

# MATERIJALI ZA IZRADU ZAŠTITNIH ČIZMI ZA RADNIKE U ŠUMARSTVU

Miroslav Mikulčić<sup>1</sup>, Stana Kovačević<sup>2</sup>, Zenun Skenderi<sup>2</sup>

JELEN PROFESSIONAL d. o. o., Čakovec<sup>1</sup>

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet<sup>2</sup>

Zavod za projektiranje i menadžment tekstila<sup>2</sup>

E-mail: stana.kovacevic@ttf.hr

Stručni rad

UDK: [685.34.03:614.897]:630

## Sažetak

Učinkovitost šumarskih čizama ponajprije ovisi o materijalima od kojih su izrađene, načinu i položaju ugradnje. Upotreba naprednih materijala, visokorazvijenih tehnoloških procesa i razvoj temeljen na znanju i tradiciji dobra su osnova proizvodnje kvalitetne šumarske čizme.

U ovom je radu dan pregled tehnoloških faza izrade šumarskih čizama koje zadovoljavaju norme koje definiraju potpunu zaštitu čovjeka od mehaničkih i drugih ozljeda pri upotrebi motornih pila i mogućih prignječenja. Složenost izrade šumarskih čizama ogleda se u primjeni specijalnih visokokvalitetnih materijala, njihovih funkcija te načinu postavljanja u čizmu. Da bi se postigla potpuna zaštita stopala i potkoljenice, šumarska čizma sadržava višeslojne napredne kompozitne materijale, suvremeno obrađenu kožu, tkanine, čelik, netkani tekstil i vodonepropusne i paropropusne membrane.

## Ključne riječi

šumarska čizma, koža, tkanina od kevlara, CORDURA® tkanina, Sympatex® membrana, proces izrade

## 1. Uvod

Zaštitna obuća treba biti sigurna, funkcionalna, udobna za nošenje, zdravstveno prihvatljiva te izrađena od prikladnih kvalitetnih materijala. Zaštitni učinak obuće uglavnom ovisi o svojstvima materijala od kojih je izrađena, kao i o vrsti postupka izrade obuće.

Sadašnja tehnologija rada u šumarstvu umnogome ugrožava zdravlje radnika, tako da su šumarski radovi vrlo rizični. Prilike su posebno zabrinjavajuće u privatnom sektoru. Kako bi šumarski radnik imao zadovoljavajuću sigurnost na radu, nužno je da ima stručno znanje, dovoljno radnog iskustva, primjereno oruđe za rad, dobru radnu kondiciju i pravilno odabranu osobnu zaštitnu opremu. Najčešći je čimbenik nezgode neispravna upotreba motorne pile. Zbog specifičnosti šumarske proizvodnje osobna je zaštitna oprema neophodna i još se uvijek ne može nadomjestiti drugim metodama zaštite radnika na radu. Rad s ručnom lančanom pilom jest visokorizičan. Osim visoke razine buke i vibracija, česta je i opasnost od mogućih porezotina. Analize govore da su ozljede u obliku porezotina u šumarstvu česte te se po učestalosti ozljeda u šumarstvu nalaze na drugome mjestu, odmah nakon ozljeda nastalih od udaraca, primjerice, debala, trupaca, grana i sl. Najugroženiji su dijelovi tijela noge i ruke pa je te dijelove potrebno posebno zaštititi.

Dosadašnja je praksa pokazala da se osobu koja se u radu koristi ručnom lančanom pilom može relativno uspješno zaštititi upotrebom odjeće i druge osobne zaštitne opreme definirane odgovarajućim normama [1]. Međutim, treba naglasiti da osobna zaštitna oprema ne može osigurati 100-postotnu zaštitu od ozljeda nastalih upotrebom ručne lančane pile. Stoga je potrebno istaknuti iznimnu važnost ispravnog vježbanja i potrebu za pravilnim radnim postupkom [2].

## 2. Definicija i klasifikacija zaštitne obuće


U zaštitnu obuću ubrajaju se radno-zaštitne cipele, radno-zaštitne gležnjače i čizme koje su izrađene od kože, gume ili sintetičkih materijala, odnosno kombinacije navedenih materijala. Osnovni parametri koje treba imati radno-zaštitna obuća jesu:

- otpornost na: probijanje, ulje, benzin, mehaničke udarce i proklizavanje
- amortizacija udaraca: obuća treba osiguravati amortizaciju udara na petu, zbog konstrukcije potplata i uložne tabanice
- vodonepropusnost i paropropusnost podstave (primjerice, materijali Sympatex®, GORE-TEX®)
- toplinska izolacija: obuća treba sprečavati prodor visokih i niskih temperatura.

Zaštitna obuća služi za: zaštitu nogu, zaštitu od padova teških predmeta na noge, uboda i rasijecanja, sklizanja,

utjecaja masti, ulja i kemikalija. Dodatne zaštite ugrađene su za ciljanu zaštitu kao čelične kapice, neprobojna tabanica, potplat otporan na probijanje, koji zaštićuje pete, gležanj, potkoljenicu, antistatičke trake i sl. Takva obuća ne smije biti teška i neudobna, odnosno mora biti oblikovana u skladu s ergonomskim standardima, odnosno zahtjevima. Za zaštitu nogu pri radu s ručnim motornim pilama i pri drugim sličnim radnim procesima preporučuje se osim odgovarajuće sigurnosno-zaštitne obuće upotrebljavati i zaštitne potkoljenice, odnosno štitnike potkoljenice. Sigurnosna obuća otporna na zarezivanje lančanom pilom može se podijeliti u razrede prema normi HRN EN ISO 17249:2013, tablica 1 [3].

Tablica 1. Podjela zaštitne obuće prema razredima

HRN EN ISO 17249:2013 – Sigurnosna obuća otporna na zarezivanje lančanom pilom		
Razred	Otpornost na zarezivanje lančanom pilom s brzinom	Simbol
Razred 1	20 m/s	
Razred 2	24 m/s	
Razred 3	28 m/s	
Razred 4	32 m/s	

Za zaštitu nogu i stopala upotrebljava se sljedeća vrsta obuće:

- Sigurnosna obuća: obuća s ugrađenom zaštitnom kapicom za zaštitu prstiju za velika teretna opterećenja koja se testira energijom udara do 200 J. Ovaj tip obuće treba zadovoljiti normu HRN EN ISO 20345 – Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća [4].
- Zaštitna obuća: obuća s ugrađenom zaštitnom kapicom za zaštitu prstiju za srednja teretna opterećenja koja se testira energijom udara do 100 J. Ovaj tip obuće treba zadovoljiti normu HRN EN ISO 20346 – Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća [5].
- Profesionalna ili radna obuća: obuća koja nema ugrađenu zaštitnu kapicu, ali ipak sadržava jednu zaštitnu komponentu ili više njih. Upotrebljava se za rad na područjima na kojima je rizik od mehaničkih povreda minimalan. Ovaj tip obuće treba zadovoljiti normu HRN EN ISO 20347 – Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća [6].

Zaštitna obuća može se podijeliti u dva razreda s obzirom na materijal od kojeg se izrađuje:

Razred I – zaštitna obuća izrađena od kože i drugih materijala, osim obuće koja je potpuno izrađena od prirodnog ili sintetičkog polimera.

Razred II – gumena obuća (potpuno vulkanizirana) ili obuća izrađena od prirodnog ili sintetičkog polimera (potpuno brizgana).

Osnovni materijal koji se upotrebljava za izradu zaštitne obuće za radnike koji obavljaju poslove u šumarskoj

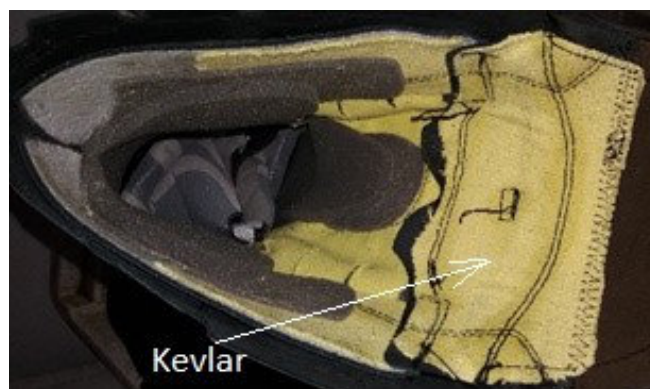
djelatnosti jest visokokvalitetna prirodna koža debljine od 2,3 mm do 2,5 mm. Dio tehnologije proizvodnje nisko radno-zaštitne obuće te visoko radno-zaštitne obuće opisan je u radovima [7, 8]. Nadalje, udobnost kožne obuće mjerenjem termofizioloških parametara (otpor prolazu topline i otpor prolazu vodene pare) također su obrađivani i komentirani [9, 10].

Zaštitna goveđa koža jest hidrofobirana i vatrootporna, otporna na tekućine i habanje. Kao osnovni materijal može se upotrebljavati i CORDURA® koja se, uz kožu, upotrebljava za pojedine dijelove obuće, gornji dio čizme ili dio oko gležnja te reflektirajuća traka.

### 3. Tekstilni i kompozitni materijali ugrađeni u zaštitne čizme za šumare

Da bi se osigurala funkcionalnost obuće, važno je odabrati odgovarajuće materijale koji će osigurati zaštitu i udobnost pri nošenju. Osnovni materijali obuće jesu koža i guma. Zaštitna obuća sadržava i druge materijale, primjerice: tkaninu, kompozitne materijale, membrane, netkani tekstil, metale, zatvarače, konce, kopče, ljepljive trake i dr. Vlakna za izradu tekstilnih materijala biraju se s odgovarajućim svojstvima koja su uvjetovana primjenom konačnog proizvoda. Razvojem novih vlakana s poboljšanim fizikalno-mehaničkim, kemijskim i toplinskim svojstvima i njihovom primjenom u zaštitnoj obući njihova se funkcionalnost unaprijedila. Vlakna koja se danas upotrebljavaju za tkanine namijenjene zaštitnoj obući različitih su sirovina i svojstava, kao aramidna vlakna (kevlar i nomex), poliester, poliamid (tab. 2) [11-14].

**Aramidna vlakna** dobivaju se od aromatskih poliamida, poznata kao termootporna vlakna, što znači da ne gube na čvrstoći pri trajnim opterećenjima na povišenim temperaturama. Specijalna mehanička svojstva, negorivost i izvrsna otpornost prema kemikalijama čine ovu skupinu vlakana iznimno kvalitetnim materijalom. Kevlar i druga para-aramidna vlakna ističu se čvrstoćom, neprobojna su na puščana zrna i projektele. Od takvih se višeslojnih tkanina izrađuju zaštitni prsluci i odijela za balističku zaštitu. Kevlar se ugrađuje i u zaštitne čizme za šumare (sl. 1).



Slika 1. Tkanina od kevlara ugrađena u unutrašnjost zaštitne čizme za šumare

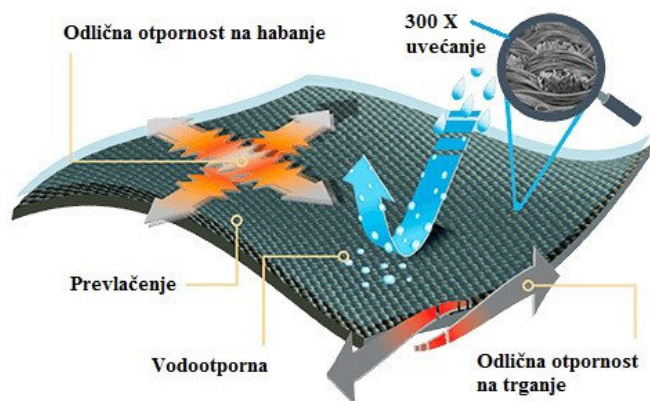
Tablica 2. Usporedba svojstava nekih sintetskih vlakana

Vlakno	Gustoća g/cm <sup>3</sup>	Upijanje vlage, %	Čvrstoća, cN/tex	Prekidno istezanje, %	Temperatura omekšavanja, °C	Temperatura tališta, °C
Poliestersko	1,36 – 1,41	0,2 – 0,5	30 – 70	20 – 30	230 – 240	250 – 260
Poliamid 6	1,14	3,5 – 4,5	30 – 90	20 – 45	180 – 200	215 – 220
Poliamid 6.6.	1,14	3,5 – 4,5	30 – 90	20 – 45	220 – 235	255 – 260
Kevlar	1,44 – 1,47	1,5	140 – 250	1 – 4	-	550
Nomex	1,38	4,5	44 – 53	22 – 35	-	370
Akrilno	1,1 – 1,19	1 – 1,5	35 – 50	15 – 40	-	310
Modakrilno	1,17	3 – 3,5	17 – 55	15 – 60	-	250
Polipropilensko	0,9 – 0,92	0	26 – 60	15 – 50	150 – 160	165 – 175
Dynema	0,9 – 0,97	0	280 – 360	3 – 6	-	144 – 155
Fluorno	2,1 – 2,3	0	8 – 18	13 – 42	180 – 200	327 – 260
Klorno	1,4	0	24 – 27	10 – 25	65 – 75	160 – 200
Vinilalno	1,26 – 1,32	3,5 – 5	25 – 36	15 – 26	75 – 130	240 – 260
Poliamidno	1,41	5	0 – 33	19 – 8	-	450
Elastansko	1,1 – 1,3	0,5 – 1,5	5 – 12	400 – 700	170 – 230	230 – 250

Unutarnja podstava zaštitne obuće mora biti posebno čvrsta i prozirna. Kao osnovni materijali za izradu zaštitne obuće upotrebljavaju se:

- prirodna koža (goveđa hidrofobirana koža)
- poliamidni materijali (dobrih fizikalno-mehaničkih svojstava, tab. 2)
- Sympatex® (vodonepropusna i paropropusna membrana koja omogućuje prozračnost stopala)
- tkanina CORDURA® (iznimno otporna tkanina na habanje i trganje te vodootporna, ugrađuje se u gornji dio čizme) [15]
- tkanina od kevlar (zaštita od motorne pile i mehaničkih udara)
- metalni štitnici prednjeg dijela stopala (zaštita stopala od motorne pile i prignječenja)
- specijalne vrste materijala ugrađene u unutrašnjost čizme (vodonepropusne i iznimno čvrste gume, čvrsti zatvarači, vodonepropusne ljepljive trake, vezice itd.).

CORDURA® je tkanina izrađena od poliamidnih filamentnih vlakana PA 6.6 teksturirana zračnim mlazom koja se upotrebljavaju i za obuću kad se dodatno impregnira ili laminira (sl. 2) [15].



Slika 2. Svojstva Cordure – CORDURA® Classic Fabric [16]

Sympatex® membrane danas se naširoko upotrebljavaju u proizvodnji zaštitne obuće. Sympatex®

robnu marku osnovala je 1986. nizozemska multinacionalna kompanija Akzo Nobel Group kao rezultat patenta polimerne aplikacije [17]. Nadalje, tvrtka Sympatex® Technologies GmbH, Unterföhring iz Njemačke razvija, proizvodi i prodaje membrane, laminate i funkcionalne tekstilne proizvode [18]. Glavna obilježja Sympatex® membrana koje se upotrebljavaju za obućarsku industriju jesu: vodonepropusnost, paropropusnost, prozračnost i velika udobnost. Membrane održavaju tijelo suhim uz kontrolu tjelesne temperature u svim vremenskim uvjetima i bez obzira na razinu aktivnosti.

Nasuprot ostalim tehnologijama izrade membrana, besporozna kompaktna Sympatex® membrana temelji se na fizikalno-kemijskim načelima djelovanja. Vodopropusni dio membrane apsorbira vlagu iz tijela i transportira je van isparavanjem. Molekule vodene pare prenose se van uzduž lanaca hidrofilnih molekula. Molekularna struktura (hidrofilne komponente) membrane Sympatex® bubri u vlazi i stoga osigurava prostor za transport vodene pare i brzo isparavanje. Ovaj se učinak povećava s porastom temperature i vlage. Gradijent parcijalnog tlaka, koji je rezultat različitih temperatura i vlažnosti unutar membrane i izvan nje, zapravo je sila koja omogućava transport vodene pare kroz membranu [18]. Oznake pojedinih obilježja koje upotrebljava tt. Sympatex® technologies prikazane su na slici 3.



Slika 3. Oznake pojedinih obilježja na proizvodima tt. Sympatex® technologies [18]

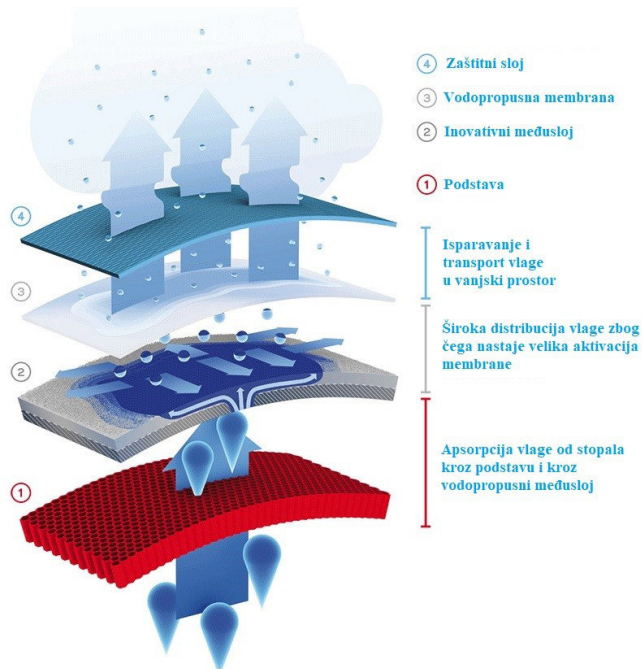


Primjer primjene laminata Sympatex® za vanjske aktivnosti, trekning i sportsku obuću prikazan je na slici 4. [19].



Slika 4. Laminati Sympatex® za vanjske aktivnosti, trekning i sportsku obuću [19]

Daljnji je primjer novi četveroslojni kompozit za izradu obuće sustav SYMPATEX MOISTURE-TECH® (patentna prijava No. WO2013050349A) za osiguranje izvrsne mikroklimu u obući, a prikazan je na slici 5. [20].



Slika 5. SYMPATEX MOISTURE-TECH® – novi tip vodootpornog četveroslojnog laminata za stvaranje izvrsne mikroklimu u obući [20]

#### 4. Postupak izrade zaštitnih čizama za šumare

Izrada zaštitnih čizama za šumare složen je i zahtjevan postupak. Glavni su dijelovi čizme (sl. 6):

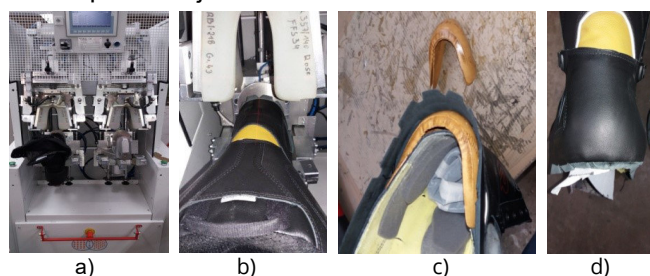
- vanjski kožni dijelovi: izrađeni su od goveđe hidrofobirane i vatrootporne kože debljine od 2,3 mm do 2,5 mm
- unutrašnjost obuće: izrađena je od vodonepropusne i paropropusne membrane Sympatex®
- zaštita prstiju: osigurana je čeličnom kapićom otpornosti na udar 200 J

- potplat: otporan je na habanje, proklizavanje, benzin, ulje, kontaktnu toplinu (300°C)
- temeljna i uložna tabanica: anatomski su oblikovane, a vezice su otporne na vatru.



Slika 6. Čizma za šumare prikazana po slojevima

Postupak izrade zaštitnih čizama za šumare po fazama izrade prikazan je na slikama 7–18.



Slika 7. Ulaganje luba



Slika 8 Sympatex® membrana

Slika 9 Pričvršćivanje, tzv. heftanje membrane

Slika 10 Međupotplat

Slika 11 Zalijepljen međupotplat



Slika 12 Navlačenje vrška – cvikanje

Slika 13 Brušenje upusta za navlačenje

Slika 14 Bočno brušenje upusta

Slika 15 Lijepljenje potplata



Slika 16 Uvlačenje vezica – žnjiranje

Slika 17 Impregnacija – špricanje

Slika 18 Pakiranje u kutije

## 5. Zaključak

Neke radne operacije u šumarstvu iznimno su opasne i štetne za zdravlje radnika. Stoga se određene faze i radni postupci smatraju radom s povećanom opasnošću od ozljeda i zdravstvenih oštećenja. Primjerice, nakon duljeg rada s motornom pilom, često se javljaju i profesionalna oboljenja. Upotrebom novih i učinkovitijih materijala u izradi zaštitnih čizama za šumare i udovoljavanje zahtjevima propisanih normi postiže se zaštita dijelova tijela (stopala i potkoljenice) od motornih pila, prignječenja, vode i drugih mogućih opasnosti. Upotrebom različitih visokokvalitetnih materijala uključenih u jedan proizvod postiže se izvanredna udobnost kroz dulje vrijeme nošenja. Zaštitne su šumarske čizme vodonepropusne, fleksibilne, male mase, što šumaru omogućuje laku pokretljivost, udobnost i zaštitu. Praćenjem procesa izrade šumarske čizme utvrđena je složenost izrade s mnogobrojnim fazama koje zahtijevaju stručnost i vještine radnika.

## Zahvala

Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2016-06-5278 (voditelj Zenun Skenderi) Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP 2018-01-3170, (voditeljica Stana Kovačević) Zahvaljujemo se također tvrtkama JELEN PROFESSIONAL d.o.o. Čakovec i Alpschuh GmbH, Edt bei Lambach, Austrija, koje su nam za izradu ovog rada dale osnovne informacije o materijalima i postupku izrade radnih zaštitnih čizama za šumare.

## Literatura

- [1] HRN EN 381-1 - Zaštitna odjeća za radnike koji rukuju motornim pilama - 1. dio: Oprema za ispitivanje otpornosti na razrezivanje motornom pilom do HRN EN 381-11 – Zaštitna odjeća za radnike koji rukuju motornim pilama -- 11. dio: Zahtjevi za štitnike gornjih dijelova tijela
- [2] Horvat, J.; Regent, A. 2009. Osobna zaštitna oprema. Veleučilište u Rijeci. Rijeka. ISBN 978-953-6911-43-1.
- [3] HRN EN ISO 17249:2013 – Sigurnosna obuća otporna na zarezivanje lančanom pilom
- [4] HRN EN ISO 20345 – Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća
- [5] HRN EN ISO 20346 – Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća
- [6] HRN EN ISO 20347 – Osobna zaštitna oprema – Sigurnosna obuća
- [7] Mikulčić, M.; Skenderi, Z.; Akalović, J. Tehnologija proizvodnje niske radno-zaštitne obuće u tt. Jelen Professional d. o. o., Šesto znanstveno i stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, TZG 2013., Zagreb, 14. 1. 2013, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zbornik radova, ISSN 1847-2877, 57 – 60.
- [8] Mikulčić, M.; Skenderi, Z.; Akalović, J. Proizvodnja visoko radno-zaštitne obuće u tvornici Jelen d. d. Čakovec, Koža & Obuća 59 (2012.) 9 – 12, 28 – 29.
- [9] Kopitar, D.; Akalovic, J.; Skenderi, Z. Thermal resistance of leather and membranes for summer desert military footwear under different climate conditions. Book of abstracts, Functional Textiles and Clothing Conference, 9th-12th of February 2018, Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi, India.
- [10] Skenderi, Z.; Mihelić-Bogdanić, A.; Mijović, B. Termofiziološka udobnost nošenja obuće (Thermophysiological wear comfort of footwear). Koža i obuća 66 (2017.) 3, 12 – 21
- [11] <http://www.jelen.hr/7314-12350/p26>, pristupljeno 15. ožujka 2019.
- [12] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka:508/preview>, pristupljeno 22. ožujka 2019.
- [13] <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61535>, pristupljeno 23. ožujka 2019.
- [14] Čunko, R.; Andrassy, M.: Vlakna. Zrinski d. d., Zagreb, UDK 953-155-089-1.
- [15] <https://www.CORDURA.com/en/Fabrics/fabric-technology-explorer>, pristupljeno 1. ožujka 2019.
- [16] <https://www.CORDURA.com/en/Fabrics/classic-fabric>, pristupljeno 15. travnja 2019.
- [17] <https://www.akzonobel.com/en>, pristupljeno 1. travnja 2019.
- [18] <https://www.Sympatex.com/en/about-us/product-and-technology/>, pristupljeno 1. travnja 2019.
- [19] <https://b2b.sympatex.com/en/footwear/250/outdoor>, pristupljeno 1. travnja 2019.
- [20] <https://b2b.sympatex.com/en/technologies/294/moisture-tech>, pristupljeno 5. travnja 2019.