Istraživanje trajnosti netkanih tekstila u uvjetima prirodnog starenja

Krička, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:659769

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

ISTRAŽIVANJE TRAJNOSTI NETKANIH TEKSTILA U UVJETIMA PRIRODNOG STARENJA

SARA KRIČKA

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
Zavod za projektiranje i mendadžment tekstila

DIPLOMSKI RAD

ISTRAŽIVANJE TRAJNOSTI NETKANIH TEKSTILA U UVJETIMA PRIRODNOG STARENJA

Mentor: Sara Krička
Doc. dr. sc. Dragana Kopitar 10944/TTI-PMT

Zagreb,rujan 2019. godine

DIPLOMSKI RAD

Kandidat: Sara Krička

Naslov rada: Istraživanje trajnosti netkanih tekstila u uvjetima prirodnog starenja

Institucija u kojoj je rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno - tehnološki fakultet

Zavod: Zavod za projektiranje i menadžment tekstila; Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila

Naziv smjera: Projektiranje i menadžment tekstila

Voditelj rada: doc. dr. sc. Dragana Kopitar

Jezik teksta: Hrvatski

Rad ima: 50 stranica
28 tablica
17 slika
1 matematički izraz
15 literaturnih izvora

Članovi povjerenstva:
doc.dr.sc. Ivana Schwarz predsjednik
doc. dr. sc. Dragana Kopitar član
doc. dr. sc. Ružica Brunšek, član
izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić, zamjenik člana

Datum predaje i obrane rada: 30. rujna 2019. godine.

Zahvala

Zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Dragani Kopitar na strpljenju, pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada. Srdačno zahvaljujem doc. dr. sc. Ružići Brunšek na pomoći i savjetovanju prilikom izrade eksperimentalnog dijela diplomskog rada.
Veliko vam hvala!

SAŽETAK

U radu se definirala trajnosti netkanih agrotekstila proizvedenih od različitih vrsta vlakana i procesa proizvodnje koji su izloženi uvjetima prirodnog starenja. Dan je pregled karaktistika samih vlakana, područje primjene, tehnologije.

U radu se provela analiza 7 uzoraka agrotekstila proizvedenih od polipropilenskog, polietilenskog, poliesterskog vlakna i regeneriranih materijala proizvedenim na grebenaljci i učvršćeni procesom iglanja ili kemijskim ispredanjem iz taline učvršćenih termičkim putem vrućim zrakom ili kalandriranjem. Uzorci su izloženi uvjetima prirodnog starenja u trajanju od dva i četiri tjedna. Ispitala se površinska masa, debljina, vlačna svojstava i morfološka karakteristika površine agrotekstila mikroskopskom metodom. Proveden je preliminarno istraživanje kako bi se ustanovio utjecaj uvjeta prirodnog starenja na agrotekstil, odnosno na koji način zemlja, voda, vjetar, UV zračenje i drugo utječe na svojstva, a samim time i na trajnost agrotekstila. Iz dobivenih prelimenarnih rezultata vidljivo je da prirodni uvjeti utječu na svojstva agrotekstila u vidu smanjenja površinske mase, debljine i vlačnih svojstava. Smanjenje navedenih svojstava nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja na istražene uzorke nije bitnije utjecalo.

Ključne riječi: netkani tekstil, agrotekstil, trajnost agrotekstila, prirodni uvjeti starenja, malčiranje

ABSTRACT

The paper deals with defining the durability of nonwoven agrotextiles made from different types of fibers and production methods exposed to natural ageing conditions. The characteristics of the fibers themselves, the scope, technology and advantages of nonwoven fabric production.

This paper analyzes 7 nonwoven agrotextile made by polypropylene, polyethylene, polyester fibers and regenerates produced on card and boneded by needling or chemical spinning and bonded by hot air and calendering. The samples were exposed to natural ageing conditions for two and four weeks. The mass per unit area, thickness, tensile properties and morphological characteristics by microscopy of the nonwoven agrotextile were examined. A preliminary research was conducted to determine the effect of natural ageing conditions on agrotextiles, or how the earth, water, wind, UV radiation etc. affect the properties and therefore the durability of nonwoven agrotextiles. From the obtained preliminary results it can be seen that the natural ageing conditions affect on the nonwoven agrotextile properties in the form of reduction of mass per unit area, thickness and tensile properties. The decrease in the above-mentioned properties after four weeks of exposure to natural aging conditions did not significantly affect on the nonwoven agrotextiles

Keywords: nonwoven textile, agrotextile, durability of agrotextile, natural ageing conditions, mulch

SADRŽAJ

1.UVOD 1

2. RAZRADA TEME 3

2.1. Agrotekstil 3

2.2. Vlakna za proizvodnju agrotekstila 4

2.3. Tehnologija proizvodnje netkanog agrotekstila 7

2.4 Primjena i prednosti agrotekstila 10

2.5. Malčiranje 11

3. METODIKA RADA 12

4. EKSPERIMENTALNI DIO 13

4.1. Površinska masa agrotekstila 13

4.2. Debljina agrotekstila 14

4.3. Određivanje vlačnih svojstava agrotekstila 15

4.4. Određivanje morfoloških karakteristika površine agrotekstila 16

5. REZULTATI I RASPRAVA 17

6. ZAKLJUČAK 56

7. LITERATURA 57

1. UVOD

Od davnina čovjek je okružen tekstilom koji je koristio za različite namjene. U počecima bilo je važno zaštititi se od vremenskih neprilika te su tekstilni proizvodi imali primarnu svrhu zaštite čovjekovog tijela od hladnoće i padalina. Prvi tekstilni proizvodi napravljeni su od životinjskog krzna spajanog s likovim dijelom stabljika. S vremenom i napretkom društva, širila se i unapređivala primjena tekstila. Sam pojam tekstil (lat. textere - tkati) izvorno označava tkane proizvode, ali se s vremenom zbog razvoja tekstilnih tehnologija pojam proširuje, pa se pod tim pojmom smatraju vlakna i svi proizvodi napravljeni od vlakana bilo kojom prerađivačkom tehnologijom (predenjem, tkanjem, pletenjem, čipkanjem, pustenjem, iglanjem i drugim tehnikama). Odnosno, pojam tekstil uključuje sve linearne i plošne tvorevine te iz njih izrađene proizvode [1]. Pojam vlakno označava linearnu tvorevinu, tj. oblik materije kojoj je osnovni kriterij da je duljina znatno veća (najmanje 1:100) od poprečnih dimenzija (širine i debljine), a s mogučnošću prerade u složenije tekstilne proizvode [1]. Napretkom tehnologije dolazi do napretka i u tekstilnoj industriji, te osim u odjevnom području tekstil nalazi primjenu i u drugim aspektima čovjekovog života. Od prošlog stoljeća bilježi se znatni razvoj, primjene i upotrebe netkanog tekstila. Pojam netkani tekstil označava plošne tekstilne tvorevine napravljene od učvrćenih orijentiranih ili neorijentiranih vlakana čija je primarna primjena u tehničke svrhe, dok je estetski izgled proizvoda sekundaran [2]. Netkani tekstil uglavnom se proizvodi kontinuiranim procesima koji se dijele na suhe, mokre i procese dobivanja netkanog tekstila kemijskim ispredanjem [2].

Netkani tehnički tekstil dijeli se na primjenu u [3]:

- Građevinarstvu (Buildtech): obloge za cijevi, izolacijski materijali, materijali za fasadu, krovni materijali, akustične obloge za zidove.
- Odjevnoj industriji (Clothtech): međupostavni materijali, materijali za ojačavanje, naramenice, unutrašnji dijelovi obuće, vodootporni materijali.
- Zemljanim radovima (Geotech): materijali za kontrolu erozije, filtracija i odvodnjavanje, materijali za nasipe i brane,
- Domaćinstvu (Hometech): ispuna za jastuke i prekrivače, nasloni za ramena i leđa, zaštita za ivice zidova.
- Industriji (Indutech): crijeva, prijenosne trake, filteri za kontrolu zagađenja zraka i zagađenja vode.

- Automobilskoj industriji (Mobiltech): obloge za prtljažnik, podne podloge, komandna tabela, zvučna izolacija i upijajući materijal.
- Pakiranju (Packtech): vreće, materijali za vezivanje, materijali za zaštitu od udara, materijali za sprečavanje prodora vlage,
- Osobnoj zaštiti (Protech): zaštitna odjeća uključujući zaštitu od metaka i uboda insekata
- Sportu (Sporttech): kosturi za bicikle, rekete, kompozitne materijale koji se koriste u čamcima, za balone, tereni za sport, vreće za spavanje, cerade, šatori.
- Medicini i higijeni (Medtech): kirurški ogrtači i kombinezoni, maske za lice, kape, navlake za obuću, kozmetičku vatu i tufere i sl.
- Poljoprivredi (Agrotech): zaštitni materijali za staklenike, materijali za kontrolu korova, poboljšanje klijavosti, kapilarna navodnjavanja, vrećice za pakiranje korijenja.

Hrana je jedna od glavnih ljudskih potreba te počeci uzgoja bilja i same agrokulture datiraju još otprije 10 000 godina [4]. Njegom biljaka i kultivacijom tla s namjerom dobivanja većih i boljih usjeva biljke su s vremenom izgubile neke temeljne značajke koje posjeduju u slobodnom uzgoju. Kao uzročno posljedična veza slabljenja biljke i njihova nemogućnost obrane od nepovoljnih utjecaja, biljke zahtjevaju stalnu čovjekovu njegu. Pod pojmom „njega kultura“ smatramo s jedne strane zaštitu biljaka od nepovoljnih čimbenika, a s druge strane, osiguranje svih biofaktora u dovoljnim količinama i povoljnim odnosima [4].
Negativne čimbenike dijelimo na abiotske i biotske. Abiotski negativni čimbenici odnose se na meteorološke elemenate (klima), dok se biotski negativni čimbenici odnose na utjecaj različitih vrsta živih organizama (virusi, bakterije, štetočine,korov..) [4].
Kako bi se zaštitila biljka od spomenutih negativnih čimbenika vrši se malčiranje proizvodnih površina. Pod pojmom malčiranje podrazumjeva se zastiranje proizvodnih površina različitim vrstama materijalima, gdje u malčiranju značajnu ulogu imaju i tekstili poznati pod nazivom agrotekstili [4].

Cilj rada je istraživanje utjecaja uvjeta prirodnog starenja (zemlja, voda, vjetar, UV zračenje i drugo) na netkani agrotekstil, odnosno na njegova svojstva, a samim time i na trajnost u stvarnoj upotrebi.

2. NETKANI TEKSTIL

Pod netkanim tekstilom podrazumjeva se plošni tekstilni proizvod koji se ne proizvodi tkanjem, pletenjem, tafting postupkom ili pustenjem, već posebnim postupcima izravno od usmjerenih ili neorijentiranih vlakana. Koristi se prvenstveno radi svojih tehničkih i uporabnih svojstava više nego estetskih ili dekorativnih karakteristika [5]. Termin tehnički tekstil obuhvaća tekstilne proizvode posebnih tehničkih karakteristika i funkcionalnosti umjesto estetičkih ili dekorativnih karakteristika [2].

Budući da je proizvodnja netkanog tekstila jednostavnija (manje procesnih faza do gotovog proizvoda) i jeftinija od proizvodnje tkanina ili pletiva, netkani tekstil ima bolju perspektivu od ostalih vrsta plošnih tekstilnih proizvoda (tkanine i pletiva). U razvijenim zemljama, tehnologije za proizvodnju netkanog tekstila brzo se unapređuju čime se širi i paleta svojstava i karakteristika samih netkanih proizvoda. Navedeno omogućava širenje u nove segmente, razvoj i komercijalizaciju potpuno novih novih proizvoda. Ključni prioritet industrije netkanog tekstila je unapređenje života ljudi pružanjem inovativnih proizvoda. Posljedica navedenog prioriteta je tržište s raznovrsnim sirovinama, procesima proizvodnje, a time i proizvodima. Sam ili u kombinaciji sa drugim materijalima, netkani tekstil koristi se u širokom rasponu potrošačkih i industrijskih proizvoda različitih svojstava [3].

2.1. Agrotekstil

Agrotekstil spada u grupu tehničkog tekstila koji se primjenjuje u poljoprivredi, vrtlarstvu, ribarstvu, hortikulturi i šumarstvu. Još od davnina, agrotekstil je proizvod od važnosti jer je poljoprivreda bila, a i danas je, najraširenija industrija na globalnoj razini. U prošlosti se koristio agrotekstil od prirodnih vlakana, poput jute i vune, dok se u današnje doba modernizacije i tehnoloških dostignuća, proizvodnja agrotekstila uglavnom bazira na umjetnim vlaknima poput polipropilenskih i polietilenskih vlakana. Umjetna vlakna imaju prednost pred prirodnim vlaknima zbog svoje čvrstoće, trajnosti, male mase, omjera cijene i učinka, te dug vijek trajanja. Danas se agrotekstil proizveden od prirodnih vlakana koristi u područjima primjene gdje su potrebne karakteristike poput zadržavanja vlage i čvrstoće u mokrom stanju (veća čvrstoća vlakana u mokrom stanju). Agrotekstil od prirodnih vlakana je ekološki prihvatljiviji s obzirom da se nakon uporabe potpuno razgrađuje [6].

2.2. Vlakna za proizvodnju agotekstila

Polietilenska vlakna

Za proizvodnju netkanih agrotekstila najčešće se koriste polietilenska vlakna. Prema BISFA-i međunarodna kratica za polietilenska vlakna je PE. To su vlakna izgrađena od linearnih makromolekula nesupstituiranih zasićenih alifatskih ugljikovodika [1]. Za primjenu u području tehničkog tekstila, polietilenska vlakna proizvode se kao monofilamenti i vrpčasta vlakna.

Svojstva polietilenskih vlakana [1]:

Prednosti:

- Vrlo lagana, gustoća 0,97 g/m^3
- Otporna na kemikalije
- Otporna na mikroorganizme
- Postojanost pri habanju
- Otporna na UV zračenje
- Čvrstoća i savitljivost variraju ovisno o tipu vlakna; čvrstoća standardnog tipa kreće se u rasponu od 18-21 cN/tex ili 30-70 cN/tex, dok su utračvrsta vlakna u rasponu od 300 do 350 cN/Tex. Čvrstoća se ne smanjuje u mokrom stanju. Prekidno istezanje za standardni tip je u rasponu od 10 % do 45 %, a za ultračvrsto vlakno od 3 % do 4%.
- Ultračvrsta vlakna imaju veliku sposobnost asporpcije kinetičke energije

Nedostaci:

- Slaba otpornost prema povišenim temperaturama, omekšavaju već pri 85 °C, a tale se pri 130 °C – 132 °C.
- Ne upija vlagu niti vodu, a repriza iznosi 0%

Polipropilenska vlakna

Prema BISFA-i međunarodna kratica za polipropilenska vlakna je PP, a normom ISO 2076 se vlakna definiraju kao vlakna građena od linearnih makromolekula u kojima se kao konstrukcijska jedinica ponavlja zasićeni alifatski ugljikovodik, a na svaki drugi C-atom vezana je bočna metilenska skupina. Polipropilenska vlakna većinom imaju kružni ili trilobalni poprečni presjek, te tome odgovarajući oblik i površinu bez nekih morfoloških posebnosti. Polipropilenskih vlakana spadaju u relativno jeftina vlakna [1].

Svojstva polipropilenskih vlakana [1]:

Prednosti:

- plivaju na vodi i imaju najmanju gustoću od svih vlakana (0,87 – 0,94 g/cm^3),
- najmanja toplinska provodnost (0,1 – 0,3 J/m s K)
- ne upijaju vlagu niti vodu (repriza iznosi 0 %). Površina je takvih karakteristika da brzo transportiraju vlagu prema drugim hidrofilnim slojevima tekstila ili u okolinu. Na taj način osiguravaju brzo odvođenje vlage iz prostora mikroklime.
- unatoč slaboj hidrofilnosti nisu sklona nabijanju statičkim elektricitetom
- čvrstoća i savitljivost vlakana je vrlo dobra (25 do 60 cN/tex) i ne smanjuju se u mokrom stanju; prekidno istezanje je u rasponu od 15 do 50 %.
- vrlo su otporna na kiseline i lužine.
- otporna su na mikroorganizme i plijesni, a djelomice i na insekte.

Nedostaci:

- osjetljiva na UV zračenje pa se tijekom proizvodnje mogu dodati aditivi za zaštitu od degradacijskih procesa izazvanih ultraljubičastim zračenjem. Zbog velike osjetljivosti vlakana na ultarvioletni dio Sunčeva spektra važno je da se dodatkom UV-stabilizatora u talinu polimera za ispredanje vlakna zaštite od brzog starenja tijekom uporabe.
- slaba otpornost prema povišenoj temperaturi, vlakna omekšavaju na temperaturi od 150 °C do 155 °C, a tale se već pri 165 – 175 °C.
- osjetljiva na neka organska otapala sa slabom mogućnosti bojadisanja.
- unatoč dobroj čvrstoći, vlakna pokazuju relativno slabi elastični oporavak nakon ponavljanog tlačenja i savijanja.

Poliesterska vlakna

Poliesterska vlakna prema BISFA-i ima međunarodnu kraticu PES. Definiraju se kao vlakna građena od linearnih poliesterskih makromolekula u kojima je maseni udio estera tereftalne kiseline i nekog dialkohola najmanje 85 %. Poliesterska vlakna mogu se dobiti iz više vrsta polimernih molekula i to od: poli(etilen-tereftalata), poli(1,4-dimetilen-cikloheksil-tereftalata) i poli(butilen-tereftalata). Najčešće poliesterska vlakna po kemijskoj građi su poli(etilen-tereftalat), PET koji se dobiva iz monomernih spojeva tereftalne kiseline, 1,4-dimetiltereftalata i etilen-glikola u kombinaciji koja ovisi o primjenjenom postupku. Poliesterska vlakna su po morfološkim karekteristikama tipična umjetna vlakna, odnosno

nemaju morfoloških posebnosti. Poprečni presjek kod standardnog tipa vlakna je kružnog oblika. U novije vrijeme poprečni presjek može biti i trilobalnog, cvjetasto izbrazdanog, kružno-konjugiranog, zvjezdasto-konjugiranog oblika te kružnog presjeka s uzdužnom šupljinom [1].

Svojstva poliesterskih vlakana [1]:

Prednosti:

- Izvrsna mehanička svojstva koja variraju u širokom području ovisno o namjeni. Čvrstoća standardnih tipova vlakana nalazi se u rasponu od 30 cN/tex do 70 cN/tex, a za tip vlakna velike čvrstoće od 60 cN/tex do 90 cN/tex i gotovo se ne smanjuje u mokrom stanju; prekidno istezanje za standardni tip je u rasponu od 20 % do 30 %, a tip velike čvrstoće u rasponu od 8 % do 20 %
- Kruta i otporna na savijanje, dobra dimenzijska stabilnost i slaba sklonost gužvanju
- Zadržava oblik tijekom uporabe, otpornija na habanje od većine drugih vlakana
- Otporna na kiseline i dobro podnose sredstva za bijeljenje
- Odlično podnose uobičajena sredstva koja se koriste za kemijsko čišćenje osim tetrakoleretana i tetraklormetana.
- Vrlo dobra termička otpornost gdje vlakna omekšavaju na temperaturi iznad 230 ^{0}C, a tale se na temperaturama od 250 ^{0}C do 260 ^{0}C, mogućnost termofiksiranja pri temperaturi od 210 do 220 ^{0}C, glačanje na 150 ^{0}C
- Vrlo otporna na mikroorganizme

Nedostaci:

- Velika sklonost pilingu
- Vrlo kompaktna građa, gustoća u rasponu od 1,38 do 1,44g/cm^3
- Slaba mogućnost bojadisanja
- Nisu otporna na alkalije, pogotovo pri povišenim temperaturama.
- Slabo upijanje vlage, repriza iznosi 0,5%
- Veliki električni otpor (10^{11} - 10^{14} Ω) – velika sklonost nabijanju statičkim elekticitetom, pridonosi velike neugodnosti u nošenju i samoj preradi
- Općenito relativno otporna na UV zračenje, ali tijekom duljeg izlaganja Suncu u vlaknu može doći do degradacijskih procesa uz kemijske promjene)

Regenerat

S povećanjem ekološke osviještenosti i željom za što ekonomičnijom proizvodnjom razvijaju se novi načini dobivanja sirovina. S obzirom da stari i iskorišteni tekstilni materijali i proizvodi predstavljaju veliki potencijal za ponovno korištenje, sve više se razvija mogućnost dobivanja sirovina iz regeneriranih tekstila koje zovemo regeneratima. Regenerat je sirovina dobivena od starih i iskorištenih tekstilnih proizvoda. U regeneratu se nalaze različite vrste tekstila (pređe te dijelovi tkanih i pletenih tekstilnih plošnih proizvoda) proizvedenih od više vrsta vlakana (umjetnih i prirodnih). Zbog raznolikosti svojstava tekstilnih plošnih proizvoda i pređa te različitih sirovina od kojih je regenerat proizveden, sam regenerat ima različita svojstva.

2.3. Tehnologija proizvodnje netkanog agrotekstila

Općenito, procesi proizvodnje netkanog tekstila dijele se na četiri glavne faze [2]:

- priprema vlakana – otvaranje, čišćenje i miješanje vlakana
- formiranje runa – otvaranje snopića vlakana do pojedinačnih vlakana, izravnavanje vlakana, uzdužno usmjeravanje vlakana
- učvršćenje runa – mehaničkim, kemijskim ili termičkim putem
- dorada netkanog tekstila

Postupci učvršćenja runa mogu biti [2]:

- mehanički
- aerodinamički
- hidrodinamički
- postupak kemijskog ispredanja

Proces proizvodnje netkanog tekstila započinje fazom pripreme vlakana gdje se vrši postupno otvaranje vlakana iz bala, čišćenje snopića vlakana od nečistoća (nevlaknatih primjesa i kratkih vlakna) te mješanje vlakna. Proces otvaranja vrši se automatski, na jednom ili više strojeva (ovisno o sirovini koja se prerađuje) gdje se vlakana iz bala pomoću valjka za otvaranje otvaraju (oduzimaju), transportiraju kroz transportni kanal i odvode na idući stroj proizvodne linije. Prije dovoda u stroj za miješanje u prostoru kondenzora vrši se zračnim sistemom čišćenje, odnosno odstranjivanje nečistoća te se vlakna transportiraju u stroj za miješanje. Snopići vlakana se pneumatskim putem dovode do stroja za miješanje vertikalnim

komorama. Svaka komora ima senzore za regulaciju količine materijala kako ne bi došlo do zastoja u proizvodnom procesu radi prekomjerne ili premale količine materijala. U stroju se može miješati jedna ili više vrsta vlakana, kao i miješanje vlakana po bojama radi dobivanja što jednoličnijeg runa. U svakoj komori vrši se zasebno miješanje i otvaranje vlakana valjcima za otvaranje koji se nalaze na dnu svake komore, te nakon otvaranja ulaze u odvodni kanal za miješanje snopića u slojevima [7]. Nakon prve faze (pripreme vlakana) relativno otvoreni, očišćeni i izmješani snopići vlakana pneumatskim putem se transportiraju do grebenaljke (faza formiranja runa). Poznajemo dvije glavne vrste grebenaljki za formiranje runa, grebenaljke sa pokrovom i grebenaljke sa valjcima. Grebenaljke s pokrovom koriste se za vlakna kratkog vlaska (pamuk, umjetna vlakna pamučnog tipa, mješavine), dok se grebenaljke s valjcima koriste za vlakna dugog vlaska (vuna, umjetna vlakna vunenog tipa, mješavine) [2]. Osnovna zadaća grebenaljke je pomoću različitih brzina i smjera okretaja valjaka s oblogama (iglice, zupci) do glavnog bubnja postupno otvarati snopiće do pojedinačnih vlakana, dodatno očistiti od nečistoća i odstraniti kratka vlakana, izmiješati, usmjeriti i ispraviti vlakana te formirati runo koje se skida sa glavnog bubnja pomoću valjka za skidanje. Runo se polaže na križnom polagaču nakon čega slijedi faza učvršćenja [2]. Netkani tekstil najčešće se učvršćuje tehnikom iglanja. Iglanje je postupak povezivanja runa vlastitim vlaknima tako da u runo ulaze igle s kukicama (grebenima). Kukice zahvaćaju vlakna s površine runa i potiskuju dublje u unutrašnjost, čijim se vraćanjem međusobno isprepliću čime se runo učvršćuje. Agrotekstil učvršćen iglanjem pomoću međusobnog ispreplitanja vlakana dobiva na čvrstoći, elastičnosti, propusnosti i ostalih mehaničkih svojstava koja se mogu postići odgovarajućim odabirom strojeva u proizvodnoj liniji kao i metodom proizvodnje. Na kvalitetu agrotekstila učvršćenog pocesom iglanja utječe tip, finoća i duljina vlakna, orijentacija vlakana u runu, jednoličnost mase runa i na poslijetku, sam proces iglanja, odnosno, tip igala, dubina i širina prodiranja igle, te gustoća iglanja [2]. Također runo se može učvrstiti različitim termičkim metodama kao što je putem vrućeg zraka i kalandriranjem. Kalandriranje je termički postupak obrade netkanog tekstila vođenjem runa kroz zagrijane valjake pod pritiskom. Odvija se po principu zagrijavanja koje se često ostvaruje određenim udjelom vlakana niske točke tališta. Takva vlakna imaju nižu točku tališta, te se prolaskom između zagrijanih kalander valjaka uz određeni pritisak tale i sljepljuju sa okolnim vlaknima tvoreći netkani tekstil. Ovisno o površinskoj masi runa i potrebnoj temperaturi, postoje strojevi za kalandriranje sa više valjaka. Valjci su podjednako zagrijani kako bi se osiguralo omekšavanje termoplastičnih komponenata kroz cijelo vrijeme prolaska runa. Rezultat je omekšavanje potrebnih supstanci i njihovo novo svojstvo,

ljepljivost, koje osigurava povezivanje nastalih pokretnih polimernih segmenata oko primarnih vlakana gdje nastaju dodirne odnosno vezne točke. Stupanj vezivanja ovisi o temperaturi, pritisku i brzini prolaska materijala kroz kalander valjke. Nakon termičkog učvršćenja slijedi proces hlađenja gdje se vezne točke skrutnjavaju [2].
Proces učvršćenja runa prolaskom kroz vrući zrak odvija se pomoću perforiranog i za vrući zrak propusnog bubnja na koji se vodi runo pomoću trake za transport. U perforiranom bubnju zadržava se toplina koja se dovodi pomoću ventilatora. Gustoća runa i propusnost zraka najvažnija su svojstva kod procesa učvršćenja runa pomoću vrućeg zraka. Što je gustoća runa veća time je propusnost zraka manja, te je potreban veći pritisak tlaka za prolaz vrućeg zraka kroz runo kako bi se postigao željeni postotak učvršćenja. Radi sprečavanja nepoželjnih promjena u strukturi runa potrebna je stalna krontrola temperature i propusnosti zraka [8].

Agrotekstil za poboljšanje klijavosti sjemena najčešće se proizvodi postupkom kemijskog ispredanja iz taline. Od čvrstog nevlaknatog polimernog materijala, građenog od linearnih makromolekula zadovoljavajuće i relativno velike molekulne mase, priređuje se talina reoloških svojstava potrebnih za ispredanje. Talina se ekstrudira kroz mlaznicu, a polimerni mlaz nakon izlaska iz mlaznice skrućuje se hlađenjem na zraku sobne temperature [2].

Postupak kemijskog ispredanja iz taline ima pet faza :

1. Ispredanje filamenata
2. Istezanje filamenata – makromolekule se ispravljaju i orijentiraju pri čemu se povećava uređenost kristalne strukture i gustoća
3. Hlađenje filamenata
4. Polaganje filamenata na traku/bubanj uz oblikovanje jednoličnog runa
5. Učvršćenje runa [2].

Proces proizvodnje folije od polietilena

Polietilenska folija proizvodi se postupkom kemijskog ispredanja iz taline, odnosno procesom ekstruzije. Proces započinje taljenjem malih polietilenskih granula gdje se rastaljeni polietilen ekstrudira kroz mlaznicu. Ekstrudirani polimerni mlaz se isteže zrakom do željenog promjera i gdje se istovremeno hladi, prije nego što se položi na transportnui traku. Debljina folije kontrolira se brzinom izlaska taline iz mlaznice, dok se širina folije kontrolira količinom i brzinom zraka za istezanje. Boja folije može se mijenjati u procesu taljenja granula s dodatkom obojenih pigmenata. Tijekom rastaljene faze polimernog mlaza može se vršiti

tiskanje slika, uputa, upozorenja, logotipe tvrtke, itd. Folija se može rezati i odvajati u fazi proizvodnje u svrhu pojedinačno rezanih polietilenskih vrećica. Na proizvod se mogu dodati rupe za odzračivanje koje se kroz foliju urezuju u različitim obrascima i veličinama. U slučaju da folija zahtijeva više tehničkih preinaka, tada se položena folija na transportnoj traci uklanja sa linije za ekstruziju kako bi se dodatno modificirao [9].

2.4. Primjena i prednosti agrotekstila

Agrotekstili se koriste za različite namjene, a najčešće za razdvajanje slojeva u poljima, za spriječavanje erozije i utiranje puteva za pošumljavanje, u staklenicima i za ribarske mreže, mreže za zaštitu biljaka, za zaštitu travnatih područja, za zaštitu biljaka od sunca (sjenila s podesivim stupnjem zasjenjenja), vjetrobranska zaštita od vjetra, za ambalažni materijal, mreže protiv ptica i insekata, prostirke za upravljanje zemljištem i biljnim vodama u vrijeme oskudice i obilja vode [10].

Prednosti agrotekstila za poboljšanje klijavosti sjemena [11]:

- Zaštita biljaka od niskih ili visokih temperatura
- Smanjuje dnevno kolebanje temperature
- Sprečava rast korova
- Smanjenje upotrebe herbicida
- Sprečavanje isušivanja zemljišta i stvaranja pokorice
- Ubrzavanje starta rasta proljetnih kultura

Najznačajnija prednost agrotekstila za poboljšanje klijavosti sjemena je osiguravanje dobre transmisije sunčeve radijacije, a smanjenje gubitka topline radijacijom iz tla. Zbog navedenog u zoni usjeva se tek umjereno povećava temperatura zraka, dok je pojava maksimalnih temperaturnih ekstrema spriječena zbog dobre izmjene zraka koju osigurava određena propusnost agrotekstila rezultirajući povećanjem prinosa voća i povrća (sadnica) [12, 13]. Izmjena zraka ispod agrotekstila radi po principu strujanja zraka, topli zrak ispod netkanog tekstila je lakši, te se diže i izlazi u okolinu, a na njegovo mjesto pada hladniji zrak iz okoline. Izmjena zraka ispod netkanog agrotekstila trostruko je brža nego ispod polietilenske folije s 500 perforacija/m^2. Ugljični dioksid, koji se u tlu oslobađa raspadom organske tvari, slabije difundira u atmosferu čime se nalazi u povećanoj koncentraciji ispod agrotekstila, odnosno u

području biljaka. Takvi, povoljniji uvjeti pridonose poboljšanom rastu i ranozrelosti biljaka [12].

2.5. Malčiranje

Za razliku od tla slobodne prirode, poljoprivredna tla izložena su povremeno ili stalno negativnom utjecaju insolacije (UV zračenje), oborina, vjetra, visokih temperatura, korova, štetočina i sl. [4]. Čovjek je odavno spoznao taj nedostatak i pokušava ga riješiti zastiranjem (pokrivanjem) proizvodnih površina različitim vrstama pokrova [4]. Takvo zastiranje proizvodnih površina naziva se malčiranje (eng. Mulch). Izvorno naziv mulch označava nastor od slame ili lišća, a sam naziv mulch dolazi iz njemačkog pučkog izraza molsch, što znači mekan i u početnoj fazi raspradanja [4].

Vrsta pokrova za malčiranje možemo podijeliti na dvije skupine: živi malč i mrtvi malč. Živi malč su žive biljke koje se pojavljuju u vrijeme aktivne vegetacije te su one istodobno u kompeticijskim odnosima s uzgajanom kulturom za biofaktore, prvenstveno vodu i hranjiva. Vrlo je pogodan na nagnutim površinama te financijski najisplativiji. Mrtvi malč su različite vrste umjetnih ili prirodnih pokrivala. U mrtvi malč spadaju i praškasti malč (fino usitnjeni površinski sloj tla koji stvara prepreku za strujanje pare), malč od korova i otpadaka, malč od strni koja ostaje na polju, malč od slame koja ostaje na polju prilikom kombiniranja strninih žitarica, pločasto kamenje, šljunak, pijesak, pilovina, kruti stajski gnoj, kompost, treset, ugljena prašina, specijalni papiri različitih tekstura i boja, prozirni i neprozirni agrotekstil, naftni proizvodi i različita kemijska sredstva.

Tekstilni malč

Najčešći tekstilni malč je u obliku folije koji se koristi od kasnih pedesetih godina. Folije se razlikuju u svojoj refekleksiji i stoga utječu na temperaturu tla i radijacijsku energiju ispod usjeva.

Folije se dijele na prozirne, neprozirne i fotorazgradljive. Prozirne folije se koriste za zastiranje osjetljivijih kultura ili rasada. Neprozirne folije služe za zastiranje slobodnih površina između biljaka. U klimatski umjerenim područjima, u rano proljeće se folije različitih vrsta koriste za povišenje temeperature tla.

Zastiranje tla prozirnim folijama u hladnim područjima ili hladnim razdobljima povećava temperaturu tla i omogućuje raniji i uspješniji uzgoj usjeva.

Tamni polietilenski malč povećava temperature tla, zadržava vlagu i sprečava razvoj korova (zbog nedostatka svjetlosti, odnosno fotosinteze), ali je manje učinkovito zadržava topline od prozirnih malčeva.

S obzirom da neprozirne folije štite tlo od atmosferilija i sprečavaju gubitak topline iz tla tijekom noći, temeperatura iznad folije nešto je niža od temeperature ispod folije. Upotreba folija korisna je i pri ugoju kultura čiji plodovi leže na tlu iz razloga što se na takav način plodovima može očuvati zdravlje i čistoća [4].

3. METODIKA RADA

Za diplomskom radu ispitano je 7 netkanih tekstila od polipropilenskih vlakana, poliesterskih vlakana i regenerata dobivenih različitim postupcima proizvodnje te polietilenska folija koja se uobičajeno koristi za malčiranje agrotekstilih proizvoda kako bi se usporedila osnovna fizikalno-mehanička svojstava i trajnosti pri izlaganju vremenskim prilikama.

Mjerenja su napravljena na uzorcima koji nisu izlagani vremenskim utjecajima, nakon dva te nakon četiri tjedna izlaganja vremenskim prilikama.

Nazivna površinska masa, sirovinski sastav, tehnologija proizvodnje i njihove pripadajuće oznake vremenskim prilikama prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1: Označavanje uzoraka

Oznaka uzorka	Nazivna površinska masa, g/m^2	Sirovinski sastav	Tehnologija proizvodnje
PP-I	381,27	PP	mehanički proizvedeno runo, učvršćenje iglanjem
PP-I-K	436,27	PP	mehanički proizvedeno runo, učvršćenje iglanjem i kalandriranjem
PES-I	269,50	PES	mehanički proizvedeno runo, učvršćenje iglanjem
PES-T	225,05	PES	mehanički proizvedeno runo, učvršćenje prolaskom kroz vrući zrak
PP-KI	59,84	PP	kemijsko ispredanje iz taline
PE-F	59,83	PE	folija dobivena ekstruzijom
REG	287,03	regenerat	mehanički proizvedeno runo, učvršćenje iglanjem

4. EKSPERIMENTALNI DIO

4.1. Površinska masa agrotekstila .

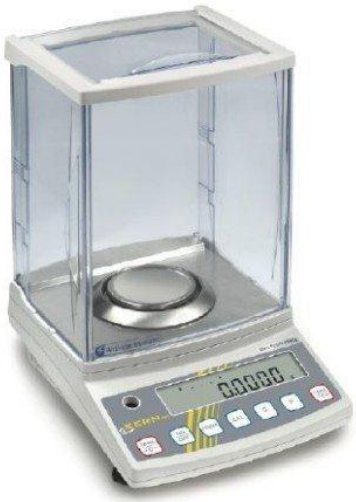
Površinska masa je masa plošnog uzorka (netkanog tekstila) površine jednog metra kvadratnog izražene u gramima. Određivanje se vrši prema normi ISO 9073-1:1989 [13].

Princip rada:
U standardno stanje dovodi se epruveta uzorka određene dimenzije, izvaže se masa te se pomoću toga izračuna površinska masa [13].

Postupak rada:
Ispitivanje se provodi na način da epruvetu površine 50 000 mm^2, dimenzije 250 x 200mm, nakon dovođenja u standardno stanje izvaže na analitičkoj vagi (s točnošću od ± 0,0001g). Na svakom uzorku mjerenje se ponavlja tri puta. Nakon dobivene srednje vrijednosti mase uzorka u gramima računa se površinska masa slijedećom formulom [13]:

$$m_p = m_e \times 100/5 \left[\frac{g}{m^2} \right] \qquad (1)$$

Gdje je: m_p = površinska masa uzorka, g/m^2
m_e = masa epruvete površine 50 000 mm^2, g



Slika 1. Analitička vaga za vaganje s točnošću od ± 0,0001g

4.2. Debljina agrotekstila

Debljina plošnog proizvoda prema normi HRN ISO 9073-2:1995 je razmak između lica i naličja netkanog tekstila. Mjeri se kao razmak između dvije metalne paralelne ploče razdvojene netkanim tekstilom koja se nalazi pod određenim pritiskom [14]. Poznajemo više metoda i aparata za određivanje debljine netkanih tekstilija s obzirom na voluminoznost netkanog tekstila koji se ispituje:

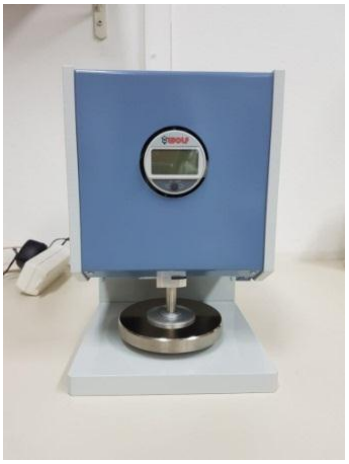
- Normalni netkani tekstil koji se može stlačiti 20%
- Voluminozan netkani tekstil maksimalne debljine do 20 mm
- Voluminozan netkani tekstil debljine veće od 20 mm

Princip rada:

Uzorak se stavlja između dvije okrugle paralelne metalne ploče, nakon što se vertikalno optereti izmjeri se razmak između ploča. Prema normi EN ISO 9073-2:1995 za ispitivanje voluminoznih uzoraka netkanog tekstila (debljine do 20 mm i veće od 20 mm) koriste se drugi postupci i aparati [13].

Postupak rada za normalni netkani tekstil koji se može stlačiti 20%

Mjerenje se provodi na uzorku (epruveti) površine veće od 2500 mm^2 s ponavljanjem od 10 puta na debljinomjeru preciznosti rezultata od 0,01 mm. Debljinomjer se sastoji od podloge (kružna uglačana ploča) na koju se stavlja netkani tekstil i pritiskivača kojom se netkani tekstil pritišće određenom silom. Na podlogu se postavlja uzorak te se pritiskivač polako spušta na uzorak. Nakon 30 sekundi na displeju se očitava razmak između podloge i pritiskivača. Prema normi ISO186 uzorak za ispitivanje treba biti namješten na način da se ispitivanje provodi na mjestima gdje nema vidljivih grešaka i nabora [13].



Slika 2. Debljinomjer preciznosti 0,01mm

4.3. Određivanje vlačnih svojstava agrotekstila

Promjena dužine u trenutku prekida naziva se prekidno istezanje i izražava se u postocima (%). Prekidna sila označava otpor kojim se netkani tekstil određenih dimenzija suprotstavlja kidanju u pravcu vlačne sile [13]. Ispitivanja se vrše prema normi ISO 9073-3:1992 na dinamometru Tensolab 1000/3000 – Mesdan Lab koji radi na principu konstantne brzine istezanja, a uz osnovni aparat posjeduje kontrolnu i ulazno – izlaznu kompjutorsku jedinicu preko koje se upravlja tokom ispitivanja. Na ekranu se prati tok ispitivanja, a rezultati se dobivaju kao numerički i grafički ispis, ovisno o odabranom programu ispitivanja [15].

Princip rada:
Uzorak se dovodi u standardno stanje, stavlja u stezaljke dinamometra koje su pod predopterećenjem, gdje radi djelovanja vlačne sile dolazi do istezanja i kidanja uzorka. Uzorak se izrezuje u obliku trake dimenzija 350 x 50 mm u smjeru izlaska materijala iz stroja (MD smjer, eng. machine direction) i poprečno od smjera izlaska materijala iz stroja (CMD, eng. cross machine direction). Izrezani uzorak stavlja se u stezaljke dinamometra razmaka 200 mm, dinamometar se uključuje u rad s konstantnom brzinom ispitivanja od 500 mm/min. Nakon prekida uzorka, na ispisu se nalaze vrijednosti prekidne sile (cN), prekidnog istezanja (%), rada do prekida (cN mm), čvrstoće (cN mm) i vremena prekida (s) [13].



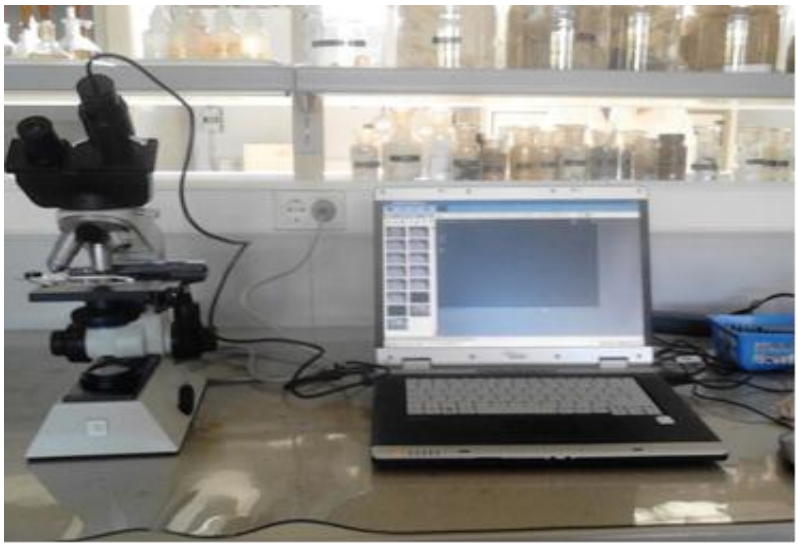
Slika 3. Dinamometar Tensolab 1000/3000 – Mesdan Lab

4.4. Određivanje morfoloških karakteristika površine agrotekstila

Pod morfološkim karakteristikama podrazumjevamo izgled i karakteristike površine te makroskopske značajke oblika i pojavnosti vlakana kao cjeline [1]. Analiza morfoloških karakteristika provodi se pomoću Dino-Lite digitalnim USB mikroskopom. Software omogućuje fotografiranje i snimanje video zapisa, fotografije se mogu pohranjivati u različitim formatima, po njima se može pisati i crtati, a profesionalni modeli nude i opcije preciznog mjerenja

Princip rada:
Uzorak promatra se pod mikroskopom te se pri promatranju vrši uočavanje i zaključivanje promjena koje su se dogodile na površini netkanog tekstila.

Postupak rada:
Uzorak se stavlja pod mikroskop, pronalaze se izoštrene slike pod mikroskopom te se vrši promatranje površine netkanog tekstila. Pri promatranju površine netkanog tekstila vrši se uočavanje i zaključivanje promjena koje su se dogodile [15].



Slika 4. DINO-LITE mikroskop

5. REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 2. prikazana je površinska masa uzoraka koji nisu bili izloženi atmosferskim utjecajima. Površinske mase se kreću u rasponu od 59,8 g m^{-2} do 436,3 g m^{-2}. Koeficijenti varijacije su u rasponu od 3,2 % do 12,5 % što nam ukazuje da su uzorci relativno jednolični po površinskoj masi.

Tablica 2. Površinska masa agrotekstila

Uzorak	PP-I	PP-I-K	PES-I	PES-T	PP-KI	PE-F	REG
1.	18,5670	21,8792	12,8360	11,4492	3,3948	1,5201	14,0355
2.	19,7328	20,8305	15,0798	11,4631	2,9274	1,5026	16,2128
3.	18,8907	22,7312	12,5096	10,8453	2,6537	1,6532	12,8069
x, g	19,0635	21,8136	13,4751	11,2525	2,9920	1,5586	14,3517
SD, g	0,49	0,78	1,14	0,29	0,31	0,07	1,41
CV, %	3,2	4,4	10,4	3,1	12,5	5,3	12,0
PM, g m^{-2}	381,3	436,3	269,5	225,1	59,8	59,8	287,0

Gdje je: X je srednja vrijednost mase uzoraka u g površine 0,0990 m^2, SD je standardna devijacija mase uzoraka, g; CV je koeficijent varijacije mase uzoraka, %; PM je površinska masa uzoraka, g m^{-2}.

U tablici 3. prikazane su površinske mase uzoraka nakon dva tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja. Površinske mase uzoraka su u rasponu od 32,8 g m^{-2} do 389,8 g m^{-2}.

Tablica 3. Površinska masa agrotekstila nakon dva tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja

Uzorak	PP-I	PP-I-K	PES-I	PES-T	PP-KI	PE-F	REG
1.	19,0267	19,7238	13,2712	9,3652	2,3270	1,6925	10,1816
2.	19,3880	18,9701	11,3595	9,9012	2,4061	1,5309	12,2826
3.	19,6057	19,7745	12,4246	9,8224	2,7503	1,6937	12,4964
x, g	19,3401	19,4895	12,3518	9,6963	2,4945	1,6390	11,6535
SD, g	0,23	0,37	0,78	0,24	0,18	0,08	1,04
CV, %	1,5	2,3	7,8	3,0	9,0	5,7	11,0
PM, g m^{-2}	386,8	389,8	247,0	193,9	49,6	32,8	257,2

Gdje je: X je srednja vrijednost mase uzoraka u g površine 0,0990 m^2 nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, SD je standardna devijacija mase uzoraka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, g; CV je koeficijent varijacije mase uzoraka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; PM je površinska masa uzoraka, g m^{-2} nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja.

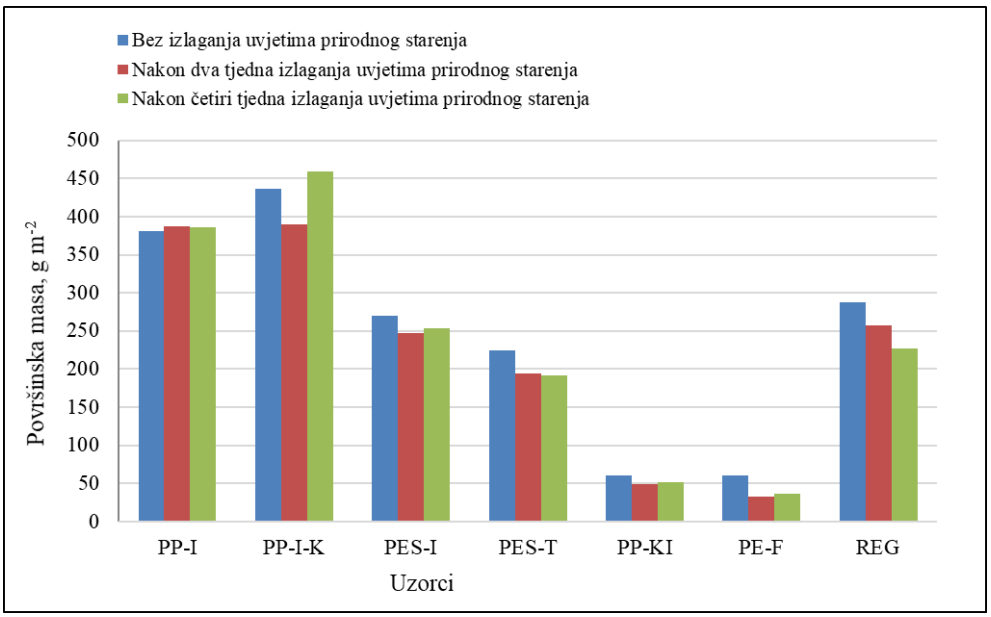
Koeficijent varijacije kreće se u rasponu od 1,51 % do 11,0 % što nam pokazuje da su uzorci i nakon podvrgavanja uvjetima prirodnog starenja relativno jednolični po površinskoj masi.
Uspredbom vrijednosti površinskih masa uzoraka prije podvrgavanja uvjetima prirodnog starenja i nakon 2 tjedna izloženosti vidljivo je uglavnom smanjenje površinskih masa uzoraka nakon 2 tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja.
Samo uzorci netkanog tekstila proizvedeni od polipropilenskih vlakana visoke čvrstoće (HDPP) i učvršćeni iglanjem (PP-I) imaju veću površinsku masu nakon 2 tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Povećanje površinske mase navedenog uzorka može se objasniti sa zaostalim nečistoćama (zemlja, trava, lišće i sl.) koje su ostale na uzorku i povećale mu masu. Kod netkanog tekstila proizvedenog od poliesterskih vlakana, učvršćenih iglanjem (PES-I) nije vidljivo povećanje površinske mase uslijed zaostalih nečistoća jer je vjerovatno došlo do veće degradacije uzorka uslijed izloženosti uvjetima prirodnog starenja.
Usporedbom površine istraženih uzoraka vidljiva je hrapavija površina koja se sastoji od različitih površinskih otvora uzoraka koji su učvršćeni samo iglanjem. Postupkom kalandriranja površina netkanog tekstila se zaglađuje i djelomično poprima plastični površinski sloj gdje je sakupljanje zaostalih nečistoća otežano. Folije same po sebi imaju glatku površinu.
U tablici 4. prikazane su površinske mase uzoraka nakon 4 tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Rezultati ukazuju na povećanje površinske mase nakon izlaganja uvjetima prirodnog starenja gotovo svih uzoraka. Navedeno se može objasnit povećanjem nečistoća u obliku trave, zemlje, raznih organizama i sl. Duže izlaganje uvjetima prirodnog starenja povećava mogućnost nakupljanja različitih nečistoća unutar strukture uzoraka izloženih uvjetima prirodnog starenja.
Raspon površinskih masa uzoraka nakon četiri tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja kreće se od 36,0 g m^{-2} do 459,8 g m^{-2}. Koeficijent varijacije je u rasponu od 0,6 % do 8,1 % što nam ukazuje na jednoličnost uzoraka po površinskoj masi.

Tablica 4. Površinska masa agrotekstila nakon četiri tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja

Uzorak	PP-I	PP-I-K	PES-I	PES-T	PP-KI	PE-F	REG
1.	18,2327	23,7114	12,7359	9,7277	2,5482	1,7618	11,2375
2.	18,6295	22,5930	12,5816	9,5201	2,5513	1,7897	10,8767
3.	21,1128	22,6630	12,6628	9,5474	2,6229	1,8471	11,9822
x, g	19,3250	22,9891	12,6601	9,5984	2,5741	1,7995	11,3655
SD, g	1,27	0,51	0,06	0,09	0,03	0,04	0,46
CV, %	8,1	2,7	0,6	1,2	1,6	2,4	5,0
PM, g m^{-2}	386,5	459,8	253,2	192,0	51,5	36,0	227,3

Gdje je: X je srednja vrijednost mase uzoraka u g površine 0,0990 m^2 nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, SD je standardna devijacija mase uzoraka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, g; CV je koeficijent varijacije mase uzoraka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; PM je površinska masa uzoraka, g m^{-2} nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja.

Na slici 5 prikazane su površinske mase uzoraka izloženih uvjetima prirodnog starenja nakon dva i četiri tjedna, odnosno površinske mase uzoraka koji nisu bili izlagani uvjetima prirodnog starenja.



Slika 5. Površinske mase uzoraka bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Iz dobivenih rezultata se može zaključiti da promatranje degradacije uzoraka izloženih uvjetima prirodnog starenja praćenjem površinske mase nije pogodno budući da djelovanjem atmosferskih utjecaja i tla, na uzorcima dolazi do većeg ili manjeg nakupljanja nečistoća u vidu zemlje, trave, grančica, lišća koje se uslijed djelovanja vjetra i kiše ukomponiraju u samu strukturu uzoraka.

U tablici 5. prikazane su debljine uzoraka prije izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Debljina uzoraka kreće se u rasponu od 0,03 mm do 4,62 mm. Koeficijent varijacije debljine je u rasponu od 1,49 % do 33,99 % što nam ukazuje da su pojedini uzorci (PES-T i PE-F) značajno nejednolični u svojoj debljini.

Tablica 5. Debljina agrotekstila bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak	PP-I	PP-I-K	PES-I	PES-T	PP-KI	PE-F	REG
1.	4,55	2,91	1,32	1,52	0,22	0,03	1,75
2.	4,35	2,85	1,30	2,58	0,20	0,03	1,79
3.	4,68	2,82	1,32	2,12	0,21	0,02	1,91
4.	4,73	2,89	1,39	2,57	0,22	0,01	1,91
5.	4,72	2,76	1,41	2,06	0,21	0,02	1,97
6.	4,59	2,81	1,40	2,70	0,24	0,03	1,83
7.	4,76	2,84	1,41	1,52	0,24	0,03	1,72
8.	4,85	2,83	1,48	1,39	0,23	0,02	1,95
9	4,41	2,81	1,45	2,52	0,22	0,02	1,78
10.	4,51	2,85	1,44	1,35	0,23	0,04	1,86
x, mm	4,62	2,84	1,39	2,03	0,22	0,03	1,85
SD, mm	0,15	0,04	0,06	0,52	0,01	0,01	0,08
CV, %	3,48	1,49	4,35	26,86	5,93	33,99	4,68

Gdje je: X je srednja vrijednost debljine uzoraka, mm bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, SD je standardna devijacija debljine uzoraka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, mm; CV je koeficijent varijacije debljine uzoraka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %.

Debljine uzoraka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja kod većine uzoraka je manja (Tablica 6.). Od navedenog nezantno odstupa igalni netkani tekstil proizveden od poliesterskih vlakana. Debljina polietilenske folije nije se promijenila.

Koeficijent varijacije se kreće u rasponu od 4,07 % do 34,64 % što nam ukazuje na nejednoličnost debljina uzoraka.

Tablica 6. Debljina agrotekstila nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak	PP-I	PP-I-K	PES-I	PES-T	PP-KI	PE-F	REG
1.	4,91	2,77	1,52	1,43	0,19	0,03	1,86
2.	4,80	2,79	1,40	2,02	0,21	0,03	1,99
3.	4,90	2,73	1,54	2,92	0,22	0,03	1,87
4.	4,62	2,77	1,51	1,38	0,21	0,02	1,83
5.	4,50	2,79	1,50	1,53	0,20	0,02	1,97
6.	3,21	2,79	1,42	2,64	0,21	0,03	1,85
7.	4,77	2,76	1,48	1,46	0,23	0,03	1,88
8.	4,57	2,73	1,60	2,77	0,22	0,03	1,96
9	4,90	2,25	1,43	1,40	0,21	0,03	1,13
10.	4,58	2,79	1,47	1,27	0,22	0,03	1,83
x, mm	4,58	2,72	1,49	1,88	0,21	0,03	1,82
SD, mm	0,48	0,16	0,06	0,62	0,01	0,00	0,23
CV, %	11,01	6,10	4,07	34,64	5,35	15,06	13,68

Gdje je: X je srednja vrijednost debljine uzoraka, mm nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, SD je standardna devijacija debljine uzoraka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, mm; CV je koeficijent varijacije debljine uzoraka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %.

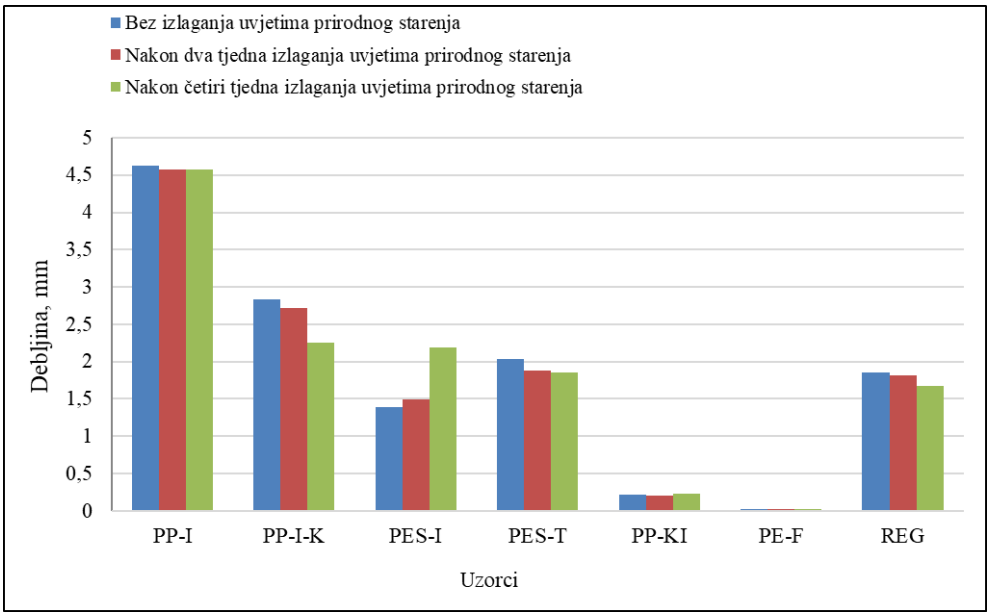
Nakon četiri tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja većina uzoraka bilježi dodatno smanjenje debljine od čega značajno odstupa netkani tekstil proizveden od poliesterskih vlakana učvršćen mehaničkim učvršćenjem iglanjem. Neznatno povećanje debljine vidljivo je i kod netkani tekstil od polipropilenskih vlakana proizveden kemijskim ipsredanjem. Debljina polietilenske folije nije se promijenila niti nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Koeficijent varijacije se kreće u rasponu od 3,00 % do 39,00 % što ukazuje na nejednoličnost debljine uzoraka.

Tablica 7. Debljina agrotekstila nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak	PP-I	PP-I-K	PES-I	PES-T	PP-KI	PE-F	REG
1.	4,44	2,16	1,38	2,63	0,24	0,03	1,96
2.	4,36	2,08	2,50	2,57	0,24	0,03	1,90
3.	4,49	2,03	2,65	1,39	0,23	0,02	1,76
4.	4,76	2,08	2,28	1,43	0,22	0,03	1,96
5.	4,61	2,95	2,43	2,77	0,24	0,03	1,97
6.	4,68	2,04	2,63	1,12	0,22	0,03	1,14
7.	4,65	2,98	1,49	1,43	0,22	0,03	1,80
8.	4,45	2,03	1,42	1,07	0,24	0,03	1,98
9	4,73	2,15	2,57	1,41	0,22	0,03	1,20
10.	4,66	2,04	2,51	2,78	0,23	0,04	1,15
x, mm	4,58	2,25	2,19	1,86	0,23	0,03	1,68
SD, mm	0,13	0,36	0,50	0,69	0,01	0,00	0,35
CV, %	3,00	16,75	24,36	39,00	4,10	15,71	21,74

Gdje je: X je srednja vrijednost debljine uzoraka, mm nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, SD je standardna devijacija debljine uzoraka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, mm; CV je koeficijent varijacije debljine uzoraka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %.

Na slici 6 prikazane su srednje vrijednosti debljine uzoraka bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja.



Slika 6. Debljina uzoraka bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

U tablicama od 8 - 28 prikazane su vrijednosti prekidne sile i prekidnog produljenja uzoraka u smjeru izlaska materijala iz stroja (MD) i suprotnom smjeru od izlaska materijala iz stroja (CMD) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. U tablicama su dani statistički pokazatelji, srednja vrijednost, standardna devijacija i koeficijent varijacije prekidne sile i prekidnog istezanja.

Prekidna sila netkanog tekstila od polipropilenskih vlakana učvršćenog procesom iglanja (PP – I) u MD smjeru se nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja smanjuje, da bi se nakon 4 tjedna izlaganja (dodatnih dva tjedna) prekidna sila neznatno povećala (za 4 %). Prekidna sila u CMD smjeru se smanjuje duljim vremenom izloženosti uvjetima prirodnog starenja. Prekidno istezanje smanjuje se i u MD i CMD smjeru duljim vremenom izloženosti uzoraka uvjetima prirodnog starenja.

Tablica 8. Prekidna sila i produljenje PP-I uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-I	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	1589	68,18	1274	73,25
2.	1243	65,56	1486	71,32
3.	1492	74,00	1577	75,59
4.	1352	77,52	1446	70,29
5.	1349	66,80	1602	72,06
x	1405	70,41	1477	72,50
SD	121,34	4,58	116,51	1,82
CV, %	9,66	7,28	8,82	2,81

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 9. Prekidna sila i produljenje PP-I uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-I	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	1013	61,75	879	64,17
2.	1040	63,75	1168	68,07
3.	945	60,09	1047	68,49
4.	914	61,95	986	68,54
5.	1029	65,81	1139	67,19
x	988,2	62,67	1043,8	67,29
SD	49,67	1,95	104,88	1,63
CV, %	5,62	3,49	11,23	2,72

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

Tablica 10. Prekidna sila i produljenje PP-I uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-I	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	1124	49,06	1137	61,79
2.	1037	47,57	1038	61,55
3.	1210	44,35	987	61,13
4.	901	51,22	745	58,55
5.	884	46,60	1123	62,88
x	1031,2	47,76	1006	61,18
SD	125,88	2,31	141,67	1,44
CV, %	13,65	5,41	15,75	2,63

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 11. Prekidna sila i produljenje PP-I-K uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-I-K	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	1483	91,89	1809	58,71
2.	1650	93,18	1754	70,47
3.	1564	96,77	1696	71,98
4.	1397	93,34	3314	55,20
5.	1391	99,60	2220	56,23
x	1497	94,96	2158,6	62,52
SD	99,33	2,83	606,41	7,22
CV, %	7,42	3,33	31,41	12,90

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 12. Prekidna sila i produljenje PP-I-K uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-I-K	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	1134	60,18	1360	75,89
2.	1235	56,71	1342	77,02
3.	1272	56,96	1422	68,29
4.	1273	57,66	1309	72,32
5.	1211	55,47	1392	71,95
x	1225	57,40	1365	73,09
SD	51,17	1,56	39,16	3,11
CV, %	4,67	3,04	3,21	4,75

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

Prekidna sila netkanog tekstila od polipropilenskih vlakana učvršćenog procesom iglanja te dodatno učvršćenih termičkim procesom kalandriranja (PP – I - K) smanjuje se u oba smjera proizvodnje (MD i CMD smjeru) duljim vremenom izloženosti uvjetima prirodnog starenja. Prekidna sila uzoraka veća je u CMD smjeru što je u skladu s teroijom. Nakon četiri tjedna prekidna sila u MD smjeru smanjila se za 32,8 %, dok se u CMD smjeru smanjila za 52,2 %. Prekidno istezanje smanjuje se i u MD i CMD smjeru duljim vremenom izloženosti uzoraka uvjetima prirodnog starenja.

Tablica 13. Prekidna sila i produljenje PP-I-K uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-I-K	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	1137	61,79	1124	49,06
2.	1038	61,55	1037	47,57
3.	987	61,13	1210	44,35
4.	745	58,55	901	51,22
5.	1123	62,88	884	46,60
x	1006	61,18	1031,2	47,76
SD	141,67	1,44	125,88	2,31
CV, %	15,75	2,63	13,65	5,41

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 14. Prekidna sila i produljenje PES-I uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PES-I	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	382	60,32	248	79,47
2.	158	45,46	244	75,72
3.	110	39,67	214	76,79
4.	370	55,82	243	82,47
5.	115	35,81	201	74,46
x	227	47,42	230	77,78
SD	122,86	9,33	18,90	2,87
CV, %	60,51	22,01	9,19	4,12

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 15. Prekidna sila i produljenje PES-I uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PES-I	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	187	53,81	400	51,89
2.	216	57,48	321	47,58
3.	188	55,99	382	51,68
4.	195	56,78	318	46,65
5.	196	56,07	357	50,96
x	196,4	56,03	355,6	49,75
SD	10,44	1,23	32,50	2,19
CV, %	5,94	2,46	10,22	4,93

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

Tablica 16. Prekidna sila i produljenje PES-I uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PES-I	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	223	55,32	364	41,58
2.	195	54,35	339	42,86
3.	199	53,53	321	46,95
4.	207	54,35	290	43,35
5.	222	54,69	321	44,82
x	209,2	54,45	327	43,91
SD	11,53	0,58	24,31	1,84
CV, %	6,16	1,19	8,31	4,68

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

U tablicama od 14 do 16 prikazane su vrijednosti prekidne sile netkanog tekstila od poliesterskih vlakana učvršćenog procesom iglanja (PES – I). Prekidna sila uzorka u MD smjeru se nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja smanjuje, da bi se nakon 4 tjedna izlaganja (dodatnih dva tjedna) prekidna sila neznatno povećala (za 6,5 %). Prekidna sila u CMD smjeru se povećava duljim vremenom izloženosti uvjetima prirodnog starenja. Prekidno istezanje smanjuje se i u MD i CMD smjeru duljim vremenom izloženosti uzoraka uvjetima prirodnog starenja.

Tablica 17. Prekidna sila i produljenje PES-T uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PES-T	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	7	6,52	17	15,68
2.	8	9,97	16	11,70
3.	5	18,60	17	14,11
4.	6	0	20	14,38
5.	6	0	22	14,84
x	6,4	7,02	18,4	14,14
SD	1,02	6,95	2,24	1,33
CV, %	17,82	110,74	13,64	10,53

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 18. Prekidna sila i produljenje PES-T uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PES-T	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	5	23,70	19	17,61
2.	5	28,95	19	18,03
3.	4	19,80	13	11,89
4.	4	24,15	18	16,95
5.	5	25,05	16	14,55
x	4,6	24,33	17	15,81
SD	0,49	2,93	2,28	2,30
CV, %	11,91	13,45	15,00	16,26

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

Tablica 19. Prekidna sila i produljenje PES-T uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PES-T	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	4	24,45	14	12,35
2.	8	12,16	12	11,90
3.	6	0	13	12,57
4.	6	0	15	12,35
5.	5	25,95	18	14,73
x	5,8	12,51	14,4	12,78
SD	1,33	11,28	2,06	1,00
CV, %	25,57	100,80	15,99	8,74

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Prekidna sila netkanog trekstila od poliesterskih vlakana učvršćenog termičkim procesom prolaskom kroz vrući zrak (PES-T) smanjuje se u oba smjera proizvodnje (MD i CMD smjeru) duljim vremenom izloženosti uvjetima prirodnog starenja. Prekidna sila uzoraka veća je u CMD smjeru što je u skladu s teorijom. Nakon četiri tjedna prekidna sila u MD smjeru smanjila se za 9,4 %, dok se u CMD smjeru smanjila za 21,7 %.

Prekidno istezanje smanjuje se i u MD i CMD smjeru duljim vremenom izloženosti uzoraka uvjetima prirodnog starenja.

Tablica 20. Prekidna sila i produljenje PP-KI uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-KI	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	70	125,21	98	136,80
2.	66	142,50	86	111,27
3.	67	149,11	94	123,76
4.	73	152,40	101	151,27
5.	63	130,69	88	116,55
x	67,8	139,98	93,4	127,93
SD	3,43	10,47	5,71	14,48
CV, %	5,65	8,36	6,84	12,65

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 21. Prekidna sila i produljenje PP-KI uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-KI	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	63	111,69	88	105,11
2.	61	105,37	88	82,06
3.	59	79,33	95	123,13
4.	68	117,69	88	104,52
5.	60	79,48	102	106,60
x	62,2	98,71	92,2	104,28
SD	3,19	16,24	5,60	13,08
CV, %	5,73	18,39	6,79	14,02

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

Tablica 22. Prekidna sila i produljenje PP-KI uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PP-KI	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	56	72,63	84	94,40
2.	66	112,96	90	95,43
3.	60	81,99	81	57,41
4.	61	97,54	81	56,34
5.	66	91,77	101	132,46
x	61,8	91,38	87,4	87,21
SD	3,82	13,74	7,55	28,31
CV, %	6,90	16,81	9,66	36,30

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

U tablici 20-22 prikazane su vrijednosti prekidne sile i produljenja uzorka PP-KI (netkani tekstil proizveden kemijskim ispredanjem i učvršćen termičkim putem kalandriranjem) u smjeru izlaska materijala iz stroja (MD) i suprotnom smjeru izlaska materijala iz stroja (CMD) nakon izloženosti uvjetima prirodnog starenja u trajanju od tjedan dva i četiri tjedna. Iz tablica vidljivo je da prekidna sila i prekidno produljenje imaju smanjenje vrijednosti s duljinom izlaganja uvjetima prirodnog starenja.

Tablica 23. Prekidna sila i produljenje PE-F uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PE-F	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	10,1	404,35	19,1	192,60
2.	11	564,64	17,6	168,60
3.	11,5	549,90	23,5	502,80
4.	11,2	519,37	8,5	380,27
5.	10,6	552,85	15,7	169,16
x	10,88	518,22	16,88	282,69
SD	0,49	58,86	4,92	135,64
CV, %	5,01	12,70	32,57	53,65

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 24. Prekidna sila i produljenje PE-F uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PE-F	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	10,4	499,80	10,4	499,80
2.	11	606,52	11	606,52
3.	6,9	8,25	6,9	8,25
4.	12,7	578,40	/	/
5.	9,4	441,11	/	/
x	10,08	426,82	9,43	371,52
SD	1,92	217,26	1,80	260,54
CV, %	21,27	56,91	23,47	85,89

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

U tablicama od 23 do 25 prikazane su vrijednosti prekidne sile i prkidnog produljenja polietilenske folije (PE-F). Prekidna sila uzorka u MD smjeru se nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja smanjuje, da bi se nakon četiri tjedna izlaganja (dodatnih dva tjedna) prekidna sila povećala za 14,7 %. Prekidna sila u CMD smjeru prati isti trend, odnosno nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja prekidna sila se povećala za 95,1 % s obzirom na prekidnu silu folije izloženu uvjetima prirodnog starenja nakon dva tjedna. Polietilenska folija ima izuzetno veliko prekidno produljenje, čak i do 371,5 %. Prekidno istezanje smanjuje se i u MD i CMD smjeru duljim vremenom izloženosti uzoraka uvjetima prirodnog starenja.

Tablica 25. Prekidna sila i produljenje PE-F uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak PE-F	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	11,1	11,33	21,6	254,76
2.	12,7	571,37	16	120,95
3.	9	300,59	16,5	108
4.	9,1	377,21	19,5	257,94
5.	15,9	287,11	/	/
x	11,56	309,52	18,4	185,41
SD	2,57	180,36	2,28	71,09
CV, %	24,83	65,15	14,32	44,28

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 26. Prekidna sila i produljenje REG uzorka u MD i CMD smjeru bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak REG	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	22	36,05	35	36,75
2.	32	61,39	36	41,82
3.	25	35,99	27	24,21
4.	26	47,38	37	51,55
5.	33	51,42	35	44,71
x	27,6	46,45	34	39,81
SD	4,22	9,66	3,58	9,15
CV, %	17,11	23,24	11,76	25,70

Gdje je: F prekidna sila uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

Tablica 27. Prekidna sila i produljenje REG uzorka u MD i CMD smjeru nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Uzorak REG	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	26	46,20	32	36,85
2.	31	56,12	34	40,48
3.	27	42,57	36	42,42
4.	26	47,46	34	47,63
5.	26	45,40	33	50,53
x	27,2	47,55	33,8	43,58
SD	1,94	4,58	1,33	4,92
CV, %	7,97	10,76	4,39	12,62

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng., Cross machine direction).

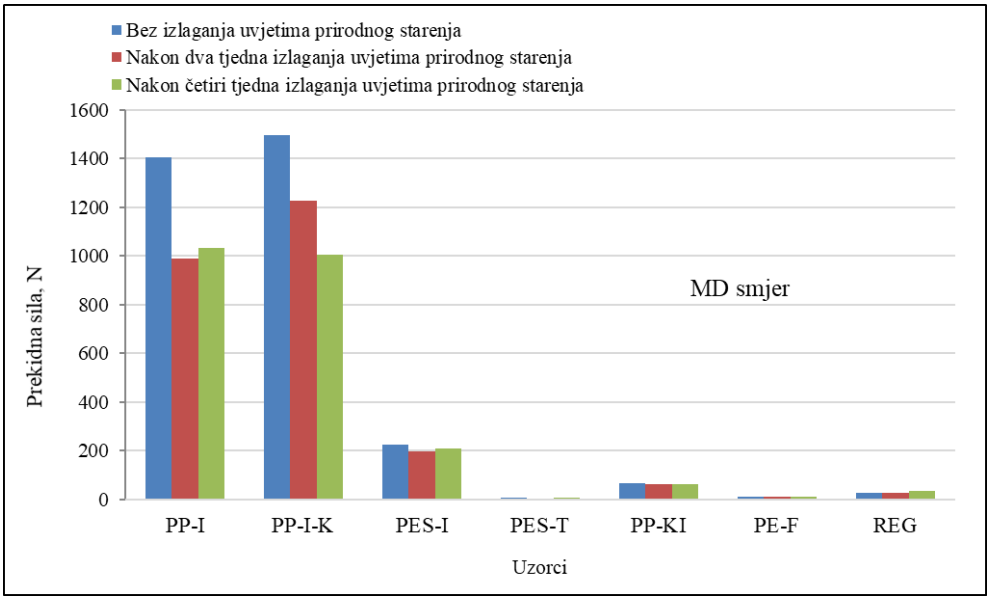
U tablicama od 26 do 28 prikazane su vrijednosti prekidne sile i produljenja uzorka REG (netkani tekstil proizveden od regeneriranih materijala mehaničkim putem na grebenaljci i učvršćen iglanjem) u smjeru izlaska materijala iz stroja (MD) i suprotnom smjeru izlaska materijala iz stroja (CMD) nakon izloženosti uvjetima prirodnog starenja u trajanju od tjedan dva i četiri tjedna. Vidljivo je da prekidna sila i prekidno produljenje imaju smanjenje vrijednosti s duljinom izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Izuzetak je porast prekidne sile nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja (33,8 N) s obzirom na prekidnu silu nakon dva tjedna izlaganja (27,2 N). Bilježi se porast od 24,3 % prekine sile nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja s obzirom na prekidnu silu nakon dva tjedna izlaganja.

Tablica 28. Prekidna sila i produljenje REG uzorka u MD i CMD smjeru nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

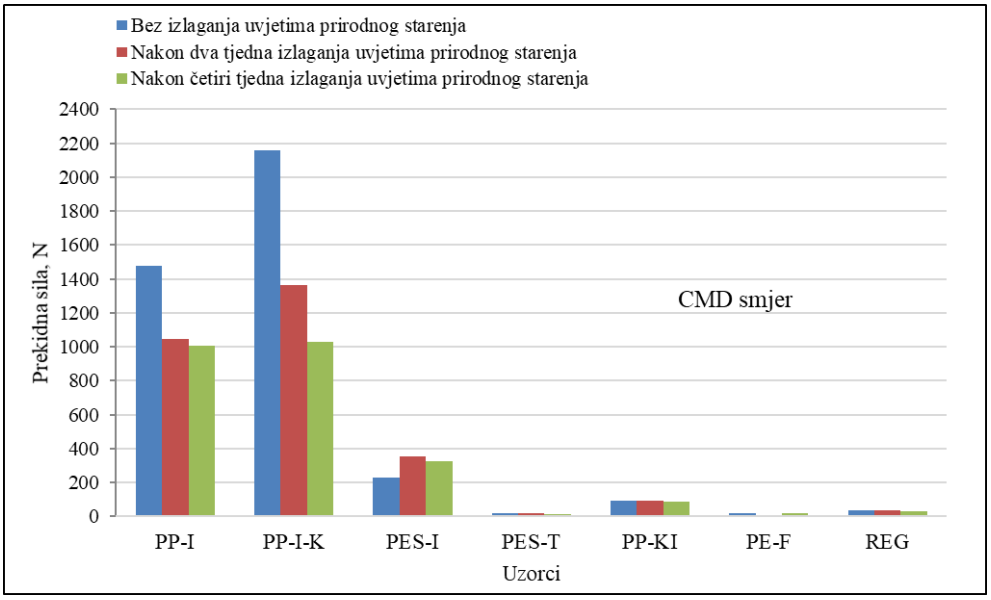
Uzorak REG	MD smjer		CMD smjer	
	F, N	P, %	F, N	P, %
1.	32	41,09	30	50,47
2.	36	47,12	31	48,05
3.	35	38,30	34	53,93
4.	31	36,16	36	42,44
5.	35	45,53	36	55,09
x	33,8	41,64	33,4	50,00
SD	1,94	4,16	2,50	4,53
CV, %	6,41	11,18	8,36	10,13

Gdje je: F prekidna sila uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, N; P je prekidno istezanje uzorka nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja, %; MD je smjer proizvodnje (MD, eng. Machine direction); CMD je suprotan smjer od smjera proizvodnje (CMD, eng,. Cross machine direction).

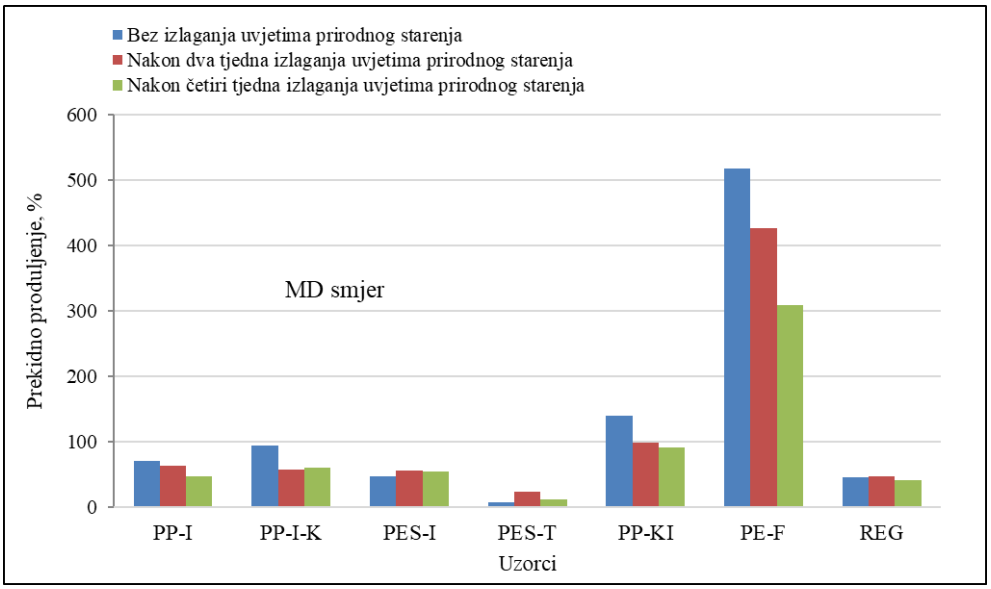
Na slikama od 7 do 10 prikazane su prekidne sile i prekidna produljenja ispitanih uzoraka u MD i CMD smjeru bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja.



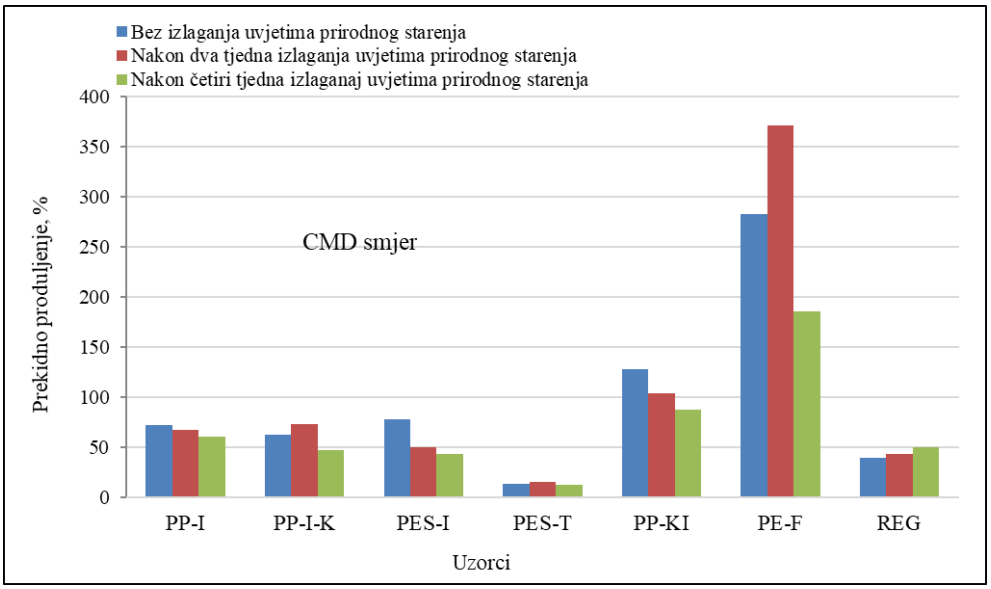
Slika 7. Prekidna sila uzoraka u MD smjeru bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



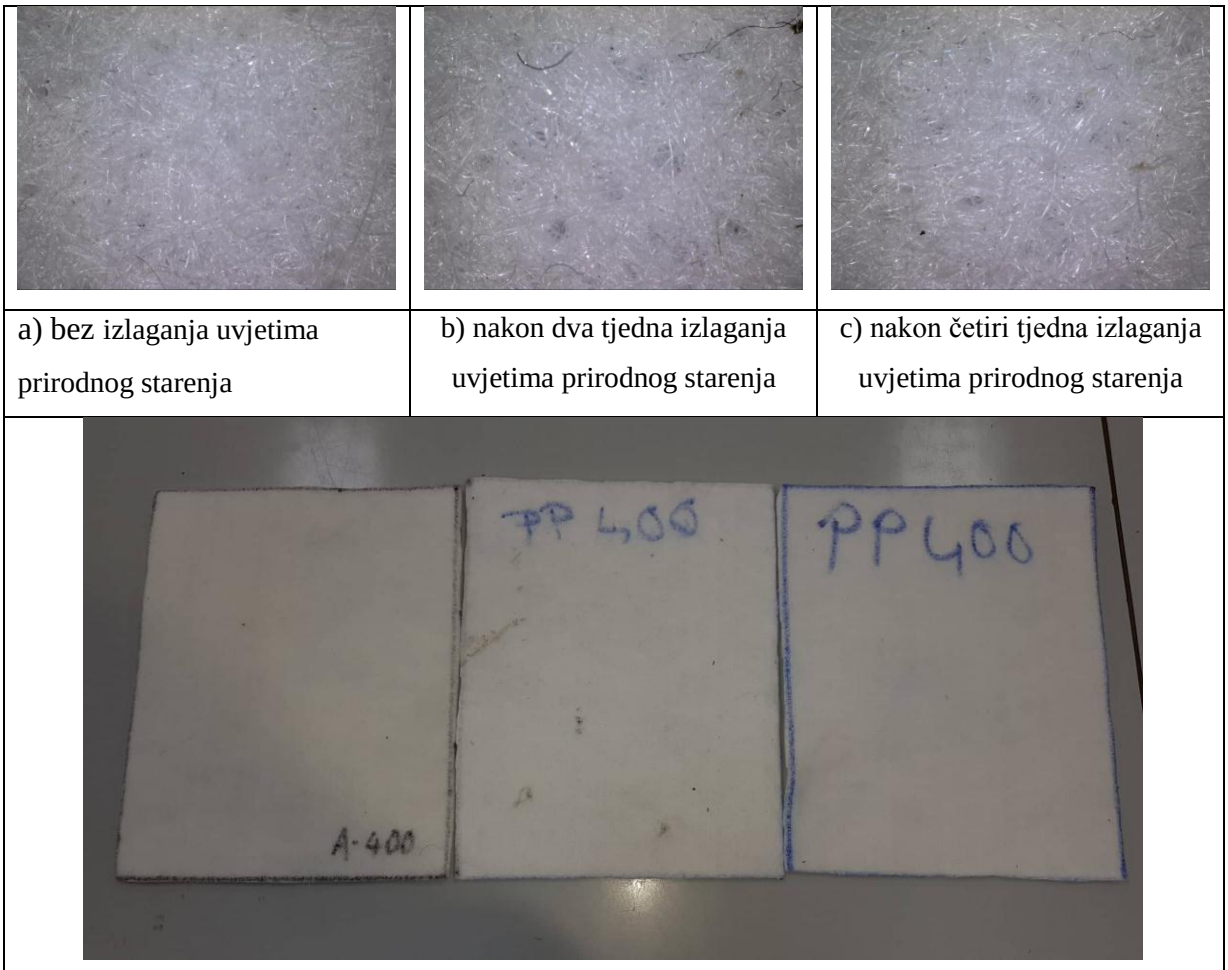
Slika 8. Prekidna sila uzoraka u CMD smjeru bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



Slika 9. Prekidno produljenje uzoraka u MD smjeru bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



Slika 10. Prekidno produljenje uzoraka u CMD smjeru bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja	b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja	c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Slika 11. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila PP-I bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Na slici 11. prikazan je mikroskopski izgled netkanog tekstila proizvedenim mehaničkim putem učvršćenog iglanjem (PP-I) bez izlaganje uvjetima prirodnog starenja te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Na slici se vidi postojanost površine netkanog tekstila s zgusnutim vlakanima površine materijala s blagim oštećenjima i većom količinom nečistoća naspram izgledu uzorka nakon dva tjedna izlaganja. Veća količina nečistoća utjecala je na površinsku masu uzorka. Nakon četiri tjedna izloženosti uzorak je izrazito postojan s blagim oštećenjima i manjom količinom nečistoća. Vidljiva su dublja ali i uža oštećenja spram oštećenosti uzorka nakon dva tjedna izloženosti.

Zaključno, PP-I uzorak mijenjao je tonove iz tjedna u tjedan, odnosno nakon dva tjedna izloženosti atmosferskim utjecajima uzorak je blago posvijetlio i vidljive su veće količine nečistoća, a nakon četiri tjedna izloženosti atmosferskim utjecajima uzorak je još svijetliji i čišći naspram uzorka nakon dva tjedna izloženosti. Očito je da količina nečistoća na uzorku ovisi o vremenskim utjecajima (kiša, vjetar).



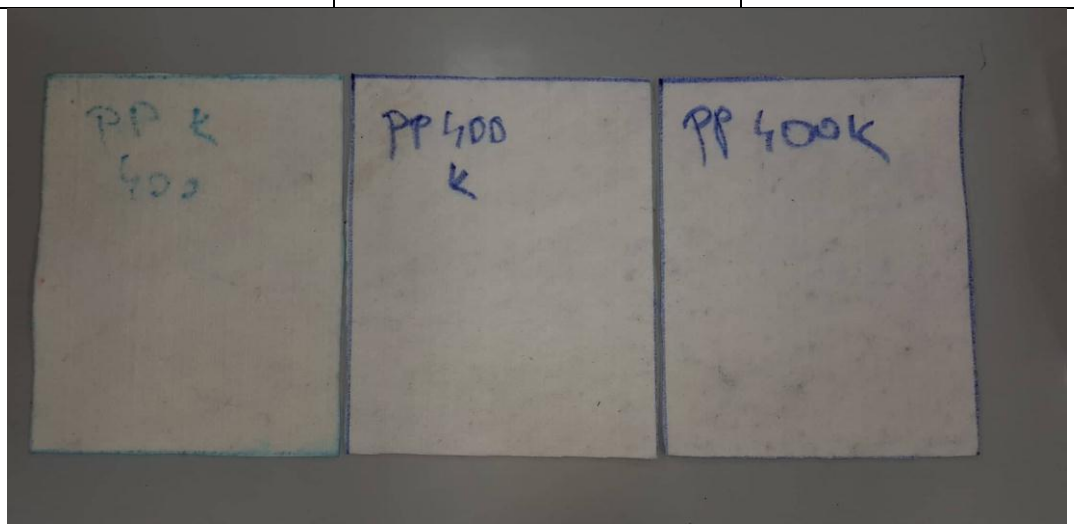
a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja



b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

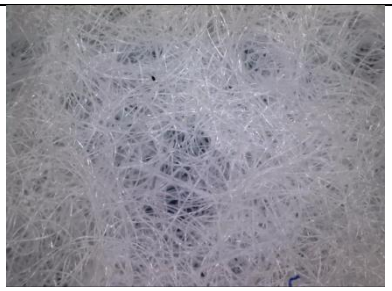


Slika 12. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila PP-I-K bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

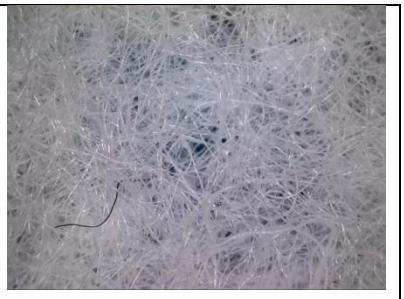
Mikroskopski izgled netkanog tekstila proizvedenim mehaničkim putem učvršćenog iglanjem i kalandriranjem (PP-I-K) bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja prikazan je na slici 12. Prije izlaganja uzoraka uvjetima prirodnog starenja vidi se kompaktnost uzorka bez stršećih vlakana i bez nečistoća. Nakon dva tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja vidljive su blage nečistoće, a na površini se vide blago izvučena vlakna, a sama kompaktnost uzorka je dalje izrazito dobra. Nakon četiri tjedna izloženosti na površini uzorka vidljiva je veća količina izvučenih vlakana i veće količine nečistoće spram uzoraka prije izlaganja i nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Uzorak je i nakon četiri tjedna izlaganja i dalje vrlo kompaktan i pogodan za daljnu uporabu.



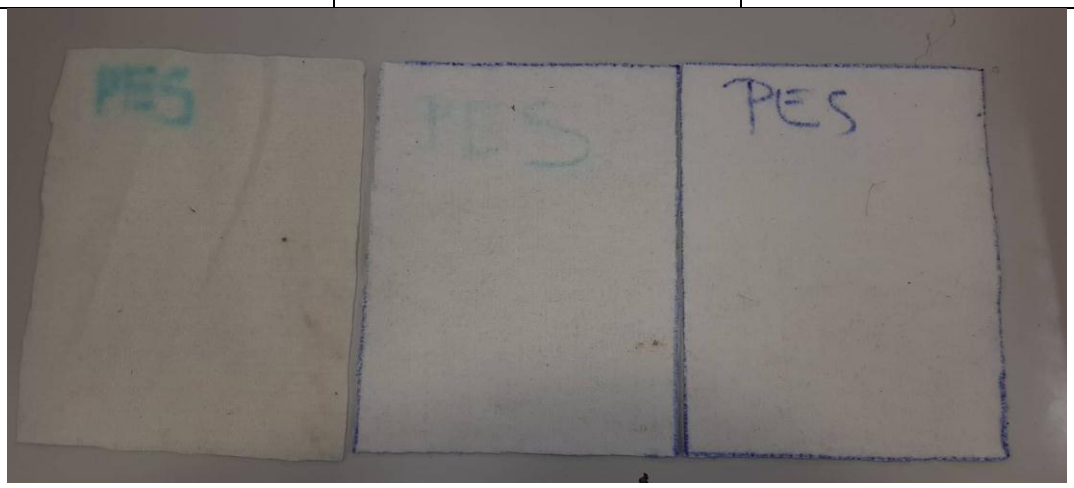
a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja



b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

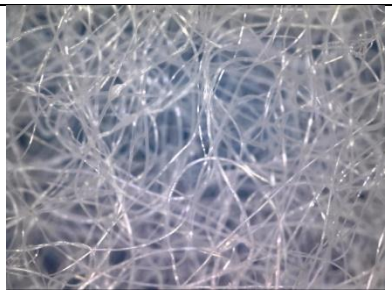


Slika 13. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila PES-I bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

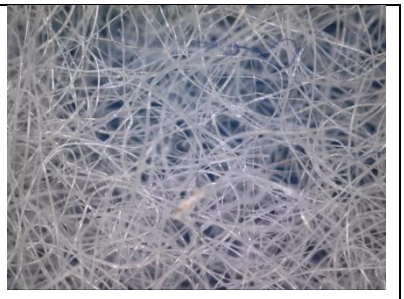
Na slici 13. prikazan je mikroskopski izgled PES-I uzorka prije izlaganja uvjetima prirodnog starenja gdje je vidljiva velika međusobna isprepletenost vlakana. Nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja vidljiva su oštećenja, odnosno međusobno razmaknuta vlakna koja stvaraju rupe na uzorku. Vidljive su i male količine nečistoća. Nakon četiri tjedna izlaganja vidljiva su oštećenja šireg razmjera nego nakon drugog tjedna izlaganja. Vlakna su se počela odvajati jedna od drugih i raditi rupe na uzorku. Također, nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja vidljiva su vrlo male količine nečistoća.



a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja



b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

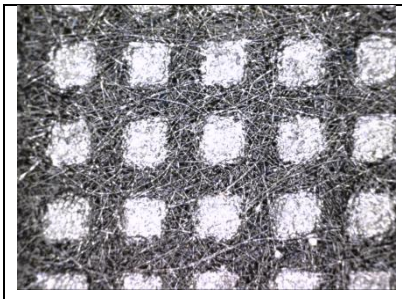
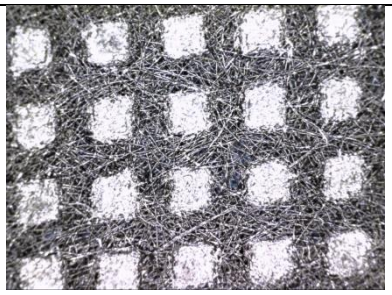
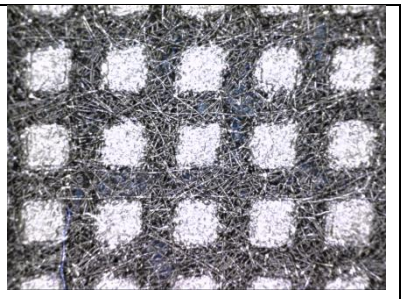
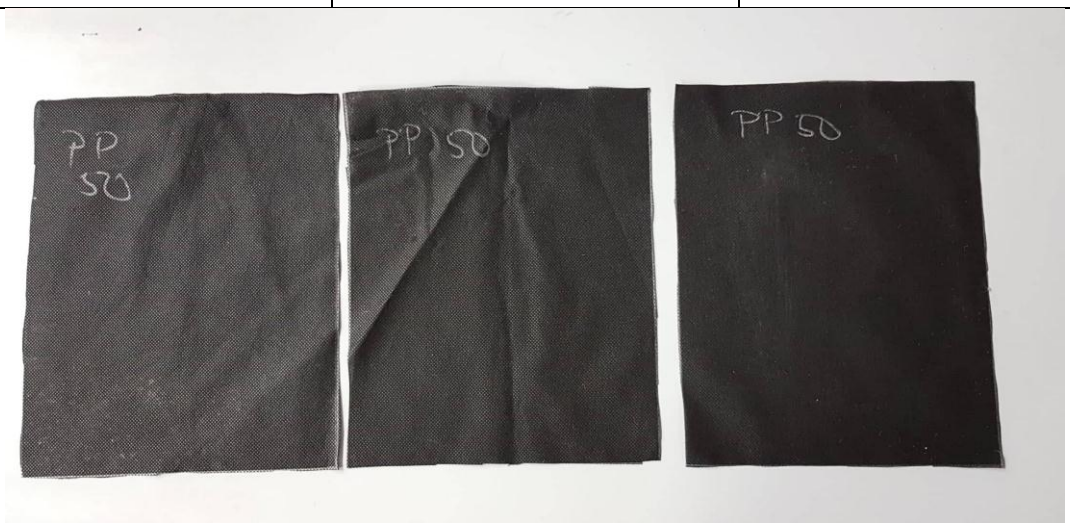


c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



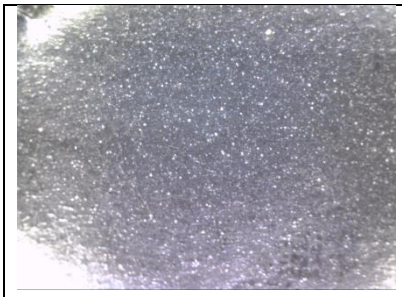
Slika 14. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila PES-T bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Na slici 14. prikazan je mikroskopski izgled PES-T uzorka bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Nakon dva tjedna izlaganja vidljiva su oštećenja, odnosno međusobna razdvojenost vlakna koja stvara rupe na uzorku. Na uzorku nisu vidljive nečistoće. Nakon četiri tjedna izloženosti uzorak se počeo raspadati, odnosno vlakna su se počela odvajati jedna od drugih te stvarati rupe. Također, na površini uzorka su vidljive nečistoće koje su utjecale na masu uzorka.

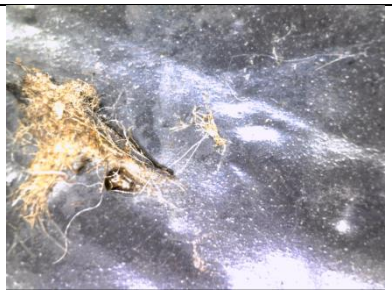
		
a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja	b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja	c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja
		

Slika 15. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila PP-KI bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

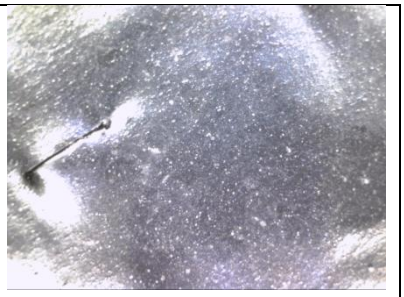
Mikroskopski prikaz PP-KI uzorka (netkani tekstil proizveden kemijskim ispredanjem i termičkim učvršćenjem) pokazuje međusobno gustu isprepletenost i sljepljenost vlakana (Slika 15.). Nakon dva tjedna izloženosti atmosferskim uvjetima na uzorku su vidljiva oštećenja, odnosno razdvojenost vlakna te stvaranje rupa malih promjera. Nakon četiri tjedna izlaganja vidljiva su veća oštećenja i manje količine nečistoća.



a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja



b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



Slika 16. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila PP-F bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Na slici 16. prikazan je mikroskopski izgled polietilenske folije. Radi tehnike proizvodnje nisu vidljiva vlakna već ravna površina s grubim nevlaknatim granulama bijele boje. Nakon dva tjedna izlaganja na uzorku su vidljiva oštećenja zadobivena od trave. Nevlaknate granule su slabije vidljive. Na mjestu oštećenja vidljive su i nečistoće u obliku trave, što je moglo utjecati na masu uzorka. Nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja na uzorku su vidljiva nešto veća oštećenja nego nakon dva tjedna izlaganja. Na uzorku nisu vidljive nečistoće.



a) bez izlaganja uvjetima prirodnog starenja



b) nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



c) nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja



Slika 17. Mikrospkopski izgled netkanog tekstila REG bez, te nakon dva i četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja

Na slici 17. prikazan je mikroskopski izgled netkanog tekstila od regeneriranih materijala učvršćenog iglanjem. Na slici su vidljiva međusobno gusto isprepletena vlakna i dijelovi pređe.

Nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja vidljiva je razdvojenost. Nečistoće na površini uzorka nisu vidljive. Nakon četiri tjedna izlaganja na uzorku su vidljva oštećenja u obliku razdvajanja vlakana, pređe i ostalih tekstilnih plošnih tvorevina koja su rezultirala s rupom u uzorku. Nečistoće nisu vidljive.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju istraživanja struktura i svojstava netkanih agrotekstila izrađenih od različitih vrsta vlakana (PP, PES, PE i regeneriranih materijala) i različitih tehnologija proizvodnje (formiranje runa: na grebenaljci, ispredanje iz taline; te učvršćenje: iglanjem, kalandriranjem, termički putem prolaskom kroz vrući zrak) može se zaključiti:

Nakon 2 tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja vidljivo je uglavnom smanjenje površinskih masa ispitanih uzoraka. Uzorci netkanog tekstila proizvedeni od polipropilenskih vlakana visoke čvrstoće (HDPP) i učvršćeni iglanjem (PP-I) imaju veću površinsku masu nakon 2 tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja. Povećanje površinske mase navedenog uzorka može se objasniti sa zaostalim nečistoćama (zemlja, trava, lišće i sl.) na površini uzorka. Kod netkanog tekstila proizvedenog od poliesterskih vlakana, učvršćenih iglanjem (PES-I) nije vidljivo povećanje površinske mase uslijed zaostalih nečistoća jer je vjerovatno došlo do veće degradacije uzorka uslijed izloženosti uvjetima prirodnog starenja. Nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja površinske mase uzoraka se povećavaju gotovo svih uzoraka. Navedeno se može objasnit povećanjem količine nečistoća u obliku trave, zemlje, raznih organizama i sl. Duže izlaganje uvjetima prirodnog starenja povećava mogućnost nakupljanja različitih nečistoća unutar strukture uzoraka izloženih uvjetima prirodnog starenja. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da promatranje degradacije netkanog tekstila izloženih uvjetima prirodnog starenja praćenjem površinske mase nije pogodno budući da djelovanjem atmosferskih utjecaja i tla, na uzorcima dolazi do većeg ili manjeg nakupljanja nečistoća u vidu zemlje, trave, grančica, lišća koje se uslijed djelovanja vjetra i kiše ukomponiraju u samu strukturu uzoraka.

Debljine uzoraka nakon dva tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja uglavnom je manja. Od navedenog nezantno odstupa igalni netkani tekstil proizveden od poliesterskih vlakana. Debljina polietilenske folije nije se promijenila. Nakon četiri tjedna izloženosti uvjetima prirodnog starenja većina uzoraka bilježi dodatno smanjenje debljine od čega značajno odstupa netkani tekstil proizveden od poliesterskih vlakana učvršćen iglanjem. Debljina polietilenske folije nije se promijenila niti nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja.

Prekidna sila i prekidno istezanje svih netkanih tekstila smanjuje se u oba smjera proizvodnje (MD i CMD smjeru) duljim vremenom izloženosti uvjetima prirodnog starenja (četiri tjedna). Prekidna sila uzoraka veća je u CMD smjeru što je u skladu s teorijom. Kod određenih uzoraka vidljivo je povećanje prekidne sile i prekidnog produljenja nakon četiri tjedna izlaganja uvjetima prirodnog starenja s obzirom na uzorke ispitane nakon dva tjedna izlaganja. Za davanje zaključaka o navedenoj pojavi potrebno je napraviti dodatna istraživanja koja bi istražila promjenu struktura samih uzoraka.

7. LITERATURA

[1]. Čunko R., Andrassy M., Vlakna, Zrinski d.d, Zagreb, 2005.

[2]. Skenderi Z. Materijali za rad: „Netkani i tehnički tekstil“. Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb.

[3]. Krička S. Medicinski netkani tekstil (seminar). Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb.

[4] Butorac A.: Opća agronomija, Školska knjiga, Zagreb, 1999.

[5] https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2011/i.s.eniso9092-2011.pdf?sku=1496218 (10.08.2019).

[6]. K. S. Rao, P. Lakshimi, Z. Chatteriji: Handbook for agrotekstiles, New Delhi, 2013.

[7] Russell, S. Opening of fibres. U S. Russel, Handbook of nonwovens (str.19-24).,Woodhead Publishing Limited, Abington, 2007.

[8] Russell, S.,Through-air and impingement bonding. U S. Russell,Handbook of nonwovens (str. 318-319),Woodhead Publishing Limited, Abington, 2007.

[9] https://www.tri-cor.com/how-polyethylene-film-is-made/ (10.08.2019.)

[10]. S. Sabuz: Applications of agrotextiles – manufacturing, processes of agrotekstiles, Bangladesh, 2014.

[11] https://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/agril-lutrasilagrotekstil-17g-tkanina-za-pokrivanje-biljaka-i-zemljista/5168/ (28.05.2019).

[12] http://www.agroklub.com/povrcarstvo/izravno-prekrivanje-povrca-polimernim-materijalima/2878/ (28.05.2019).

[13]. Kopitar, D., Materijali za vježbe iz kolegija „Netkani i tehnički tekstil“.Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb.

[14]. MEDEIROS JF; SANTOS SCL; CÂMARA MJT; NEGREIROS MZ.,Growth and yield of Cantaloupe melon ‘Acclaim’ in protected cultivation using agrotextile, 2014.

[15] Jelečević M.: Utjecaj atmosferilija na biorazgradivost i vlačna svojstva tekstilija (završni rad), Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2019.