

ŠOLSKI CENTER VELENJE, ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
VELENJE

Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ SAŠA REGIJE

RAZISKOVALNA NALOGA

# **IZDELAVA RAZGRADLJIVIH PREDMETOV**

Tematsko področje: elektrotehnika, elektronika in robotika

Avtor:

NIK ŽLEBNIK JANČIČ, 4. LETNIK ERŠ

Mentor:

PETER VRČKOVNIK, DIPL. INŽ. ELEKTROTEHNIKE

Velenje, marec 2022

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Elektro in računalniški šoli Velenje

Mentor:

Peter Vrčkovnik, dipl. inž. elektrotehnike

Datum predstavitve: marec 2023

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, šolsko leto 2022/2023
- KG biorazgradljivi materiali / okolje / materiali / odpadki / pšenica / avtomatika
- AV ŽLEBNIK JANČIČ Nik
- SA VRČKOVNIK Peter
- KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
- ZA Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola
- LI 2022
- IN **IZDELAVA RAZGRADLJIVIH PREDMETOV**
- TD raziskovalna naloga
- OP VII, 15 str., 1 pregl., 1 graf., 10 sl., 3 vir.
- LJ SL
- JI sl/en

AI Od začetka 21. stoletja se soočamo s perečo problematiko odgovornega ravnanja s plastiko, ki se ne razgrajuje v naravi, kar pomeni, da se odpadki kopičijo povsod po svetu. Zato sem se odločil, da bom izdelal raziskovalno nalogo o alternativnih materialih za plastiko. V raziskavi sem preučeval različne materiale in njihove lastnosti ter iskal najboljšo kompozicijo materiala in veziva za najboljše rezultate. Ugotovil sem, da uporaba več veziva materialu zagotavlja večjo trdnost, vendar pa se je material izkazal za manj odporen na temperaturne spremembe. Kljub temu pa sem prepričan, da je nujno nadaljevati z raziskavami na temo biorazgradljivih materialov, saj je to edini način, da ohranimo naš planet čist in zdrav. Med raziskovanjem pa sem naletel na nov izziv, kako oblikovati ta nov material. Zato sem razvil napravo, ki bi lahko ta material tiskala, vendar sem ugotovil, da je material zelo viskozen in težko premakljiv skozi ustrezne cevi. Kljub temu, da sem naletel na nekaj ovir, sem prepričan, da je

nujno nadaljevati z raziskavami, saj je to ključno za ohranjanje zdravega in čistega okolja. Kot družba se moramo zavedati pomena odgovornega ravnanja s plastiko in se posvetiti iskanju novih materialov, ki so okolju prijaznejši. Skupaj lahko prispevamo k ohranjanju našega planeta za prihodnje generacije.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, school year 2022/2023
- CX biodegradable materials / environment / materials / waste / wheat / automation
- AU ŽLEBNIK JANČIČ Nik
- AA VRČKOVNIK Peter
- PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
- PB Šolski center Velenje, elektro in računalniška šola
- PY 2022
- TI **PRODUCTION OF BIODEGRADABLE PRODUCTS**
- DT Research work
- NO VII, 15 str., 1 pregl., 1 graf., 10 sl., 3 vir.
- LA SL
- AL sl / en

AB From the dawn of the twenty-first century, we have had to deal with the urgent problem of responsible management of plastic, which does not degrade in nature and consequently causes accumulation of garbage everywhere. So I made the decision to conduct research for plastic alternatives. Throughout my study, I looked at a variety of materials and their qualities, looking for the ideal combination of substance and binder to provide the greatest outcomes. I discovered, more binder gave the material additional strength, but it also made it less resistant to temperature variations. Nevertheless, I am certain that it is essential to carry out studies on the topic of biodegradable materials as this is the only method to preserve our world's health and cleanness. Yet as I was conducting my investigation, I came upon a brand-new problem: how to create this new material. So I created a machine that could print this substance, but I discovered that it was incredibly viscous and challenging to channel through the right tubes. Despite the

challenges I've faced, I'm certain that it's crucial to carry on with the research to protect environment. We must all be conscious of the significance of treating plastic responsibly and concentrate on developing new, eco-friendly materials. Together we can protect our environment and create a better planet for the future generations.

## KAZALO

1 UVOD.....	1
1.1 HIPOTEZE .....	2
2 OBSTOJEČE TEHNOLOGIJE IN MATERIALI.....	3
2.1 MATERIALI V SLOVENIJI ZA IZDELAVO BIOLOŠKO RAZGRADLJIVIH PREDMETOV .....	4
3 NAČINI IZDELAVE .....	5
3.1 ORODJA oz. STROJI ZA IZDELAVO .....	5
4.1 IZBIRA MATERIALA.....	7
4.2 IZBIRA VEZIVA ZA MATERIAL .....	7
4.3 PRIPRAVA IN IZDELAVA MATERIALA.....	9
5 PREIZKUŠANJE BIORAZGRADLJIVEGA MATERIALA .....	10
5.1 PREIZKUS TERMIČNE ODPORNOSTI.....	10
5.2 PREIZKUS TRDOTE.....	12
6.1 IDEJNA ZASNOVA MODELA NAPRAVE .....	13
6.2 POTEK IZDELAVE PROTOTIPA NAPRAVE.....	14
6.3 PROGRAM ZA AVTOMATIZACIJO PROTOTIPA .....	14
6.4 IZDELAVA KONČNEGA IZDELKA (IZBOLJŠAN PROTOTIP) .....	15
6.4.1 DELOVANJE PROTOTIPA .....	16
9 VIRI.....	21
9.1 VIRI SLIK .....	21

## KAZALO SLIK

Slika 1: Šalčka iz kave.....	3
Slika 2: Biorazgradljiv krožnik ter pribor.....	4
Slika 3: Pridobivanje materiala v Sloveniji .....	5
Slika 4: Sestava ekstruderja.....	6
Slika 5: Moka kot vezivo.....	8
Slika 6 metoda preizkusa trdote.....	12
Slika 7: 3d model ekstruderja .....	13
Slika 8: Vijak - del ekstruderja - (izdelan v programu solidworks) .....	14
Slika 9: Arduino mega 2560.....	15
Slika 10: Skica končnega izdelka.....	16

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Procentualna razmerja med vezivom in mletim materialom, ki so bila uporabljena za izdelavo prototipov materiala.....	10
--	----

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: Graf spreminjanja temperature pri segrevanju na materialih z različnim razmerjem (glej tabelo 1) skozi čas.....	10
---	----



## 1 UVOD

Sodobni svet se naglo razvija in spreminja ter s seboj prinaša nove tehnologije, ki pozitivno vplivajo na naš način življenja in dela. Vendar pa na žalost nagel razvoj ni prinesel samo lažjega življenja, ampak tudi velike probleme za naše okolje in planet. Vedno pogostejša uporaba izdelkov za enkratno uporabo je povzročila kopičenje plastičnega onesnaženja, tako na kopnem kot v morjih ter oceanih, ter s tem uničila habitate mnogih živih bitji. En izmed pomembnih korakov k zmanjšanju takšnega onesnaženja je tudi postopno uvajanje biorazgradljivih izdelkov kot nadomestek plastiki. Kot del te raziskovalne naloge sem raziskal najpogostejše materiale, ki so v tem trenutku v uporabi za izdelavo biorazgradljivih izdelkov in kako bi lahko bila fino mleta pšenična stebila alternativen material za njihovo izdelavo. Prav tako me je zanimala dostopnost tega materiala v Sloveniji in njegove fizikalne lastnosti, saj bi te določale funkcionalnost in potencialno namembnost omenjenega materiala.

## 1.1 HIPOTEZE

Hipoteza I: Izdelke lahko izdelamo iz biorazgradljivih materialov.

Testiranje hipoteze: to hipotezo sem preizkusil tako, da sem za proizvod izdelka uporabil samo 100% naravne in biorazgradljive izdelke. Kot na primer fino mleta pšenična stebila ter gluten kot vezivo.

Hipoteza II: Materiale za pripravo biorazgradljivih materialov in izdelkov lahko najdemo v Sloveniji.

Testiranje hipoteze: to hipotezo sem preizkusil tako, da sam raziskal slovenske pridelovalce, ki bi bili zmožni zagotavljati takšen material.

Hipoteza III: Biorazgradljiv material je dober izolator.

Testiranje hipoteze: To hipotezo sem testiral tako, da sem segreval eno stran produkta ter meril razliko v temperaturah. Iz tega je bilo možno očitno videti kako prodira toplota skozi material.

Hipoteza IV: Biorazgradljiv material je sorazmerno trden.

Testiranje hipoteze: To hipotezo sem preizkusil tako, da sem na material odlagal uteži in meril pod kakšno silo se bo deformiral. To se je izkazalo nepotrebno saj material ni dovolj trden.

## 2 OBSTOJEČE TEHNOLOGIJE IN MATERIALI

Predmeti za enkratno uporabo že dolgo igrajo pomembno vlogo v našem vsakdanjem življenju, vendar so bile rešitve za zamenjavo izdelkov iz plastike, torej izdelki iz biološko razgradljivih materialov, razviti šele pred kratkim ter posledično nedavno pridobili tudi tržišče. Pomembno je vedeti, da le-ti materiali običajno nimajo enakih fizikalnih lastnosti kot trenutno uporabljeni materiali iz plastike, zato se trenutno predvsem uporabljajo v živilski industriji, kjer izjemnost njihovih fizikalnih lastnosti ni ključnega pomena. Trenutno jih najpogosteje najdemo v obliki skodelic za kavo, jedilnega pribora ter različnih vrst pladnjev ter krožnikov, saj so to produkti, katerih enkratna uporaba je zelo razširjena v vsakodnevnem življenju. Izdelki so narejeni predvsem iz odpadov naravnih materialov kot so: kava, banane, avokado, bambus ter kokos, ki tako predstavljajo razgradljiv nadomestek za plastiko.



*Slika 1: kozarec iz kave*

(VIR: <https://boingboing.net>)



*Slika 2: Biorazgradljiv krožnik ter pribor*

(VIR: <https://materialdistrict.com> )

## 2.1 MATERIALI V SLOVENIJI ZA IZDELAVO BIOLOŠKO RAZGRADLJIVIH PREDMETOV

Kot alternativo za zgoraj omenjene materiale, kot so kava in avokado, bi lahko za izdelavo biorazgradljivih izdelkov uporabili tudi fino mleta pšenična stebela, ki so kot produkt iz zavrženih pšeničnih stebel pri pridelavi pšenice, pri nas dostopna v zelo velikih količinah. Dostopnost pšeničnih stebel je še posebej pomembna, saj je v masovni proizvodnji težko pridobiti dovolj velike količine začetnega materiala, da bi zadostovale povpraševanju. V Sloveniji je bilo namreč v letu 2021 zavrženih približno 41.580 ton pšeničnih stebel, kar pa je več kot dovolj za proizvod izdelkov iz njih. Z uporabo teh zavrženih materialov bi lahko zmanjšali količino odpadkov in hkrati ustvarili nove uporabne izdelke.



*Slika 3: Pridobivanje materiala v Sloveniji*

(VIR: <https://www.stat.si> )

### 3 NAČINI IZDELAVE

Izdelava izdelkov iz biološko razgradljivih materialov je lahko izvedena na več načinov, odvisno od tipa materiala in želenih lastnosti izdelka. Ena izmed možnosti je ročna priprava in izdelava, pri kateri se material zmeša z vezivom in oblikuje v želeno obliko. Druga možnost pa je uporaba industrijskih procesov pri katerih se uporablja mehanizacija za avtomatizacijo postopka.

#### 3.1 ORODJA oz. STROJI ZA IZDELAVO

Za izdelavo izdelkov iz biološko razgradljivih materialov, kot so skodelice za kavo, jedilni pribor in pladnji, je potrebno uporabiti specializirano opremo in stroje, kot so:

1. Ekstruder - za mešanje veziva z materialom
2. Vakuumsko formiranje - za izdelavo ploščastih izdelkov
3. Tiskanje - za izdelavo natisnjenih izdelkov
4. Brizgalne pištole - za izdelavo manjših izdelkov

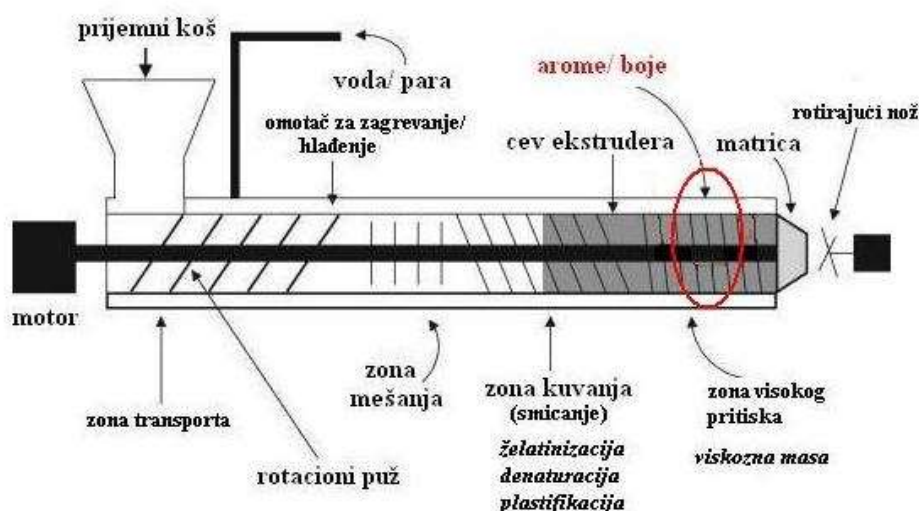
Ekstruder je naprava, ki se uporablja za mešanje in oblikovanje materialov. Uporablja se za enakomerno mešanje materialov, kot so reciklirani biološko razgradljivi materiali, da bi ustvarili želeno sestavo materiala za nadaljnjo obdelavo.

Vakuumsko formiranje je postopek oblikovanja plastičnih ali drugih materialov, ki se uporablja za izdelavo ploščastih izdelkov, kot so posode, pladnji ali embalaža. Pri tem procesu se material postavi v model katerega pa nato stisnemo z pomočjo vakuumske črpalke.

Tiskanje je postopek uporabe tiskarske tehnologije za izdelavo natisnjenih izdelkov. Pri čemer bi se uporabil prirejen 3d tiskalnik s čemer je možno narediti katerokoli poljubno obliko izdelka.

Brizgalne pištole so orodja, ki se uporabljajo za izdelavo manjših izdelkov, kot so igrače, ročaji, gumbi in drugi izdelki. Pri tem procesu se določen material vbrizga v obliko, ki jo želimo doseči, s pomočjo brizgalne pištole ter modela.

Za dokončno izdelavo izdelkov ne smemo pozabiti tudi na sušilne peči in hladilne komore, ter na naprave za kontrolo kakovosti, da lahko izdelkom zagotovimo funkcionalnost in vzdržljivost.



Slika 4: Sestava ekstruderja

(vir: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/ekstrudiranje>)

### 3.1.1 DELOVANJE EKSTRUDERJA

Ekstruder je naprava, ki se uporablja za oblikovanje različnih materialov v želeno obliko in velikost. Najpogosteje se uporablja v procesu proizvodnje plastičnih izdelkov, vendar se lahko uporablja tudi za druge materiale, kot so kovine, guma, papir in hrana. Delovanje ekstruderja je preprosto: material se vstavi v vhodni del naprave, ki se nato počasi potiska skozi notranjost ekstruderja s pomočjo vijaka, ki se vrteč premika material naprej. Ko material potuje skozi ekstruder, se ogreva in oblikuje, da doseže želeno obliko in velikost. Končni izdelek se nato iztisne skozi izhodni del ekstruderja. Ekstruderji so lahko zelo različni glede velikosti, zmogljivosti, oblike in funkcij, od manjših namiznih modelov do velikih industrijskih strojev, ki lahko proizvajajo na tisoče izdelkov na uro. Vsak ekstruder je zasnovan za obdelavo specifičnih materialov in ima različne nastavitve temperature, hitrosti vijaka in druge parametre, ki jih je treba prilagoditi glede na vrsto materiala in želeni končni izdelek.

## 4 ROČNA IZDELAVA MATERIALA

### 4.1 IZBIRA MATERIALA

Izbira materiala je ključnega pomena pri proizvodnji izdelkov iz biološko razgradljivih materialov. Zaradi dobre dostopnosti v Sloveniji sem kot material izbral fino mleta pšenična stebila. Ta so bila optimalna izbira tudi, saj imajo dobre fizikalne lastnosti, predvsem sta pomembni njihova trpežnost in izolativnost, ki jih delata primerne za uporabo v proizvodnji biorazgradljivih materialov in izdelkov.

### 4.2 IZBIRA VEZIVA ZA MATERIAL

Kot vezivo sem zaradi njegove dobre adhezivnosti izbral gluten. Gluten, pridobljen iz moke, omogoča učinkovito in hitro vezavo z drugimi materiali, torej v tem primeru kot vez med mletimi delci pšeničnih stebel. Pri mešanju z vodo se njegove vezivne lastnosti še izboljšajo, saj ta kombinacija deluje kot elastično lepilo. Poleg tega je

vezivo iz glutena in vode cenovno ugodno in ga lahko proizvajamo v velikih količinah, kar je idealno alternativa za tradicionalna plastična veziva.



*Slika 5: Moka kot vezivo*

(VIR: <https://www.zito.si>)



#### 4.3 PRIPRAVA IN IZDELAVA MATERIALA

Pričel sem z mletjem pšeničnih stebel v fin prah. Nato sem pripravil svoje vezivo tako, da sem zmešal moko in vodo, ter nato dodal mlet prah, da sem dobil homogene mase z različnimi razmerji med vezivom in pšeničnim prahom. Te različne mase sem nato vstavil v model iz aluminijaste folije in počakal, da se posušijo.



Slika 6: Ročno izdelan material

(vir: lasten)

Ker sem za izdelavo izdelka želel doseči najboljše možne lastnosti materiala, sem sem izbral različne sestave oz. razmerja med količino veziva in mletega prahu, saj lahko s tem do neke mere spreminjamo tudi fizične lastnosti materiala. Da bi bolj natančno ugotovil, kakšen vpliv ima to razmerje, sem izbral štiri različne sestave sicer od večinskega dela mletega materiala pa do večinskega dela veziva. Razmerja pa so sledeča:

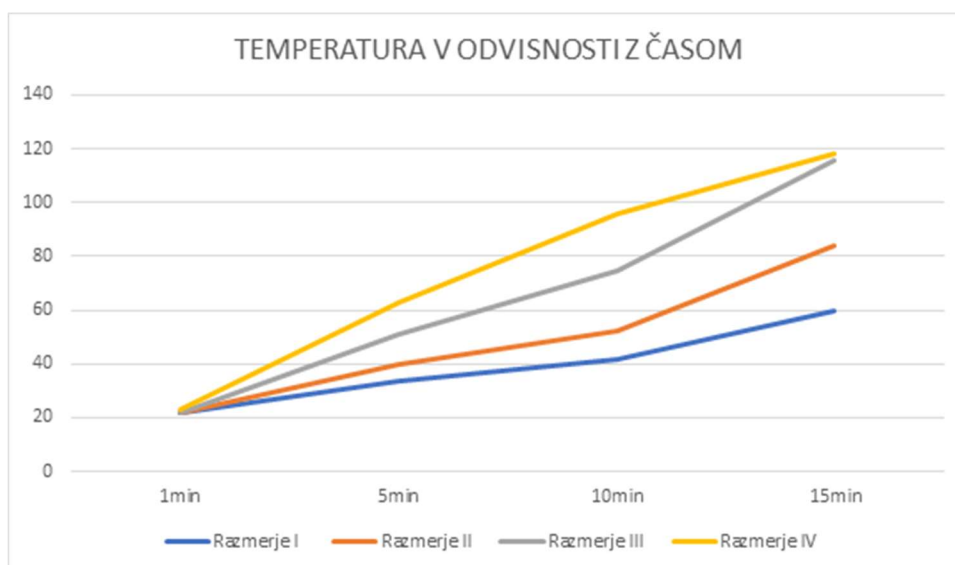
Tabela 1: Procentualna razmerja med vezivom in mletim materialom, ki so bila uporabljena za izdelavo prototipov materiala

	Vezivo [%]	Mlet material [%]
Razmerje I	30	70
Razmerje II	50	50
Razmerje III	60	40
Razmerje IV	80	20

## 5 PREIZKUŠANJE BIORAZGRADLJIVEGA MATERIALA

### 5.1 PREIZKUS TERMIČNE ODPORNOSTI

Za preizkus termične odpornosti sem oblikoval enostaven merilen sistem. Izdelek sem prijel s prijemalom in na zadnjo stran postavil merilno sondo za temperaturo. Sprednjo stran izdelka sem nato segreval z grelcem s konstantno temperaturo 120°C. Zaradi visoke temperature sem nato na zadnji strani materiala z ročnimi infrardečimi merilniki temperature meril spremembo temperature v naslednjih 15 minutah pri konstantnem segrevanju sprednje strani. Poskus se je izvajal pri sobni temperaturi 22°C.



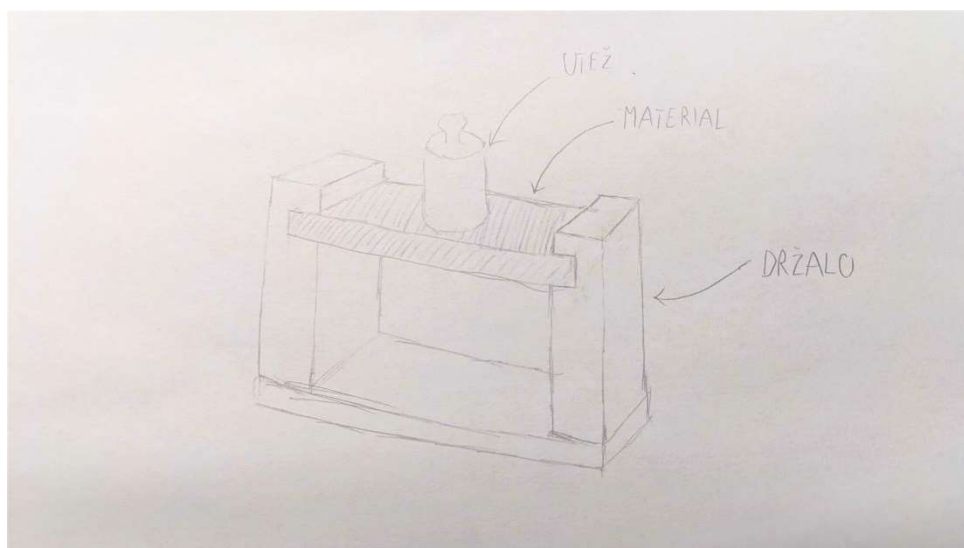
Graf 1: Graf spreminjanja temperature pri segrevanju na materialih z različnim razmerjem. skozi čas (glej tabelo 1)

Iz grafa je razvidno, da je med razmerjem v materialu in temperaturno odpornostjo neposredna povezava. Manj kot je veziva v materialu, boljša je njegova izolativnost, saj je v njem več prostora za zračne mehurčke, ki so odlični temperaturni izolator.

## 5.2 PREIZKUS TRDOTE

Slaba struktura pridobljenega biomateriala mi je onemogočila preizkus njegove trdote, saj je že ob najmanjši obremenitvi material začel razpadati in se lomiti. Če bi to omogočale fizikalne lastnosti, bi lahko postavil preprost sistem za merjenje trdote. Material bi na vsaki strani vpeli v držalo, na to pa na njega odlagali uteži, dokler ne bi prišli do točke, kjer bi bila deformacija nepovratna. S tem bi omogočili standardizacijo postopka in dobili preprosteje primerljive rezultate.

Ker ta proces preizkušanja v primeru mojih materialov ne bi imelo relevantnih rezultatov, sem se moral odločiti da bom trdnost preizkusil na manj konstanten način. To mi je dalo ne-številske rezultate, ki so tudi manj primerljivi, vendar pa sem se tem preizkusom lahko določil osnovno povezavo med razmerjem snovi v materialu in njegovo trdnostjo. Material v razmerju I (glej tabelo 1) je bil brez trdne strukture in je razpadel že, ko sem ga odstranil iz modela. Materiali z razmerji II, III in IV so obliko obdržali tudi po odstranitvi modela, pri čemer je bilo potrebno vložiti največ sile, da se je zlomil material z razmerjem IV. Glede na to lahko zaključim, da je trdota materiala močno vezana na razmerje, pri čemer je večji kot je procent veziva v materialu, večjo trdoto material ima.



*Slika 6 metoda preizkusa trdote*

(vir: lasten)

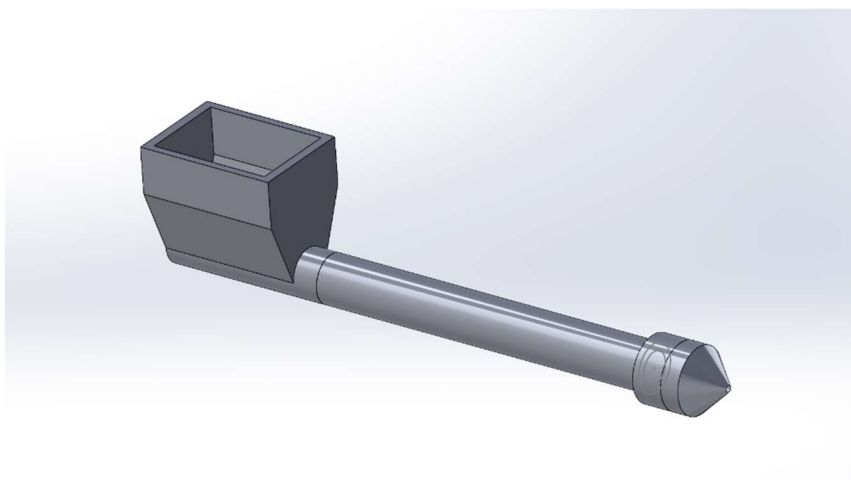
## 6 IZDELAVA NAPRAVE

### 6.1 IDEJNA ZASNOVA MODELA NAPRAVE

Stroj za izdelavo biorazgradljivih izdelkov bi bil sestavljen iz večih delov. In sicer najprej bi z uporabo dveh ekstruderjev dozirali vezivo ter fino-mlet material v naslednji ekstruder, ki bi ta materiala ustrezno zmešal. Zmešan material bi nato doziral skozi prilagojeno šobo 3D printerja na printerjevo podlogo, kar bi nam omogočilo izdelavo izdelka zelene oblike.

Sestavni deli so sledeči:

- Trije ekstruderji (za mešanje in doziranje materiala)
- Cevi (za prenos zmešanega materiala)
- 3d printer (za izdelavo izdelkov v 3d obliki)
- Šoba (velikost te, bo odločala o izgledu izdelka)

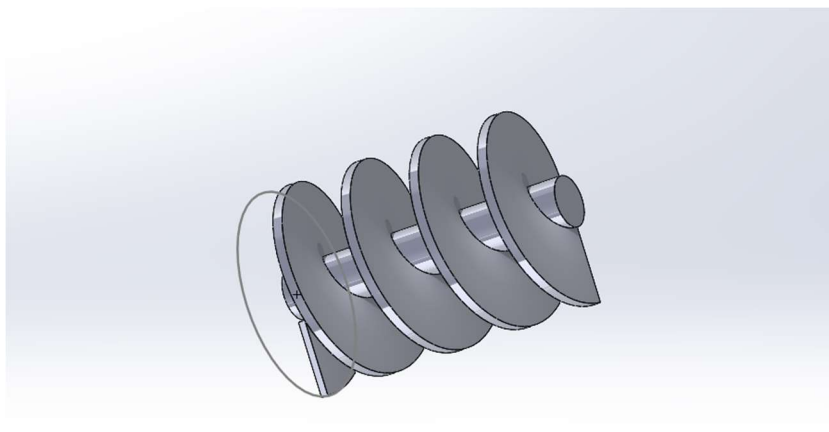


*Slika 7: 3d model ekstruderja*

(vir: lasten)

## 6.2 POTEK IZDELAVE PROTOTIPA NAPRAVE

Pri izdelavi prototipa je bilo potrebno uporabiti računalniška orodja za 3d modeliranje s katerimi sem lahko oblikoval ekstruderje. Uporabil sem program solidworks. Ekstruderji so sestavljeni iz treh glavnih delov in sicer sredinskega vijaka, cevi, ki obdaja vijak ter motorja, ki omogoča vrtenje vijaka, da lahko ta, poriva material skozi cev. Nato pa je bilo potrebno oblikovat še napravo za mešanje materiala. Ta je bila sestavljena podobno kot ekstruder, vendar je imela na sredini dodaten vhod za dodajanje veziva, ki se je tako do konca cevi zmešalo z fino mletimi stebli, ki so v cev vstopila na začetku. Material zmešan z vezivom je tako skozi šobo doziran na podlogo 3D printerja, ki ga je bilo potrebno prilagoditi. Potrebna je bila prilagoditev glave printerja, pri čemer sem zamenjal topilec plastike z motorjem, ki nadzira odpiranje in zapiranje cevi za dobavo materiala na podlogo.

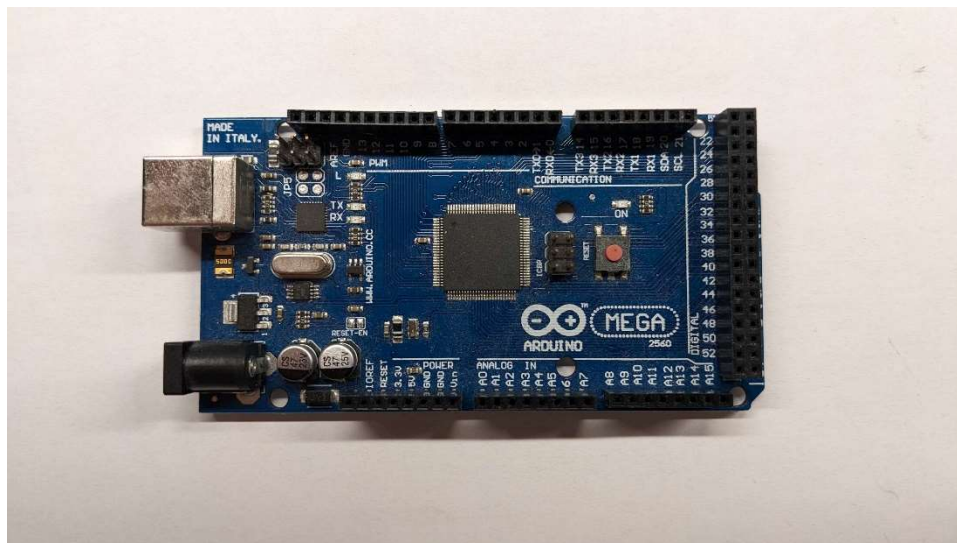


*Slika 8: Vijak - del ekstruderja - (izdelan v programu solidworks)*

(vir: lasten)

## 6.3 PROGRAM ZA AVTOMATIZACIJO PROTOTIPA

Pri avtomatizaciji procesa bo ključnega pomena uporaba mikrokrmilnika (arduino), saj bo le ta določal ter nadzoroval vse funkcije procesa. Z njim bo možna sprememba hitrosti doziranja materiala in spremembe sestave različne zmesi. Za lažjo izdelavo prototipa bo pomemben tudi tovarniško nameščen program 3D printerja, ki bo mikrokrmilniku omogočil spremljanje začetka printanja in količino doziranega materiala.

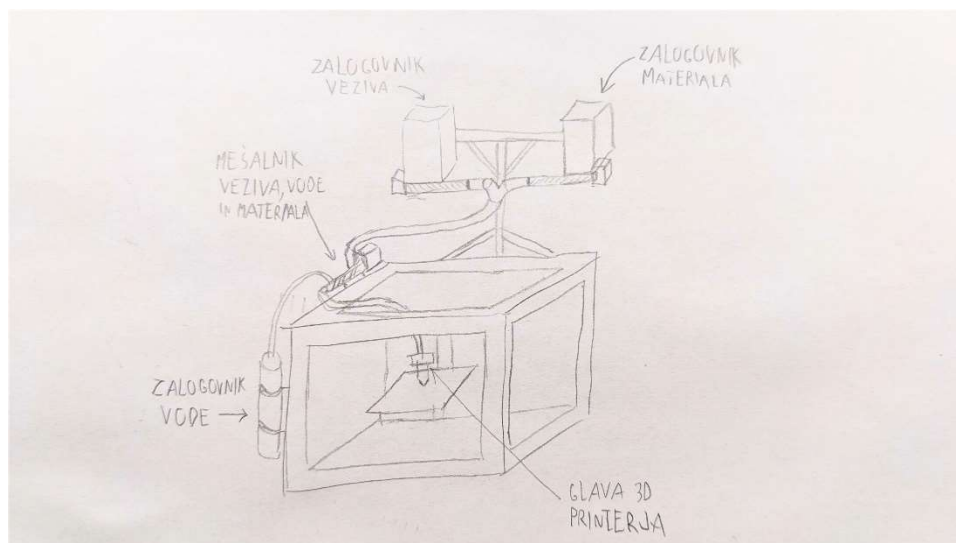


*Slika 9: Arduino mega 2560*

(vir: lasten)

#### 6.4 IZDELAVA KONČNEGA IZDELKA (IZBOLJŠAN PROTOTIP)

Končni izdelek naprave za printanje izdelkov iz biorazgradljivih materialov je bil sestavljen na enak način kot prototip, vendar sem njegove deli zamenjali za bolj učinkovite in vzdržljive. 3D natisnjene ekstruderje v prototipu sem zamenjali z kovinskimi, saj bi jim s tem povečali vzdržljivost, ter olajšali njihovo čiščenje. Uporabo dveh ločenih računalnikov v prototipu – računalnik v 3D printerju in arduino – sem nadomestili z močnejšim posameznim računalnikom, ki je lahko hkrati kontroliral vse funkcije, ter tako sproti prilagajal hitrost printanja in količino dovedenega materiala. S tem sem lahko minimizirali potrebo po ročni sinhronizaciji vklopa arduino in računalnika 3D printerja, saj je tako računalnik hkrati začel printati in dovajati material za printanje, kar je omogočilo boljšo časovno učinkovitost.



Slika 10: Skica končnega izdelka

(vir: lasten)

#### 6.4.1 DELOVANJE PROTOTIPA

V zalogovnik najprej napovnimo fino mlet material v drugega pa vezivo, nakar je potrebno še napolniti zalogovnik za vodo. Ko zaženemo program, arduino preveri vsa stanja naprave nato pa zažene prvo fazo v kateri se uklopita prva dva vijaka zalogovnikov ki potisneta fino mlet material ter vezivo v skupno cev po kateri se sproti nekoliko zmeša še preden pride do mešalnega ekstruderja. Ko arduino zazna da je material na mestu za mešanje požene vijak mešalnega ekstruderja ter črpalko vode ki se dozira v ekstruder da v njem nastane pravilna mešanica veziva v primerjavi z fino mletem materialom. Ko material pride do konca vijaka ekstruderja ga le ta porine v manšo cev ta pa nato pod pritiskom dostavi material v glavo printerja ki pa ga skozi šobo začne nanašati na podlago, in z tem začne izdelovati želeno obliko.





Slika 11 blokovna shema delovanja

(vir: lasten)

## 7 RAZPRAVA

Hipoteza I: Izdelke lahko izdelamo iz biorazgradljivih materialov.

Hipotezo I sem moral sam ovreči, saj zaradi nefunkcionalnosti materiala, končnega izdelka ni bilo mogoče izdelati. Vendar pa se hipotezo da potrditi z biorazgradljivimi materiali, ki se danes že pogosto pojavljajo na trgu in so izdelani iz 100% naravnih materialov.

Hipoteza II: Materiale za pripravo biorazgradljivih materialov in izdelkov lahko najdemo v Sloveniji.

Hipotezo II sem potrdil z raziskavo dostopnosti odpadnih pšeničnih stebel v Sloveniji, kjer je letno zavrženih skoraj 50 tisoč ton. Ker je to ponavadi odpaden material njegova dostopnost ne bi povzročala problema, prav tako pa bi ta količina zadostila povpraševanju za proizvodnjo mnogih biorazgradljivih produktov na slovenskem trgu. Prav tako je v Sloveniji dostopno tudi uporabljeno vezivo, gluten, ki je bil pridobljen iz slovenske moke.

Hipoteza III: Biorazgradljiv material je dober izolator.

Hipotezo III lahko potrdimo, saj so se materiali z manjšo količino veziva pokazali kot solidni izolatorji temperature. To hipotezo sem testiral tako, da sem segreval eno stran produkta ter meril razliko v temperaturah. Pri temu sem razbral da je material z manjšo količino veziva boljši izolator kot tisti z večjo, saj kjer je material z več veziva bolj zbit in nima prostora za zrak, ki bi pomagal pri izolaciji. Zato je tudi bolj podvržen razpokanju pri sušenju.

Hipoteza IV: Biorazgradljiv material je sorazmerno trden.

Hipotezo IV sem moral v primeru biorazgradljivega materiala iz mletih pšeničnih stebel in glutena ovreči, saj material ni vzdržal nobene večje sile. Kljub temu sem

lahko zaključil, da je količina veziva v materialu tesno povezana z njegovo trdnostjo. Material z pomanjkanjem veziva se ne sprime, ali pa je vez zelo rahla in se začne drobiti že pri odstranjevanju iz modela. Večja količina veziva je tako omogočila večjo trdnost snovi, vendar pa preizkušena konsistenca še vedno ne zadostuje kriteriju za potrditev te hipoteze.

Na področju trdote biorazgradljivih materialov je veliko prostora za nadaljnje raziskave predvsem v smeri zamenjave veziva, kar bi lahko pozitivno vplivalo tudi na druge lastnosti materiala. Kljub cenovni ugodnosti in dobri dostopni se izbrano vezivo – gluten – ni izkazalo kot učinkovito. Omogočilo je le rahlejšo povezanost snovi, ki ne bi zadostila potrebam za izdelavo večine produktov, hkrati pa je bila za kakršno koli delovanje potrebna izredno velika koncentracija v materialu. To je posledično tudi razlog zakaj proizvodnja tega specifičnega materiala ne more zmanjšati količine odpadnega materiala pri proizvodnji. Če bi želeli doseči trdoto, ki bi zadostovala proizvodnji izdelka, bi bila potrebna velika količina moke, pri proizvodnji katere bi nastala dodatna odpadna pšenična stebela. Torej za izdelavo ne bi mogli uporabiti že obstoječih odpadnih stebel, vendar bi morali pridelati novo pšenico in v tem procesu ustvariti se več odpadnega materiala.

## 8 ZAKLJUČEK

V zadnjih nekaj letih se je zavedanje o negativnih vplivih plastičnih izdelkov na okolje močno povečalo. Zaradi tega je bilo razvitih že več rešitev, med drugim tudi izdelki iz biološko razgradljivih materialov. Vendar pa so ti izdelki pogosto dražji in imajo omejene možnosti uporabe, kar otežuje njihovo uporabo na širšem tržišču. Njihov nadaljnji razvoj in s tem izboljšanje njihovih lastnosti bi tako omogočil njihovo širšo uporabo in jih predstavil kot boljši nadomestek plastike. V Sloveniji obstaja možnost, da bi lahko izdelovali izdelke iz biološko razgradljivih materialov iz odpadkov pšeničnih stebel, ki se jih pri pridelavi pšenice v velikih količinah zavrže. Kljub temu, da Slovenija nima razvite industrije, ki bi se ukvarjale s proizvodnjo izdelkov iz biološko razgradljivih materialov, je bila preizkušena možnost ročne priprave in izdelave izdelkov, pa tudi načrtovana možnost industrijskega procesa s specializirano

opremo in stroji. Hkrati pa bi to pripomoglo tudi k zmanjšanju količine podatkov, ki nastanejo v proizvodnji plastičnih izdelkov, in olajšali proces reciklaže oz. razgradnje.

V sklepni fazi lahko zaključimo, da so izdelki iz biološko razgradljivih materialov še vedno relativno novi na trgu in da je razvoj teh izdelkov še vedno v procesu, kljub temu pa so pomemben korak pri zmanjšanju negativnih vplivov na okolje in nov del sestavljanke, ki nam bo omogočilo ohranjanje čistega in zdravega okolja.

## ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge in zagotavljanju materiala za testiranje se zahvaljujemo podjetju RP DESIGN d.o.o. iz Mengša.

## 9 VIRI

biotrem. (2018). *material district*. Pridobljeno iz Edible plates made from wheat bran to replace disposable tableware: <https://materialdistrict.com/article/best-of-2018-edible-plates-wheat-bran/>

Doctorow, C. (2019). *boingboing*. Pridobljeno iz Coffee cups made from coffee grounds: <https://boingboing.net/2019/06/30/kaffeeform.html>

RS, S. (2021). *stat.si*. Pridobljeno iz Rastlinska pridelava: <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/11/90>

žito. (2022). *ŽITO Prehrambena industrija*. Pridobljeno iz Posebna bela moka: <https://www.zito.si/sl/izdelek/zito-posebna-bela-moka>

### 9.1 VIRI SLIK

Slika 1: biotrem. (2018). *material district*. Pridobljeno iz Edible plates made from wheat bran to replace disposable tableware: <https://materialdistrict.com/article/best-of-2018-edible-plates-wheat-bran/>

Slika 2: biotrem. (2018). *material district*. Pridobljeno iz Edible plates made from wheat bran to replace disposable tableware: <https://materialdistrict.com/article/best-of-2018-edible-plates-wheat-bran/>

Slika 5: žito. (2022). *ŽITO Prehrambena industrija*. Pridobljeno iz Posebna bela moka: <https://www.zito.si/sl/izdelek/zito-posebna-bela-moka>