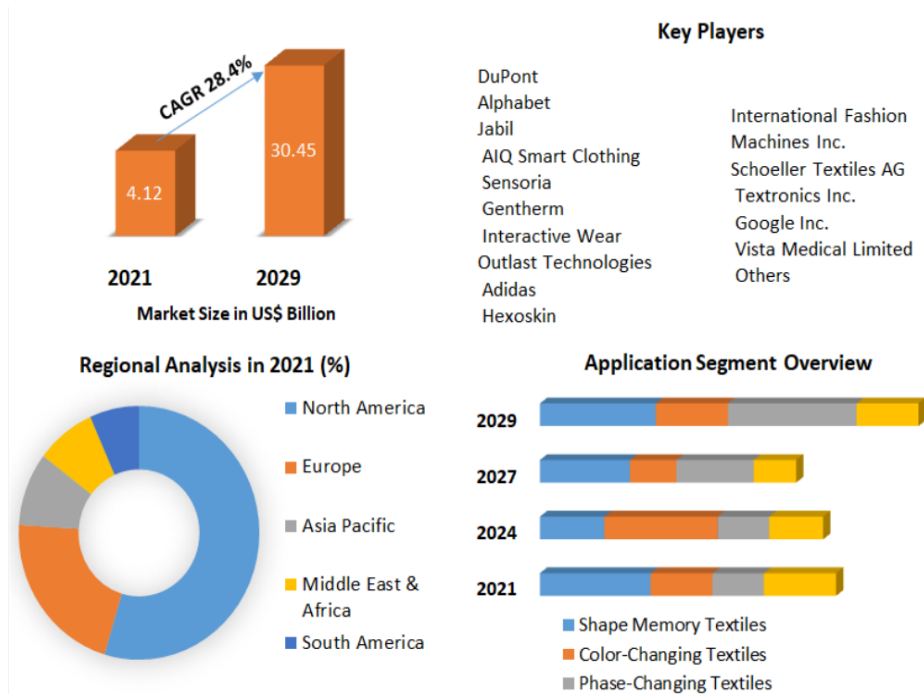
2021 m. rinkoje dominavo Šiaurės Amerikos išmaniosios tekstilės sektorius, kurį lėmė didelė įvairių sektorių, tokių kaip karinė ir apsauga, sveikatos priežiūra, kūno rengyba ir sportas, paklausa, ypač Jungtinėse Amerikos Valstijose. Regione įsikūrę pagrindiniai išmaniosios tekstilės gamintojai, tokie kaip „DuPont“ (JAV), „Gentherm“ (JAV), „Sensoria“ (JAV), „Alphabet“ (JAV) ir „Jabil“ (JAV), kurie aktyviai prisideda prie rinkos augimo. Pagrindiniai žaidėjai, tokie kaip „Google“, „Apple“, „Samsung“, „Qualcomm“ ir „Microsoft“, jau aktyviai dalyvauja nešiojamų technologijų sektoriuje, ypač sveikatos ir kūno rengybos pramonėje. Tikimasi, kad atsižvelgiant į dabartinius pramonės pokyčius, nešiojamų technologijų segmentui bus būdinga didelė konkurencija. Neseniai atliktas „ABI Research“ tyrimas rodo, kad 2020 m. visame pasaulyje išsiųstų nešiojamųjų įrenginių skaičius pasiekė 259,63 mln. sumą su 112,15 mln. sporto, kūno





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

rengybos ir sveikatingumo stebėjimo priemonių bei 74,30 mln. išmaniųjų laikrodžių. Belaidžių ausinių, kurie yra pirmaujantis išmanusis priedas, rinka iki 2021 m. pabaigos pasiekė 502,7 mln. siuntų, o iki 2026 m. ji turėtų viršyti 700 mln., o CAGR sieks 7,6 proc. (4)



**17.1 paveikslas.** Pasaulinė išmaniosios tekstilės rinka – maksimaliai didinamas rinkos tyrimas PVT. LTD. (2)

## Socialinis potencialas

Nešiojami prietaisai turi daugybę socialinių ir ekonominių privalumų, apimančių įvairias pramonės šakas. Pavyzdžiui, šie įrenginiai gali būti naudojami kaip mokymo priemonės, palengvinančios naujų darbuotojų priėmimą. Mažmeninės prekybos sektoriuje dėvimi įrenginiai gali pagerinti pardavimo paslaugas padidindami pirkimo greitį, o gamyboje jie gali palaikyti gamybos procesą teikdami nemokamas orientacines priemones. Nešiojami prietaisai taip pat gali





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

padidinti informacijos tikslumą ir racionalizuoti sveikatos priežiūros procedūras, paspartinti klinikinius tyrimus ir sumažinti medicininės išlaidas, kai jie naudojami kartu su treniruoklių įranga ir tinkamomis paskatomis, skatinančiomis vartotojus mankštintis. Visi šie pavyzdžiai parodo, kaip nešiojamos technologijos gali būti naudingos tiek įmonėms, tiek vartotojams.

Taip pat tikimasi, kad plačiai pritaikius nešiojamus drabužius atsiras galimybės kurti naujas darbo vietas. „Wanted Analytics“ atliktas tyrimas parodė, kad 2014 m. gegužės mėn. buvo 1 018 darbo skelbimų, konkrečiai susijusių su nešiojamais įrenginiais, o tai 150 % daugiau nei 2013 m. gegužės mėn. Nešiojamų technologijų ekspertų paklausa pirmiausia buvo JAV įsikūrusiose įmonėse, o „Intel“ turėjo daugiausiai darbo skelbimų, susijusių su šia technologija. „Nike“, „Zoll“ ir „Microsoft“ taip pat buvo vienos iš įmonių, turinčių didžiausią kvalifikuotų kandidatų dėvimųjų įrenginių srityje paklausą. Apklausa parodė, kad dauguma laisvų darbo vietų buvo skirtos programinės įrangos ir interneto kūrėjams, rinkodaros vadybininkams ir elektros inžinieriams. Šiuo metu rinkodaros vadybininkai, turintys patirties nešiojamų prietaisų srityje, yra paklausiausi ir juos palyginti sunku pritraukti į darbą, palyginti su programinės įrangos kūrėjais ir elektros inžinieriais. (6)



kauno  
technologijos  
universitetas



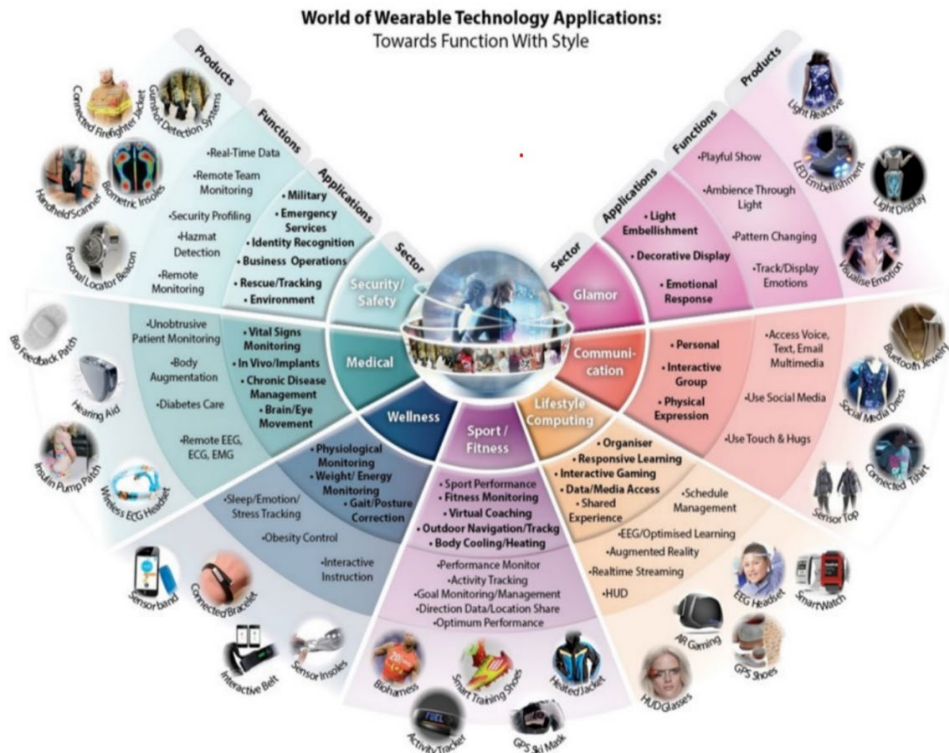
cre thi dev  
center for Policy Development



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**17.2 paveikslas.** Nešiojamų technologijų pritaikymas vartotojų rinkoje – Beecham Research Ltd. (5)

Nešiojamų drabužių technologijų integravimas skatina naujoves tokiose tradicinėse pramonės šakose kaip moda ir juvelyriniai dirbiniai. Anksčiau pagrindinis papuošalų tikslas buvo atrodyti gražiai, o funkcionalumas dažnai buvo pamirštas. Tačiau atsiradus nešiojamiems prietaisams, tokiems kaip „Jawbone“ kūno rengybos stebėjimo prietaisai ir „GlassUp Wi-Fi“ akiniai, tradiciniai papuošalai susiduria su konkurencija. Nors neaišku, ar išmanieji laikrodžiai visiškai pakeis tradicinius laikrodžius, akivaizdu, kad tiek tradiciniai laikrodžių gamintojai, tiek nauji žaidėjai, tokie kaip Apple, pretenduoja į vietą ant vartotojų riešų. (7)



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]



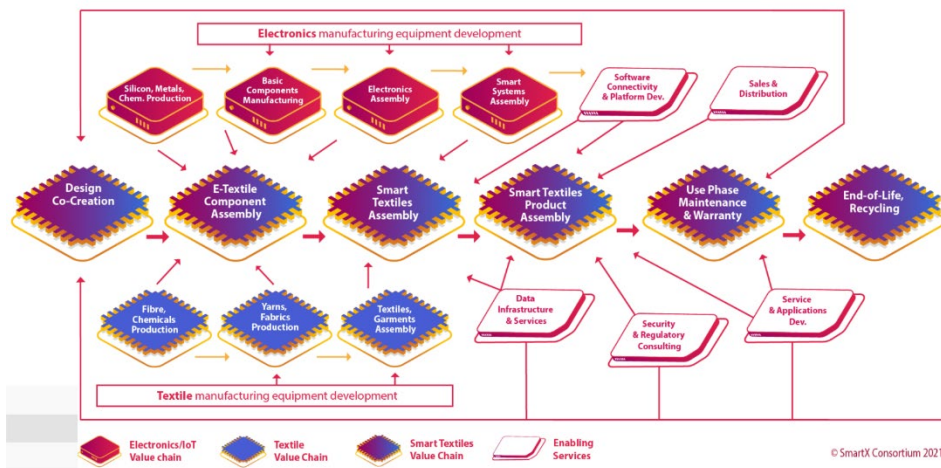
2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Dėl to įmonės turi sukurti veiksmingas strategijas, pavyzdžiui, įtraukti nešiojamąsias technologijas į savo gaminius arba akcentuoti funkcionalumą, o ne estetiką, kad galėtų konkuruoti. (8)

Mados, papuošalų ir nešiojamų technologijų konvergencija taip pat gali lemti naujas partnerystes tarp mados ir papuošalų gamintojų bei nešiojamų technologijų tiekėjų. Pavyzdžiui, Nike jau sukūrė sportinės aprangos liniją, kurioje integruota nešiojamųjų įrenginių technologija, leidžianti sąveikauti su išmaniaisiais telefonais ir MP3 grotuvais.

## Vertės grandinės dinamika

Išmaniosios tekstilės vertės grandinę sudaro trys pramonės šakos, būtent tekstilės, IRT (informacinės ir ryšių technologijos) ir elektronikos, kurių kiekviena turi skirtingus veikėjus. Todėl tarpsektorinė partnerystė yra būtina siekiant suderinti žinias ir strategijas. Tekstilės įmonėms dažnai trūksta specializuotų elektronikos žinių, o tai trukdo aktyviai dalyvauti išmaniosios tekstilės pramonės plėtroje.



**17.3 paveikslas.** Išmaniosios tekstilės vertės grandinė. „Smartex Consortium 2021“. (9)

Smartex Europe partneriai sukūrė išsamų išmaniosios tekstilės vertės grandinės žemėlapij, kaip parodyta 17.3 pav. Ši tarpsektorinė vertės grandinė apima



[Įveskite čia][Įveskite čia][Įveskite čia]





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

aparatus, programinę įrangą, tekstilės gaminius ir galutinio produkto komponentus. Išmanieji įrenginiai ar sistemos kuriami derinant išmaniuosius tekstilės gaminius su papildoma programine įranga. Šie įrenginiai yra dalis didesnio „išmanojo tinklo“, kurį sudaro tarpusavyje sujungti išmanieji įrenginiai, naudojantys debesyje saugomus duomenis saugumui, duomenų analizei ir apdorojimui. Tada šie tinklai ir įrenginiai integruojami į „išmaniąsias programas“.

(9)

Numatoma, kad nešiojamų drabužių rinka sparčiai augs – iki 2025 m. kompozitams ir medžiagoms, skirtoms dėvimoms technologijoms bus išleista 21,5 mlrd. (10)

Įmonės, siekiančios užimti didesnes rinkos dalis, turės kurti naujus dizainus, kurie įtrauktų mažesnius, lankstesnius ir patogesnius prietaisus, kuriuos būtų galima nešioti paslėptus ar net implantuoti, pagamintus iš skaidrių medžiagų arba vienkartiniam naudojimui skirtų medžiagų. Galimybė rinkti ir kaupti energiją taip pat bus svarbus aspektas kuriant būsimus nešiojamus prietaisus. Vertės grandinėje santykiai tarp produktų sprendimų gamintojų ir paslaugų teikėjų daro didelę įtaką pramonei. Pavyzdžiui, delsiant paleisti „Google Glass“ ir jos programų ekosistemą daugelis programų kūrėjų atsisakė savo projektų ir ieškojo alternatyvų, pvz., „GlassUp“. (11)

Vertės grandinės dinamiką taip pat gali rodyti mobiliojo duomenų tinklo ir produktų sprendimų tiekėjų tarpusavio ryšys. Skirtingai nuo išmaniųjų telefonų, nešiojamų gaminių gamintojai ar paslaugų teikėjai į savo sprendimus paprastai integruoja mobiliųjų duomenų paslaugų tinklo nuostatas. Dėl to sprendimų tiekėjai ir tinklo tiekėjai derasi dėl duomenų perdavimo kainos. Yepzon, Suomijos įmonė, atsakinga už nešiojamą vaikų sekimo įrenginį, yra geras to pavyzdys. Naudodama mašinų-mašinų (m2m) technologiją (12), Yepzon valdys savo produktų prenumeratas įvairiose rinkose, todėl Yepzon Group galės patekti į naujas rinkas ir valdyti didelius prenumeratos kiekius per vieną vartotojo sąsają. Platforma taip pat leidžia Yepzon pasiūlyti vieną tarpusavyje sujungtą įrenginį, kuris veiks JAV, Rusijoje ir visoje Europoje. Be to, dvi didžiausios programų platformos „Android“ ir „iOS“ pretenduoja tapti geriausia programų kūrimo platforma, taip pat kaip ir planšetinių kompiuterių ir mobiliųjų įrenginių rinkose.





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Kadangi nešiojamos programėlės paklausa iš dalies priklauso nuo programų, kurios veiks su ja, ši galia turi įtakos vertės grandinės dalyviams prieš ir pasroviui.

## Išvados

Tikimasi, kad per ateinančius kelerius metus išmaniosios tekstilės sektorius augs, o tai daugiausia skatins aktyvios / itin išmaniosios tekstilės segmentas. Sveikatos priežiūra, kariuomenė ir sportas yra sektoriai, kuriuose paklausa yra didesnė. Siekiant išlaikyti šią tendenciją, svarbu kurti naujas ir tvirtesnes partnerystes, kad būtų lengviau integruoti tekstilės, IRT ir elektronikos komponentus ir sukurti masto ekonomiją. Išmaniosios tekstilės rinkos augimo palaikymas ne tik leis kurti naujas aukštos kvalifikacijos darbo vietas, bet ir sukurs svarbius socialinius išorinius padarinius, tokius kaip mokymo galimybės, pardavimo paslaugų tobulinimas, informacijos tikslumas.

## Nuorodos:

1. Smart Textiles Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022 - 2027 - imarcgroup.com.
2. ABI Research 5G wearable devices and accessories will enter the market by 2023, though attach rates to remain low until 2026 – Jan 2022.
3. Smart Textile Market: Global Challenges, Market Analysis and Forecast 2029 - www.maximizemarketresearch.com.
4. SABI Research - Mobile Accessories and Wearables Market Share and Forecasts – 10 Dic 2021.
5. Beecham Research Ltd. & Wearable Technologies AG, 2013.
6. Wanted Analytics, 2015, Demand for Wearable Technology Skills Grows, Available at: <https://www.wantedanalytics.com/analysis/posts/demand-for-wearable-technology-skills-grows> [Accessed on 6 January 2015].
7. Business Innovation Observatory – Internet of Things – Wearable Technologies Case Study 44 - Fabian Nagtegaal, Diederik Verzijl & Kristina Derojeda, PwC Netherlands, and Laurent Probst, Laurent Frideres & Bertrand Pedersen, PwC Luxembourg – European Union, February 2015.
8. New York Times, 2015, Jewellers enter the wearable technology market.
9. Smart Textile Value Chain: A Roadmap - SmartX the European Smart Textiles Accelerator, 2021.
10. IDTechEx, Wearable technology: a materials goldmine, Dr Peter Harrop, 2015.
11. TECH2, As Google Glass launch postponed to 2015, app developers losing interest, 2014.







Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

12. Teliosonera, Wearable technology developer chose Telionsoneras m2m solution, 2014.



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
center for Training and Development



[\[Įveskite čia\]](#)[\[Įveskite čia\]](#)[\[Įveskite čia\]](#)



## 18 Skyrius. Jutiklinės tekstilės rinkos dinamika

*Veronica Guagliumi, Ciape, Italy*

### Naujausi išmaniųjų drabužių pasiekimai

PROeTEX projektas sukūrė pažangius E-Textile išmaniuosius drabužius, kurie stebi fiziologinius darbuotojų parametrus kritinėse situacijose. Buvo sukurti trys prototipai: vidinis drabužis (IG), viršutinis drabužis (OG) ir pora batų. IG matuoja širdies ritmą, kvėpavimo judesius, prakaitą, dehidrataciją, elektrolitus, streso rodiklius, deguonį, anglies dioksidą ir vidinę temperatūrą, o OG ir batai matuoja aktyvumą, cheminę aplinką ir lauko temperatūrą. PEB, esantis OG, renka visus duomenis ir per Wi-Fi perduoda juos vietai koordinavimo darbo vietai, naudodamas dvi tekstilines antenas ir integruotą kompiuterio plokštę. Iškilus rimtam pavojui nedelsiant siunčiamas įspėjimas pagalbos vadovams. [1] Taip pat įgyja svarbą vaikų širdies ir kvėpavimo sistemų stebėjimas, kuriami specialūs drabužiai naujagimiams ir jaunimui. [2]

5G technologijos atsiradimas leidžia sistemingiau naudoti nešiojamus jutiklius ir jutiklinius drabužius, skirtus telemedicinos ir sporto reikmėms, pvz., Astroskin išmaniuosius marškinėlius. [3]

5G suteikia galimybę vienu metu rinkti duomenis iš kelių jutiklių ir išplėsti sprendimus iki didelių grupių nesumažinant našumo, o dviejų šuolių architektūra yra tipiškas 5G palaikančios nuotolinio stebėjimo sistemos dizainas [4], kaip parodyta 18.1 pav.



kauno  
technologijos  
universitetas

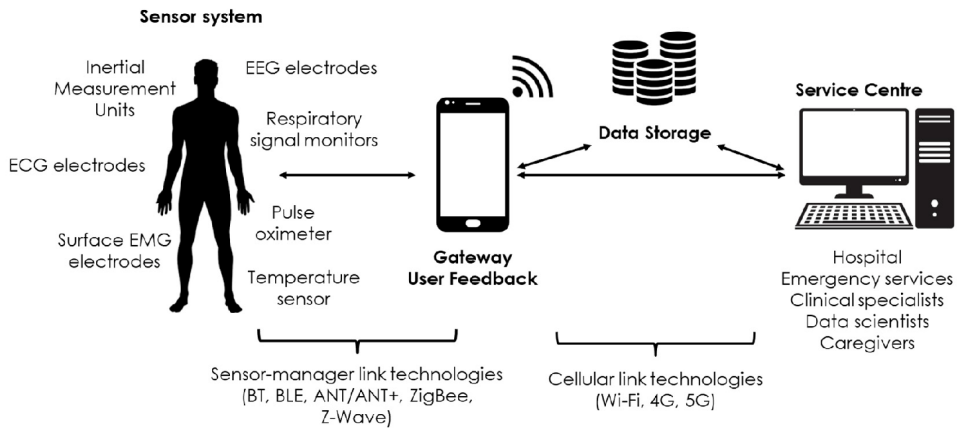


cre thi dev  
center for research and development





2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**18.1 paveikslas.** Telestebėjimo sistema su dviejų šuolių duomenų perdavimo architektūra. [5]

Lanksčios epidermio elektrinės technologijos yra daug žadanti alternatyva tradiciniams audinių elektrodams dėl didelio skaidrumo ir atsparumo mechaninėms deformacijoms.. [6] Dėl šių savybių jie puikiai tinka nuolatiniam ir ilgalaikiam esminių fiziologinių signalų, tokių kaip širdies susitraukimų dažnis, pulso spaudimas, temperatūra, kraujotaka ir kraujo deguonies stebėjimas kasdienės veiklos metu.

## Sensoriniai drabužiai

Drabužiai gali būti suskirstyti į penkias sritis, atsižvelgiant į jų naudojimo sritį, įskaitant drabužius:

- Sveikatos priežiūra, stebėti sveikatos sutrikimus.
- Sportas, skirtas sportiniams rezultatams treniruočių ar varžybų metu stebėti ir fiziologiniams rodikliams stebėti.
- Fitnesas, siekiant šviesti paprastus klientus ir suteikti jiems geresnį supratimą apie bendrą gerovę.
- Socialinis, skirtas padėti vartotojams užsiimti rekreacine veikla.
- Darbas, siekiant palaikyti našumą ir teikti saugos pagalbą, kai naudotojai užsiima darbine veikla.





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Nešiojami drabužiai rinkoje daugiausia skirti sveikatos priežiūrai, sportui ir kūno rengybai, nors yra keletas galvos ir apatinių galūnių jutimo komponentų pavyzdžių. Sistemos architektūra apima posistemes, tokias kaip sujungimas ir programinė įranga, valdymas, ryšys, vieta, maitinimas, saugykla, rodymas, jutiklis ir valdiklis. Jutikliai ir valdiklių blokai gali būti ne tekstiliniai ir integruoti į elektroninę plokštę, arba gali būti tekstiliniai ir prijungti prie elektroninės plokštės. [7]

Kūno jutiklio duomenys perduodami į asmeninį skaitmeninį asistentą (PDA) per trumpojo nuotolio ryšio mazgus, tokius kaip ANT+, NFC arba Bluetooth. PDA, turintis duomenų saugojimo ir apdorojimo algoritmus, gali būti išmanusis telefonas, kompiuteris arba FPGA. Duomenys gali būti siunčiami į nuotolinį medicinos serverį per kitą ryšio mazgą. [8]

Tekstilės technologijos naudojamos įvairiose drabužių kategorijose, pavyzdžiui, sveikatos ir sporto/fitneso kategorijose. Vienas iš tokių pavyzdžių yra „Hexoskin Smart Garments“, pagaminta „Carré Technologies Inc.“ Monrealyje, Kanadoje,

Šiuose patogiuose vyrų, moterų ir vaikų drabužiuose yra tekstiliniai jutikliai, skirti tiksliai ir nuolat stebėti širdies, kvėpavimo ir aktyvumo bei miego duomenis. Elektrokardiografas praneša apie tokius širdies susitraukimų dažnį, ritmo kintamumą, stebi stresą ir vertina nuovargį, o kvėpavimo ventiliacija nuolat matuojama krūtinės ir pilvo kvėpavimo induktyvumo pletizmografijos jutikliais. Drabužiai taip pat stebi veiklos intensyvumą, didžiausią pagreitį, žingsnius, ritmą, padėtis ir miegą naudodami 3 ašių akselerometrą. [9] Hexoskin Smart Device, komerciniai marškinėliai, pagaminti iš tekstilinių elektrodų, renka vieno laido EKG ir turi kvėpavimo bei judesio jutiklius, kurių akumulatoriaus veikimo laikas viršija 36 valandas ir įkraunamas naudojant USB laidą. Pridedama liemenė pagaminta iš megzto audinio, kuris yra antibakterinis, apsaugotas nuo UV spindulių, greitai džiūstantis, kvėpuojantis, stabdantis kvapų susidarymą ir skalbiamas. „Hexoskin“ įrenginį galima prijungti prie „Hexoskin App“ per „Bluetooth“, todėl vartotojas gali vizualizuoti, valdyti ir interpretuoti surinktus duomenis. Duomenis taip pat galima peržiūrėti „Hexoskin“ internetinėje programoje, o sveikatos priežiūros specialistai, tyrėjai ir technikai gali naudoti



kauno  
technologijos  
universitetas



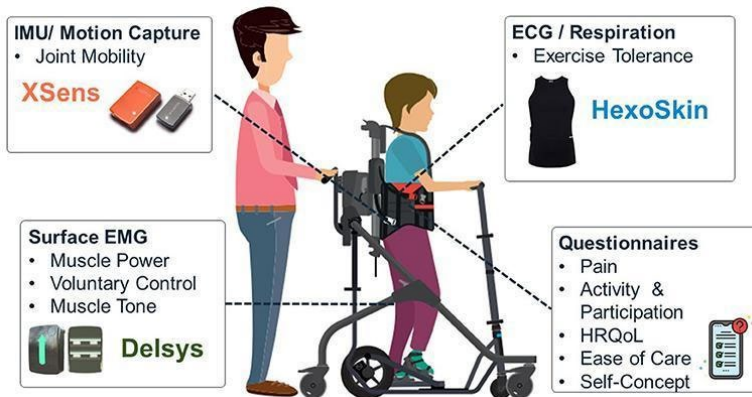
cre thi dev  
center for training and development





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

„VivoSense“ analizės programinę įrangą duomenims importuoti / eksportuoti, atlikti paketinį apdorojimą ir kurti publikavimui tinkamas diagramas. [10]



**18.2 paveikslas.** Vartotojo prioritetinės dominančios sritys ir pasirinkta jutiklių technologija [11]

Antrasis pavyzdys iliustruoja „Sensoria“ – įmonę, kuri siūlo produktus, skirtus padėti profesionaliems ir mėgėjams bėgikams treniruotis. Galimi drabužiai apima skalbimo mašinoje skalbiamą aprangą, patogias ir kvėpuojančias išmaniąsias kojines, liemenėles ir marškinėlius. Kojinėse yra įmontuotas tekstilės slėgio jutiklis, kuris susisiekiama su nuimama ir įkraunama apykoje per Bluetooth. Ši apykojė stebi naudotojo žingsnius, ėjimo laiką, atstumą, greitį, sudegintas kalorijas, aukštį virš jūros lygio, ritmą ir pėdų nusileidimo stilių mankštos metu. Liemenėlė ir marškinėliai užtikrina tikslų ir patikimą širdies ritmo stebėjimą [12] ir sklandžiai veikia su E-modulo sensoria HRM (širdies ritmo monitoriumi), kurio baterijos veikimo laikas viršija 8 mėnesius ir kuris jungiamas per Bluetooth Smart ir ANT+ prie Sensoria Run2.0 išmaniojo telefono programėlę ir Sensoria Virtual Coach. Šie įrankiai taip pat siūlo patyrusiems bėgikams patarimus dėl tinkamos bėgimo pozos ir mechanikos, kad padėtų jiems tobulinti bėgimo stilių.





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Trečiame pavyzdyje yra išmanieji marškinėliai, kuriuos sukūrė L.I.F.E. Italia Srl, kuri siūlo du variantus – vieną lengvosios atletikos ir kitą medicinos reikmėms. Medicininis kompresinis drabužis BWell iš L.I.F.E. Italia Srl, Milanas, Italija, turi akselerometrą, penkis kvėpavimo įtampos jutiklius ir dvylika rašalo pagrindu pagamintų sausų elektrodų EKG stebėjimui. Elektrodai suprojektuoti su lipniu sluoksniu, laidžiu rašalo sluoksniu, rišiklio sluoksniu, tirpiklio sluoksniu, storinančiu sluoksniu ir gradiento zona tarp lipniojo ir laidžiojo rašalo sluoksnių. Drabužio priekiniame paviršiuje yra penki kvėpavimo jutikliai, pagaminti naudojant elastingą juostelę, užpiltą laidžiu rašalu, elektros jungtis kiekviename gale ir kompresinio audinio dangtelis. Kita vertus, sportinė Performer Wearware versija iš L.I.F.E. Italia Srl, Milanas, Italija, daugiausia dėmesio skiria našumo stebėjimui ir turi du EKG laidus, du ciklinio kvėpavimo jutiklius ir dešimt akselerometrų. Šioje versijoje yra marškiniai ir šortai, kurie stebi vartotojo šlaunų judėjimą. [13]

Clinically proven to be on par or better than in-house  
gait labs

Can Gather gait information pre and post TKA, THA,  
ACL and MCL Surgery

White label available

Weight bearing analysis

Haptic moto provides user feedback



Balance and fall detection

Real time data shared with users and clinicians

HIPAA compliant cloud storage

Potential for Remote Patient Monitoring and Remote  
Therapeutic Monitoring

18.3 paveikslas. Sensoria Smart kojinės [12]



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
creative thinking solutions





2020-1-RO01-KA226-HE-095335



**Figure 18.4.** L.I.F.E. medicininio kompresinio drabužio vaizdas priekyje a) ir b) gale (BWell). Užpakalinis vaizdas (dešinėje) rodo, kur kištukas įkištas, kai drabužis dėvimas. Abu vaizdai rodo EEG atlikimo ribą, kurią šiuo metu kuria įmonė. (c) BWell tinkamumo dėvėjimo pavyzdys. (d) Realaus laiko duomenų vizualizavimo programa. Figūra buvo pritaikyta iš drabužių gaminančios įmonės interneto svetainės. [13]

## Išvados

Mobiliojo duomenų tinklo sprendimus integruojant į dėvimuosius gaminius, gamintojai ir paslaugų teikėjai daro įtaką vertės grandinės dinamikai. Suomijos bendrovė Yepzon yra sprendimų tiekėjų ir tinklo tiekėjų derybę dėl duomenų perdavimo kainų pavyzdys, leidžiantis jiems patekti į naujas rinkas ir siūlyti sujungtus įrenginius įvairiuose regionuose. Išmanioji tekstilė taip pat skatina kurti naujas vartotojų kartojimo programas, taigi ir konkurenciją tarp stiprių žaidėjų, tokių kaip Android ir IOS, dominuoti rinkoje. Šioje sistemoje svarbų segmentą daugiausia sudaro nešiojami drabužiai. Kūno jutiklio duomenys gali būti perduodami į asmeninį skaitmeninį asistentą (PDA) per trumpojo nuotolio ryšio mazgus, tokius kaip ANT+, NFC arba Bluetooth. Nešiojamų drabužių pavyzdžiai yra „Hexoskin Smart Garments“, „Sensoria“ išmaniosios kojinės, liemenėlė ir marškinėliai bei L.I.F.E. Italija Srl išmanieji marškinėliai medicinos ir sporto reikmėms. Šiuose drabužiuose yra tekstilės jutikliai, skirti stebėti įvairius fiziologinius parametrus.







## Nuorodos

1. Curone, D.; Secco, E.L.; Tognetti, A.; Loriga, G.; Dudnik, G.; Risatti, M.; Whyte, R.; Bonfiglio, A.; Magenes, G. Smart garments for emergency operators: The ProeTEX project. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 2010, 14, 694–701.
2. Sayem, A.S.M.; Teay, S.H.; Shahariar, H.; Fink, P.L.; Albarbar, A. Review on smart electro-clothing systems (SeCSs). *Sensors* 2020, 20, 587.
3. Andreev, E.; Radeva, V.; Nikolova, M. Innovative biomonitring systems in the aerospace industry. In *Proceedings of the Communications, Electromagnetics and Medical Applications Conference 2019, Sofia, Bulgaria, 17 October–19 October 2019*.
4. Gerhardt, U.; Breitschwerdt, R.; Thomas, O. mHealth Engineering: A Technology Review. *J. Inf. Technol. Theory Appl.* 2018, 19, 5.
5. Angelucci, A.; Aliverti, A. Telemonitoring systems for respiratory patients: Technological aspects. *Pulmonology* 2020, 26, 221–232.
6. Huang, S.; Liu, Y.; Zhao, Y.; Ren, Z.; Guo, C.F. Flexible electronics: Stretchable electrodes and their future. *Adv. Funct. Mater.* 2019, 29, 1805924.
7. Sayem, A.S.M.; Teay, S.H.; Shahariar, H.; Fink, P.L.; Albarbar, A. Review on smart electro-clothing systems (SeCSs). *Sensors* 2020, 20, 587.
8. Majumder, S.; Mondal, T.; Deen, M.J. Wearable sensors for remote health monitoring. *Sensors* 2017, 17, 130.
9. Hexoskin Health Sensors & all <https://www.hexoskin.com>
10. Angelucci, A.; Cavicchioli, M.; Cintorrino, I.A.; Lauricella, G.; Rossi, C.; Strati, S.; Aliverti, A. Smart Textiles and Sensorized Garments for Physiological Monitoring: A Review of Available Solutions and Techniques. *MDPI Sensors* 2021, 21, 814. <https://doi.org/10.3390/s21030814>.
11. Andrew Ennis, Laura Finney and Claire Kerr; Systematic Multidisciplinary Process for User Engagement and Sensor Evaluation: Development of a Digital Toolkit for Assessment of Movement in Children With Cerebral Palsy, *Frontiers in Digital Health*, Lisa Kent, Ian Cleland, Catherine Saunders, June 2021 Vol.3 article 692112.
12. Sensoria Socks™ ([sensoriahealth.com](https://sensoriahealth.com)).
13. L.I.F.E. Multipurpose Wearable Computers. Available online: <https://www.x10y.com/>.







## 19 Skyrius: Ekologiškas jutiklių, baterijų ir valdiklių dizainas

*Michail Delagrammatikas, CRETHIDEV, Greece*

**Santrauka:** Pritaikius šį ekologišką dizainą, išmanieji ir jutiminiai dėvimi prietaisai bei asmeninės apsaugos priemonės gali veiksmingai sumažinti poveikį aplinkai ir sušvelninti iššūkį, susijusį su netinkamu atliekų šalinimu žiedinės ekonomikos sąlygomis. Šiame skyriuje bus trumpai paaiškinti pagrindiniai ekologinio projektavimo aspektai. Aptariami konkretūs pagrindiniai dalykai, daugiausia dėmesio skiriant nešiojamų jutiklių, baterijų (ir kitų energijos kaupimo įrenginių) ir valdiklių ekologiniam dizainui.

### Įvadas

Dėvimųjų drabužių jutiklių, baterijų ir pavarų ekologinio dizaino metodu siekiama kuo labiau sumažinti poveikį aplinkai per visą gaminių gyvavimo ciklą – nuo žaliavų kilmės iki šalinimo. Ekologinis nešiojamų jutiklių, baterijų ir valdiklių projektavimas apima tam tikrus pagrindinius dalykus, susijusius su medžiagų parinkimu, energijos vartojimo efektyvumu per visą gyvavimo ciklą, atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimu, ilgaamžiškumu ir pailgintu gaminio tarnavimo laiku, pakuočių sumažinimu, gyvavimo ciklo įvertinimas ir eksploatacijos pabaigos šalinimo projektavimu.

Ekologinis nešiojamųjų jutiklių, baterijų ir pavarų projektavimas turėtų būti pagrįstas holistiniu požiūriu, kad galima būtų sukurti produktus, sumažinančius bendrą poveikį aplinkai ir pasižyminčius dideliu našumu, kartu skatinant žiedinės ekonomikos modelį.

### Medžiagų pasirinkimas

Medžiagos parinkimas yra vienas iš svarbiausių ekologinio projektavimo žingsnių, nes daugelis jutikliuose, baterijose ir valdikliuose naudojamų medžiagų gali turėti didelį poveikį aplinkai. Dizaineriai turėtų atsižvelgti į visą pasirinktų medžiagų poveikį aplinkai, įskaitant:





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- Išgavimą ir perdirbimą, kurie gali būti susiję su natūralios aplinkos sąlygų blogėjimu ir ekosistemų sunaikinimu, toksinių medžiagų išsiskyrimu ir grėsme biologinei įvairovei, pernelyg dideliu neatsinaujinančios energijos naudojimu ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimu.
- Transportavimo ir tiekimo grandines, kurios gali palikti didelį anglies pėdsaką - išvengiamą, jei būtų naudojamos alternatyvios, vietinės arba atsekamos žaliavos.
- Medžiagų toksiškumą. Reikėtų rinktis netoksiškas medžiagas, vengti sunkiųjų metalų, pvz., iš švino, gyvsidabrio ir kadmio pagamintų baterijų, naudoti ekologiškesnius energijos kaupimo sprendimus.
- Perdirbtų, perdirbamų ir biologiškai skaidžių medžiagų naudojimą, o tai gali veiksmingai sumažinti pavojų aplinkai, susijusį su žaliavų gamyba ir šalinimu pasibaigus eksploatacijai.

### “Žiedinis” dizainas ir gyvavimo ciklo įvertinimas

Be tvarių ir ekologiškų medžiagų naudojimo, taip pat svarbu suprojektuoti gaminius, jutiklius, baterijas ir valdiklius, taip pat nešiojamus daiktus ir įrenginius (drabužius, batus, aksesuarus, asmenines apsaugos priemones ir kt.), atsižvelgiant į jų savybes. visą gyvavimo ciklą, galimą pakartotinį naudojimą ir utilizavimą. Žiedinio dizaino tikslas – sukurti gaminius, kurių gamybos metu ar po jų naudojimo neatsirastų atliekų. Kai kurie pagrindiniai punktai apima:

- Gaminio, kurį galima lengvai surinkti ir išardyti, kūrimą. Tai leidžia pakartotinai naudoti jutiklius, energijos kaupimo įrenginius ir valdiklius, jei dėvimų įrenginių kokybė pablogėja. Tai taip pat leidžia atskirti perdirbamas medžiagas įvairiuose perdirbimo srautuose.
- Informacijos apie medžiagas ir apie tai, kaip su jomis tvarkytis, kai jos šalinamos, pateikimą. Aiškios instrukcijos ir gairės vartotojams yra labai svarbios siekiant žiedinio dizaino tikslų. Reikia atlikti gyvavimo ciklo vertinimą tiekimo grandinėje, naudoti atsekamąsias žaliavas.



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev  
Centre for Policy Studies





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Patvarių medžiagų ir aukštos kokybės gamybos technologijų naudojimą, siekiant pailginti gaminio tarnavimo laiką. Stengiamasi nenaudoti medžiagų, kurių tarnavimo laikas žymiai trumpesnis nei kitų gaminio dalių, nebent tai yra keičiamos dalys.

## Energijos vartojimo efektyvumas ir atsinaujinantys energijos šaltiniai

Kurkite nešiojamus prietaisus, atsižvelgdami į energijos suvartojimo optimizavimą visoje produkto tiekimo grandinėje ir eksploataavimo trukmę. Energijos suvartojimo sumažinimas gali apimti mažos galios komponentų naudojimą, grandinės optimizavimą ir galios valdymo metodų diegimą. Naudokite įkraunamas baterijas ar kitus energijos kaupimo įrenginius, pvz., superkondensatorius. Pirmenybę teikite energijos išgavimui, o ne įkrovimui iš elektros tinklo. Energiją renkantys nešiojami prietaisai gali būti pagrįsti fotoelektriniais elementais (PV), pjezoelektriniais generatoriais (PEG), triboelektriniais nanogeneratoriais (TENG), termoelektriniais generatoriais (TEG), kinetinės energijos rinkimu magnetais, elektromagnetinės energijos rinkimu antenomis ir kt.

## Ekologiškas nešiojamų jutiklių dizainas

Konkretūs dėvimųjų jutiklių ekologinio projektavimo aspektai turėtų apimti šiuos dalykus:

- Mažesnis dydis ir svoris: kompaktiški ir lengvi jutikliai sumažina medžiagų sąnaudas ir energijos poreikį. Jie taip pat yra patogesni ir lengviau integruojami.
- Pirmenybę teikite pasyviems, o ne aktyviems jutikliams. Jei naudojami aktyvūs jutikliai, pirmenybė turėtų būti teikiama minimaliam energijos suvartojimui ir energijos surinkimui, o ne išoriniam įkrovimui.
- Naudokite lanksčius pagrindus: lankstus pagrindas leidžia patogiai sujungti su drabužiais ar aksesuarais, todėl gaminį galima naudoti dažniau. Geresnė



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI  
AIKLAUKIANTIS PIRMIŲ INOVACIJŲ



cre thi dev  
Center for Policy Studies





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

ergonomika skatina ilgalaikį naudojimą ir sumažina per anksti išmestų jutiklių atliekas.

Dizainą, skirtą lengvai išmontuoti, taisyti ir valdyti eksploatacijoje pabaigos laiką: lengvas nešiojamų jutiklių išardymas ir taisymas prailgins gaminio tarnavimo laiką. Modulinė konstrukcija, leidžianti pakeisti atskirus komponentus, sumažins atliekų kiekį, pagerins remonto galimybes, skatins perdirbimą ir palengvins pakartotinį jutiklių naudojimą.

## Ekologiškas nešiojamų baterijų, energijos kaupimo ir energijos surinkimo prietaisų dizainas

Konkretūs energijos kaupimo ir energijos surinkimo įrenginių ekologinio projektavimo aspektai turėtų apimti šiuos dalykus:

- Netoksiškų medžiagų pasirinkimą: reikėtų vengti pavojingų sunkiųjų metalų, tokių kaip švinas, gyvsidabris ir kadmis. Taip pat reikėtų atkreipti dėmesį į nanomedžiagas, kurios, patekusios į savo matricą, tampa toksiškos ir gali prasiskverbti į biologinius audinius.
- Energijos tankio ir efektyvumo optimizavimas leidžia maksimaliai padidinti talpą, sumažinant baterijos dydį ir svorį. Energijos efektyvumas padidinamas sumažinus energijos nuostolius dėl pasipriešinimo ir savaiminio išsikrovimo greičio.
- Patariama naudoti įkraunamus energijos kaupimo įrenginius kartu su energijos surinkimo įrenginiais: Integruotų jutiklių ar valdiklių energijos suvartojimo poreikiai gali pasinaudoti energija, kurią gamina nešiojamo naudotojo judesiai ir kūno šiluma. Energijos surinkimo technologijos gali būti naudojamos baterijų įkrovimui, kai energija turi būti kaupiama ilgesnį laiką, arba galima naudoti superkondensatorius, kai prietaisams reikia greito energijos tiekimo.
- Baterijų ir superlaidininkų eksploatacijoje trukmę: dar vienas veiksnys, į kurį reikia atsižvelgti renkantis tinkamą energijos kaupimo / įkrovimo metodą / aktyvų jutiklį arba aktyvatoriaus sistemą yra energijos kaupimo valdymas ir





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

įkrovimo / iškrovimo ciklą pagal energijos ir energijos suvartojimo poreikius optimizavimas, kad būtų išvengta per didelio įkrovimo ar iškrovimo, o tai gali sutrumpinti energijos kaupimo įrenginio tarnavimo laiką.

- Modulinį energijos kaupimo įrenginių dizainą: modulinės konstrukcijos metodas, skirtas atskirų elementų ar blokų keitimui, didinant galimybes įrenginį sutaisyti.

- Šalinimą ir perdirbimą. Baterijose gali būti toksiškų medžiagų, pvz., sunkiųjų metalų arba medžiagų, turinčių labai didelį poveikį aplinkai, pavyzdžiui, ličio, superkondensatoriai taip pat generuoja toksiškas atliekas, todėl būtina, kad jas būtų galima lengvai atskirti ir perdirbti baterijoms ir elektronikai specifinius srautus.

## Ekologiškas dėvimųjų valdiklių dizainas

Konkretūs dėvimųjų valdiklių ekologinio projektavimo aspektai turėtų apimti šiuos dalykus:

- Skirti dėmesį energijos vartojimo efektyvumui: dėvimųjų valdiklių energijos vartojimo efektyvumo optimizavimas turėtų sumažinti energijos suvartojimą ir pailginti baterijos veikimo laiką. Rekomenduojama naudoti efektyvias variklių konstrukcijas ir valdymo algoritmus, kurie sumažina energijos nuostolius.
- Kompaktišką, lengvą ir pataisomą dizainą: kompaktiški ir lengvi valdikliai sumažina medžiagų sunaudojimą ir energijos poreikį, tuo pačiu leidžia lengviau integruoti į nešiojamus įrenginius. Modulinė konstrukcija leidžia lengvai taisyti ir pakeisti komponentus, tuo pačiu sumažinant atliekų kiekį ir pailginant eksploatacavimo laiką.
- Į vartotoją orientuotą dizainą: valdikliai turi būti suprojektuoti taip, kad atitiktų skirtingus skirtingų vartotojų poreikius, kad būtų skatinamas naudojimas ir išvengiama tikimybė, kad nešiojamasis prietaisas bus išmestas prieš laiką arba bus naudojamas nepakankamai.





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Šalinimą ir perdirbimą: kaip ir jutiklių ir energijos kaupimo įtaisų atveju, pagrindinis dalykas turėtų būti konkretus dėvimų valdiklių perdirbimo tam tikrais srautais dizainas arba konkretus pakartotinio naudojimo planas.

## Išvados

Pagrindinės nešiojamų jutiklių, pavarų ir energijos kaupimo sistemų ekologinio projektavimo koncepcijos apima:

- (i) netoksiškų, daugkartinio naudojimo ir perdirbamų žaliavų parinkimas ir bendras dizainas, leidžiantis išardyti įrenginį baigus jį eksploatuoti ir tvariai tvarkyti atliekas.
- (ii) energijos vartojimo efektyvumą užtikrinančias sistemas.
- (iii) technologijas, kurios garantuoja ilgesnį tarnavimo laiką ir lengvą remontą.
- (iv) vartotojo apibrėžtas, reguliuojamas funkcijas, kurios leistų patogiai integruotis su drabužiais ir asmeninėmis apsaugos priemonėmis.

## Nuorodos

1. Kong L, et.al., 2022, A life-cycle integrated model for product eco-design in the conceptual design phase, J. Cleaner Production, 362, 132516.
2. Van der Velden, N., Kuusk, K. and Kohler, A., 2015. Life cycle assessment and eco-design of smart textiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign, Materials and design, 84, p.p. 313-324.
3. Kohler, A., Hilty, L., and Bakker, C., 2011. Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal, J. Ind. Ecology 15(4), p.p. 496-511.
4. Kohler, A., et. al., 2012. Life cycle assessment and eco-design of a textile-based large-area sensor system, Joint International Conference and Exhibition on Electronics Goes Green 2012+, ECG 2012, 9-12 September 2012, Code 94718, Article number 6360445





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

5. Liman, Md.L.R., and Islam, M.T., 2022, "Emerging washable textronics for imminent e-waste mitigation: Strategies, reliability, and perspectives", *J. of Materials Chemistry*, 10(6), pp.2697-2735.
6. Schischke, K., Nissen, N.F., and Schneider-Ramelow, M., 2020. Flexible, stretchable, conformal electronics, and smart textiles: Environmental life cycle considerations for emerging applications, *MRS Communications*, 10(1), p.p. 69-82.
7. Dulal, M. et.al., 2022, Toward Sustainable Wearable Electronic Textiles , *ACS Nano*, 16(12), (p.p. 19755-19788.
8. Qing, L. et.al., 2022, The Status Quo and Prospect of Sustainable Development of Smart Clothing, *Sustainability*, 14(2), 990.
9. Butturi, M.A., et.al., 2021, Circular design options for wearables integrated sportswear to be employed in adverse outdoor conditions, *Proceedings of the Summer School Francesco Turco2021, 26th Summer School Francesco Turco, 8-10 September 2021, Code 271549*
10. Bagherzadeh R. et al. Wearable and flexible electrodes in nanogenerators for energy harvesting, tactile sensors, and electronic textiles: novel materials, recent advances, and future perspectives. *Materials Today Sustainability*. 2022, 20, 100233.







## 20 Skyrius: Bendras išmaniųjų jutiklių projektavimas ir integravimas į AAP, saugančias nuo cheminių ir biologinių pavojų

*Olga Papadopoulou, CRETHIDEV, Greece*

**Santrauka:** Šiame skyriuje pateikiami pagrindiniai aspektai, susiję su didelio selektyvumo išmaniaisiais jutikliais, pritaikytais prie AAP bendru dizainu. Šie jutikliai naudojami aptikti cheminius ir biologinius pavojus įvairiose darbo aplinkose. Siekiant pabrėžti technologinę pažangą, atrankos ir vertinimo kriterijus bei konkrečių funkcinių medžiagų kategorijų ir aptikimo metodų galimybes, buvo aprašyti įvairūs cheminių ir biologinių jutiklių, skirtų AAP, tipai (veido kaukės, respiratoriai, pirštinės ir drabužiai).

### Įvadas

Kuriant išmaniuosius jutiklius, integruotus į asmenines apsaugos priemones (AAP), naudojamosi sparčiai besivystančia medžiagų inžinerija, taip pat daiktų internetu, IT, algoritmais, aplinkos intelektu, mašininis mokymusi ir dirbtiniu intelektu. [1, 2]. AAP įdiegtos naujovės pagerina daugelio kategorijų darbuotojų, kurie savo kasdiniame darbe susiduria su pavojumi sveikatai ir gyvybei, saugos ir sveikatos sąlygas. Profesionalai, dirbantys sunkiosios ir lengvosios pramonės gamybos, chemijos, farmacijos ir biotechnologijų mokslinių tyrimų ir pramonės, žemės ūkio maisto produktų, medicinos sektoriuje, saugumo ir kriminalistikos sektoriuose, yra kai kurios orientacinės išmaniųjų AAP galutinių naudotojų kategorijos, kurioms ypač reikia apsaugos nuo cheminių ir biologinių pavojų. Be nešiojamųjų jutiklių, drabužiai, veido kaukės ir pirštinės su išmaniaisiais jutikliais buvo sukurti taip, kad atitiktų specialių naudotojų poreikius.



kauno  
technologijos  
universitetas



AEI  
AIKUPROJEKTOINOVACIJOS



cre thi dev  
Center for Textile Innovation and Development





## Pagrindinės dizaino koncepcijos

Apklausa, skirta tiek konkrečioms specialistų grupėms (pvz., ugniagesiams, kalnakasiams, sveikatos priežiūros darbuotojams), tiek saugos ekspertams ar išorės vertintojams, išmanantiems naujausias technologijas, išryškina poreikius, į kuriuos turėtų atsižvelgti AAP dizaineriai, ir taip pat pasitarnauja vertinimo tikslais laboratorijoje ir darbo vietoje, tikrinant gaminius[3].

Specialiai parinktos lanksčios, jautrios jutimo medžiagos gali užtikrinti AAP mechanines, šilumines, elektrines, optines, chemines, biologines ir antiradiacines funkcijas. [4, 5]. Cheminių ir biologinių jutiklių atveju darbo vietos pavojai, į kuriuos reikia atkreipti dėmesį, yra cheminės ir toksinės medžiagos (kietos medžiagos, skysčiai, dujos), dalelių tarša, biologiniai skysčiai, patogenai ir toksinai. Jutiklių integravimo į AAP technologija yra svarbus žingsnis kuriant gaminį, apimančią pažangų tekstilės apdorojimą ir gamybos procesus. Energijos tiekimas ir saugojimas savarankiškai maitinamiems išmaniesiems jutikliams yra bene sudėtingiausias dizaino aspektas [6]. Šios sistemos turėtų būti suderinamos su pasirinkta tekstile ir jutiklių medžiagomis ir užtikrinti pakankamą savarankiškumą. Kiti svarbūs projektavimo kriterijai, minėti Basodan ir kt. [3], yra ergonomika, taip pat vartotojų patirtis, sąsaja ir sąveika bei prisijungimo ir bendravimo su išmaniaja darbo aplinka palengvinimas. Autoriai apžvelgia daugybę išmaniųjų jutiklių sistemų, aprašytų literatūroje, ir jų technodinaminį dizainą.

Suprojektuotų jutiklių veikimas vertinamas pagal selektyvumą, tikslumą ir preciziškumą nustatytose aptikimo ribose ir, žinoma, tikimasi, kad jų pakartojamumas bus patenkinamas. [6].

## Išmaniųjų cheminių jutiklių taikymas ir charakteristikos

Dažniausiai naudojami miniatiūriniai cheminių jutiklių tipai: optinės, elektrocheminės, masei jautrios, elektrinės, paramagnetinės aptikimo ir stebėjimo sistemos, įmontuotos arba pritvirtintos prie AAP. Literatūroje galima rasti daugybę šių kategorijų poskyrių, kurių kiekvienas yra susijęs su fiziniu / cheminio reiškimo principu arba fizikinės ir cheminės / elektrinės savybės,





išmatuotos tam tikra technika, pasikeitimu. [6]. Toksiškoms dujoms ir lakiesiems organiniams junginiams. (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, HCN, acetonui, methanolui, ethanolui ir t.t.) arba kietosioms dalelėms aptikti dažnai naudojamos elektros grandinės, elektriniai mikroįtaisai su energijos surinkėjais ir filtrai su pjezoelektriniais arba tribogeneratoriais. CNTS, Zn nanodalelės ir grafenas yra tipiškos medžiagos, naudojamos dujoms ir garams sugerti ir, kuriant dujoms specifinius jutiklius, naudojamus išmaniosioms veido kaukėms ir respiratoriams, gali tapti dizaino dalimi. [4].

Į pirštines integruoti jutikliai palengvina mėginių ėmimą iš įvairių paviršių ir suteikia greitus rezultatus optinėmis indikacijomis arba atlikus in situ analizę, naudojant rankinius ar nešiojamus prietaisus. Mėginiai, pritvirtinti prie elektrocheminių jutiklių, kurie veikia kaip darbinis elektrodas, yra prijungti prie trijų elektrodų konfigūracijos ir miniatiūrinio potenciostato, aprūpinančio voltamperogramas. Optiniai ir elektrocheminiai pirštinių jutikliai buvo sukurti toksiškoms cheminėms medžiagoms (tokioms kaip fentanilis ir trifluralinas) ir pesticidams ant daržovių ir vaisių paviršių aptikti. Specialiai sukurti hidrofiliniai klijai ant pirštinių galiukų su spalvų indikatoriais gali aptikti Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup> elementų pėdsakus vandens mėginiuose [2]. Kazemi ir kt. [7] sukūrė nešiojamą AAP jutimo sistemą, skirtą pavojingų vandeninių cheminių tirpalų lašeliams aptikti. Jutiklį sudaro antena, pritvirtinta hidrofobinės tekstilės sluoksnyje, ir nuotolinio stebėjimo blokas. Autoriai pabrėžia, kad atlikus tinkamus pakeitimus šis aptikimo principas gali būti panaudotas kitų pavojingų kietų, skystų ir dujinių cheminių medžiagų aptikimui. Tsong ir kt. [2] apibūdino daugybę panašių pirštinių jutiklių sistemų, jų charakteristikas, pritaikymą ir ateities perspektyvas. Energijos gamybos ir saugojimo išmaniuosiuose cheminiuose jutikliuose technologinę pažangą apžvelgė Aaryashree ir kt. [6]. Elektriškai autonominių nešiojamų prietaisų cheminiai jutikliai renka ir konvertuoja energiją įvairiais būdais, įskaitant baterijas ir superkondensatorius, saulės elementus, pjezoelektrinius ir triboelektrinius generatorius, šiluminės energijos rinktuvus ir kt. Sukaupta energija naudojama jutikliui ir kitoms prijungtomis sistemoms, pavyzdžiui, valdymo ir ryšio, maitinti.





## Išmaniųjų biologinių jutiklių taikymas ir charakteristikos

Paprasčiausias antimikrobinės apsaugos pritaikymas AAP yra polimerinių medžiagų ir pluoštų padengimas Ag nanodalelėmis arba azoto-halogeno makromolekulėmis (pvz., N-halaminu), kurios dezinfekuoja atvirus AAP paviršius. Shi ir kt. savo apžvalgoje [4] taip pat įtraukė reaguojančias funkcines medžiagas, galinčias generuoti reaktyviasias deguonies formas, kurios sunaikina arba deaktyvuoja patogenus. Įdomus šio tipo filtrų pritaikymas, pristatytas COVID-19 pandemijos laikotarpiu, naudoja TiO<sub>2</sub> nanolaidelius, kurių veiklą katalizuoja matoma šviesa. [8]. Jutiklis gali būti integruotas gaminant daugkartines apsaugines veido kaukes.

Didelio selektyvumo biologiniai išmanieji jutikliai, integruoti į AAP, leidžia stebėti ligų progresavimą ir, svarbiausia, biologinių pavojų poveikį. [9]. Pagrindinės biologinių pavojų kategorijos yra virusai, bakterijos ir toksinai. Atsižvelgiant į pavojaus tipą, kuriant biologinius išmaniuosius jutiklius naudojami tokie metodai - su fermentais susiję imunosorbento tyrimai (ELISA) ir polimerazės grandininė reakcija (PGR), leidžiantys nustatyti konkrečius patogenus. Sukurti elektrocheminiai išmanieji pirštinių jutikliai, skirti greitai aptikti *Pseudomonas aeruginosa*, o optiniai jutikliai gali aptikti bakterijas, pavyzdžiui, *Escherichia coli* [2]. Nguyen ir kt. [9] sukūrė biologinio jutimo sistemą, tinkančią nešiojamiems įrenginiams, skirtą aptikti nukleines rūgštis, susijusias su specifiniais patogenais bei metabolitus. Ši sistema buvo panaudota kuriant SARS-CoV-2 jutiklį, integruotą veido kaukėse, kuris aptinka virusą išmetamuose aerozoliuose.

## Išvados

Konkrečios į AAP integruotos jutiklių sistemos projektavimo metodas priklauso ir nuo pavojaus, į kurį kreipiamas dėmesys, ir nuo darbo aplinkos charakteristikų bei saugos standartų. Galutinis produktas turi būti patogus ir pritaikytas pagal atskirų darbuotojų poreikius bei pasiūlyti greitą ir tikslų aptikimą. Norint tai pasiekti, reikia atlikti kelis veiksmus: atlikti apklausas prieš projektavimą ir eksploatacinių savybių įvertinimo metu, parinkti tinkamas jutiklių medžiagas, suderinamas su AAP pagrindo audiniais ir integravimo metodais, taip pat įtraukti





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

efektyvias energijos gamybos sistemas. Norint sukurti galutinius komercinius produktus, reikia atlikti skirtingus išsamių laboratorinių ir lauko bandymų etapus. Įmanoma masinė labai selektyvių cheminių ir biologinių jutiklių gamyba, nustatant kelių rūšių pavojų, o per pastaruosius trejus metus laboratoriniu mastu buvo sukurta daug naujų perspektyvių jutimo sistemų, kurios šiuo metu yra eksperimentiniame etape. Biologinių išmaniųjų AAP jutiklių projektavimas ir gamyba paprastai laikomas didesniu iššūkiu ir buvo mažiau pažengęs prieš COVID-19 pandemijos protrūkį.

### Nuorodos:

1. D. Podgórski, K. Majchrzycka, A. Dąbrowska, G. Gralewicz, M. Okrasa (2017), Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), pp.1-20, doi:10.1080/10803548.2016.1214431.
2. J. L. Tsong, R. Robert, S. M. Khor (2023), Emerging trends in wearable glove-based sensors: A review, *Analytica Chimica Acta*, 1262, 341277, doi: 10.1016/j.aca.2023.341277
3. R. A. M. Basodan, B. Park, H.-J. Chung (2021), Smart personal protective equipment (PPE):current PPE needs, opportunities for nanotechnology and e-textiles, *Flexible and Printed Electronics*, 6, 043004, doi:10.1088/2058-8585/ac3a9.
4. J. Shi, H. Li, F. Xu, X. Tao (2021), Materials in advanced design of personal protective equipment: a review, *Material Today Advances*, 12, 100171, doi: 10.1016/j.mtadv.2021.100171.
5. L. Chang, J. Li, F. Wang, J. Shi, W. Chen, X. Tao (2021), Flexible stimuli-responsive materials for smart personal protective equipment, *Materials Science & Engineering R*, 146, , 100629, doi:10.1016/j.mser.2021.100629.
6. Aaryashree , S. Sahoo, P. Walke, S. K. Nayak, C. S. Rout, D. J. Late (2021), Recent developments in self-powered smart chemical sensors for





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

- wearable electronics, Nano-research, 14(11), pp. 3669-3689, doi:10.1007/s12274-021-3330-8.
7. K. K. Kazemi, T. Zrifi, M. Mohseni, R. Narang, K. Golovin, M. H. Zarifi (2021), Smart superhydrophobic textiles using a long-range antenna sensor for hazardous aqueous droplet detection plus prevention, ACS Applied Materials & Interface, 13(29), pp.34877-34888. Doi:10.1021/acsami.1c07880.
  8. E. Horváth, L. Rossi, C. Mercier, C. Lehmann, A. Sienkiewicz, L. Forró (2020), Photocatalytic Nanowires-Based Air Filter: Towards Reusable Protective Masks, Advanced Functional Materials, 30(40), 2004615, doi: 10.1002/adfm.202004615.
  9. P. Q. Nguyen, L.R. Soenksen, N. M. Donghia, N. M. Angenent-Mari, H. De Puig, A. Huang, R. Lee, S. Slomovic, T. Galbersanini, G. Lansberry, H. M. Sallum, E. M. Zhao, J. B. Niemi, J. J. Collins (2021), Wearable materials with embedded synthetic biology sensors for biomolecule detection, Nature Biotechnology, 39, pp.1366-1374, doi:10.1038/s41587-021-00950-3.





## Chapter 21: Į GALUTINĮ VARTOTOJĄ ORIENTUOTA IŠMANIŪJŲ JUTIKLIŲ, VALDIKLIŲ GAMYBA

*Olga Papadopoulou, CRETHIDEV, Greece*

**Santrauka:** Aprašyti pagrindiniai AAP išmaniųjų jutiklių ir valdiklių, orientuotų į galutinį vartotoją, projektavimo principai kartu su naujausia darbo vietos saugos kultūra ir rizikų valdymu. Išryškinamos aplinkos intelekto integravimo perspektyvos ir problemos, susijusios su sudėtingomis ir mažiau išvystytomis gamybos technologijomis.

### Įvadas

Išmaniųjų jutiklių ir valdiklių technologijų atsiradimas ir raida, išmaniųjų AAP prototipų gamyba ir pažangių skaičiavimo stebėjimo ir integravimo sistemų projektavimas per pastaruosius kelerius metus buvo įspūdingas. Antra vertus, pramoninės gamybos procesai, pagrįsti į galutinį vartotoją orientuotu metodu, vis dar nėra labai paplitę, o atitinkama mokslinė ir techninė literatūra yra ribota. Šiame skyriuje trumpai pateikiamos gairės, kuriomis remiantis turėtų būti kuriamos nešiojamųjų komponentų gamybos technologijos ir numatomos individualizuotų išmaniųjų AAP charakteristikos išmanios darbo aplinkos kontekste.

### Iššūkiai gaminant išmaniuosius AAP komponentus, orientuotus į galutinį vartotoją

Kaip jau buvo aprašyta ankstesniuose skyriuose, visų tipų AAP skirtų išmaniųjų jutiklių projektavimas pirmiausia turėtų būti pagrįstas darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimais bei profesinių grupių, kurios laikomos galutiniais naudotojais, darbo aplinkos sąlygomis..

Be to, į galutinį vartotoją orientuotas dizainas turėtų užtikrinti komfortą (dėl pritaikytų ergonomikos principų), sudaryti galimybę pritaikyti nustatymus pagal asmeninius poreikius, pageidavimus ir akivaizdžią poveikio riziką bei palengvinti



cre thi dev







2020-1-RO01-KA226-HE-095335

interaktyvų ryšį su stebėjimo ir valdymo sistemomis. COVID-19 pandemija paspartino sveikatos priežiūros darbuotojų išmaniųjų AAP pažangą. Manchanda ir kt. [1] savo darbu pateikia jutikliu reguliuojamų AAP pavyzdį individualiems naudotojams. Į galutinį vartotoją orientuota veido kaukė buvo sukurta derinant 3D spausdinimo technologiją ir daiktų interneto jutimo įrankius.

Į galutinį vartotoją orientuotų jutiklių ir valdiklių integravimas į intelektualią aplinką yra kitas žingsnis kuriant išmaniąją darbo aplinką. Verta paminėti orientacinius skaičiavimo sistemų ir tinklų pavyzdžius, kurie buvo sukurti, siekiant stebėti nešiojamų įrenginių perduodamus duomenis, sujungti išmaniuosius komponentus, apdoroti duomenis ir įvertinti riziką aplinkai. Bernalis ir kt. [2] sukūrė ir pristatė energetikos pramonės saugos platformą, kuri užtikrina stebėjimą realiuoju laiku ir sąveiką su nešiojamais AAP komponentais. Ši sistema sukurta taip, kad palaikytų į vartotoją orientuotus išmaniuosius nešiojamuosius įrenginius. Kitas Adjiski ir kt. [3] turimas pristatė saugos sistemą, sukurta siekiant patenkinti kasybos pramonės poreikius ir apsaugoti nuo atšiaurių požeminių darbo sąlygų ir galimų išvengti nelaimingų atsitikimų. Ją sudaro:

- AAP (drabužiai, apsauginiai akiniai, šalmai) su keliais pritvirtintais jutikliais, leidžiančiais aptikti pavojų aplinkai (dūmus, karščio ir triukšmo lygį, toksiškas dujas) ir fotoaparatai.
- išmanusis laikrodis, skirtas gyvybiškai svarbiems sveikatos rodikliams, vietai ir judėjimo greičiui stebėti, su įmontuotu magnetiniu metalo detektoriumi,

visa tai prijungta per „Bluetooth“ jutiklius prie išmaniojo telefono. Autoriai aprašė prototipo architektūrą ir personalizuotą saugą bei informaciją, kuri padėtų evakuoti ir gelbėti avarijos atveju.

Funkcinių AAP dizainas, pritaikantis visas išmaniųjų tekstilės gaminių, jutiklių ir valdiklių naujoves bei pažangiausias gamybos ir integravimo technologijas, yra vis sudėtingesnis.. Aiškus šio fakto patvirtinimas – buvusios ES direktyvos 89/686/EEB, kurioje aprašomos komercinės gamybos AAP specifikacijos,





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

techniniai reikalavimai ir sertifikavimo procedūros [4], pakeitimas šiuo metu galiojančiu ES reglamentu 2016/425. [5]. Suprantama, kad individualizuotų išmaniųjų AAP gamyba kelia papildomų techninių ir skaičiavimo iššūkių, kuriuos reikia spręsti pritaikant sudėtingas dizaino koncepcijas ir skirtingus prioritetus.

## Naujausios DSS rizikos valdymo tendencijos ir AAP gamybos technologijų gairės

Podgórski ir kt. [6] savo tyrime aprašė vykstančią tradicinių darbuotojų saugos ir sveikatos valdymo strategijų transformaciją.

Dabartiniai darbuotojų sveikatos ir saugos (DSS) valdymo prioritetai, kurie taip pat atsispindi visų tipų išmaniųjų AAP jutiklių ir valdiklių gamybos technologijose, yra orientuoti į:

- Dinaminį, realiu laiku atliekamą darbo aplinkos rizikos įvertinimą ir rizikos mažinimą
- Individualiems darbuotojams pritaikyta apsauga, atsižvelgiant į konkrečių pavojų poveikio lygius.

Stephanidis [7] teigia, kad pagrindinė į vartotoją orientuoto dizaino koncepcija yra sukurti patogų, interaktyvų produktą, kuris optimizuoja vartotojo patirtį.

Šiuo tikslu dizaineris turėtų dirbti pagal tokį darbo algoritmą:

- “Panirimas” į produkto naudojimo informaciją ir tiesioginės informacijos apie naudotojų profesinius profilius ir jų konkrečius poreikius rinkimas.
- Produkto funkcionalumo, specifikacijų ir reikalavimų nustatymas potencialiems klientams (organizacijoms) ir galutiniams vartotojams.
- Prototipų serijos gamyba
- Vartotojų vertinimas ir atsiliepiamai.



kauno technologijos universitetas



cre thi dev





2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Siekiant paremti išmaniųjų jutiklių ir valdiklių projektavimą ir masinę gamybą, pirmiau paminėtos koncepcijos turėtų būti suvokiamos ir kūrybiškai pritaikytos būsimose individualiems poreikiams pritaikytų išmaniųjų AAP gamybos technologijose. Į galutinį vartotoją orientuotas galutinis produktas labai priklauso nuo: (i) apklausų ir interviu sesijų skirtinguose prototipo kūrimo etapuose, taip pat komercinio gaminio projektavimo, gamybos ir bandymo (laboratorinio ir pramoninio masto) metu, (ii) nuoseklių produkto testavimo ir kūrimo etapų, (iii) mokymo procedūrų ir iv) laikinųjų ir prieinamų palaikymo sistemų kiekvienai darbo vietai ir kiekvienam specialistui [6].

## Išvados

Turimos projektavimo procedūros ir gamybos technologijos nėra pakankamai išplėtos, kad būtų galima palaikyti masinę į galutinius vartotojus orientuotų išmaniųjų AAP gamybą, kurie atitiktų labai griežtus DSS reikalavimus, keliamus daugelio ekonomikos sektorių ir saugumo specialistų. Pagrindiniai trūkumai yra:

- sunkumas veiksmingai įtraukiant papildomas skaičiavimo ir mechanines sistemas, būtinas individualiems vartotojams pritaikyti.
- nėra nusistovėjusių sujungimo technologijų, kurios užtikrintų kelių AAP komponentų (išmaniųjų medžiagų, miniatiūrinių prietaisų ir įvairios elektronikos) suderinamumą).
- neišsami techninė ir teisinė bazė standartiniams bandymams ir leidimų gaminti komercinius produktus išdavimui.

## Nuorodos

1. A. Manchanda, K. Lee, G. D. Poznanski, A. Hassani (2023), Automated adjustment of PPE masks using IoT sensor fusion, *Sensors*, 23, 1711, doi: 10.3390/s23031711.
2. G. Bernal, S. Colombo, M. Al Ai Baky, F. Vasalegno, Safety++: Designing IoT and Wearable Systems for Industrial Safety through a User Centered Design Approach, *PETRA '17: Proceedings of the 10th International Conference on*



kauno  
technologijos  
universitetas



cre thi dev





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Tekstilės skaitmeninimas, pagrįstas  
skaitmeniniu švietimu ir inovatyviais  
elektroniniais įrankiais



2020-1-RO01-KA226-HE-095335

Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, June 2017, pp. 163–170, doi:10.1145/3056540.3056557.

3. V. Adjiski, Z. Despodov, D. Mirakovski, D. Serafimovski (2019), The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin, pp.37-44, doi:10.17794/rgn.2019.14.
4. J. Geršak, M. Marčič (2013), The complex design concept for functional protective clothing, Tekstil, 62(1-2), pp.38-44
5. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/425/oj>
6. D. Podgórski, K. Majchrzycka, A. Dąbrowska, G. Gralewicz, M. Okrasa (2017), Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 23(1), pp.1-20, doi:10.1080/10803548.2016.1214431.
7. C. Stephanidis, Human factors in ambient intelligence environments, In: G. Salvendy (ed.), Handbook of human factors and ergonomics, Hoboken, New Jersey & Canada: Wiley, 2012, pp. 1354–1373.



[Jveskite čia][Jveskite čia][Jveskite čia]