

ŠOLSKI CENTER NOVO MESTO  
Srednja elektro šola in tehniška gimnazija



## **Mikroplastika v oblačilih**

Raziskovalno področje: ekologija z varstvom okolja

Raziskovalna naloga

Avtorice: Iva Baša

Manca Luštek

Teja Zajc

Mentorja: Goran Pešič, univ. dipl. inž.

dr. Kostja Makarovič, univ. dipl. kem.

Novo mesto, 2020

## KAZALO VSEBINE

1 ZAHVALA.....	5
2 POVZETEK .....	6
3 ABSTRACT .....	7
4 UVOD .....	8
4.1 Raziskovalna vprašanja .....	8
4.2 Hipoteze.....	8
5 TEORETIČNI DEL.....	9
5.1 Mikroplastika .....	9
5.2 Viri mikroplastike .....	10
5.2.1 Pnevmatike .....	10
5.2.2 Oblačila.....	10
5.2.3 Ladijski promet.....	11
5.2.4 Kozmetična industrija .....	11
5.2.5 Čistilne naprave.....	11
5.2.6 Ribišтво.....	11
5.2.7 Plastenke .....	12
5.3 Življenjski krog mikroplastike .....	12
5.4 Mikroplastika iz oblačil .....	13
5.4.1 Najpogosteje uporabljena sintetična vlakna .....	13
5.4.2 Akril .....	13
5.4.3 Mikrovlakna .....	14
5.4.5 Najlon .....	14
5.4.6 Poliester .....	14
5.4.7 Viskoza .....	15
5.4.8 Elastan.....	15
6 EKSPERIMENTALNI DEL .....	16
6.1 Kemijski del.....	16
6.1.1 Pripomočki .....	16
6.1.2 Postopek .....	16
6.2 Biološki del.....	17
6.2.1 Pripomočki .....	17

6.2.2 Postopek .....	18
7 REZULTATI .....	19
7.1 Kemijski del .....	19
7.1.1 Vzorci pod mikroskopom .....	20
7.1.2 Blago.....	22
7.2 Biološki del.....	22
8 RAZPRAVA .....	23
8.1 Kemijski del.....	23
8.1.1 Hipoteza 1 .....	23
8.1.2 Hipoteza 2 .....	24
8.1.3 Hipoteza 3 .....	26
8.2 Biološki del.....	26
8.2.1 Hipoteza 4 .....	26
9 ZAKLJUČEK .....	28
10 BIBLIOGRAFIJA.....	29

## KAZALO SLIK

Slika 1: Viri mikroplastike (IUCN Library System).....	10
Slika 2: Procesi razgradnje sintetičnih polimerov (Spinger Link) .....	12
Slika 3: Vlakna uporabljena v tekstilni industriji; 2016 (Common Objective).....	13
Slika 4: Kemijska formula najlona 66 .....	14
Slika 5: Proizvodnja poliestra skozi leta (Statista) .....	15
Slika 6: Valja za simulirano pranje, na katerem se vrtijo steklenice. ....	16
Slika 7: Steklenice, pripravljene za pranje.....	16
Slika 8: Steklenice za shranjevanje vode .....	17
Slika 9: Tehtanje kvasa in sladkorja .....	18
Slika 10: Vlakna poliestra, posneta z elektronskim mikroskopom.....	20
Slika 11: Vlakna poliestra, posneta z elektronskim mikroskopom.....	20
Slika 12: Vlakna poliestra, posneta z optičnim mikroskopom .....	20
Slika 13: Vlakna najlona, posneta z elektronskim mikroskopom .....	21
Slika 14: Vlakna najlona, posneta z elektronskim mikroskopom .....	21
Slika 15: Vlakna najlona, posneta z optičnim mikroskopom.....	21
Slika 16: Vodni kamen na dnu steklenice.....	25
Slika 17: Kristal v vzorcu vode, posneto in analizirano z elektronskim mikroskopom.....	25

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Rezultati pranja poliestra .....	19
Tabela 2: Rezultati pranja najlona.....	19
Tabela 3: Rezultati eksperimenta, sprememba mase blaga .....	22
Tabela 4: Rezultati eksperimenta, biološki del .....	22
Tabela 5: Primerjava med poliestroma .....	24
Tabela 6: Analiza kristala z EDXS analizatorjem na sliki 17 .....	25
Tabela 7: Primerjava med poliestrom in najlonom.....	26
Tabela 8: Tabela vzorcev vode .....	27

## **KAZALO GRAFOV**

Graf 1: Izločena mikroplastika iz poliestra. Rdeča črta prikazuje trendno črto, zelena krivulja pa prikazuje 95 % interval zaupanja trendne črte. ....	23
Graf 2: Izločena mikroplastika iz najlona. Rdeča črta prikazuje trendno črto, zelena krivulja pa prikazuje 95 % interval zaupanja trendne črte. ....	24
Graf 3: Vpliv mikroplastike na metabolne procese kvasovk .....	26

## 1 ZAHVALA

Zelo nas veseli raziskovanje, še posebej na področju kemije, biologije in ekologije, vendar samo želja ne bi bila dovolj, če nam ob strani ne bi stala mentorja, ki sta si vzela čas, da sta nas vodila do zastavljenega cilja. Zahvaljujemo se Goranu Pešiču in dr. Kostji Makaroviču, ki sta nam dajala napotke, nasvete ter pomagala pri izvedbi eksperimenta s pripomočki, ki jih prej še nismo uporabljale, ter za pomoč pri izvajanju težjih analiz, ki jih prej nismo poznale. Prav tako se zahvaljujemo profesorici biologije mag. Valentini Mavrič Klenovšek, ki nam je pomagala pri zastavljanju biološkega eksperimenta.

Zahvaljujemo se Inštitutu Jožef Stefan, ki nam je omogočil, da smo posušene vzorce ostanka po pranju pogledali in analizirali z elektronskim mikroskopom ter podjetju KEKO – Oprema d. o. o., ker je posodilo valjni mlin, ki smo ga uporabili za simulacijo pranja.

Zahvala gre tudi šoli, ki nas je podpirala pri raziskovalni nalogi in nam zagotovila vse potrebne materiale ter nosilec projekta SciDrom za povabilo pod njihovo okrilje.

In navsezadnje bi se rade zahvalile staršem, ki nas spremljajo in podpirajo že od samega začetka raziskovanja.

## 2 POVZETEK

Plastika je skupno ime za vrsto sintetičnih in plosintetičnih materialov, ki jih dobimo s polimerizacijo organskih spojin. Ker je lahka, uporabna in cenovno zelo ugodna, njena poraba iz leta v leto narašča. Plastika se v naravi ne razgradi, temveč le razpada na vedno manjše delce. Delce plastike velikosti od 300 mikrometrov do 5 milimetrov imenujemo mikroplastika. Ta je postala sodobno onesnaževalo, ki ga je z naraščajočo proizvodnjo plastičnih izdelkov v naravi vedno več. Mikroplastika v vodi veže nase obstojna organska onesnaževala, po drugi strani pa v okolje sprošča aditive, dodane plastiki med proizvodnjo. Organizmi delce plastike nehote zaužijejo, s tem pa tudi kemikalije, ki so vezane nanje. Tako mikroplastika svetu predstavlja veliko grožnjo.

Zato smo se odločili, da bomo v naši raziskovalni nalogi preverili, koliko mikroplastike se izloči med pranjem oblačil iz sintetičnih vlaken, kako na izločanje le-te vpliva število pranj ter kako mikroplastika vpliva na osnovne življenjske procese organizmov.

Da bi izmerile, koliko mikroplastike se izloči med pranjem, smo z valjčnim mlinom izvedle simulacijo pranja v steklenicah. Vodo, v kateri smo prali tkanine, smo izparile, steklenice stehtale. Suhi preostanek v steklenicah smo vzorčili ter vzorce pripravili za mikroskopiranje ter analizo na elektronskem mikroskopu. Ostanek v steklenicah smo po sušenju vzorčili ter vzorce pripravili za mikroskopiranje in analizo na elektronskem mikroskopu, opremljenim z EDXS – energijsko-disperzijska spektroskopija rentgenskih žarkov. Največja razlika v masi je bila pri poliestru, saj je ta izgubil največ vlaken. Vodo, v kateri so se prale tkanine, smo uporabili tudi za biološki eksperiment. V to vodo smo dodali kvasovke in sladkor. V nastalo zmes smo dodali vodikov peroksid in zaznali, da v vodi z mikroplastiko katalaza kvasovk ne deluje tako učinkovito.

**Ključne besede:** mikroplastika, vlakna, pranje, delovanje katalaze.

### 3 ABSTRACT

Plastic is a collective name for a sort of synthetic and semi-synthetic materials, which we can acquire by polymerizing organic compounds. Because of its lightweight, usefulness and very affordable price its consumption has grown from year to year. Plastic does not decompose in nature; it simply degrades into smaller pieces. All pieces of plastic from 300 micrometres up to 5 millimetres are called microplastic. Microplastic has recently become a modern pollutant, and with its ever-increasing use in production, it keeps piling up in nature. In water microplastic bonds organic pollutants onto itself, but on the other side, it releases additives which are added to plastic during production into the environment. Organisms consume pieces of plastic by accident, and with them they consume chemicals bonded onto them. That is how microplastic poses a major threat to the world.

That is why we decided that in our research paper we would check how much microplastic is secreted from clothes made of synthetic fibres when they are being washed, how the number of washes impacts the secretion and how microplastic affects basic life processes of living organisms.

To measure how much microplastic is secreted during the washing, we conducted a simulation of the washing using a roller mill and water bottles. We evaporated the water we used to wash the fibres and weighed the bottles. We sampled the remains from the bottle for microscopy and analysis on an electronic microscope with EDXS - Energy-dispersive X-ray spectroscopy. The biggest difference in mass was with polyester, which lost the most fibres. We also used the water we washed the fabrics in for a biological experiment. The yeasts, sugar and hydrogen peroxide were added water with and without microplastic and it was observed that the catalase action was diminished in all cases where in the water microplastic were present.

**Keywords:** micro plastic, fibres, washing, catalase action

## 4 UVOD

Polimeri so nepogrešljivi materiali v sodobni civilizaciji. Pravzaprav so polimeri prisotni povsod, kjer je prisoten človek, in se z njimi srečujemo prav vsak dan.

Polimeri so velike molekule (makromolekule), v katerih so atomi povezani s kovalentnimi vezmi. Poznamo naravne in umetne polimere. Med naravne sodijo beljakovine, škrob, celuloza, hitin, lignin in lateks. Med umetne polimere sodijo plastične mase. Sintetični, umetni polimeri, se proizvajajo v velikih količinah. Ker so polimeri tako razširjeni, predstavljajo prav tako velik delež med odpadki, in sicer tudi med smetmi, ki nenamerno ali nevede zaidejo v naravo. Dandanes je zagotovo eden od najbolj razširjenih ekoloških problemov kopičenje plastike. Plastika je skupno ime za vrsto sintetičnih in polysintetičnih materialov, ki jih dobimo s polimerizacijo organskih spojin. Plastika se množično uporablja, ker je lahka, uporabna in cenovno zelo ugodna. (Council, 2010) Ravno zaradi tega njena uporaba iz leta v leto narašča. Pri obrabi večjih delov plastike nastajajo delci s premerom do 5 mm. Tem delcem pravimo mikroplastika. Ta pa postaja vse večja grožnja za vse organizme, saj jo zaradi njene velikosti živali zlahka pojedjo in tako se še naprej prenaša v prehranjevalni verigi. Čeprav je tako majhna, se nahaja v kozmetični industriji, oblačilih, čistilnih napravah, proizvodnji, ribištvu itd. (Stanley, 2019)

Okoljska problematika plastike je zelo široko predstavljena in opisana, šele pred kratkim pa so se znanstveniki začeli ukvarjati z mikroplastiko in njihovimi viri. Številne študije so pokazale, da je glavni vir primarne mikroplastike, ki se nahaja v oceanu, posledica pranja sintetičnega tekstila. (De Falco, 2019) Ravno zaradi tega je razumevanje te problematike zelo pomembno. V naši raziskovalni nalogi smo se zato osredotočili na mikroplastiko v oblačilih. Zanimalo nas je predvsem, koliko le-te nastane pri pranju. Ljudem želimo z rezultati raziskave prikazati, da je tudi pranje njihovih oblačil obremenjujoče za okolje, in jih povabiti k razmišljanju, kako problem rešiti. Pri tem se izloči veliko mikroplastike, ki se v okolju kopiči, vpliva pa tudi na delovanje organizmov. (Sample, 2019)

### 4.1 Raziskovalna vprašanja

1. Koliko mikroplastike se izloča pri pranju oblačil in ali ima število pranj vpliv na izločeno količino?
2. Ali se, če vodo večkrat zamenjamo, izloči več mikroplastike, kot če peremo brez izpiranja?
3. Kako je količina izločene mikroplastike odvisna od materiala?
4. Ali je prisotnost mikroplastike v vodi s kvasovkami vplivala tako, da opazimo spremembe v hitrosti razgradnje vodikovega peroksida?

### 4.2 Hipoteze

1. S prvim pranjem se bo izločila največja količina mikroplastike in potem upadala z vsakim pranjem.
2. Mikroplastike se izloči več, če vodo menjamo.
3. Količina izločene mikroplastike je odvisna od materiala.
4. Prisotnost mikroplastike v vodi s kvasovkami negativno vpliva na hitrost razgradnje vodikovega peroksida.



## 5 TEORETIČNI DEL

### 5.1 Mikroplastika

Zaradi množične uporabe plastike ta postaja vse večji problem, saj zavržemo ogromno plastičnih izdelkov. Na žalost je večino plastike težje reciklirati kot papir, steklo ali kovino. Recikliranje plastike otežuje njena zelo različna sestava ter uporaba različnih barvil in drugih dodatkov. (Kužel in Kočar, 2018). Zaradi tega lahko plastični predmeti onesnažujejo okolje še stoletja, dokler zaradi okoljskih vplivov, kot so UV sevanje, voda, mehanska obraba, ne razpadejo na mikroskopsko majhne delce. Te delce imenujemo mikroplastika. (Stanley, 2019)

Mikroplastika so delci manjši od 5 mm. V naravne ekosisteme vstopajo iz različnih virov, vključno s kozmetiko, oblačili in industrijskimi procesi. Mikroplastika se glede na izvor razdeli v dve glavni skupini. Primarna mikroplastika je plastika, ki je bila primarno izdelana v velikosti manj kot 5 mm. Sekundarna mikroplastika pa je tista, ki je nastala z razpadom večjega kosa plastike. (Motivans, 2018)

Primarna mikroplastika nastaja predvsem pri pranju sintetičnih oblačil (35 %), površinski obrabi pnevmatik zaradi vožnje (28 %), uporabi proizvodov za osebno nego, kamor je dodana namerno, npr. mikrozrna v kremah za piling obraza (2 %). Uporablja se v kozmetični industriji in industriji abrazivnih sredstev. (Boucher & Friot, 2017) V kozmetični industriji je sestavni del piling krem, zobnih krem, šamponov, tekočih mil, krem za obraz, krem za nego rok in nog, izdelkov za ličenje (maskare, šminke) ter celo določenih tekočin za čiščenje kontaktnih leč, za industrijsko čiščenje površin, pri nekaterih primerih pa tudi v medicini kot vektorji za zdravila. (Seunig, 2019) Na leto se proizvede 1,5 milijona ton primarne mikroplastike, od tega jo 77 % proizvede gospodinjstvo, 23 % pa industrija. (Peterman, 2019)

Sekundarna mikroplastika nastane pod vplivom UV svetlobe in drugih fizikalnih, kemičnih ter mehanskih dejavnikov. Izvira iz odvrženih plastičnih odpadkov, ki v največji meri pristanejo v morjih bodisi s kopnega (izdelki in odpadki iz proizvodnje plastike, plastične vreče, embalaža itd.) bodisi iz morskega okolja (ribiška oprema, odpadki z ladij itd.). Predstavlja od 69 % do 81 % vse mikroplastike v oceanih. 30 % te plastike plava na morski gladini, večina je na dnu ali pa lebdi v vodi. (Rogers, 2019)

Znano je, da obe vrsti v vodnih in morskih ekosistemih ostaneta zelo dolgo. Poleg tega se plastika počasi razgradi, pogosto skozi več sto, če ne tisoč let. To povečuje verjetnost, da se mikroplastika zaužije in vključi v telesa in tkiva mnogih organizmov.

Številne študije so pokazale, da je plastika in zlasti mikroplastika prisotna v vseh delih okolja, vključno z usedlinami in zemljo, v zraku, na tleh, v morski in sladki vodi ter v kopenskih sistemih. (Peterman, 2019)

## 5.2 Viri mikroplastike



Slika 1: Viri mikroplastike (IUCN Library System)

Izmed vseh virov mikroplastike lahko izpostavimo 7 največjih virov mikroplastike. To so avtomobilske pnevmatike, sintetični tekstil, ladijski premazi, cestne oznake, kozmetični produkti in mestni prah. Poleg tega veliko mikroplastike pride tudi iz čistilnih naprav, proizvodnje, ribištva in uporabe plastičnih izdelkov, predvsem plastenk.

V letu 2010 smo na svetu proizvedli 300 milijonov ton plastike. Samo v Evropski uniji je potreba po različnih plastičnih proizvodih znašala 46,4 milijona ton, od tega je daleč največji delež pripadal embalaži za hrano in pijačo. (Commision, 2017)

### 5.2.1 Pnevmatike

Obraba pnevmatik znatno pripomore k pritoku (mikro-) plastike v okolje. Ocene emisij mikroplastike v okolje na Danskem znašajo med 61.00 in 15.400 ton letno. Ocenjene emisije na prebivalca se gibljejo med 0,23 do 4,7 kg/leto, globalno povprečje 0,81 kg/leto. Emisije iz avtomobilskih pnevmatik so bistveno večje od emisij drugih virov mikroplastike, npr. pnevmatike za letala, umetne trate, obraba zavor od koles in oznake na cesti. Izpusti so odvisni od lokalnih dejavnikov, kot so vrsta ceste ali kanalizacije. Obraba pnevmatik k skupni globalni količini plastike, ki konča v naših oceanih, prispeva od 5 do 10 %. (Quinn, 2018)

### 5.2.2 Oblačila

Številna sintetična vlakna, kot so poliester, najlon, akril in elastan, se izločijo iz oblačil in obstajajo v okolju. Vsako oblačilo lahko pri enem pranju izgubi več kot 1900 vlaken iz mikroplastike, pri čemer se najvišji odstotek vlaken sprosti s flisom, in sicer kar 170 % več kot ostala oblačila. Pri povprečni obremenitvi 6 kg lahko na pranje sprostite več kot 700.000 vlaken. (De Falco, 2019) Če sklepamo, da je vsako vlako premera  $10\ \mu\text{m}$  in dolžine  $200\ \mu\text{m}$  in vemo, da je gostota plastike  $1\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , se s 700.000 vlakni v okolje sprosti okrog 10 mg mikroplastike.

Proizvajalci pralnih strojev so raziskovali, ali filtri pralnih strojev lahko zmanjšajo količino vlaken iz mikrovlaknen, ki jih je treba obdelati v čistilnih napravah. Na spletu že lahko zasledimo filtre, ki naj bi zaustavili čisto vsa sintetična vlakna in tako preprečili, da pridejo do čistilnih naprav in potem naprej v naravo. (Sample, 2019)

Proces pranja oblačil povzroči, da oblačila v povprečju izgubijo več kot 100 vlaken na liter vode. (Dybdal, 2020)

### 5.2.3 Ladijski promet

Ladijski promet znatno prispeva k onesnaževanju morja. Podatki kažejo, da so leta 1970 komercialne ladje po vsem svetu odložile več kot 23.000 ton plastičnih odpadkov v morskó okolje. Leta 1988 je mednarodni sporazum prepovedal odlaganje odpadkov z ladij v morskó okolje, a je kljub temu ladijski promet še vedno prevladujoč vir onesnaženja s plastiko. V začetku devetdesetih let je prispeval približno 6,5 milijona ton plastike. Od takrat pa ta številka le še narašča. (Boucher & Friot, 2017)

### 5.2.4 Kozmetična industrija

Nekatera podjetja so naravna abrazivna sredstva (pilinge) zamenjala z mikroplastiko. Pogosto jih najdemo v milih za obraz, milih za roke in drugih izdelkih za osebno nego. Ker so delci majhni, skoraj neovirano pridejo v kanalizacijo. Tudi naprave za čiščenje odpadnih vod so pri odstranjevanju teh delcev neučinkovite. (Simenčič, 2018) Čistilne naprave odstranijo v povprečju le 95–99,9 % mikrodelcev. Preostanek, tj. v povprečju od 0 do 7 mikrodelcev na liter, se sprosti v okolje. (Resnick, 2019)

### 5.2.5 Čistilne naprave

Čistilne naprave, ki prečiščujejo odpadne vode predvsem iz gospodinjskih odplak, uporabljajo različne fizikalne, kemične in biološke procese. Večina naprav v razvitih državah ima fazo primarne in sekundarne obdelave. V primarni fazi se uporabljajo fizikalni procesi za odstranjevanje olj, peska in drugih velikih trdnih snovi s pomočjo običajnih filtrov, čistil in usedalnikov. Sekundarna faza uporablja biološke procese, ki vključujejo bakterije za razgradnjo organskih snovi.

Pomembno je omeniti, da v nekaterih državah odpadne snovi (blato) iz čistilnih naprav uporabljajo za gnojila tal. Plastika v blatu se izpostavlja vremenskim vplivom, sončni svetlobi in drugim biološkim dejavnikom, kar povzroča razpadanje. Zaradi tega ta mikroplastika pogosto konča v meteornih vodah in sčasoma v sladkih vodah in v morju. Mikroplastika na nekaterih čistilnih napravah prehaja skozi procese filtracij. Vzorci, odvzeti z odlagališč blata iz čistilnih naprav na obalah šestih celin, so vsebovali povprečno en delček mikroplastike na liter. Precejšnja količina teh delcev mikroplastike v blatu so bila sintetična vlakna iz odtokov pralnih strojev. (Sample, 2019)

### 5.2.6 Ribišтво

Rekreacijski in komercialni ribolov, morská plovila in morská industrija so viri plastike, ki lahko neposredno vstopijo v morskó okolje. Plastika naplavljená na plažah izvira iz plavajočih materialov, ki se prevažajo na obalnih in oceanskih tokovih. Velik del te plastike predstavljajo ribiške mreže ter ostali izgubljeni ali neuporabni ribiški pripomočki. Ribiška oprema je oblika plastičnih naplavin z morskim virom. (Lusher A., 2017)

### 5.2.7 Plastenke

Ena izmed raziskav je pokazala onesnaženje z mikroplastiko v 93 % ustekleničene vode iz 11 različnih znamk. Na liter ustekleničene vode so našli v povprečju 325 delcev mikroplastike. V primerjavi z vodo iz pip je voda iz plastičnih steklenic vsebovala dvakrat več mikroplastike. Kontaminacije verjetno izvirajo iz procesa polnjenja in pakiranja vode. (Lusher A. , 2017)

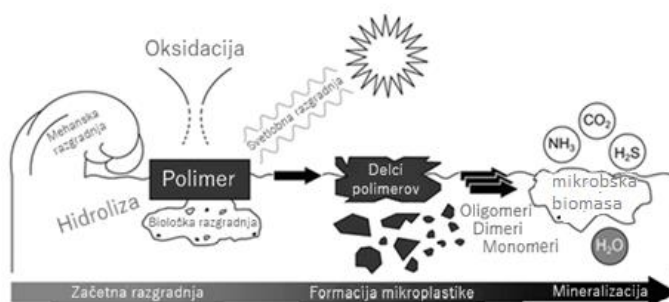
### 5.3 Življenjski krog mikroplastike

Ko plastika enkrat pride v naravo jo je težko odstraniti. Kroži v obliki majhnih delcev in vlaken. Onesnaženje z mikroplastiko se pojavlja po vsem svetu, tudi na Arktiki in Antarktiki. Plastika v vodi ne izgine, obdrži se približno 350 let. Ob delovanju sonca, vetra in vode razpade na majhne delce mikroplastike. Te drobne delce morski organizmi zamenjujejo za plankton. V živalih se akumulira in toksini, ki se iz nje izločajo, na koncu v obliki morske hrane zaide tudi v prehrano ljudi in živali. (Rajh, 2019)

Razgradnja plastike v naravi poteka zelo dolgo. Več desetletij ali celo stoletij traja, da razpade do velikosti mikroplastike. Delci so lahko tako majhni, da jih merimo v mikrometrih. Obstaja tudi nanoplastika, ki jo merimo v nanometrih. Ne glede na majhnost delcev osnovni material nikoli ne izgine (oziroma le takrat, ko ga sežgemo) in vsebuje kemične spojine, ki so neužitne in neprebavljive. (Kužel & Kočar, 2018) Mikroplastika je pravzaprav povsod: v zraku (prah), na tleh, v vodah.

Eden od razlogov za veliko vsestranskost mnogih sintetičnih polimerov je njihova visoka odpornost proti vplivom okolja. Žal pa to pomeni tudi, da se iz narave počasi izločajo. Razgradnjo sintetičnih polimerov lahko na splošno razvrstimo med biotske ali abiotske. Med postopkom razgradnje se polimeri pretvorijo v manjše molekularne enote. Najpomembnejše procese razgradnje sintetičnih polimerov lahko razdelimo na:

- Fizično degradacijo (ogrevanje/hlajenje, zamrzovanje/odmrzovanje, vlaženje/sušenje)
- Fotodegradacijo (po navadi z UV-svetlobo)
- Kemijsko razgradnjo (oksidacija ali hidroliza)
- Biološko razgradnjo s pomočjo organizmov (bakterije, glive, alge) (Klein, Dimzon, Eubeler, & Knepper, 2017)

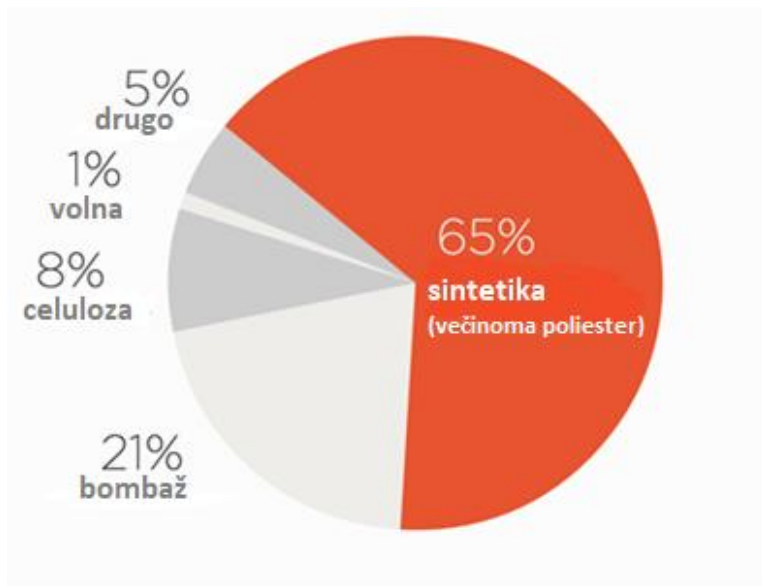


Slika 2: Procesi razgradnje sintetičnih polimerov. (Spinger Link)

Življenjske dobe plastike tako ni mogoče natančno določiti, saj je odvisna od npr. temperature, količine sončnega sevanja, biotskega potenciala okolja, dodanih aditivov ter vrste plastike. Poleg tega so plastični polimeri na kopnem bolj izpostavljeni kisiku in sončni svetlobi, zato razpadejo hitreje kot v vodi. (Kužel & Kočar, 2018)

## 5.4 Mikroplastika iz oblačil

Sintetična vlakna so vlakna, ki jih človek ustvari s kemično sintezo, torej v nasprotju z naravnimi vlakni, ki jih neposredno pridobivajo iz živih organizmov. So rezultat obsežnih raziskav znanstvenikov za izboljšanje naravnih živalskih in rastlinskih vlaken. Ta vlakna so nerazgradljiva. Temu pravimo sintetična ali umetna vlakna. Ustvarjena so s postopkom, znanim kot polimerizacija, ki monomerov, osnovne gradnike plastike, poveže v dolge verige, ki jih imenujemo polimeri. Lahko jih razvrstimo v dve kategoriji: vlakna iz celuloze rastlin in vlakna iz nafte. Umetna vlakna, ustvarjena na rastlinski osnovi, pogosto imenujejo tudi »polsintetična« vlakna. Vlakna, ustvarjena na umetni osnovi iz nafte, ki jih včasih imenujemo vlakna na osnovi plastike, so vlakna, kot sta poliester in najlon. Sintetične tkanine so priljubljene v modni industriji, ker so široko dostopne, trpežne, visoke odpornosti, lahke in seveda poceni. (De Falco, 2019)



Slika 3: Vlakna, uporabljena v tekstilni industriji; 2016 (Common Objective)

### 5.4.1 Najpogosteje uporabljena sintetična vlakna

Okoli 60 % sodobnih tkanin je narejenih iz sintetičnih materialov (akril, najlon, poliester, elastan). (Byrne, 2018) Ob pranju takšnih tkanin se sproščajo vlakna, ki zaradi velikosti in tehnologije obdelave odpadnih voda v veliki meri odteka v reke in druge vode. (Tutton & Pisa, 2019)

### 5.4.2 Akril

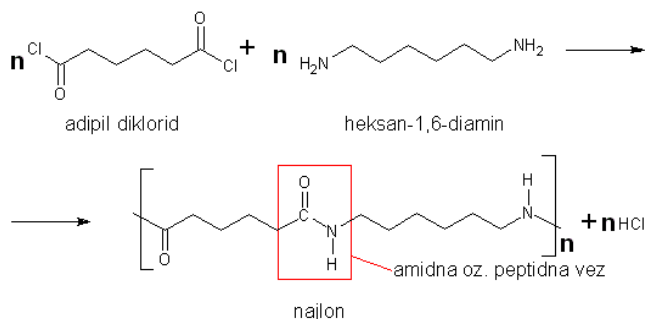
Akrilna vlakna so sintetična vlakna, izdelana iz polimera (poliakrilonitrila). Da se vlakno v ZDA imenuje "akrilno", mora polimer vsebovati vsaj 85 % akrilonitrila. Prva akrilna vlakna so bila narejena leta 1941, vendar do petdesetih let prejšnjega stoletja niso bila pridelana v velikih količinah. (Rebenfeld, 2002) Akrilna vlakna se pogosto uporabljajo za puloverje in trenirke, kot obloge za škornje in rokavice, za bluže, srajce, kravate, odeje, pa tudi za opremljanje tkanin in preprog. Izdelana je kot nitka, nato pa je razrezana na kratke dolžine, kot so volnene dlake, in zavita v prejo. (Hodakel, What is Acrylic Fabric: Properties, How its Made and Where, 2020)

### 5.4.3 Mikrovlakna

Mikrovlakna so sintetična vlakna, ki imajo premer manj kot deset mikrometrov. Najpogostejše vrste mikrovlaknen so izdelane iz poliestrov, poliamidov ali konjugacije poliestra, poliamida in polipropilena. Mikrovlakna se uporablja za izdelavo preprog, pletenin in tkanja za oblačila, oblazinjenje, industrijske filtre in čistila. Oblika, velikost in kombinacije sintetičnih vlaken so izbrane za posebne značilnosti. Tkanina iz mikrovlaknen se pogosto uporablja za atletska oblačila, ker material iz mikrovlaknen od telesa odvaja vlago. (De Falco, 2019)

### 5.4.5 Najlon

Najlon je bil prvi komercialno široko uporaben polimer, ki so ga prvič sintetizirali leta 1935. Njegovo začetno ime je bilo »vlakno 66«, zaradi privlačnosti imena za oglaševanje pa so si začeli izmišljati nova in se na koncu odločili za »nylon«. Je poliamid, kar pomeni, da gre za monomere, povezane s peptidno vezjo. Poliamidi so rezultati prizadevanj, da bi izdelali umetno svilo. Nastanejo pri kondenzacijski polimerizaciji, kjer se ob združevanju dveh različnih monomerov izloči majhna molekula (npr. voda, vodikov klorid). Eden od možnih parov monomerov poliamida sta lahko diamin in dikarboksilna kislina. V najlonu sta to heksan – 1,6-diamin in adipinska kislina. Najlon, ki pri tem nastane, označujejo kot najlon 6,6 – kar označuje število ogljikovih atomov v obeh monomerih. Heksan ima 6 ogljikovih atomov in adipinska kislina prav tako. (Woodford, 2019) Je termoplastični material, ki se je sprva uporabljal za zobne ščetke, leta 1940 pa so začeli proizvajati znamenite ženske najlonske nogavice. (i-Učbeniki, 2019) Najlon najpogosteje mešajo z volno, lanom, elastomernimi vlakni ipd. Uporabljajo ga za izdelavo tekstilnih talnih oblog, tkanin za dežnike ter vrhnjih oblačil (vetrovk, anorakov), za izdelavo padal, varnostnih pasov, jader, zadrg, ribiških mrež, ščetk, filtrirnih tkanin itd. (Laxman, 2018)



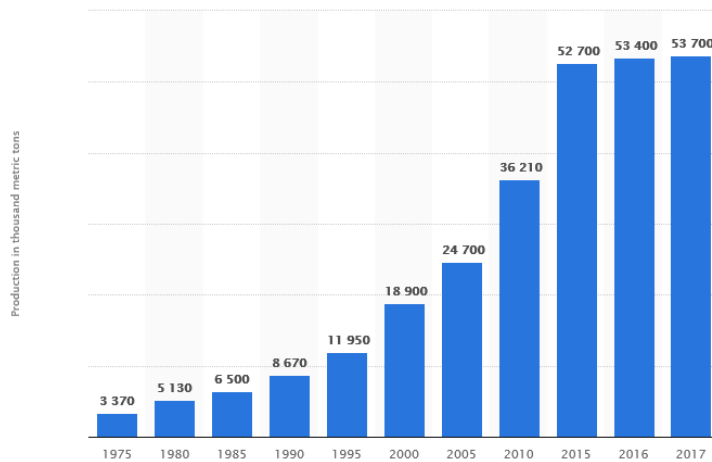
Slika 4: Kemijska formula najlona 66

(<https://pslc.ws/macrog/nylon.htm>)

### 5.4.6 Poliester

Poliestri so kategorija polimerov, ki v svoji glavni verigi vsebujejo estersko funkcionalno skupino. Najpogostejši predstavnik te skupine je polietilen tereftalat (PET). Naravni poliestri in nekaj sintetičnih so biološko razgradljivi, vendar večina sintetičnih poliesterov nima te lastnosti. Material se veliko uporablja v oblačilih. Poliestrška vlakna v tekstilni industriji pogosto »zmešajo« z naravnimi vlakni, da izboljšajo lastnosti oblačil iz teh vlaken. Zmešajo ga lahko z volno, bombažem, lanom, viskoso, modalnimi vlakni in tudi drugimi. Poliester je najbolj razširjen sintetični tekstil. Čisti poliester uporabljajo za pletene izdelke (zgornja oblačila, športna oblačila, zavese, strojno izdelane čipke). Iz poliestrskih mikrovlaknen, ki so prijetnega otipa in imajo mehak ter lep padec, izdelujejo imitacije kož divjih živali. Visokotrdne filamentne

poliestrske preje uporabljajo za izdelavo jader, padal, vodo nepropustnih tehničnih tkanin za montažne objekte, netkanih tekstilij za uporabo v gradbeništvu ipd. (Hodakel, What is Acrylic Fabric: Properties, How its Made and Where, 2020)



Slika 5: Proizvodnja poliestra skozi leta (Statista)

#### 5.4.7 Viskoza

Viskoza je vrsta rajonskih vlaken; to so vlakna, narejena iz naravnih virov, kot so les in kmetijski proizvodi, ki se regenerirajo kot celulozna vlakna. V procesu se ohranja molekulska struktura naravne celuloze. Številne vrste viskoznih vlaken lahko posnemajo občutek in teksturo naravnih vlaken, kot so svila, volna, bombaž. Vlakna se uporabljajo za izdelavo tekstila za oblačila in druge namene. Viskozno vlakno je narejeno iz raztapljanja lesne celuloze in njene regeneracije v obliki vlaken. (Masterclass, 2019) Celuloza iz lesa ali bambusa je najpogostejša surovina za izdelavo viskoze. Običajno se uporablja v oblekah, oblogah, majicah, kratkih hlačah, plaščih, jaknah in drugih vrhnjih oblačilih. Uporablja se tudi v industrijskih prejah, vrvicah za pnevmatike, oblazinjenju in preprogah, za izdelavo robčkov za enkratno uporabo, čistilnih krp in pri vlivanju celofana. (Hodakel, 2020)

#### 5.4.8 Elastan

Elastan je sintetično vlakno, znano po svoji izjemni elastičnosti. Mešajo ga z drugimi tekstilnimi vlakni, saj tekstilu s tem povečajo raztegljivost in dosežejo visoko elastičnost (razteza se do petkratne dolžine). Zaradi teh lastnosti ga uporabljajo predvsem za tesna oblačila, kot so spodnje perilo, hlačne nogavice ter drugo. Pri oblačilih elastan običajno mešamo z bombažem ali poliestrom in predstavlja majhen odstotek končne tkanine, ki zato ohranja večino videza in občutka drugih vlaken. V letu 2010 je približno 80 % prodanih oblačil v Združenih državah Amerike vsebovalo elastan. (Fulgar, 2020)



## 6 EKSPERIMENTALNI DEL

Eksperimentalni del smo razdelili na dva dela. V prvem simuliramo pranje in merimo količino ter obliko delcev mikroplastike, ki ob tem nastanejo. V drugem spremljamo, ali mikroplastika ter ostale snovi, ki se med pranjem izlužujejo iz umetnih vlaken, vplivajo na rast in razvoj kvasovk pekovskega kvasa.

### 6.1 Kemijski del

#### 6.1.1 Pripomočki

- poliester
- najlon
- steklenice
- valja za simuliranje pranje
- cedilo
- lij
- čaša
- tehnica
- spatula
- objektno stekelce
- krovno stekelce
- mikroskop



Slika 6: Valja za simulirano pranje, na katerem se vrtijo steklenice

#### 6.1.2 Postopek

Simulacijo pranja smo naredili na sintetičnem blagu, ki je v oblačilih najbolj razširjen. To sta poliester in najlon. Vzeli smo vzorce blaga enake barve in gostote. Najprej smo jih sprali z destilirano vodo, da smo odstranili možne ostanke kemikalij na njem.

V tri steklenice smo dali 47,55 g blaga ter 800 ml deionizirane vode. V dveh steklenicah je bil 100-odstotni poliester, v eni pa 100-odstotni najlon (glej sliko 7). Steklenice smo dali na valje, da so se vrteli. Uporabili smo dva vrteča valja, ki omogočata, da se steklenice vrtijo. Valji so se vrteli s frekvenco 60 obratov na minuto.

Vodo v dveh steklenicah smo menjali vsake dva dni, v eni steklenici pa vode nismo menjali. Odtočeno vodo smo shranjevali v steklenicah z znano maso. Prav tako smo shranili odtočeno vodo, iz tretje steklenice, v kateri vode nismo menjali, na koncu pranja.



Slika 7: Steklenice pripravljene za pranje



Po končanem pranju, ki je trajalo nepretrgoma 14 dni, smo vse steklenice z odtočeno vodo postavili v sušilnik, kjer je voda na 105 °C v 48 urah popolnoma izparela in ostanek se je posušil. S ponovnim tehtanjem steklenic smo določili maso izločene mikroplastike, in sicer ob predpostavki, da deionizirana voda ne vsebuje raztopljenih snovi v vodi. Prav tako smo stehali tudi oprani tekstil. Razlika v masi je bila enaka seštevku mas mikroplastike.

Z dna steklenic smo s kovinsko spatulo postrgali vzorce ostanka po sušenju.

Za analizo z optičnim mikroskopom smo del vzorca prenesli na objektno stekelce, dodali kapljico deionizirane vode in pokrili s krovnim stekelcem.



Slika 8: Steklenice za shranjevanje vode

Za analizo z elektronskim mikroskopom smo del suhega ostanka po sušenju prenesli na dvostransko lepilni bakren trak in ga z drugo stranjo nalepili na aluminijast nosilec. Vzorce smo nato naprašili z ogljikom, debeline nekaj nanometrov, in tako omogočili, da je površina vzorcev postala prevodna. S tem smo preprečili nabijanje vzorcev med obsevanjem z elektronskim snopom. Vzorce smo analizirali z uporabo povratno sipanih elektronov, kar omogoča razločevanje kemijske sestave. Materiali, ki bi vsebovali težje elemente, bi bili svetlejši.

## 6.2 Biološki del

### 6.2.1 Pripomočki

- poliester
- najlonke
- steklenice
- valjčni mlini
- cedilo
- lij
- čaša
- tehtnica
- umerjene epruvete
- plutovinasti zamaški
- igla
- brizga
- suhi kvas
- sladkor
- 3-odstotni vodikov peroksid ( $H_2O_2$ )
- steklena palčka
- posoda za tehtanje
- štoparica
- geotrikotnik

### 6.2.2 Postopek

Za biološki del smo uporabili vodo, ki smo jo pridobili v kemijskem delu. Uporabili smo vodo prvih treh vzorčenj najlona in poliestra.

V epruvete smo dali 3 ml 3-odstotnega vodikovega peroksida. V čaši smo zmešali 1 g suhega kvasa, 0,1 g sladkorja in 30 ml deionizirane vode. Sedmim epruvetam z vodikovim peroksidom smo dodali 5 ml zmesi iz čaše (vsaka zmes je bila narejena iz drugega vzorca vode) in izmerili čas nastajanja ter višino pene. Izračunali smo hitrost dvigovanja pene.



Slika 9: Tehtanje kvasa in sladkorja

## 7 REZULTATI

### 7.1 Kemijski del

V tabeli 1 so zbrane mase praznih steklenic, v katerih se je pral poliester, pred pranjem in po pranju, ko smo vodo iz njih izparili, ter njihova razlika v masi. Napisana je tudi številka pranja in koliko dni se je poliester pral pri posameznem vzorčenju.

Tabela 1: Rezultati pranja poliembra

Material	Vzorčenje	Čas pranja	Masa steklenice pred pranjem	Masa steklenice po pranju	Razlika v masi
Poliester	1. vzorčenje	48 ur (2 dni)	442,96 g	443,00 g	0,04 g
Poliester	2. vzorčenje	96 ur (4 dni)	442,83 g	443,04 g	0,21 g
Poliester	3. vzorčenje	168 ur (7 dni)	441,75 g	442,00 g	0,25 g
Poliester	4. vzorčenje	216 ur (9 dni)	440,44 g	440,45 g	0,01 g
Poliester	5. vzorčenje	264 ur (11 dni)	440,82 g	440,95 g	0,13 g
Poliester	6. vzorčenje	336 ur (14 dni)	440,79 g	440,81 g	0,02 g

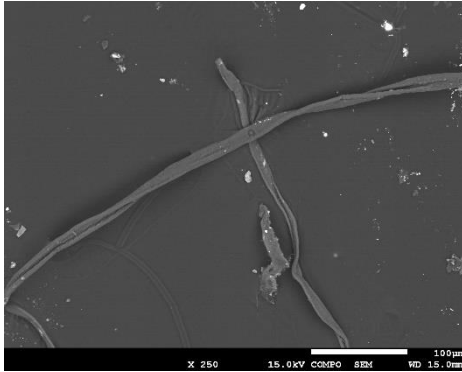
V tabeli 2 so zbrane mase praznih steklenic, v katerih se je pral najlon, pred pranjem in po pranju, ko smo vodo iz njih izparili, ter njihova razlika v masi. Napisana je tudi številka pranja in koliko dni se je najlon pral pri posameznem vzorčenju.

Tabela 2: Rezultati pranja najlona

Material	vzorčenje	Čas pranja	Masa steklenice pred pranjem	Masa steklenice po pranju	Razlika v masi
Najlon	1. vzorčenje	48 ur (2 dni)	441,22 g	441,28 g	0,06 g
Najlon	2. vzorčenje	96 ur (4 dni)	440,82 g	441,05 g	0,23 g
Najlon	3. vzorčenje	168 ur (7 dni)	440,73 g	440,74 g	0,01 g
Najlon	4. vzorčenje	216 ur (9 dni)	440,49 g	440,53 g	0,04 g
Najlon	5. vzorčenje	264 ur (11 dni)	441,55 g	441,63 g	0,08 g
Najlon	6. vzorčenje	336 ur (14 dni)	440,44 g	440,47 g	0,01 g

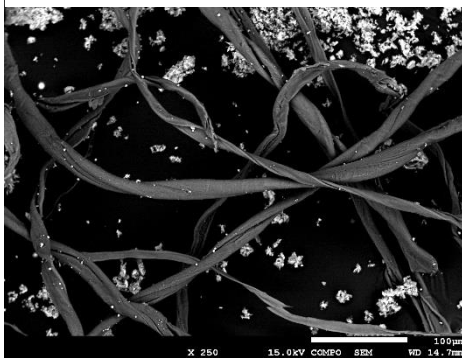
### 7.1.1 Vzorci pod mikroskopom

Vlakna se z dolžino pranja niso spreminjala. Enako so izgledala na preparatu iz vode, v kateri se je 48 ur pral poliester, kot na preparatu iz vode, v kateri se je 336 ur pral poliester. Vlakna so se videla na čisto vseh preparatih. Prav tako ni bilo vidne razlike med vlakni poliestra in najlona.



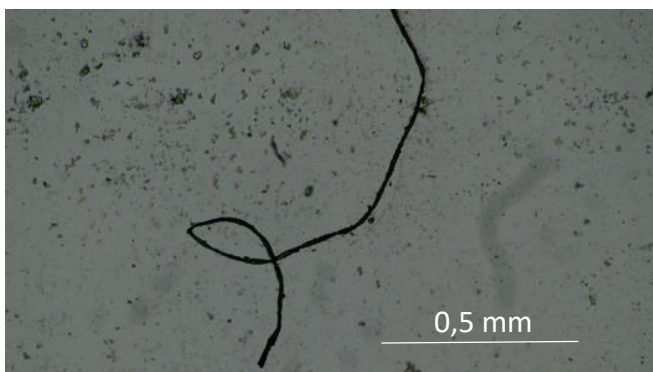
Slika 10: Vlakna poliestra, posneta z elektronskim mikroskopom

Slika 10 prikazuje vlakna iz steklenice, kjer se je 48 ur pral poliester. Slika je narejena z elektronskim mikroskopom na 250-kratni povečavi. Vlakna so bila na tem preparatu najdena posamezno.



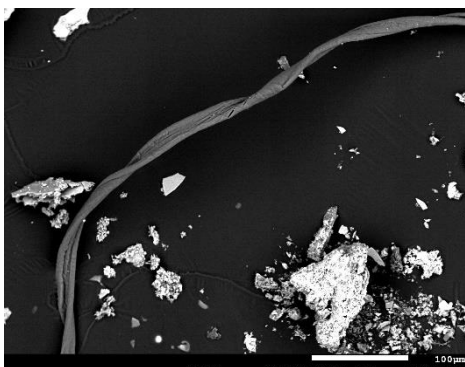
Slika 11: Vlakna poliestra, posneta z elektronskim mikroskopom

Slika 11 prikazuje vlakna na dnu steklenice, kjer se je 168 ur pral poliester. Slika je narejena pod elektronskim mikroskopom na 250-kratni povečavi. Na podlagi primerjave slik 10 in 11 ter tabele 1 je razvidno, da se je pri poliestru po 168 urnem pranju izločilo več vlaken in je bila zato razlika v masi steklenice pred in po pranju zelo velika in hkrati velikokrat večja kot pri poliestru, ki se je pral 48 ur. Pri tem vzorcu so bila vlakna pretežno skupaj.



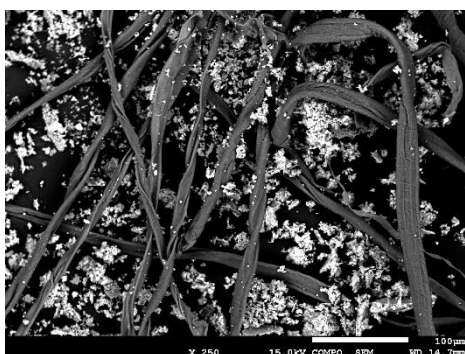
Slika 12: Vlakna poliestra, posneta z optičnim mikroskopom

Slika 12 prikazuje vlakna na dnu steklenice, kjer se je 264 ur pral poliester. Slika je narejena s šolskim optičnim mikroskopom na 100-kratni povečavi. Pri tem vzorcu smo našli posamezna vlakna.



*Slika 13: Vlakna najlona, posneta z elektronskim mikroskopom*

Slika 13 prikazuje vlakna na dnu steklenice, kjer se je najlon pral 48 ur. Slika je narejena z elektronskim mikroskopom na 250-kratni povečavi. Vlakna so bila na tem preparatu najdena posamezno.



*Slika 14: Vlakna najlona, posneta z elektronskim mikroskopom*

Slika 14 prikazuje vlakna na dnu steklenice drugega vzorca najlona, ki se je pral 96 ur. Pri tem vzorcu je bila razlika v masi največja (tabela 2) in to kar 0,23 g. Pri tem vzorcu so bila vlakna pretežno skupaj.



*Slika 15: Vlakna najlona, posneta z optičnim mikroskopom*

Slika 15 prikazuje enak vzorec kot slika 13, torej vlakna na dnu steklenice, kjer se je najlon pral 48 ur. Ta slika je narejena s šolskim optičnim mikroskopom na 100-kratni povečavi. Na tem vzorcu smo vlakna našli posamezno.

### 7.1.2 Blago

Tabela 3 prikazuje maso blaga pred pranjem in po njem. V steklenici 1 in 2 smo vodo redno menjavali. V 3. steklenici se je blago neprestano pralo vseh 14 dni in pri njem vode nismo menjavali.

Tabela 3: Rezultati eksperimenta, sprememba mase blaga

Številka steklenice	Vrsta blaga	Masa blaga pred pranjem	Masa blaga po pranju	Razlika
1.	Poliester	47,55 g	46,90 g	0,65 g
2.	Najlon	47,55 g	47,10 g	0,45 g
3.	Poliester	47,55 g	47,22 g	0,33 g

### 7.2 Biološki del

Tabela 4: Rezultati eksperimenta, biološki del

Vzorec vode	Čas pranja blaga v vodi	Čas dviganja pene (s)	Volumen (ml)	Hitrost (ml/s)
Deionizirana voda	0 ur	54,52	9	0,17
Poliester 1. vzorčenje	48 ur (2 dni)	61,72	9	0,15
Najlon, 1. vzorčenje	48 ur (2 dni)	65,53	8,5	0,13
Poliester, 2. vzorčenje	96 ur (4 dni)	69,44	9	0,13
Najlon, 2. vzorčenje	96 ur (4 dni)	66,26	9	0,14
Poliester, 3. vzorčenje	168 ur (7 dni)	60,36	9	0,15
Najlon, 3. vzorčenje	168 ur (7 dni)	70,49	9	0,13

Iz tabele 4 je razvidno, da je reakcija najhitreje potekla v prvem primeru. Takrat smo uporabili deionizirano vodo. Druge reakcije so potekle bolj počasi.

## 8 RAZPRAVA

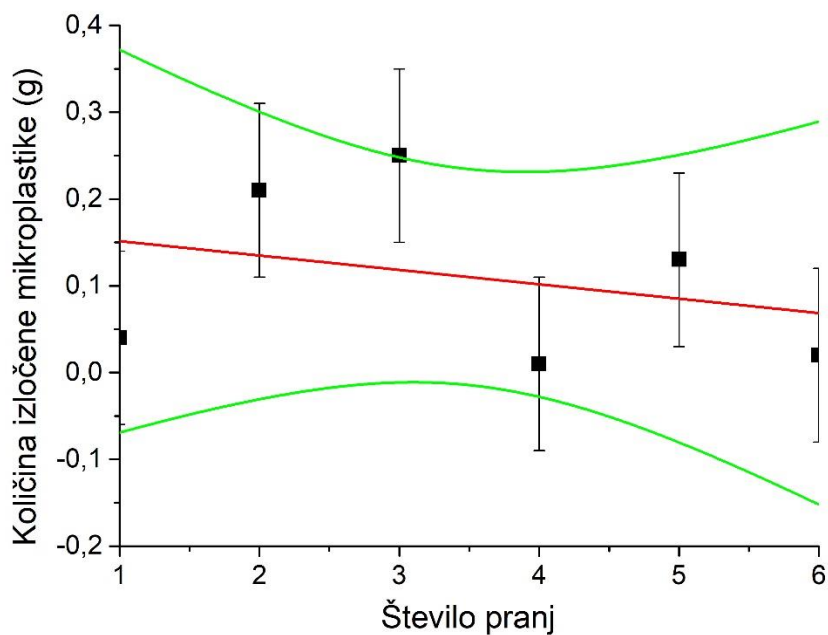
### 8.1 Kemijski del

#### 8.1.1 Hipoteza 1

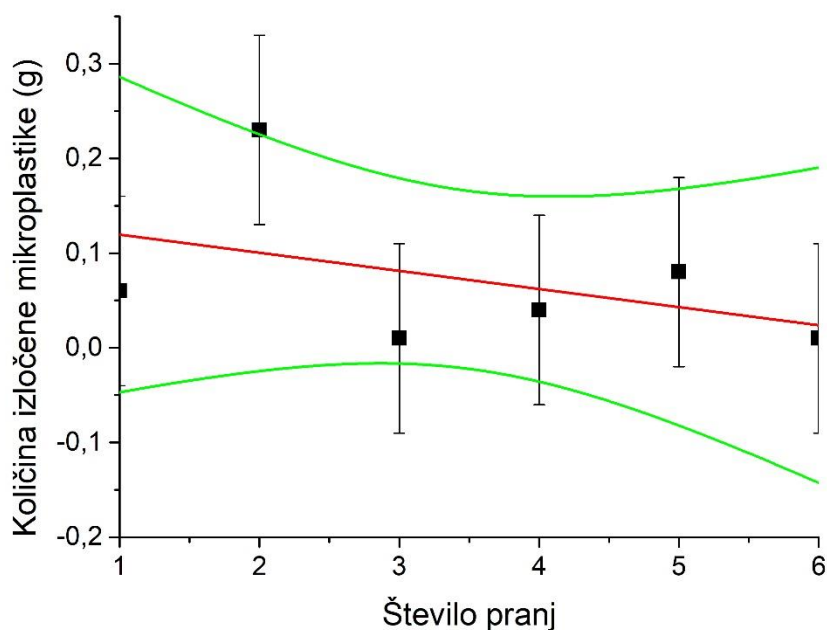
Raziskovalno vprašanje: Koliko mikroplastike se izloča pri pranju oblačil in ali ima število pranj vpliv na izločeno količino?

Naša hipoteza: S prvim pranjem se bo izločila največja količina mikroplastike in potem upadala z vsakim pranjem.

Tehtnica, ki smo jo uporabljali ves čas raziskovalne naloge, je natančna na 0,01 g. Zaradi še vedno možne večje napake in da bi bili z našo interpretacijo rezultatov še vedno na pravi strani, smo napako tehtnice za večjo natančnost ocenili na 0,1 g.



Graf 1: Izločena mikroplastika iz poliestra. Rdeča črta prikazuje trendno črto, zelena krivulja pa prikazuje 95 % interval zaupanja trendne črte.



Graf 2: Izločena mikroplastika iz najlona. Rdeča črta prikazuje trendno črto, zelena krivulja pa prikazuje 95 % interval zaupanja trendne črte.

Ugotovili smo, da se mikroplastika izloči ob vsakem pranju. Iz rezultatov, prikazanih na grafu 3 in grafu 4, je razvidno, da se količina izločene mikroplastike ne spreminja drastično, skupno gledano pa se količina mikroplastike povečuje. Količina izločene mikroplastike se tudi z večkratnim pranjem ne ustavi. Tako z vsakim pranjem prispevamo k dodatki mikroplastiki. Po analizi rezultatov ne moremo z gotovostjo trditi, da količina izločene mikroplastike pada ali narašča; lahko ugotovimo, da ni očitnega porasta ali padca količine izločene mikroplastike glede na število pranj.

### 8.1.2 Hipoteza 2

Raziskovalno vprašanje: Ali se, če vodo večkrat zamenjamo, izloči več mikroplastike, kot če pustimo isto vodo?

Naša hipoteza: Mikroplastike se izloči več, če vodo menjamo.

To hipotezo smo skušali potrditi s pomočjo vzorca 13, pri katerem smo ves čas pustili isto vodo.

Tabela 5: Primerjava med poliestroma

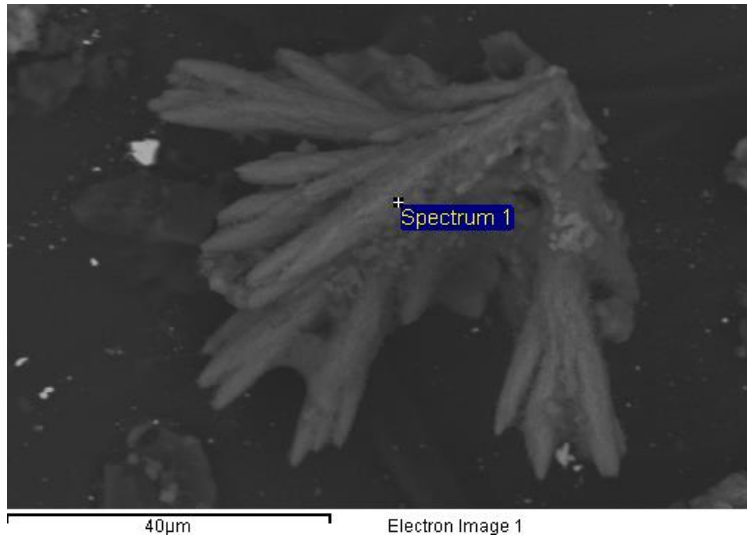
Vrsta blaga	Masa blaga pred pranjem	Masa blaga po pranju	Razlika
1. Poliester – menjavanje vode	47,55 g	46,90 g	0,65 g
2. Poliester – ves čas ista voda	47,55 g	47,22 g	0,33 g



Iz tabele 5 lahko razberemo, da se veliko več mikroplastike izloči, če vodo menjamo. Vendar moramo upoštevati, da smo med delom ugotovili, da deionizirana voda v šolskem laboratoriju ni tako čista. V šolskem laboratoriju imamo filtre za destilirano vodo. Filtri naj bi vodo destilirali, a smo ugotovili, da svojega dela ne opravljajo dobro. To smo opazili že, ko so steklenice prišle iz sušilnice. Ko smo preparate gledali pod elektronskim mikroskopom, smo videli veliko kristalov (slika 17) in na njih izvedli kemijsko analizo (tabela 6) ter potrdili, da je tudi v tej vodi prisoten vodni kamen. Sklepamo, da so na blagu ostali delci le-tega.



Slika 16: Vodni kamen na dnu steklenice



Slika 17: Kristal v vzorcu vode, posneto in analizirano z elektronskim mikroskopom

Razlog za vodni kamen je ta, da nismo uporabili destilirane vode, temveč deionizirano vodo, ki jo s pomočjo TKA deionizatorja DI 425 dobimo v šolskem laboratoriju. Ne vemo, koliko je vodnega kamna, a lahko potrdimo, da smo ga našli. Dokaz za to je kristal, pretežno sestavljen iz kalcijevega karbonata (slika 17).

Pri prvem poliestru smo večkrat zamenjali vodo. Vsakič smo to vodo shranili v steklenice. Na dnu vseh steklenic je ostal vodni kamen. To pomeni, da je takšna izguba mase pri 1. poliestru odvisna tudi od količine vodnega kamna. Ker se je 2. poliester ves čas pral v isti vodi, je bilo vodnega kamna posledično manj in temu pripisujemo takšno razliko med razlikama v masi. Glede na rezultate lahko sklepamo, da naša hipoteza ne drži. Verjetno je k razliki vplivala nečistoča v vodi. V primeru, ko smo prali samo enkrat, pa je prispevek nečiste vode samo enkrat. Če bi bila voda popolnoma deionizirana, bi dobili enako razliko v masi.

Tabela 6: Analiza kristala z EDXS analizatorjem na sliki 17

Elementi	O	Na	Si	K	Ca
Utežni deleži elementov v analizirani točki	20.39	2.27	3.37	1.14	57.35

### 8.1.3 Hipoteza 3

Raziskovalno vprašanje: Ali je količina izločene mikroplastike odvisna od materiala?

Naša hipoteza: Količina izločene mikroplastike je odvisna od materiala.

Tabela 7: Primerjava med poliestrom in najlonom

Vrsta blaga	Masa blaga pred pranjem	Masa blaga po pranju	Razlika
Poliester	47,55 g	46,90 g	0,65 g
Najlon	47,55 g	47,10 g	0,45 g

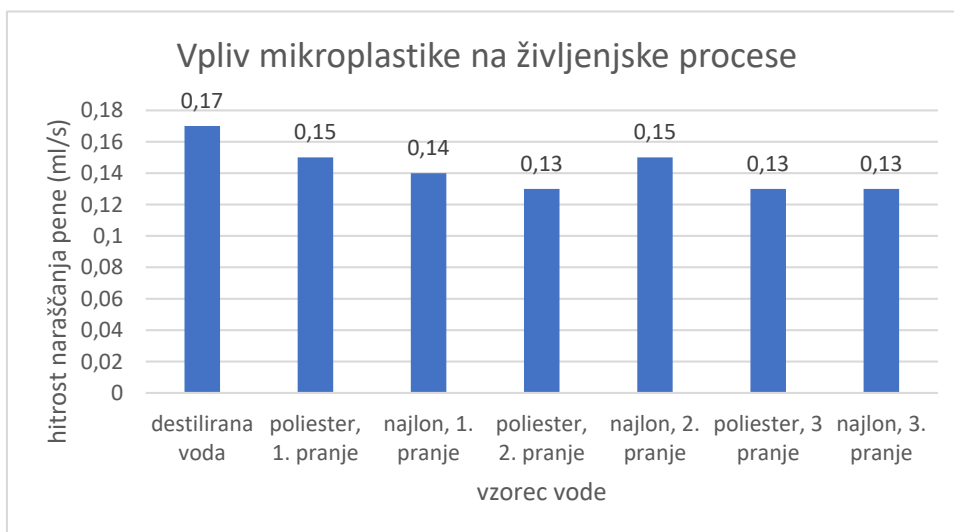
Iz tabele 7 lahko razberemo, da se je več mikroplastike izločilo iz poliestra kot iz najlona. Poliester je bil po končanih pranjih 0,65 g lažji kot pred pranju, najlon pa 0,45 g. To pomeni, da naša hipoteza drži.

## 8.2 Biološki del

### 8.2.1 Hipoteza 4

Raziskovalno vprašanje: Ali je prisotnost mikroplastike v vodi s kvasovkami tako, da opazimo spremembe v sposobnosti razgradnje vodikovega peroksida?

Naša hipoteza: Prisotnost mikroplastike v vodi s kvasovkami negativno vpliva na razgradnjo vodikovega peroksida.

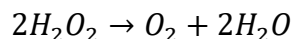


Graf 3: Vpliv mikroplastike na življenjske procese kvasovk

Tabela 8: Tabela vzorcev vode

vzorec	čas pranja (h)	Hitrost (ml/s)
Poliester, 1. pranje	48	0,15
Poliester, 2. pranje	96	0,13
Poliester, 3. pranje	168	0,13
Najlon, 1. pranje	48	0,14
Najlon, 2. pranje	96	0,15
Najlon, 3. pranje	168	0,13
Deionizirana voda	0	0,17

Preverjali smo vpliv prisotnosti mikroplastke v vodi s kvasovkami na razgradnjo vodikovega peroksida. Vodikov peroksid razpade na kisik in vodo, kar opazimo kot pojav pene. Merile smo hitrost nastajanja pene ter tako opazovale hitrost reakcije. Eksperiment smo izvajale v umerjenih epruvetah.



Dejavnik, ki vpliva na hitrost encimske reakcije, je voda, v kateri pripravimo kvasovke. Pri eksperimentu smo uporabili suhi kvas, ker iz drugih poizkusov vemo, da ta poda najbolj verodostojne rezultate (živemu kvasu je težje zagotoviti enake pogoje). Glive kvasovke smo z vodo oživeli. Najvišjo hitrost smo izmerili v kontrolni skupini, v vzorcu z destilirano vodo. Čeprav pri podatkih statistično značilnega odstopanja ni bilo, saj so razlike med hitrostmi premajhne, smo opazili, da je reakcija manj burna, pena začne nastajati kasneje in nastaja počasneje tam, kjer smo kvasovke pripravili z vodo, ki je vsebovala mikroplastiko. Ob prisotnosti mikro- ter nano- plastike zaznamo odstopanje od značilnega poteka reakcije. Statistično naše hipoteze ne moremo potrditi, opazili pa smo, da razgradnja vodikovega peroksida ne poteka tako intenzivno kot v primeru, kjer mikroplastika ni bila prisotna.

## 9 ZAKLJUČEK

Iz različnih raziskav je že znano, da se iz sintetičnih oblačil izloča mikroplastika. Z raziskovalno nalogo pa smo želeli ugotoviti, koliko je le-te, kako število vpliva na izločanje mikroplastike in kako mikroplastika vpliva na življenjske procese živih bitij. Pred začetkom eksperimentalnega dela smo postavili 4 hipoteze, s katerimi smo odgovorili na raziskovalna vprašanja.

Prvo hipotezo smo želeli potrditi s pomočjo simulacije pranja, izparevanjem dobljenih vzorcev vode in tehtanjem. Po bolj natančni analizi dobljenih rezultatov smo ugotovili, da hipoteze zaenkrat ne moremo ne potrditi ne ovreči. Da bi to lahko naredili, bi morali simulacije pranja izvesti večkrat, da bi lahko potem primerjali rezultate in tako dobili odgovor na vprašanje, če količina mikroplastike s količino pranj pada.

Drugo hipotezo smo poskušali potrditi s pomočjo dveh različnih postopkov pri simulaciji pranja. Pri enem poliestru smo menjali vodo šestkrat, pri drugem pa smo jo ves čas pustili isto. Po dobljenih rezultatih in upoštevanih napakah meritev smo hipotezo ovrgli.

Tretjo hipotezo smo lahko potrdili na podlagi tega, da se je pri poliestru masa zmanjšala bolj kot pri najlonu. To pomeni, da je izločanje sintetičnih vlaken odvisno tudi od materiala.

Četrto hipotezo ne moremo potrditi z eksperimentalnimi podatki; opazimo le, da so odstopanja v poteku razgradnje vodikovega peroksida, ki niso statistično značilna.

Tako lahko po končanem eksperimentalnem delu, hipoteze 2, 3 ali 4 ovržemo, hipotezo 1 pa ne moremo ne potrditi ne ovreči in je mogoča tema prihodnjih raziskovalnih nalog.

Zanimivo bi bilo raziskati, kako detergent, temperatura, mehčalec, odstranjevalci madežev in krpice za lovljenje barv vplivajo na izločanje mikroplastike, saj so v realnem pralnem procesu te snovi večinoma vedno prisotne.

## 10 BIBLIOGRAFIJA

- Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in oceans*. Pridobljeno iz <https://www.iucn.org/content/primary-microplastics-oceans>
- Byrne, P. (14. september 2018). *Microfibres: the plastic in our clothes*. Pridobljeno iz Friends of the earth: <https://friendsoftheearth.uk/plastics/microfibres-plastic-in-our-clothes>
- Commision, E. (december 2017). Pridobljeno iz [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110629/jrc110629\\_final.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110629/jrc110629_final.pdf)
- Council, A. C. (17. marec 2010). *American Chemistry Council*. Pridobljeno iz life cycle of a plastic product: [https://web.archive.org/web/20100317004747/http://www.americanchemistry.com/\\_s\\_plastics/doc.asp?CID=1571&DID=5972](https://web.archive.org/web/20100317004747/http://www.americanchemistry.com/_s_plastics/doc.asp?CID=1571&DID=5972)
- De Falco, F. (29. april 2019). *The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution*. Pridobljeno iz nature: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-43023-x>
- Dybdal, E. S. (16. januar 2020). *How much microplastic is there in your laundry basket?* Pridobljeno iz phys.org: <https://phys.org/news/2020-01-microplastic-laundry-basket.html>
- Fulgar. (2020). Pridobljeno iz <https://www.fulgar.com/eng/insights/what-is-spandex>
- Hodakel, B. (6. marec 2020). *What is Acrylic Fabric: Properties, How its Made and Where*. Pridobljeno iz Sewport: <https://sewport.com/fabrics-directory/acrylic-fabric>
- Hodakel, B. (6. marec 2020). *What is Polyester Fabric: Properties, How its Made and Where*. Pridobljeno iz Sewport: <https://sewport.com/fabrics-directory/polyester-fabric>
- Hodakel, B. (6. marec 2020). *What is Viscose Fabric: Properties, How its Made and Where*. Pridobljeno iz Sewport: <https://sewport.com/fabrics-directory/viscose-fabric>
- i-Učbeniki. (2019). Pridobljeno iz <https://eucbeniki.sio.si/kemija9/1109/index3.html>
- Klein, S., Dimzon, K. I., Eubeler, J., & Knepper, P. T. (20. julij 2017). *springer link*. Pridobljeno iz Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61615-5\\_3#Sec10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61615-5_3#Sec10)
- Kužel, R., & Kočar, I. (30. oktober 2018). *Plastična vrečka v vašem želodcu*. Pridobljeno iz rtvslo: <https://www.rtvsl.si/tv/info/koda/novice/plasticna-vrecka-v-vasem-zelodcu/470396>
- Laxman, S. (18. april 2018). *What is nylon*. Pridobljeno iz contrado: <https://www.contrado.co.uk/blog/what-is-nylon/>
- Lusher, A. (2017). *Microplastics in fisheries*. Pridobljeno iz Fao: <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>

- Lusher, A. L. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. Pridobljeno iz <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ay/c6ay02415g#!divAbstract>
- Masterclass. (2. julij 2019). *Fabric Guide: What Is Viscose? Understanding Viscose Fabric and How Viscose Is Made*. Pridobljeno iz Masterclass: <https://www.masterclass.com/articles/fabric-guide-what-is-viscose-understanding-viscose-fabric-and-how-viscose-is-made>
- Motivans, E. (6. avgust 2018). *The down low on microplastics*. Pridobljeno iz ZME Science: <https://www.zmescience.com/ecology/pollution-ecology/the-down-low-on-microplastics/>
- Peterman, M. (5. marec 2019). *Bomo postali planet mikroplastika?* Pridobljeno iz Zveza potrošnikov Slovenije: <https://www.zps.si/index.php/okolje/trajnostna-patronja/9479-bomo-postali-planet-mikro-plastika-2-2019>
- Quinn, P. (22. november 2018). *Tyres and microplastics time reinvent wheel*. Pridobljeno iz Friends of the earth: <https://friendsoftheearth.uk/plastics/tyres-and-microplastics-time-reinvent-wheel>
- Rajh, E. (2019). *Plastika v naših življenjih in na krožnikih*. Pridobljeno iz Ekologi brez meja: <https://ebm.si/prispevki/plastika-v-nasih-zivljenjih-in-na-kroznikih>
- Rebenfeld, L. (2002). *Textile Science and Technology*.
- Resnick, B. (11. januar 2019). *How much plastic is your washing machine sending out to sea?* Pridobljeno iz vox: <https://www.vox.com/the-goods/2018/9/19/17800654/clothes-plastic-pollution-polyester-washing-machine>
- Rogers, K. (7. februar 2019). *Britannica*. Pridobljeno iz microplastic: <https://www.britannica.com/technology/microplastic>
- Sample, I. (26. september 2019). *Vicious cycle: delicate wash releases more plastic microfibrils*. Pridobljeno iz The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2019/sep/26/vicious-cycle-delicate-wash-releases-more-plastic-microfibrils>
- Seunig, P. (17. november 2019). *Mikroplastika celo v kremi za nego obraza*. Pridobljeno iz dnevnik: <https://www.dnevnik.si/1042913341/magazin/zdravje/mikroplastika-celo-v-kremi-za-nego-obraza>
- Simenčič, S. (7. marec 2018). *MIKROPLASTIKA: KAJ JE IN KAKO PRIZADENE NAŠE OKOLJE?* Pridobljeno iz bananaway: <https://www.bananaway.si/mikroplastika-prizadene-nase-okolje/>
- Stanley, M. (1. julij 2019). *Microplastics*. Pridobljeno iz National Geographic: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/microplastics/>
- Tutton, M., & Pisa, K. (14. november 2019). *Washing your clothes is causing plastic pollution, but a simple filter could help*. Pridobljeno iz CNN: <https://edition.cnn.com/2019/11/14/world/microfiber-filter-plastic-pollution-intl/index.html>

Woodford, C. (31. januar 2019). *Nylon*. Pridobljeno iz Explain that stuff:  
<https://www.explainthatstuff.com/nylon.html>