

INTELLIGENTNE TEKSTILIJE IN OBLAČILA

¹Damjana Celcar, ²Jelka Geršak

¹Mura European Fashion Design, Proizvodnja oblačil, d.d., Murska Sobota, Slovenija

²Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Oddelek za tekstilstvo,
Maribor, Slovenija

Ključne besede: inteligentna oblačila, inteligentne tekstilije, področja uporabe

Izveček: Prispevek podaja pregled dosežkov pri razvoju inteligentnih tekstilij in oblačil, prav tako pa tudi namen in možnosti njihove uporabe. Ker so inteligentna oblačila kot odzivno-sporočilna oblačila kombinacija dodane elektronike, neelektronskih komponent in inteligentnih tekstilnih materialov, so v prispevku predstavljeni tudi inteligentni materiali, ki so nova generacija vlaken, prej in tekstilnih materialov, iz katerih se izdelujejo tovrstna oblačila. Nova generacija vlaken in tekstilnih materialov ter miniaturne elektronske komponente omogočajo izdelavo uporabnih inteligentnih oblačil, ki so obdržala običajen videz, le da je vanje vgrajenih več miniaturnih elektronskih naprav. Nosijo se kot vsakdanja oblačila, ki zagotavljajo pomoč v različnih okoliščinah s širokim spektrom uporabe. Predstavljene so tudi ciljne skupine uporabnikov tovrstnih oblačil, za katere bi se proizvodnja takšnih oblačil lahko začela.

Objavljeno v reviji TEKSTILEC, 2004; let. 47, št. 78, str. 232-242

Intelligent Textiles and Clothing

Key words: intelligent clothing, intelligent textiles, applications

Abstract: The paper gives an overview of achievements in the field of development of intelligent textiles and garments and their end-use. An intelligent garment is a combination of incorporated electronics, non-electronic components and intelligent textile materials. Intelligent materials, which are used for manufacture of intelligent garments, such as new generation fibres, yarns and textile materials are presented. These new materials and miniature electronic components enable production of really useful intelligent garments, which retain their conventional appearance but have electronic components incorporated. They are worn as everyday garments but provide help in many different situations with a wide range of applications. Target user groups for which production of intelligent garments could start are presented.

1.0 Uvod

Inteligentne ali pametne (angl.: smart) tekstilije so nova generacija tekstilnih vlaken, prej in izdelkov, narejenih iz njih, s širokim spektrom uporabe. Inteligentne tekstilije so po eni od definicij definirane kot materiali, ki so zmožni zaznati stimulanse okolja, se nanje odzivati ter se jim prilagoditi /1/. Ti stimulansi, kot tudi reakcije, so lahko električnega, toplotnega, kemičnega, mehanskega, magnetnega in drugega izvora. Glede na način odzivanja delimo inteligentne materiale v tri skupine /1/:

- pasivni inteligentni materiali, ki lahko le zaznavajo stimulanse zunanjega okolja, torej delujejo kot senzorji,
- aktivni inteligentni materiali, ki lahko zaznavajo stimulanse okolja in se nanje odzivajo, torej imajo funkcijo senzorjev in aktuatorjev (sprožilcev) ter
- visoko inteligentni materiali, ki lahko zaznavajo, se odzivajo in se prilagodijo stimulansom zunanjega okolja.

Na trgu se že uveljavljajo številni tekstilni materiali, ki kažejo »inteligentno« obnašanje: npr. uravnavajo toplotno ravnotežje telesa, spreminjajo barve z namenom izboljšanja počutja, nas v primeru športnih aktivnosti ohranjajo suhe, preprečujejo potenje, nas varujejo pred nevarnim sevanjem, itd. K hitremu razvoju inteligentnih tekstilij je pripomogla predvsem vojaška industrija, ki uporablja tekstilije v različne namene, npr. v ekstremnih razmerah za jakne ali uniforme, ki spreminjajo barve za izboljšanje kamuflažnih

učinkov /2/; izredno hiter razvoj in prodor elektronskih naprav v različnih izvedbah in funkcijah pa je privedel do ideje o vključevanju teh proizvodov tudi v oblačila in s tem do nastanka t.i. inteligentnih oblačil.

V nadaljevanju bodo predstavljeni inteligentni materiali in oblačila z uporabnega vidika in nakazane ciljne skupine uporabnikov.

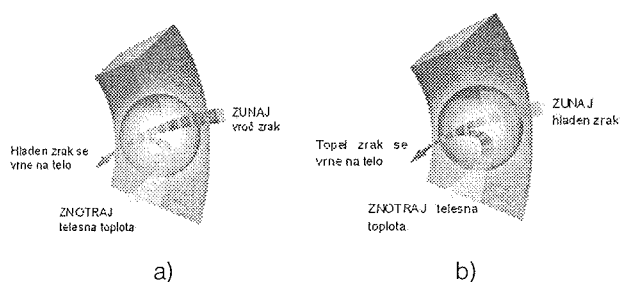
2.0 Inteligentni tekstilni materiali

Inteligentni tekstilni materiali, ki so zmožni zaznati stimulanse okolja, se nanje odzvati ter se jim prilagoditi, imajo čedalje pomembnejše mesto v raziskavah, ki so usmerjene v iskanje novih funkcionalnih lastnosti tovrstnih materialov.

Ena pomembnih lastnosti inteligentnih materialov je vsekakor možnost uravnavanja telesne temperature z dinamičnim shranjevanjem in sproščanjem toplote v temperaturnem območju blizu temperature kože (od 29 do 35 °C) s spreminjanjem agregatnega stanja iz trdega v tekoče in nazaj. Za ta namen so bili razviti t.i. materiali PCMs (PCMs, angl. Phase Change Materials), ki so pri določeni temperaturi izpostavljeni faznemu prehodu. To so materiali z vgrajenimi mikrokapsulami PCMs v vlakna, netkane tekstilije ali pene. Aktivna substanca v mikrokapsuli PCM so lahko različni parafinski voski, pri katerih se izkorišča sprememba toplote, ki jo aktivna substanca sprosti oz. prejme pri spremembi

agregatnega stanja trdo-tekoče in nasprotno, po čemer so tudi dobili ime PCMs. Med spremembo agregatnega stanja mikrokapsula PCMs prejme in akumulira razmeroma velike količine toplote iz svojega okolja. Med ohlajanjem se nakopičena toplota sprosti in s tem pomaga vzdrževati stalno telesno temperaturo /2, 3, 4/. Pionir na področju razvoja tehnologije vgrajevanja mikrokapsul PCMs v vlakna PAN je ameriška družba Triangle Research and Development Corporation (TRDC), ki je za Naso razvila prvi material PCMs pod zaščitnim imenom Outlast®, in sicer za astronautska oblačila /3/.

Vlakna z vgrajenimi mikrokapsulami PCMs so sposobna absorbirati odvečno toploto, jo shraniti in sprostiti oziroma vrniti telesu, ko jo le-to potrebuje. Poskrbijo torej za aktivno toplotno izolacijsko delovanje. Če npr. telo proizvaja več toplote, kot je sloji oblačila lahko odvajajo v okolje, to odvečno toploto PCMs sprejme oz. absorbira in jo shrani (skladišči); kar človeku daje osvežujoč občutek, slika 1a. Nasprotno pa se pri mirovanju, ko zaradi temperaturne razlike v okolju temperatura telesa pada, odvajanje toplote zmanjšuje, mikrokapsule PCMs sprostijo uskladiščeno toploto, kar daje toplejši občutek, slika 1b. Materiali PCMs, ki shranjujejo ali sproščajo toploto, ko jo telo potrebuje, se uporabljajo za izdelavo oblačilnih predmetov, kot so vetrovke, bunde, jakne, telovniki, športna in smučarska oblačila, delovna oblačila (gasilske uniforme, potapljaška, vojaška in astronautska oblačila), rokavice, nogavice in spodnje perilo. Lahko se uporabljajo tudi pri posteljnih vzmetnicah in v medicinske namene za obveze, pri opeklinah ter za vroče/hladne terapije /1, 3, 5/.



Slika 1: Uravnavanje telesne temperature z materiali PCMs; a) absorbiranje odvečne toplote b) sproščanje toplote /5/

Naslednji tip inteligentnih tekstilij so materiali z oblikovnim spominom (angl. Shape Memory Materials). To so materiali, ki se na spremembe okolja, tj. temperature ali pH medija, odzovejo s spremembo oblike. To pomeni, da imajo sposobnost vrniti se v neko prej definirano obliko oz. imajo sposobnost »zapomniti« si obliko, sproženo pri toplotnem učinku skozi deformacijsko povrnitev. Na splošno se ti materiali pri nizki temperaturi deformirajo in pri visoki temperaturi povrnejo v svojo prvotno obliko, tj. v obliko pred deformacijo. Uporabljajo se za izboljšanje toplotnega in vlažnostnega uravnavanja funkcionalnih oblačil, kot so športna oblačila, zaščitna oblačila pred mrazom ali toploto, ter za vojaška zaščitna oblačila /6/. Mitsubishi Heavy

Industries je razvil nov tip inteligentnega materiala z dimenzijskim spominom za vrhnja oblačila, namenjena aktivnim športnikom. Na poliuretanu temelječi polimerni material z dimenzijskim spominom, imenovan DIAPLEX, je viskokočinkovit material, ki zagotavlja udobnost nepremočljivih oblačil /7/. Za ohranjanje udobne mikroklimе znotraj oblačila je diaplex izdelan tako, da reagira pri temperaturi prehoda, kar prilagodi razmere materiala spremembam notranjega in zunanjega okolja. Ko prihaja do aktivnosti ali sprememb v zunanjem okolju, material avtomatično postane ali bolj vodoodporen ali pa bolj vodoprepusten. Diaplex bi torej lahko imenovali kot material, ki obvlada samega sebe. Del Diaplexa je ultra tanka neporozna polimerna membrana. Kot rezultat toplotnega gibanja (ki nastaja znotraj membrane pri vnaprej določeni aktivacijski točki temperature) nastajajo mikropore v membrani, kar omogoča molekulam vodne pare in telesni toploti prehajanje skozi mikropore v zunanost. Diaplex torej poskrbi za kombinacijo toplotne izolacije in zračne prepustnosti ali prepustnosti vodne pare, saj tedaj, ko je temperatura telesa nizka, omogoča oz. služi za zmanjšanje prepustnosti in preprečitev vstopa zračnih in vodnih molekul skozi membrano, kar omogoča ohranjanje telesne toplote. Ko pa temperatura telesa narašča, toplotno gibanje aktivira mikropore med molekulami membrane ter poveča prepustnost, tako da vodna para in telesna toplota lahko prehajata v zunanje okolje, s čimer se zagotovi optimalno udobje /7/.

Materiali, ki prav tako izkazujejo inteligentno obnašanje, so t.i. barvno aktivni materiali, ki glede na zunanje okoliščine povratno spreminjajo barvo /2/. Poznamo različne vrste barvno aktivnih materialov, ki jih glede na dejavnike, ki vplivajo na spremembo barve, delimo na /2/:

- foto barvno aktivne materiale: odzivajo se na svetlobo,
- toplotno barvno aktivne materiale: odzivajo se na toploto,
- elektro barvno aktivne materiale: odzivajo se na električne impulze,
- (barvno) aktivne materiale, ki se odzivajo na tlak,
- tekočinsko barvno aktivne materiale: odzivajo se na tekočine ter
- barvno aktivne materiale, ki se odzivajo na elektronske žarke.

Pri foto barvno aktivnih materialih se barva spremeni v stiku s svetlobo (material absorbira svetlobo in pri tem spremeni barvo). Poznamo foto barvno aktivne materiale, ki spremenijo barvo v stiku z vidno svetlobo, in materiale, ki spremenijo barvo v stiku z UV svetlobo. Foto barvno aktivni materiali se lahko uporabljajo za izdelovanje »pametnih« oken (angl. smart windows), ki spreminjajo barvo, za računalniške prikazovalnike in drugo elektroniko, za vzvratna ogledala v avtomobilih in tovornjakih, foto-kromove leče za sončna očala, nove tipe svetlobnih detektorjev, optična stikala itd. /8/. Poleg navedenih materialov so zdaj na voljo tudi barvno aktivna odzivna vlakna, to so vlakna, ki spremenijo barvo, in vlakna, ki postanejo nevidna. Vlakna oz. preja za tkanje

in pletenje prav tako temeljijo na foto barvno aktivnem efektu, saj prvotno beli material ob izpostavitvi zunanji dnevni svetlobi spremeni barvo. Sedem prvotno belih barv se lahko spremeni v rumeno, modro, vijoličasto, škrlatno, barvo lubenice in morsko zeleno barvo. Na trgu so že tudi štiri nova barvila, ki omogočajo v stiku s svetlobo spremembo iz ene barve v drugo, npr. rumene v oranžno, barvo breskve v barvo vina, turkizno v modro-vijoličasto in svetlo rožnato v temno rožnato /9/. Tekočinsko barvno aktivni materiali pa spreminjajo barvo, ko pridejo v stik s tekočino, npr. z vodo. Ti materiali se ponavadi uporabljajo za kopalna oblačila. Nedvomno najpomembnejše področje uporabe barvno aktivnih materialov je področje modnih oblačil, za oblikovanje zanimivih kreacij, ki spreminjajo barvo v odvisnosti od količine svetlobe. Barvno aktivna vlakna zaradi svoje presenetljive in zanimive narave povečujejo zanimanje ljudi za tovrstne materiale. Za uvajanje teh vlaken v vsakdanje življenje je posebej pomembno dokazati njihovo obstojnost na svetlobi /2/.

Električno prevodni materiali so materiali, katerih električna prevodnost je večja od 10^4 S/cm ($S=1\Omega^{-1}$). To so materiali z visoko vsebnostjo kovin (kovinska vlakna oz. niti iz taljivih kovin, kot so žlahtne kovine in Al, Pb, Fe, Cu, Ni ter zlitine-bromi in medenine) ter elektroprevodni polimeri. Čeprav je na trgu veliko tržnih različic prevodnih materialov, imajo vsi enake ali podobne lastnosti. So lahki, trpežni, prožni in stroškovno konkurenčni. Dve od pomembnih lastnosti prevodnih materialov sta elektromagnetna zaščita in električna prevodnost, zahvaljujoč njihovim posebnim zgoraj omenjenim lastnostim /2/. Raziskovalni tim podjetja *ElekSen* iz Londona, ki dela na razvoju prevodnih materialov, materialov, občutljivih na tlak, elektronike, računalniške programske opreme in proizvodnega inženirstva, je razvil t.i. tehnologijo *ElekTex* /10/. Gre za visoko spreminljivo in inventivno tehnologijo, ki zagotavlja osnovo za mehke, prilagodljive in prijazne vmesnike med uporabnikom in elektronskimi napravami. Tehnologija je kombinacija senzorskih materialov *ElekTex*, elektronike *ElekTex* in programske opreme. Ta struktura materiala lahko natančno zazna položaj na treh oseh (X, Y, Z) znotraj strukture materiala, debeline, manjše od 1 mm. Struktura materialov *ElekTex* torej ne zaznava samo položaja X-Y (položaja mesta oz. točke delovanja tlačne sile oz. dotika, npr. pritisk prsta), ampak tudi intenziteto tlačne sile (položaj oz. točke delovanja sile), torej Z-os /10/.

Uporaba materialov, občutljivih na dotik oz. tlak, je raznolika. Ena izmed možnosti je izdelovanje nočnega perila iz tovrstnih materialov, ki bi med spanjem merili tlačne sile telesa na površino ležišča. Na mestih delovanja največjih tlačnih obremenitev bi bilo mogoče skupaj z ležiščem uravnati ravnino površine ležišča. Tako bi se na mestih največjih tlačnih obremenitev upogibala površina ležišča tako dolgo, dokler se tlačne obremenitve ne bi izenačile, s čimer bi se povečala udobnost spanja, hrbtenica pa bi se postavila v pravi položaj. Na podoben način bi bilo mogoče meriti tudi tlačne sile, torej tlačno obremenitev na avtomobilskih sedežih, ki bi se električno uravnavala tako dolgo, dokler se tlak, s katerim telo deluje na naslon in

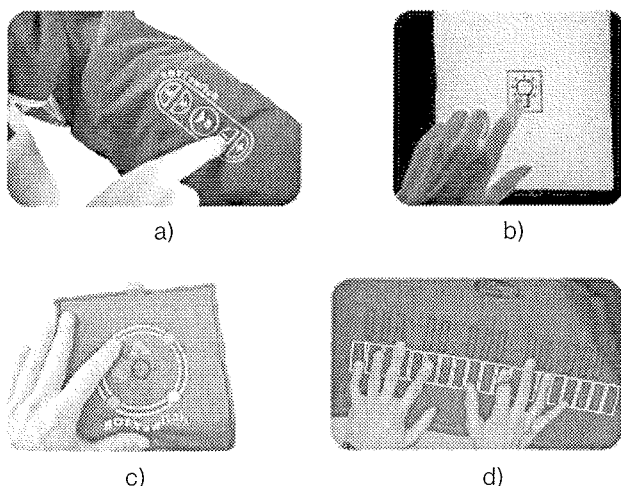
površino sedala, ne bi izenačil in povečal udobnost vožnje predvsem na daljših razdaljah.

Za zaznavanje delovanja in merjenje intenzitete tlačne sile ter položaja delovanja sile je podjetje *ElekSen* razvilo prožno, upogljivo tipkovnico *ElekTex*, vgrajeno v tekstilni material. Današnji materiali za tipkovnice so v glavnem trdi ali poltrdi materiali v obliki plastičnih ali tiskanih membranskih stikal, ki se najpogosteje montirajo na trdo podlago.

Mehko-stikalna tehnologija t.i. tehnologija **SOFTswitch** materialu omogoča delovati kot elektronska naprava. V resnici to pomeni, da so lahko mehki in fleksibilni materiali uporabljeni na področju konvencionalnih trdih, plastičnih tipkovnic, stikal in gumbov. Materiali *SOFTswitch* so občutljivi na dotik, tako da se lahko uporabljajo za nadzor in zaznavo tlaka. Lahko neposredno sodelujejo s katerim koli tipom elektronske naprave brez potrebnega podajanja znakov ali softverske interpretacije. Povezava med človekom in napravami postaja torej čedalje bolj mehka; otipljiva in nosljiva elektronika predstavlja del oblačila, ki ga nosimo. *SOFTswitch* materiali so izdelani z združevanjem lahkih prevodnih materialov z zelo tankim slojem kompozitnega materiala, ki skrbi za delni nadzor elektronskih naprav in preprosto preklapljanje *on/off*. Tekstilne stikalne naprave so izdelane za sodelovanje s katero koli elektronsko napravo, kar je ponavadi izvedeno z uporabo stikal, tipkovnic, gumbov, senzorjev itd.

Ključna komercialna uporabna področja mehko-stikalnih izdelkov *SOFTswitch* so: »elektronika, ki jo oblečemo« (angl. *wearable electronics*), kot so mehka tipkovnica, jakna z mehko tipkovnico in rokavice, ki omogočajo medsebojno brezžično komuniciranje z elektronskimi napravami v našem domu, v avtu ali na delovnem mestu; odzivno-sporočilne notranje površine, kot so stikala za luč, TV daljinec in druga stikala, ki so vgrajena v notranjost tekstilij v našem domu ali na delovnem mestu za nadzor osvetlitve, varnosti, temperature idr. elektronskih naprav; fleksibilne računalniške in igralne naprave, kot so miška, tipkovnica in kontrolna konzola, ki omehčajo plastične komponente ter jih s tem naredijo za uporabnika bolj prijazne; izdelki za učenje (igračice, glasbila in senzorji tlaka, kamor sodijo medicinski materiali občutljivi na tlak, športna oblačila in avtomobilski sedežni senzorji. Nekatere inteligentne proizvode, izdelane iz *SOFTswitch* materialov prikazuje slika 2 /12, 13/.

Velik pomen lahko danes pripišemo tudi **tekstilijam z elektromagnetno zaščito oz. zaščito pred elektrosmogom**. Elektrosmog se lahko definira kot skupni pojem za vsa namerno povzročena električna in magnetna polja, ki nastopajo oz. izstopajo tam, kjer teče električni tok ali nastaja električna napetost in pogosto povzroča zdravstvene težave pri občutljivih ljudeh, starejših in bolniških, npr.: utrujenost, stres, depresija, glavobol, nespečnost, nervoza, vedenjske motnje pri otrocih, visok krvni tlak, motnje spanja itd. Nevarno elektromagnetno valovanje oddajajo številne električne in elektronske naprave, ki nas obdajajo na delovnem mestu, kot tudi v zasebnem življenju, npr. računalnik in druge računalniške ter pisarniške



Slika 2: Mehko-stikalni izdelki SOFTswitch /13/
a) jakna z mehko tipkovnico, b) stikalo za luč,
c) računalniška miška, d) klaviatura

naprave, gospodinjstvi aparati, radijske in televizijske naprave, mobilni in brezžični telefoni, javna prevozna sredstva, radarji, medicinska in industrijska oprema, naprave za distribucijo in uporabo električne energije itd. Za zaščito pred električnim poljem se lahko uporabljajo elektroprevodni materiali, kot so kovinska vlakna, pred magnetnim poljem pa t.i. feromagnetni materiali, kot so npr. železovi in nikljevi delci oz. prah. Na trgu so že različni materiali, ki pa največkrat varujejo le pred nizkofrekvenčnim poljem, ne pa pred magnetnim /14/. Po nekajletnem raziskovanju je švicarski firmi *Swiss Shield* /16/ iz Fluma uspelo v sodelovanju s strokovnjaki z različnih področij razviti tanko fino tekstilijo, ki prvič učinkovito varuje pred električnim in elektromagnetnim sevanjem. Deluje po principu Faradayeve kletke. Rešitev so našli v 0,02 mm tanki kovinski niti, ki je skupaj z vlakni oplaščena v nit. Kot las tanka bakrova nit je posrebrana in z bombažnimi ali PES vlakni oplaščena tako, da nastane oplaščena nit s prevodnim jedrom. Tkanina *Swiss Shield®* je tako stkana, da nastane zelo fina, za oko neopazna kovinska rešetka. Le-ta deluje kot ogledalo, ki odbija vpadne žarke več kot 99-odstotno. Tkanina je svetovno patentno-pravno zaščitena in optimalno varuje pred elektromagnetnim valovanjem (z 90 – 99-odstotnim učinkom zaščite) ter široko paleto uporabe. Je zelo tanka in prosojna, pralna pri 30 °C, prožna ter dosegljiva v različnih dizajnih (v različnih barvah in tisku) in se enostavno predeluje za različne namene uporabe, npr. za zaščitna in delovna oblačila, zavese, baldahine in predelne stene, posteljno perilo, zaščitne sisteme za tla, stene in strop, zaščitne sisteme za industrijsko varnost itd. /15/.

Poleg navedenih je potrebno omeniti tudi *Tekstino, d.d.*, v Ajdovščini, ki je razvila novo blagovno znamko tkanin in prej bombažnega tipa, imenovano *Tekstim*, ki učinkovito ščitijo pred škodljivimi elektromagnetni sevanji (EMS). Tkanine in preje *Tekstim* bombažnega tipa imajo vgrajena nerjaveča kovinska vlakna, ki ščitijo pred škodljivim EMS tako, da odbijajo okrog 80 % vpadnega signala EMS v frekvenčnem območju 10 do 1000 MHz. Visokofrekvenčno

območje od 10 do 1000 MHz je praktično območje vseh visokofrekvenčnih virov EMS, kamor spadajo radio, TV, vsi oddajniki, radiodifuzija, mobilni telefoni, bazne postaje, radarji, repetitorji in drugi oddajniški sistemi. Raziskave učinkovitosti slabljenja tovrstnih metaliziranih tkanin so potrdile uporabnost teh tudi za ljudi z vgrajenimi elektronskimi implantanti ali srčnimi spodbujevalniki /16/. Preje in tkanine *Tekstim* so namenjene izdelovanju lahkih zaščitnih oblačil, dnevnih oblek, spodnjega perila, dekorativnih tkanin in drugih zaščitnih izdelkov /16/.

K inteligentnim tekstilijam prištevamo tudi **optična vlakna**, ki se v tekstilnih izdelkih uporabljajo v dva različna namena, in sicer za optične senzorje za merjenje temperature, tlaka in prisotnih plinov, ter kot vlakna, ki so sposobna prenašati svetlobni signal na velike razdalje. Na hongkonški *Polytechnic University* so razvili različna sredstva za uporabo optičnih vlaken, namenjena merjenju tlaka in temperature v kompozitnih materialih. Steklена optična vlakna v tekstilnih strukturah pa se uporabljajo tudi za izdelovanje gibkih prikazovalnikov. Ti prikazovalniki temeljijo na tkanih, izdelanih iz optičnih vlaken in klasičnih prej. Video zasloni LCD ali CRT niso primerni za vgrajevanje v inteligentna oblačila zaradi svoje notranje togosti ter precej velike prostornine in svoje teže. Novi tekstilni gibki prikazovalniki olajšajo, poenostavijo in premostijo slabe strani teh težkih zaslonov. Razvoj fleksibilnih prikazovalnikov, ki temeljijo na optičnih vlaknih, odpira nova področja, kot so inteligentna in komunikacijska oblačila, avtomobilska in hišna oprema ter dekorativna oprema. Prototip optičnega prikazovalnika (OFFD, angl. *optical fibre flexible display*) je bil predstavljen na *Avantexu 2002* /17/.

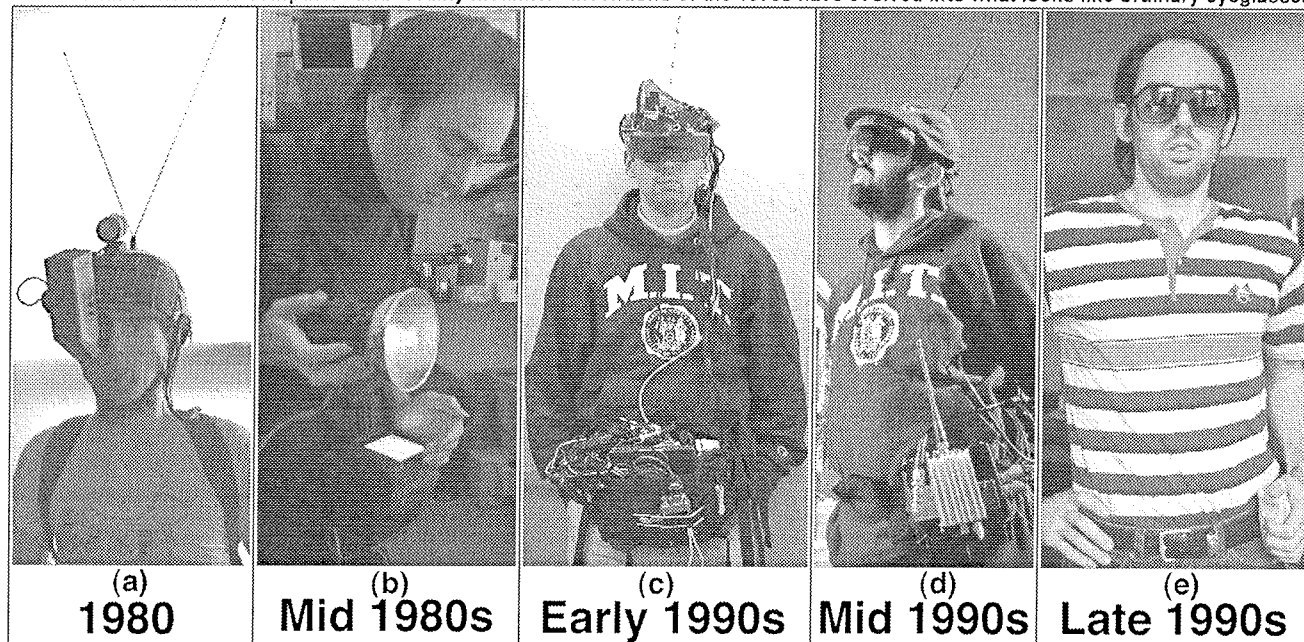
3.0 Razvoj inteligentnih oblačil

Ljudje uporabljamo več in več elektronskih izdelkov; mobilne telefone, prenosne računalnike, dlančnike, osebne hi-fi naprave in še marsikaj drugega. Izredno hiter razvoj in prodor elektronskih naprav v različnih izvedbah in funkcijah je privedel do zamisli o vgrajevanju teh izdelkov tudi v oblačila.

Tako zasledimo prve vgrajene mikroročunalnike v oblačila in s tem razvoj prvih t.i. inteligentnih oblačil že v poznih 70. letih prejšnjega stoletja. Tedaj je bil tudi prvič vpeljan pojem »nosljiv računalnik« (angl. *wearable computer*), in kasneje pojem »pametno« oblačilo (angl. *smart clothing*). Številni strokovnjaki, ki se ukvarjajo s tekstilnimi materiali in oblačili, pojmujejo leto 2000 kot obdobje prvega izrazitega pojava t.i. inteligentnih oblačil; to so oblačila, ki kažejo lastnost »inteligentnega«, odzivnega obnašanja.

Številni raziskovalci, ki sodelujejo pri razvoju inteligentnih oblačil, štejejo *Steva Manna* za idejnega ustvarjalca tovrstnih oblačil, saj se je v poznih 70. oz. zgodnjih 80. letih prejšnjega stoletja začel zanimati za brezžične računalniške sisteme, ki bi se lahko nosili na telesu /18/. Prvi njegov prototip oz. izdelek »v oblačilo vgrajenega računalnika« je nastal v 80. letih prejšnjega stoletja. Nekoliko čuden prvi

Steve Mann's "wearable computer" and "reality mediator" inventions of the 1970s have evolved into what looks like ordinary eyeglasses.



Slika 3: Prototip „nosljivega računalnika“ skozi leta razvoja /18/ a) zgodnja 1980, b) sredina 80. leta c) zgodnja 90. leta, d) sredina 90. let, e) pozna 90. leta

prototip z 1,5-palčnim zaslonom CRT je morala podpirati kolesarska čelada in je lahko prikazoval le 40 znakov besedila. Čelado je pozneje nadomestil pas, v katerega so bile vgrajene komunikacijske naprave. V zgodnjih 90. letih je nastal udoben in praktičen sistem na podlagi očal (z 0,6-palčnim zaslonom CRT), ki so se pozneje spremenila v sodobnejši vizir, kjer je sporazumevanje omogočila antena, vgrajena v pokrivalo. V sredini 90. je nastal prototip, ki združuje komercialno dosegljiv prikazovalnik izdelovalca Kopin (ameriški izdelovalec naglavnih prikazovalnikov) skupaj s komercialno dosegljivo celično komunikacijo. Prototip, ki je nastal v poznih 90., je skoraj neločljiv, sestavljen iz naglavnih očal in računalnika, ki ga oblečemo pod majico. Slika 3 prikazuje razvoj Mannovega prototipa »računalnika, ki ga oblečemo« (*wearable computer*) /18/.

S. Mann se že od 1980. leta kot avtor raziskovalnega projekta na *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) v Cambridgeu ukvarja z raziskovanjem in možnostmi reševanja tehničnih problemov nemotene uporabe računalnikov in njihovih zunanjih enot, vgrajenih v oblačila. Iz raziskav v letih 1980-1996 je videti, kako se z razvojem računalniške tehnike in opreme zmanjšujeta teža in dimenzije računalniških komponent, rastejo pa njihove procesne zmogljivosti ob nenehnem zniževanju proizvodnih stroškov. Pri tem je prišel do spoznanja, da so računalniki dovolj majhni za vgradnjo v oblačilne predmete in da je njihova vgradnja zelo praktična, saj jih lahko ves čas uporabljamo, uporabnikom pa jih ni treba nositi v posebnih torbah. S. Mann je tako postal avtor imena *wearable computer* tj. računalnika, vgrajenega v oblačila in kasneje tudi pojma *smart clothing* (pametna oblačila). Poleg tega je postavil niz zahtev in funkcij, ki bi jih tovrstna oblačila morala vsebovati oz. bi morala biti obvezno opremljena z zmogljivim PC računalnikom z

vgrajenimi kamerami, računalniškimi kazalci in drugimi senzorji, ki so mrežno in brezžično vezani na internetno omrežje /18, 11/.

Nova vlakna in tekstilni materiali ter miniaturne elektronske komponente omogočajo izdelavo resnično uporabnih inteligentnih oblačil, ki so obdržala običajen videz, le da je v njih vgrajenih več miniaturnih elektronskih naprav, ki se v veliki meri uporabljajo v vsakdanjem življenju in so nastale kot posledica intenzivnega tehnično-tehnološkega razvoja elektronike, še posebej miniaturizacije elektronskih komponent. Nosijo se kot vsakdanja oblačila, ki zagotavljajo pomoč v različnih okoliščinah s širokim spektrom uporabe /19/.

3.1 Prva inteligentna oblačila

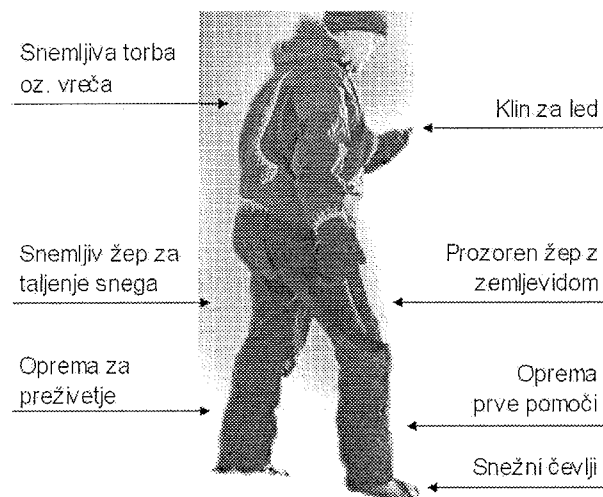
Od leta 1998 se z razvojem inteligentnih oblačil ukvarja večje število podjetij. Tako delujejo znana podjetja, kot so Reima-Tutta, DuPont, Nokia, Polar Electro, Suunto idr., v okviru projekta »**Smart Clothing project**«, ki so v sodelovanju z raziskovalno skupino s Tampere University of Technology in University of Lapland iz Finske konec marca 2000 predstavila *prototip inteligentnega oblačila*, namenjenega predvsem *voznikom motornih sani* (angl. *snowmobile*) /19/. Oblačilo je bilo razvito za primere, ko se uporabnik izgubi v arktičnem območju, pade v hladno reko ali jezero, doživi nesrečo ali okvaro na snežnih saneh, se znajde v temi, doživi nenaden napad kakšne bolezni ali pa v primeru podhladitve. Inteligentno oblačilo za voznike motornih sani je sestavljeno iz dveh spodnjih oblačil, zaščitnega telovnika ter jakne in hlač. Oblačilo je zmožno dajati sporočila o zdravju, lokaciji in gibanju uporabnika. Z različnimi vgrajenimi senzorji je mogoče spremljati uporab-

nikovo zdravstveno stanje in položaj gibanja. Če uporabnik doživi nesrečo ali naleti na kakšno drugo nenormalno okoliščino, oblačilo avtomatično pošlje sporočilo v bolnišnico z informacijami o splošnem stanju uporabnika ter o tehničnih ali drugih težavah. Sporočilo vsebuje trenutne koordinate uporabnikovega položaja in podatke o fizioloških parametrih uporabnika. Funkcionalna arhitektura je dovršena z uporabo navigacijskega sistema GPS, telefona GSM za komuniciranje, pozivnika SOS in kompasa. Senzorski sistem je sestavljen iz tipala za merjenje srčnega utripa, treh senzorjev za določanje položaja in gibanja, desetih tipal za merjenje temperature, enega elektroprevodnega senzorja in dveh parov senzorjev zaznave. Pozivnik SOS se lahko aktivira ročno ali avtomatsko s spremljanjem telesnih funkcij, ki prikazujejo potrebo po pomoči. Oblačilo ima osnovne lastnosti določanja točne lokacije (skozi koordinate 3 do 12 satelitov), komunikacije in zaščite v hladnih okoliščinah. Skupaj z vgrajeno opremo oblačilo tehta 4,5 kg. Elektronski dodatki so vgrajeni v notranjost oblačila, da so blizu površine telesa, s čimer so zaščiteni pred nizkimi temperaturami, čeprav delujejo do temperature -20°C . Oblačilo je sestavljeno iz treh slojev toplotne zaščite, od katerih se lahko notranji sloj ob telesu, še električno ogreva. Oblačilo, ki omogoča ohranjanje telesne toplote in je zračno prepustno ter hkrati neprepustno za vodo in vremenske vplive, je izdelano iz materialov outlast (material PCMs) in gore-tex. Sprejemne in oddajne antene so izdelane iz električno prevodnih vlaken. V oblačilo je vgrajena baterija, ki omogoča 24-urno neprekinjeno delovanje in se lahko napolni prek napetostne vtičnice na snežnih saneh. Posebna zanimivost so vgrajene naprave, ki lahko zaznajo trčenje, padec, gibanje ali mirovanje ponesrečene osebe, in drugi senzorji, ki spremljajo delovanje srca in utripa ter telesne temperature med reševanjem ponesrečenega.

Oblačilu za pomoč uporabniku v nesrečah ali za zaščito oblačilnih funkcij so dodane različne neelektronske posebnosti. To so npr. snemljiva neprepustna in nepremočljiva torba oz. vreča, ki uporabnika štiri ure varuje pred podhladitvijo, snemljiv negorljiv žep za taljenje snega (za pridobivanje vode), prva pomoč, prozoren žep z zemljevidom itd. Na sliki 4 so prikazane posebnosti polarnega inteligentnega oblačila /1, 19, 20/.

Oktober 2001 je finska oblačilna družba **Reima** predstavila prvo inteligentno oblačilo v evropskih državah, t.i. Reima Smart 3305. Mobilni telefon, povezan z miniračunalnikom, zvočnikom in mikrofonom, je integriran v jakno in omogoča boljše komuniciranje med skupino, na primer deskarjev na snegu. Prvo komercialno oblačilo Reima Smart 3305 je izdelano za enostavno sporazumevanje in je nekakšen »oblečen« dodatek k telefonu GSM. Uporablja se za pošiljanje glasovnih sporočil med skupino uporabnikov /20/.

Podjetji **Lewi's** in **Philips**, ki sodelujeta pri projektu, sta prehitela družbo Reima in dala na trg svojo prvo kolekcijo oblačilnih izdelkov z integrirano računalniško mrežo. Lewi'sove ICD+ jeans jakne z integrirano komunikacijsko



Slika 4: Posebnosti polarnega inteligentnega oblačila /20/

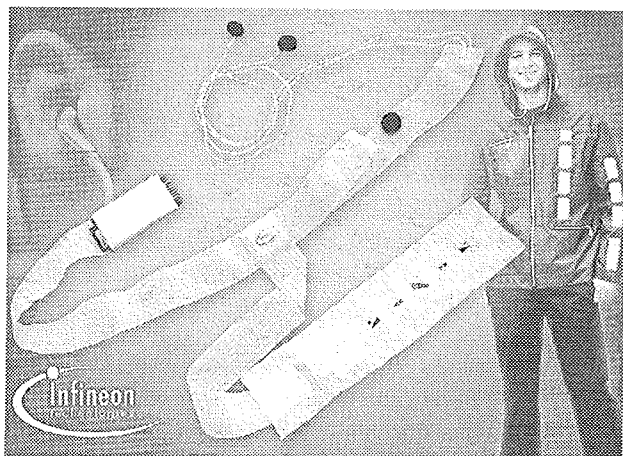
mrežo, ki uporabniku omogočajo stalno povezanost z internetom, so bile že jeseni leta 2000 na trgu (za 990 EUR). Oblačila, blagovne znamke Lewi's ICD+ (Industrial Clothing Division), imajo vgrajen mikrofonski, slušalke, vstavljene na ovratniku jakne, Philipsov mobilni telefon in prenosni MP3-predvajalnik. Philips je posebej za ta oblačila razvil komunikacijski sistem z daljinskim upravljanjem, ki uporabniku omogoča preprosto uporabo mobilnega telefona in MP3-predvajalnika. Pred pranjem oblačila prenosni telefon in MP3-predvajalnik preprosto odstranimo /21/.

Na Avantexu 2002 je bilo predstavljenih kakih 100 novosti na področju t.i. high-tech oblačil, med njimi tudi **Infineon Technologies AG**. Infineon Technologies je aprila 2002 prvič predstavil rešitve za t.i. *wearable electronics* (v oblačilo integrirano elektroniko) in inteligentne tekstilije. Poleg tega je predstavil tehnično dovršene, robustne in delovno sposobne prototipe z mikroelektronskim vezjem, vgrajenim v inteligentne tekstilije oz. oblačila. V kategoriji novih t.i. high-tech oblačil je Infineon prejel nagrado za *miniaturni termogenerator*, ki izrablja temperaturno razliko med površino telesa in obdanim oblačilom, za pridobivanje električne energije. Ker ljudje proizvajamo energijo v obliki telesne toplote (nekateri celo nekaj 10 W) so raziskovalci Infineona del te energije poskusili uporabiti oz. izrabiti. To so jim omogočili polprevodni materiali, kot je silicij, ki ustvarja električno izhodno moč nekaj mW/cm². Za doseganje visoke temperaturne razlike so termogeneratorji neposredno združeni s tkanino, da dosežejo dober toplotni kontakt s kožo. Dve majhni bakreni ploščici (prevlečeni s srebrom ali zlatom) sta nameščeni, ena na zunanji, druga na notranji strani, za izkoriščanje visoke toplotne prevodnosti teh materialov /22, 23/. Termogeneratorji imajo veliko možnosti za potencialno uporabo v inteligentnih oblačilih, saj lahko služijo za napajanje naprav, vgrajenih v oblačila. Proizvodnja energije od 100-300 mW zadostuje za pogon medicinskih senzorjev (senzorjev za merjenje telesne temperature, srčnega utripa, krvnega tlaka), kot tudi za brezžično oddajanje podatkov v kontrolnih napravah in za mikroelektronske čipe. To daje pacientom več svo-

bode v primerjavi s standardnimi napravami, ki so povezane s kablji. Možnost uporabe se kaže tudi pri sodobnih slušnih aparatih, kjer lahko z uporabo termogeneratorjev namesto baterij zmanjšamo stroške. V primerjavi z baterijami imajo termogeneratorji naslednje prednosti /23/:

- so pralni in vzdržljivi,
- sestavljeni so iz ekološko prijaznih materialov in
- imajo neomejen življenjski čas.

Raziskovalci Infineona so v sodelovanju z dijaki srednje šole za oblikovanje (*Deutschen Meisterschule für Mode*) iz Münchna razvili jakno z integriranim MP3-predvajalnikom, slika 5. Predstavili so t.i. govorno upravljan (angl. *speech-controlled*) MP3-predvajalnik, ki je sestavljen iz centralnega avdiomodula, pomnilnika za glasbene podatke, snemljive baterije in multimedijske kartice, slušalk in mikrofona ter fleksibilne tipkovnice s senzorskim modulom.



Slika 5: Jakna z integriranim MP3-predvajalnikom /22/

Vse elektronske enote so medsebojno povezane z ozkim trakom z vgrajenimi prevodnimi nitmi. Elektronika MP3-predvajalnika je vgrajena neposredno na oblačilne dele in zavarovana tako, da prenese celo pranje oblačila. Proizvajalci oblačil lahko pralen MP3-paket našijejo neposredno na oblačilne dele /22, 24/

Izdelovalec športnih oblačil **O'Neill Europe** je v sodelovanju z **Infineon Technologies** razvil jakno, imenovano »The Hub«, ki je namenjena deskarjem na snegu. Ta predstavlja inovacijo v O'Neillovi zimski kolekciji 2004/05. »The Hub« mobilni komunikacijski center s čipom, ki ga je razvil Infineon, združuje prenosni 128 Mb MP3-predvajalnik, tehnologijo Bluetooth za mobilni telefon ter mikrofona, vstavljen v ovratnik jakne, ki omogoča prostoročno telefoniranje /25/.

Zanimiva novost na področju inteligentnih oblačil so tudi tekstilne elektronske etikete (angl. *smart labels*), ki so jih začeli vgrajevati v svoje izdelke proizvajalci oblačil. Gre za tanke in upogljive radiofrekvenčne čipe, imenovane tekstilne elektronske etikete. Sestavljene so iz majhnih

mikročipov RFID, ki shranjujejo različne informacije, ter integrirane antene, s katero se informacije brezžično, torej brez električnih kablov, medsebojno izmenjujejo. Vgrajeni radiofrekvenčni čipi (RFID, angl. *Radio Frequency Identification*) se lahko uporabljajo v proizvodnji, za spremljanje proizvodnega procesa izdelave oblačil ter upravljanje z avtomatiziranim medfaznim transportom v proizvodnji. Spominske zmogljivosti tovrstnih čipov so se povečevale, tako da je mogoče kodiranje tudi niz drugih informacij, kot so informacije o surovinski sestavi, velikostni številki ter natančnih podatkov o načinih vzdrževanja in nege oblačila. Ti čipi se lahko uporabljajo tudi pozneje, npr. v velikih pralnicah in kemičnih čistilnicah za avtomatsko razvrstitev oblačil po programu pranja ali čiščenja, kot tudi kasneje med razvrščanjem distribucijskim centrom oz. lastnikom oblačil /22, 26/. Francosko podjetje **Tagsys**, ki je pionir v razvoju 13,56 MHz etiket, je izdelalo čip z optimalnim spominom, velikostjo in podatkovno strukturo. Tagsys RFID čip, izdelan za sledenje umazanega perila v velikih pralnicah, se lahko z zelo majhnimi stroški neposredno vstavi že v procesu izdelave oblačil ali pa v pralnicah z uporabo avtomatskega sistema (angl. *Automatic Chip Attachment System*). Predstavili so ArioTM 10 - TL čip, ki deluje na frekvenci 13,56 MHz, masa čipa znaša 2,54 g, oblika diska pa ima premer 22 mm in debelino 2,8 mm. Lahko zdrži 200 pranj po 16 minut pri temperaturi 85 °C in 200 ciklov sušenja v trajanju po 10 minut v tunnelskem finišerju pri temperaturi do 180 °C. Odporen je tudi proti kemikalijam, uporabljenim pri čiščenju in sušenju /27/.

Zanimive so tudi novosti na področju novih vrsti oblačil. Tako je italijanska modna oblikovalka **Alexandra Fede** na Avanteu 2002 predstavila popolnoma nov tip oblačila, t. i. aktivnega oblačila (angl. *activating apparel, a-apparel*). Udobnost med nošenjem se doseže z nežnimi masažnimi in vibracijskimi blazinicami, ki so vgrajene v večerno ali poslovno obleko. Te lahko obvladujemo z majhnim računalniškim čipom, ki aktivira eno ali več vgrajenih blazinic tako, da je na uporabnikovi koži povzročen prijeten spodbujevalni učinek. Lahke in gibke vibracijske blazinice (angl. *vibrapads*) nihajo programirano. Majhna krmilna blazinica z elektronskim čipom sproži - glede na program - tresenje ene ali več vibracijskih blazinic, ki uporabniku oblačila oddajajo prijetne spodbujevalne občutke. Vibracije na t.i. JoyDress obleki se programirajo na zelo enostaven način /28/.

Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V iz Chemnitza je razvil inventivno inteligentno zaščitno oblačilo za gasilce z vgrajenim elektrosenzorskim sistemom, ki naj bi z različnimi senzorskimi enotami varoval človeka pri izpostavljenosti npr. pri visokih temperaturah ali elektromagnetnemu sevanju. Elektro-senzorska zaščitna obleka ima naslednje funkcije /29/:

- toplotni senzorji, vgrajeni oz. vstavljeni na zunanji in notranji strani oblačila, zaznavajo toplotno izpostavljenost,
- merjenje in nadziranje dihalne frekvence ter srčnega utripa za spremljanje zavesti gasilca,

- spremljanje temperature zunanjega in notranjega ogrevanja za preprečitev lokalnih kožnih opeklin in za določitev stopnje toplotnega tveganja,
- zaznavanje nepričakovanih močnih zunanjih vplivov (npr. EM sevanje),
- določanje lege oz. kraja nesreče gasilca s pomočjo sistema GPS (12-ih satelitov na 20000 m višine),
- vsi ugotovljeni podatki se prek modema posredujejo na gasilsko postajo.

Na Univerzi Georgia Tech iz Atlante so razvili jopič, ki je nekakšna »računalniška osnovna plošča, ki jo lahko oblečemo« (angl. Georgia Tech Wearable Motherboard-GTWM), slika 6. V začetku razvoja je bil namenjen predvsem za vojaške potrebe. Jopič je izdelan iz optičnih vlaken za odkrivanje položaja strelne rane na telesu in posebnih senzorjev, ki spremljajo fiziološke funkcije uporabnika med vojaškimi aktivnostmi. GTWM je tkan tako, da so optična vlakna (POF) in druge posebne niti vgrajene v strukturo tkanine brez vidnih prekinitev. GTWM je za komercialno uporabo izdelan pod imenom »Smart Shirt« firme Sensatex. Inteligentni jopič, ki se obleče pod oblačilo, je pralen in se vzdržuje po ustaljenih postopkih čiščenja. Uporablja se v vojaške namene, prav tako pa tudi za merjenje in spremljanje življenjskih telesnih funkcij športnikov, bolnikov in starejših oseb, ki so oddaljeni od medicinskih središč, za spremljanje razvoja bolezni, spremljanje stanja novorojenčkov in za potrebe posebnih služb /1, 30/.



Slika 6: »Računalniška osnovna plošča, ki jo lahko oblečemo«, »Smart Shirt« /1, 30/

5.0 Ciljne skupine uporabnikov

Inteligentna oblačila bodo na začetku zelo draga. Kljub temu pa obstajajo ključni uporabniki, ki bi bili pripravljeni plačati visoko ceno za ugodnosti, ki jih ponuja uporaba različnih vrst inteligentnih oblačil.

Prva ciljna skupina uporabnikov je vsekakor **vojaška**. Inteligentna, odzivno-sporočilna vojaška oblačila bodo imela vgrajene senzorje, predvsem zvoka, toplote, navigacijskega in komunikacijskega sistema, radarje ter avtonomno napajanje vseh vgrajenih naprav za šest dni. Oblačilo naj bi imelo možnost spreminjanja barv v skladu z okoljem, v katerem se bo nahajal vojak, in bo uporabljalo tehniko spreminjanja barv v veznih točkah. Imelo naj bi tudi možnost regulacije premera por na oblačilu, s čimer se ustvari aktivna filtracija zraka, predvsem prepuščanje kisika in zadrževanje vhoda vojaških strupov in drugih nečistoč. Poleg tega bo imelo aktivno toplotno zaščito ter vgrajeno tehnično opremo. Inteligentna oblačila za vojsko bodo verjetno tudi varovala pred vdorom nabojev, torej bodo odporna na udarce in preboj. V primeru strelne rane bo na mestu preboja naboja v telo nastala prekinitev v vlaknih, katero bo tovrstno oblačilo zaznalo. Tako bo mogoče natančno določiti lokacijo rane na telesu, na podlagi katere se bo lahko ocenila prioriteta sanacije rane. Podatki o lokaciji rane, izgubi krvi, srčnem impulzu ipd. bodo neposredno poslani ekipi, ki skrbi za ranjence. Predvideva se, da bo vojska prva pomembna skupina uporabnikov inteligentnih oblačil.

Druga skupina so **delovna odzivno-sporočilna oblačila**, namenjena delavcem v gradbeništvu, ladjedelništvu, velikih skladiščih idr. ter pri vrstah nadzornih aktivnosti, ki se potekajo na velikih površinah. Oblačila, namenjena nadzoru industrijskih procesov, bodo opremljena z zmogljivim brezžičnim računalnikom z zelo velikim spominom, v katerega se bodo shranjevali procesni parametri in baze znanja strokovnih sistemov. Poleg tega bo opremljeno z večjim številom senzorjev za spremljanje industrijskih procesnih parametrov oz. vrednosti.

Tretja ciljna skupina so inteligentna oblačila, namenjena **poslovnežem**. Njihova oblačila bodo navzven obdržala strogo poslovno obliko, le da bo v oblačilo vgrajenih veliko elektronskih naprav, ki se uporabljajo za poslovne aktivnosti. Najbolj značilna aktivnost je vsekakor stalna povezanost z internetom ter prek njega s pisarno in z vsemi poslovnimi napravami, nameščenimi v pisarni. Poslovni človek bo lahko med svojo odsotnostjo prejemal in pošiljal poslovna poročila in urejal razne zadeve, kot da bi bil v pisarni. Prav tako bo lahko vzpostavil komunikacijo s svojim avtomobilom, izbral najboljšo pot med vožnjo (tudi v primeru prometnih zamaškov) ali pa se sporazumeval s trgovinskim centrom, v katerega bo namenjen. Neposredno pred prihodom domov bo lahko po internetu in brezžični telefonski zvezi nastavil želeno temperaturo v hiši ali stanovanju, vključil klimatsko napravo, štedilnik, mikrovalovno pečico s pripravljeno hrano, ali celo zalivanje cvetja ob daljši odsotnosti od doma.

Četrta ciljna skupina so ljudje, ki bodo inteligentno oblačilo uporabljali za **spremljanje svojega zdravstvenega stanja ali določene terapije**. Ta oblačila bodo imela vgrajene različne senzorje za spremljanje telesnih funkcij, npr. senzorje za merjenje srčnega utripa, telesne temperature, temperature okolice, plinov in onesnaženosti zraka itd. Odvisno od potreb uporabnika bi takšna oblačila lahko imela vgrajene senzorje, ki bi spremljali ciljne zdravstvene parametre, npr. količino sladkorja v krvi, ter vgrajen računalnik, ki bi skrbel za določene terapevtske potrebe ali vnaprej vodil določeno terapijo s časovno reguliranim dajanjem zdravil skozi upravljane membrane (nameščene v obliki obližev na človeško kožo). Poleg tega bi oblačila lahko imela vgrajen senzor SOS, če bi uporabnik potreboval kakršno koli pomoč, ter vgrajen navigacijski sistem GPS za določanje trenutne lege uporabnika v primeru nesreče ali klica na pomoč.

Peta ciljna skupina so **mladi**, ki zelo dobro sprejemajo in spremljajo izdelke sodobne tehnologije. Mladi bi nosili inteligentna oblačila z vgrajenimi MP3- in CD-predvajalniki, mikrofonom, zvočniki, slušalkami, računalniškimi igricami ter integriranimi videosistemi z vgrajeno miniaturno kamero. Zanimivo je, da se je proizvodnja takšnih oblačil z vgrajenimi elektronskimi napravami že začela in da so nekateri izdelki, namenjeni mladi populaciji, na trgu že dosegljivi. Tu pa ne smemo pozabiti na zaščito uporabnika inteligentnega oblačila pred elektrostatičnim in magnetnim poljem oz. elektromagnetnim sevanjem raznih naprav, vgrajenih v oblačilo. Zato je treba uporabljati tekstilne materiale z različno prevodnostjo (npr. prevodne materiale), tako da njihov določen del omogoča zaščito telesa pred sevanjem vgrajenih elektronskih naprav.

Šesta ciljna skupina so **športniki in rekreativci**. Športna inteligentna oblačila bi služila za zapisovanje in spremljanje vseh podatkov med večjimi telesnimi obremenitvami pri doseganju vrhunskih rezultatov, spremljanju telesnih naporov ter spremljanju in analizi rezultatov treninga. Pri rekreativnih športnikih bi bila tovrstna oblačila izdelana v »blažji« obliki. Za osebe, ki dosti truda vložijo v svoj telesni videz in kondicijo, bi oblačila imela vgrajene senzorje hoje, ki bi beležili število korakov, dolžino hoje in hitrost hoje, na podlagi katerih bi lahko izračunali porabljeno telesno energijo. Računalnik bi prikazoval porabljeno telesno energijo in izračunal količino energije, ki bi jo taka oseba še morala porabiti, kot tudi pripadajoče telesne aktivnosti, da bi dosegla želeno dnevno porabo telesne energije za ohranjanje optimalne fizične pripravljenosti in telesne teže. Vgrajeni senzorji bi lahko vsak dan spremljali aktivnosti osebe, zbirali, shranjevali ter analizirali podatke na podlagi umetne inteligence. Vse elektronske naprave, vgrajene v oblačilo, bi morale zadovoljevati zahteve upogibanja in prilagajanja gibanju telesa. To se nanaša predvsem na spominske naprave, ki bi se vgrajevale v podlogo, oblačila ter tipkovnice in računalniške zaslone, ki bi se vgrajevali na zgornje dele rokava, v bližini sklepa pesti leve roke. Poleg tega morajo biti naprave odporne proti udarcu, dežju in temper-

aturnim spremembam ter morajo prenesti vse postopke nege in vzdrževanja takšnega oblačila.

Sedma ciljna skupina bi bili **vsi drugi ljudje**, ki niso zajeti v zgornjih skupinah in ki bi inteligentno oblačilo uporabljali za natančno določen namen. Po potrebi in individualnih željah bi se po nakupu takšnega oblačila poljubno dograjevale posamezne naprave, s čimer bi oblačilo služilo natančno določenemu namenu.

5.0 Sklep

Tekstilni materiali in oblačilni izdelki bodo vedno bolj in bolj prevzemali inteligentne funkcije, ki so jih do sedaj delno prikazovali npr. filmski liki, kot je James Bond. Oblačila bodo združevala funkcije različnih medijev in naprav za širok spekter uporabe. Na področju mikrotehnologije bodo nenehno razvijali čedalje manjše komponente, ki bodo omogočale nevidno vgrajevanje inteligentnih funkcij v klasične izdelke. Ta nova generacija inteligentnih oblačil postavlja številne potrebe po inventivnem razvoju znotraj oblačilne industrije ter zahteve, ki odpirajo nove možnosti razvoja na tem področju.

Iz tega pregleda je jasno videti, da se z izdelovanjem tovrstnih oblačil ne bodo več ukvarjali samo inženirji oblačilne tehnologije, ampak bodo morali pri tem sodelovati strokovnjaki različnih profilov in področij, od tekstilnih inženirjev, inženirjev elektronike, elektrotehnike, strojništva, računalništva in fizike, do strokovnjakov za radiokomunikacije, elektromagnetno sevanje itd.

Z nastankom inteligentnih tekstilij in še posebej z nastankom inteligentnih oblačil, ki bodo lahko samostojno izbirala odločitve na podlagi izmerjenih vrednosti senzorjev, vgrajenih naprav ali podanih človekovih zahtev, nastaja v oblačilni industriji novo dinamično obdobje. Razvoj novega tipa oblačil daje pobudo, da bo zanimanje za tekstilno in oblačilno tehnologijo spet postalo izrazito pozitivno, živahno in polno izzivov.

Viri

- /1/ TAO, X. *Smart fibres, fabrics and clothing*. Cambridge : Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2001, p. 1-6, 35-57, 124-149, 247-253.
- /2/ www.tut.fi/units/ms/teva/projects/intelligenttextiles/, /2.9.2003/.
- /3/ <http://www.outlast.com>
- /4/ PAUSE, B. Poboljšanje termičnih svojstva tekstilija pomoću PCM mikrokapsula. *Tekstil* 2000, vol. 49, no. 12, p. 718-720.
- /5/ www.frisby.com/, /2.9.2003/.
- /6/ PAUSE, B. New aspect of shape memory materials in functional garments. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt*, 13-15. 5. 2002.
- /7/ www.diaplex.com/, /5.9.2003/.
- /8/ <http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/cheap-photochromics.html>, /6.9.2003/.
- /9/ <http://www.solaractiveintl.com/fabric.htm>, /6.9.2003/.

- /10/ www.elektex.com/, /17.9.2003/.
- /11/ ROGALE, D. in DRAGČEVIČ, Z. Inteligentna odjeća-izazov za odjevenu tehnologiju 21. stoljeća. *Tekstil*, 2001, vol. 50, no. 3, p. 107-121.
- /12/ LEFTLY, S., JONES, D. SOFTswitch Technology: The Future of Textile Electronics. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15. 5. 2002.*
- /13/ www.softswitch.co.uk/, /23.9.2003/.
- /14/ STEGMAIER, TH., SCHMEER-LIOE, G., PLANCK, H. Textilien mit elektromagnetischer Schutzwirkung. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15. 5. 2002.*
- /15/ www.swiss-shield.net/, /17.9.2003/.
- /16/ KOBAL, L., BATIČ, I. Tekstim-zaščita pred elektromagnetnim sevanjem. *Tekstilec*, 2002, let.45, št. 9-10, str. 257-261.
- /17/ DELFIN, E., WEILL, A., KONCAR, V. Communicating Clothes: Optical Fibre Fabric for a New Flexible Display. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15. 5. 2002.*
- /18/ www.wearcam.org/, /25.8.2003/.
- /19/ www.ele.tut.fi/research/personalelectronics/projects/smart_clothing.htm, /9.9.2003/.
- /20/ www.reimasmart.com/, /9.9.2003/.
- /21/ Mit intelligenter Kleidung von Philips und Levi's beginnt ein neues Kapitel in der Geschichte der Mode. www.medienservice.philips.de/apps/n_dir/e1231501.nsf/archiv/D2D448EF99A93BE9C1256CDF00429A7B?opendocument, /12.9.2003/.
- /22/ www.wearable-electronics.de/, /12.9.2003/.
- /23/ LAUTERBACH, C., STRASSER, M., JUNG, S., WEBER W. »Smart Clothes« Self-Powered by Body Heat. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15. 5. 2002.*
- /24/ JUNG, S., LAUTERBACH, C., WEBER, W. A Digital Music Player Tailored for Smart Textiles-First Results. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15. 5. 2002.*
- /25/ www.oneilleurope.com/pages/news.asp?id_article=493/, /20.1.2004/.
- /26/ HABERGER, K. Smart Label für Textilien. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15. 5. 2002.*
- /27/ www.tagsys.net/, /15.9.2003/.
- /28/ FEDE, A. Fashion-harmonized integration of microelektronik technology into innovative garments. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15.5.2002.*
- /29/ FUCHS, H., VOGEL, C., MEHNERT, L., BEIER, H. Entwicklung innovativer Schutzkleidung für den Hitzeschutz am beispiel von Feuerwehreinsatzkleidung mittels textilimplementierter elektro-sensorischer Systeme. V *Avantex, Internationales Innovationsforum und Symposium für Hochtechnologie-Bekleidungstextilien, Frankfurt, 13-15.5.2002.*
- /30/ <http://www.gtwm.gatech.edu/>, /29.9.2003/.

Damjana Celcar, univ. dipl. inž.
Mura European Fashion Design, Proizvodnja
oblačil, d.d., Pleše 2, SI-9000 Murska Sobota,
e-pošta: damjana.celcar@mura.si

izr. prof. dr. Jelka Geršak, univ. dipl. inž.
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo,
Oddelek za tekstilstvo, Smetanova 17,
SI-2000 Maribor, e-pošta: jelka.gersak@uni-mb.si

Prispelo (Arrived): 13.11.2004 Sprejeto (Accepted): 15.03.2005