



# TRAJNOSTNI MATERIAL ZA LONČKE ZA ENKRATNO UPORABO

Področje: **ekologija**

Vrsta naloge: **raziskovalna naloga**

Dijaki:

**Primož DORNIK, 2.A**

**Anna KLOCHENKO, 3.D**

Mentorica: **mag. Darja Silan – Gimnazija Jožeta Plečnika Ljubljana**

Somentor: **doc. dr. Uroš Novak – Kemijski inštitut**

Ljubljana, 2024

Naslov naloge:

**Trajnostni material za lončke za enkratno uporabo**

Vrsta naloge:

**Raziskovalna naloga**

Področje:

**Ekologija**

Avtor naloge:

**Dornik Primož, Klochenko Anna**

Razred:

**2.A in 3.D**

Mentorica:

**mag. Darja Silan, prof. bio., Gimnazija Jožeta Plečnika Ljubljana,**

Somentor:

**doc. dr. Uroš Novak, (Kemijski inštitut)**

Šola:

**Gimnazija Jožeta Plečnika Ljubljana**

Kraj in leto izdelave:

**Ljubljana, 2024**

## KAZALO

1. POVZETEK.....	6
2. TEORETIČNI DEL .....	8
2.1. Vrste papirnatih lončkov.....	10
2.1.1. Papirnati lončki s plastičnimi premazi .....	10
2.1.2. Papirnati lončki z bioplastičnimi premazi .....	11
2.2. Biorazgradljive alternative plastiki .....	13
2.2.1. Celulozni cinamat.....	13
2.2.2. Alginat.....	14
3. MATERIALI IN METODE .....	15
3.1. Papir .....	15
3.2. Premaz .....	16
3.2.1. Natrijev alginat.....	17
3.2.2. Glicerol.....	18
3.2.3. Kalcijev klorid.....	18
3.3. Priprava na poskusa .....	19
3.3.1. Poskus vodotesnosti na ravnem lističu papirja .....	21
3.3.2. Poskus vodotesnosti papirnate posodice .....	23
4. REZULTATI Z DISKUSIJO.....	25
4.1. Papir .....	25
4.2. Premaz .....	26
4.3. Poskusa .....	27
5. ZAKLJUČEK .....	30
6. ZAHVALE.....	31
7. PRILOGE .....	32
8. VIRI.....	34
 Slika 1 PLA lonček (Vir: <a href="https://www.ecobioshopping.it/wp-content/uploads/2022/07/650-ml-500x500.jpg">https://www.ecobioshopping.it/wp-content/uploads/2022/07/650-ml-500x500.jpg</a> ) .....	13
Slika 2 PP lonček (Vir: <a href="https://www.packagingenvironmental.co.uk/media/catalog/product/cache/3d9e2961cbcd84df3e7c093bb9e2d1f1/image/3918e629/https-www-packagingenvironmental-co-uk-16oz-recyclable-pp-plastic-cup.jpg">https://www.packagingenvironmental.co.uk/media/catalog/product/cache/3d9e2961cbcd84df3e7c093bb9e2d1f1/image/3918e629/https-www-packagingenvironmental-co-uk-16oz-recyclable-pp-plastic-cup.jpg</a> ).....	13
Slika 3 Celulozni cinamat (Vir: <a href="https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2468025722001716-ga1.jpg">https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2468025722001716-ga1.jpg</a> ) .....	14

Slika 4 Papir iz japonskega dresnika (Vir: <a href="https://icp-lj.si/wp-content/uploads/2019/02/Rozga-dresnik-240-g-750x983.jpg">https://icp-lj.si/wp-content/uploads/2019/02/Rozga-dresnik-240-g-750x983.jpg</a> ).....	16
Slika 5 Japonski dresnik (Vir: <a href="https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/fotografije/tematske/Invazivne-vrste/rastline/JaponskiDresnik2.jpg">https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/fotografije/tematske/Invazivne-vrste/rastline/JaponskiDresnik2.jpg</a> ) .....	16
Slika 6 Natrijev alginat (Vir: <a href="https://5.imimg.com/data5/SELLER/Default/2021/11/LJ/HG/27563233/sodium-alginate-500x500.jpg">https://5.imimg.com/data5/SELLER/Default/2021/11/LJ/HG/27563233/sodium-alginate-500x500.jpg</a> ) .....	17
Slika 7 Kemijска reakcija za nastanek CaCl <sub>2</sub> .....	18
Slika 8 Kalcijev klorid - CaCl <sub>2</sub> (Vir: <a href="https://www.google.com/url?sa=i&amp;url=https%3A%2F%2Fpestell.com%2Fproduct%2Fcalcium-chloride-flake%2F&amp;psig=AOvVaw3W-XG4-N9FaYTxm6607hsZ&amp;ust=1709497794341000&amp;source=images&amp;cd=vfe&amp;opi=89978449&amp;ved=0CBIQjRxqFwoTCKirkti11oQDFQAAAAAdAAAAABAT">https://www.google.com/url?sa=i&amp;url=https%3A%2F%2Fpestell.com%2Fproduct%2Fcalcium-chloride-flake%2F&amp;psig=AOvVaw3W-XG4-N9FaYTxm6607hsZ&amp;ust=1709497794341000&amp;source=images&amp;cd=vfe&amp;opi=89978449&amp;ved=0CBIQjRxqFwoTCKirkti11oQDFQAAAAAdAAAAABAT</a> ).....	18
Slika 9 Shema priprave raztopine Na-Alg in glicerola .....	19
Slika 10 Slika 11 Vzorec 17, premazan z vmesnim sušenjem, desni vzorec nepremazan .....	21
Slika 12 Vzorci med sušenjem Slika 13 Suhi vzorci .....	21
Slika 14 Poskus s kapanjem vode Slika 15 Poskus s kapanjem čaja .....	22
Slika 16 Poskus s kapanjem kave Slika 17 Hidrofobnost površine papirja zaradi vsebnosti AKD .....	22
Slika 18 Vzorci poskusa s kavo in čajem Slika 19 Vzorci poskusa z vodo.....	23
Slika 20 Vzorci pri drugem poskusu .....	24
Slika 21 Mehurčki čaja na zunanji površini papirja .....	26
Slika 22 Vzorci poskusa z žganjem (spodaj) in oljem (zgoraj).....	26

## KAZALO SLIK

## KAZALO TABEL

Tabela 1 Načini premazov.....	20
Tabela 2 Debelina papirja .....	25
Tabela 3 Najbolj ustrezeni vzorci po prvem poskusu .....	28

## 1. POVZETEK

Z raziskovalno nalogo smo preizkušali uporabo kalcijevega alginata, kot vodotesnega premaza za lončke za enkratno uporabo, s katerim bi lahko zamenjali trenutne plastične in bioplastične premaze. Ti zaradi mešanja različnih materialov in oteženega procesa recikliranja predstavljajo veliko breme za okolje.

Izvedli smo dva poskusa, pri katerih smo preizkušali vodotesnost kalcijevega alginata najprej na ravnih lističih papirja, nato v manjših posodicah. Rezultati raziskave so pokazali veliko uporabnost kalcijevega alginata, kot premaza za lončke za enkratno uporabo. Z raziskavo smo dokazali možnost izdelave popolnoma biorazgradljivih lončkov, ki bi lahko v prihodnosti nadomestili trenutno najpogosteje uporabljene lončke s plastičnimi in bioplastičnimi premazi.

**Ključne besede:** plastika, papirnati lončki, natrijev alginat, kalcijev klorid, japonski dresnik

## 1. ABSTRACT

The research paper is evaluating the utilization of calcium alginate as a waterproof coating in disposable cups which has the potential to replace current plastic coatings. Disposable cups pose a significant environmental burden due to the mixing of different materials and the difficult recycling process.

We conducted two experiments in which we evaluated the waterproofness of calcium alginate, initially on flat sheets of paper and later on smaller containers. The findings of the study demonstrated the extensive versatility of calcium alginate as a coating for cups containing soft drinks. Our research has demonstrated the potential for the production of cups that are entirely biodegradable, thereby replacing the current most commonly utilized cups with plastic and bioplastic coatings in the future.

**Keywords:** plastic, paper cups, sodium alginate, calcium chloride, Japanese knotweed

## 2. TEORETIČNI DEL

Letno se v svetu porabi preko 500 milijard lončkov za enkratno uporabo (Woods & Bakshi, 2014). Po sestavi jih ločimo na dva tipa, glede na to ali jih gradi en ali več materialov (z izjemo lepil). Lončke, ki so v celoti iz enega materiala, večinoma gradijo plastični materiali, kot so PE, PP, PET, PS ... ali bioplastični materiali, kot so PLA, PHA, PBS in drugi. Ostali, tako imenovani okolju prijazni pa so večinoma narejeni iz papirja, premazanega z različnimi vrstami tankega sloja plastike ali bioplastike, ki lonček naredijo vodotesen.

Prvi tip lončkov navadno gradi plastika, za izdelavo katere sta potrebni nafta in veliko energije, ki je večinoma pridobljena iz fosilnih goriv. (Arutyunov & Lisichkin, 2017). Prav tako jih lahko gradijo bioplastični materiali, kot je PLA, kislina na osnovi rastlinskega (navadno koruznega) škroba. Določene (plastične) materiale je mogoče reciklirati, kar je dolgoročno za okolje manj škodljivo, kot če bi lončke zavrgli. PLA in drugi bioplastični materiali so priznani celo kot biorazgradljivi, saj se lahko razgradijo z industrijskim kompostiranjem. Določene materiale je mogoče reciklirati, kar je dolgoročno za okolje manj škodljivo, kot če bi lončke zavrgli.

Pri raziskavi smo se zato osredotočili na lončke drugega tipa, ki imajo večji potencial, da postanejo okolju prijazni, saj večji del lončka sestavljajo biorazgradljivi materiali, kar lahko priomore k manjšemu onesnaževanju okolja. Postavlja pa se vprašanje notranjega premaza lončka.

Prizadevali smo si prispevati k rešitvi te problematike. Problem teh "eko-lončkov" je sama zgradba, saj 95 % lončka predstavlja papir, preostalih 5 % pa premaz, za katerega se najpogosteje uporabljam polietilen (PE) in ostali plastični materiali (PP, PET, PS ...). Manj pogosto se za premaz oziroma t. i. »coating« uporabljam polilaktična kislina (PLA) ali drugi bioplastični materiali, saj so ti materiali relativno dragi. Celotnega lončka zaradi vsebnosti papirja ne moremo reciklirati skupaj z ostalo embalažo, zaradi vsebnosti plastike ali bioplastike pa ne skupaj s papirjem.

Pri prodaji lončkov, ki jih gradijo materiali, poznani kot bioplastika (PLA, PHA, PBS), jih pogosto označujejo za popolnoma biorazgradljive. Vendar je pri tem potrebno opozoriti in dodati, da so ti materiali razgradljivi le pri določenih pogojih, ki jih omogoča

industrijsko kompostiranje. Velik problem predstavlja tudi vsa mikroplastika, ki nastane ob uporabi lončkov, prekritih s PLA bioplastiko, in vsa mikroplastika, ki nastaja pri uporabi lončkov, prekritih s PE in drugimi plastičnimi materiali. Za izdelavo papirnatih "eko-lončkov" se po vsem svetu vsak dan porabi velike količine papirja, kar posledično spodbuja izsekavanje gozdov in slabo vpliva na okolje.

S tovrstno papirno embalažo se intenzivno ukvarjajo različne inštitucije po vsem svetu, saj so biorazgradljivi produkti za množično trajnostno rabo nujno potrebni.

Primer materiala, primerenega za tovrstno embalažo, je med drugimi tudi bagasse. Vlakna, pridobljena s stiskanjem stebel sladkornega trsta, stisnejo z visokotlačnim postopkom pri visoki temperaturi, pri čemer se porabi bistveno manj energije kot pri predelavi lesa za celulozne izdelke. Ker gre za odpadni stranski proizvod, se ne potrebuje dodatnih pridelovalnih zemljišč in ne vpliva na izsekavanje gozdov. Lončki iz bagasse so debelejši in težji od tradicionalnih papirnatih lončkov. Material ima visoko odpornost proti vodi in maščobam, vendar se za vezavo vlaken celulozi pogosto dodaja fluor ali škrobno vezivo, kar pa predstavlja morda dodatno tveganje (Ramadan, in drugi, 2023).

Za vodotesnost na papir lahko na papir nanesemo tudi keramične nanose (Gupta, Motallebzadeh, Kakooei, Nguyen, & Behera, 2023). S keramiko prevlečene folije so z AlOx ali SiOx prevlečene folije, ki imajo zelo dobro vodotesnost. Tak primer je izdelek podjetja Papkot (<https://www.papkot.com/>). Njihova kartonska embalaža je brez PE, fluora, vsebuje pa keramične materiale iz silicijevega dioksida.

Papirna embalaža predstavlja pomemben premik k zmanjševanju plastike med odpadki, vendar je tudi tu še veliko odprtih možnosti.

Eno možnosti, ki bi lahko reševala več problemov, ponuja papir izdelan iz invazivnih rastlin, kot je papir iz japonskega dresnika (*Fallopia japonica*) (Inštitut za celulozo in papir Ljubljana). Ta papir so med prvimi na svetu naredili v Ljubljani (MOL, 2024).

Vsakega recikliranega papirja namreč za izdelavo lončkov ni priporočljivo uporabljati iz zdravstvenih razlogov.

## 2.1. Vrste papirnatih lončkov

Poznamo dva tipa papirnatih lončkov:

### 2.1.1. Papirnati lončki s plastičnimi premazi

Pri večini lončkov, ki jih poleg papirja sestavljajo tudi plastični premazi, se za premaz uporablja polietilen (PE) oz. podvrsta LDPE (ang. »low density polyethylene« oz. polietilen z nizko gostoto). PE in njegove podvrste se uporabljajo v veliko različnih plastičnih produktih, kot so folije, vrečke in plastenke. Za pridobitev te snovi je potrebna nafta, kar posledično ustvarja visok ogljični odtis.

Lastnosti lončka s takimi premazi sprožajo številne težave.

- Prva od teh je reciklaža. Gre za zelo drag in težko izvedljiv proces, saj bi bilo potrebno najprej ločiti papir od plastike. Tako se po podatkih 99.75 % takih lončkov zavrže ali celo pristane v naravi (Foteinis, 2020). Za bolj učinkovito recikliranje bi potrebovali ločeno zbiranje in visoko sodelovanje družbe. Takega lončka se zaradi prisotnosti papirja ne sme reciklirati skupaj s plastiko, ker bi to v procesu delovalo kot motilec. Ob reciklaži skupaj z odpadnim papirjem sicer lahko izločimo dele, ki niso iz papirja, a je težko zagotoviti, da se izločijo vsi, tudi tisti, ki se izločijo, pa se na koncu zavržejo. (Bajpai, 2014)
- Druga težava je, da so lončki s PE premazi potencialni vir mikroplastičnih delcev. Mikroplastika so delci plastike, manjši od 5 mm, ki nastajajo z njenega obrabo. Ocenjeno je bilo, da ljudje tedensko zaužijejo 0,1–5 g mikroplastike s hrano in pitno vodo (Liu, in drugi, 2022). Zaužita mikroplastika se po krvi lahko prenese v jetra, ledvice, prebavila in celo možgane, se tam kopiči ter povzroči motnje v mikrobiomu črevesja in v presnovi lipidov. Tudi svetovna zdravstvena organizacija opozarja na prisotnost in vplive mikro in nanoplastičnih delcev v našem okolju in naših telesih (WHO, 2022). Mikroplastika pa ne ogroža samo nas zaradi neposrednega stika z njo, temveč tudi vsako okolje, v katerem se znajde. Študije so pokazale, da je bilo leta 2018 na Arktiki najdenih povprečno 12.000 plastičnih delcev na liter morskega ledu. Zato ni presenetljivo, da je imelo približno 90 % morskih ptic v črevesju velike in majhne plastične delce (Jingkun & Can, 2020). V eni izmed opravljenih študij je bilo sproščanje delcev mikroplastike zaznano v vsakem vzorcu papirnatega lončka, prevlečenega s

PE-vodotesnim premazom. V raziskavi je bilo ugotovljeno, da visoka temperatura pospeši sproščanje mikroplastike iz lončkov za enkratno uporabo. Količina mikroplastike je opazna tudi po drugi uporabi, čeprav je ta manjša kot pri prvi. Ugotovili so tudi, da gazirane, kisle pijače veliko hitreje kot voda povzročajo sproščanje mikroplastike, ki tam nastaja (Huier, Liheng, Kuai, Fang, & Ming, 2023).

### 2.1.2. Papirnati lončki z bioplastičnimi premazi

Bioplastični materiali so materiali, pridobljeni iz biomase različnega izvora. Postopek njihove izdelave je energetsko drag, a so pridobljeni materiali sposobni biodegradacije pri določenih pogojih. Žal te pogoje dosegamo le z industrijskim kompostiranjem, kjer se zopet srečamo s problemom zbiranja takih materialov.

Danes obstaja alternativa bioplastike za skoraj vsak običajni plastični material in ustrezno uporabo. Bioplastika - plastika, ki temelji na biološki osnovi, je biorazgradljiva in ima podobne lastnosti kot običajna plastika, v mnogih primerih ima celo dodatne prednosti. To vključuje manjši ogljični odtis ali dodatne možnosti ravnanja z odpadki, kot je kompostiranje. Bioplastika je bistveni del biogospodarstva in njena uporaba hitro rastoča v inovativni industriji, ki omogoči gospodarsko rast brez izčrpavanja virov in z manjšim vplivom na okolje. Bioplastika je raznolika skupina materialov z različnimi lastnostmi. Med biorazgradljivimi prevladujejo PLA, PHA in PBS (European Bioplastics, 2024).

PLA ali polilaktična kislina je polimer na biološki osnovi, ki je bil zaradi globalnega ozaveščanja o trajnosti v zadnjih dvajsetih letih deležen velike pozornosti. Glavna sestavina, mlečna kislina, izhaja iz biomase oz. obnovljivih surovin, kot so prehrambne poljščine, najpogosteje koruza in celulozni material. Proizvodnja poteka, tako da se koruzni (oz. rastlinski) škrob najprej z mehanskim postopkom pretvori v sladkor, nato pa s fermentacijo nastane mlečna kislina. Mlečna kislina se nato pretvori v laktid, obročast dimer mlečne kisline. Te molekule laktida se vežejo in tvorijo polimere. Rezultat polimerizacije so majhni koščki plastike iz polilaktične kisline, ki jih je mogoče pretvoriti v vrsto plastičnih izdelkov PLA (Jingkun & Can, 2020).

Kljud proizvodnji iz obnovljivega vira se srečamo s težavami pri izdelavi in po uporabi lončka, in sicer (Jingkun & Can, 2020):

- Za izdelavo PLA ali drugih, prej naštetih, bioplastičnih materialov se porabi veliko energije. Vir energije so po navadi fosilna goriva, kar zopet povzroča izpuste CO<sub>2</sub> in drugih toplogrednih plinov.
- Kot biorazgradljiva je označena večina bioplastike, vendar so za to, da bi material dobro razgradili, potrebni pogoji ( $T \approx 60^\circ\text{C}$  in visoka relativna vlažnost), ki jih dosežemo le z industrijskim kompostiranjem. Problem se pojavi, ker zaradi svoje neprepoznavnosti le zelo majhen delež lončkov doseže industrijsko kompostiranje.
- Reciklaža bioplastike je sicer mogoča, a je zopet potrebna separacija od papirja, kar je težko izvedljivo, saj je prav tako kot plastika material prozoren in se dobro prilepi na papir. Reciklaža skupaj s plastiko ali papirjem zaradi že prej omenjenih razlogov ni mogoča, saj bi kot motilec povzročil škodo na ostalem recikliranem materialu.

“Greenwashing” ali lažna ekološkost je izraz, ki se uporablja za opis lažnega, zavajajočega ali neresničnega dejanja ali niza trditev organizacije o pozitivnem vplivu, ki ga ima podjetje, izdelek ali storitev na okolje. Pri oglaševanju izdelkov iz PLA prodajalci na primer omenijo zgolj, da je material biorazgradljiv ter okolju prijazen (ali pa da se izdelek 100 % reciklira). Pri tem se uporabnik ne zaveda, da se produkt lahko biološko razgradi le pri pogojih industrijskega kompostiranja, za kar je malo verjetno, da bo izdelek do tam prišel. Neinformiran uporabnik lonček nato zavrže ali kot biološki odpadek ali skupaj kot papir ali celo kot plastiko, navadno pa ta nikjer ne doseže popolne reciklaže ali pravilnega kompostiranja (Malinauskaite & Jouhara, 2024).



Slika 1 PLA lonček (Vir: <https://www.ecobioshopping.it/wp-content/uploads/2022/07/650-ml-500x500.jpg>)



Slika 2 PP lonček (Vir:

<https://www.packagingenvironmental.co.uk/media/catalog/product/cache/3d9e2961cbcd84df3e7c093bb9e2d1f1/image/3918e629/https-www-packagingenvironmental-co-uk-16oz-recyclable-pp-plastic-cup.jpg>)

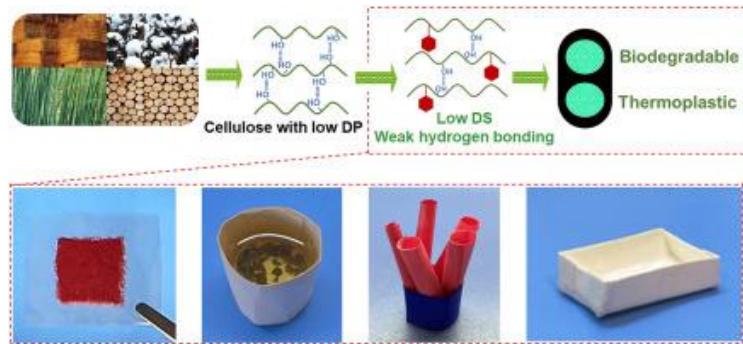
## 2.2. Biorazgradljive alternative plastiki

Poleg masovno uporabljenih materialov smo po pregledu literature naleteli še na celulozni cinamat in alginat, ki smo ga v končni fazи tudi uporabili pri poskusih.

### 2.2.1. Celulozni cinamat

Hidroplastični polimer celulozni cinamat (CCi) je biorazgradljiv (po 42 dneh se razgradi kar 80 %). Proces proizvodnje poteka v več fazah in je časovno ter cenovno drag, vključuje pa tudi veliko sestavin, poleg mikrokristalne celuloze tudi AmimCl, fosforjevo kislino, aceton, sodo bikarbono (natrijev hidrogenkarbonat), dimetil sulfoksid, etanol, cinamil klorid ( $C_9H_7ClO$ ), lipazo in celulazo. Celulozni cinamat ima velik potencial za uporabo kot premaz, ki ga potrebujemo za vodotesnost lončkov ali premaz za druge

vsebnike za živila. Pridobitev sestavin samih po sebi ne predstavlja velike obremenitve okolja, a uporaba vseh skupaj do okolja ni neutralna. Z namenom odkrivanja okolju še prijaznejšega premaza smo se odločili za nadaljnje raziskovanje (Rumeng, in drugi, 2022).



Slika 3 Celulozni cinamat (Vir: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S2468025722001716-ga1.jpg>)

## 2.2.2. Alginat

Raziskovanje smo usmerili v polisaharid algin, ki se nahaja v rjavih algah (večinoma *Laminaria hyperborean*, *Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum*) (Senturk Parreidt, Müller, & Schmid, 2018).

Algin tvori soli alginate. Alginat je biomaterial, ki se zaradi svojih ugodnih lastnosti, vključno z biokompatibilnostjo in enostavnim želiranjem, pogosto uporablja v biomedicinski znanosti in inženirstvu. Alginatni hidrogeli so bili doslej še posebej privlačni pri celjenju ran, dostavi zdravil in tkivnem inženirstvu, saj ti geli ohranjajo strukturno podobnost z zunajceličnimi matricami v tkivih in jih je mogoče manipulirati, da imajo več ključnih vlog (Lee & Mooney, 2012).

Najpogosteje se alginati pripravljajo z natrijem ali kalcijem. Natrijev alginat je topen v vodi, kalcijev pa ne, oba pa sta biorazgradljiva. Ker je pridobitev kalcijevega alginata trajnosten, okolju prijazen proces, smo se odločili raziskovati njegov potencial uporabe kot premaza za lončke.

### 3. MATERIALI IN METODE

Lončke smo želeli nareediti čim bolj okolju prijazne, zato smo se odločili za uporabo papirja iz japonskega dresnika in premaza iz kalcijevega alginata.

#### 3.1. Papir

Lončkom oporo daje zunanjega plast, ki je navadno papirna ali kartonska. Za ta namen se zaradi prevelike vsebnosti kemikalij ne sme uporabljati recikliran papir oziroma mora biti ta posebne kvalitete. Zato se večinoma uporablja navaden, malo debelejši papir, za izdelavo katerega je potrebna sečnja ali kvalitetnejši recikliran papir. Da bi se izognili sekaju dreves in obenem prispevali k reševanju problema invazivnih rastlin, smo se odločili, da bomo za poskus in potencialne lončke uporabili papir iz japonskega dresnika (*Fallopia japonica*), ki so ga razvili na ICP (Inštitut za celulozo in papir Ljubljana).

Japonski dresnik je ena najbolj invazivnih rastlin v Evropi. Negativen je predvsem, zato ker izpodriva avtohtono vegetacijo in posledično s tem tudi nekatere živalske vrste ter spreminja izgled pokrajine. Ob tem slabša erozijsko odpornost rečnih bregov, v obrečnih gozdovih zmanjšuje uspešnost pomlajevanja drevesnih vrst, vdira na njive in travnike ter zmanjšuje pridelek, s svojimi podzemnimi deli pa škoduje zgradbam, cestam in komunalnim vodom. Stroški odstranitve so visoki, najsodobnejše metode namreč vključujejo sproščanje močnih električnih tokov, ki "scvrejo," popolnoma uničijo rastlino.

Papir, narejen iz japonskega dresnika, je širok med 0.372 mm in 0.392 mm in vsebuje kemikalijo AKD (alkin keten dimer), ki ima hidrofobne lastnosti. Ker je ta kemikalija v sami sestavi papirja, se ob manjšem površinskem stiku z vodo obnaša vidno hidrofobno, čeprav je še vedno porozen.



Slika 4 Papir iz japonskega dresnika (Vir: <https://icp-lj.si/wp-content/uploads/2019/02/Rozga-dresnik-240-g-750x983.jpg>)



Slika 5 Japonski dresnik (Vir: <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/fotografije/tematske/Invazivne-vrste/rastline/JaponskiDresnik2.jpg>)

### 3.2. Premaz

Za doseg vodotesnega učinka smo papir premazali z materialom, ki dobro zadržuje tekočine. Ob tem smo želeli, da je izbran material varen za zdravje in biorazgradljiv tudi brez industrijskega kompostiranja.

Raziskovali smo potencial premaza v vodi netopnega kalcijevega alginata. Zaradi njegove netopnosti v vodi ga v obliki prahu, kot je dostopen na trgu, nismo mogli nanesti na papir. Premaz smo nato pripravili še s pomočjo raztopine natrijevega alginata ob dodajanju glicerola, ki je v vodi topen in smo ga lahko nanesli na papir. Kalcijev alginat je nastal po reakciji prej omenjene raztopine z raztopino kalcijevega

klorida, ko je bil premaz iz natrijevega alginata pomočen v raztopino kalcijevega klorida.

### 3.2.1. Natrijev alginat

Soli alginske kisline, alginati, so hidrofilni koloidni ogljikovi hidrati, pridobljeni iz različnih vrst rjavih morskih alg, ki spadajo v razred *Phaeophyceae*. Natrijev alginat ni strupen in ima edinstvene koloidne lastnosti, kot so: zgoščevanje, stabilizacija, suspenzija, oblikovanje folije, proizvodnja gela in stabilizacija emulzije (Sachan, Pushkar, Jha, & Bhattacharya, 2009).

Polisaharid natrijev alginat s formulo  $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$  je biorazgradljiv polimer. Velja za novejši material, ki lahko nadomešča nekatere biološko nerazgradljive ali tiste na osnovi nafte. Je zelo dobro vpojen in v vodi topen. Široko se ga uporablja v zdravstvu (v pripravkih za antacide), uporaben je za užitne folije in premaze, tudi kot sestavina za ekološki papir.

Pri poskusih je bil uporabljen natrijev alginat v prahu.



Slika 6 Natrijev alginat (Vir: <https://5.imimg.com/data5/SELLER/Default/2021/11/LJ/HD/LG/27563233/sodium-alginate-500x500.jpg>)

### 3.2.2. Glicerol

Organska spojina propan-1,2,3-triol, s formulo  $\text{HOCH}_2\text{CH(OH)CH}_2\text{OH}$ , je alkohol, znan po tem, da dobro veže vodo. S tališčem pri  $18.2^\circ\text{C}$  in vreliščem pri  $290^\circ\text{C}$  se pri sobni temperaturi ( $20^\circ\text{C}$ ) nahaja v obliki tekočine. Našemu končnemu materialu doda prožnost (Christoph, Schmidt, Steinberger, Dilla, & Karinen, 2006).

### 3.2.3. Kalcijev klorid

Kalcijev klorid je neorganska spojina, sol s formulo  $\text{CaCl}_2$  (Ropp, 2013). Pridobimo ga z reakcijo med  $\text{NaCl}$  (navadno soljo) in  $\text{CaCO}_3$  (kalcijevim karbonatom). Pri reakciji nastaja tudi natrijev karbonat ( $\text{NaCO}_3$ ) oz. soda. Reakcijo prikazuje spodnja slika.



Slika 7 Kemijska reakcija za nastanek  $\text{CaCl}_2$

Pri sobni temperaturi se  $\text{CaCl}_2$  nahaja v trdnem agregatnem stanju. Topen je v vodi, kar nam pri poskusu omogoča pripravo raztopine.

Uporabili smo kalcijev klorid v prahu.



Slika 8 Kalcijev klorid -  $\text{CaCl}_2$  (Vir:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpestell.com%2Fproduct%2Fcalcium-chloride->

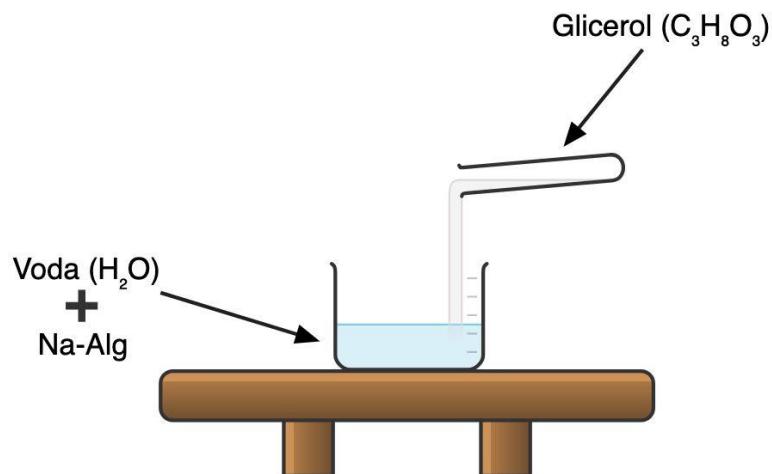
flake%2F&psig=AOvVaw3W-XG4-  
N9FaYTxm6607hsZ&ust=1709497794341000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBIQjRxqFwoTCKirkti11oQDF  
QAAAAAdAAAAABAT)

### 3.3. Priprava na poskusa

Pri raziskovanju smo izvedli dva poskusa, oba povezuje uporaba natrijevega alginata, raztopine  $\text{CaCl}_2$  ter papirja iz japonskega dresnika.

Da smo dobili vodotesen kalcijev alginat (v nadaljevanju Ca-Alg), sta morala reagirati natrijev alginat in kalcijev klorid. Ker sta natrijev alginat (v nadaljevanju Na-Alg) in kalcijev klorid oba topna v vodi, smo pripravili njune raztopine. Tako smo ju v nadaljevanju lažje nanašali na papir.

Raztopino Na-Alg smo pripravili tako, da smo v 250 mL vode vmešali 3 % oz. 7.5 g Na-Alg in 1 % oz. 2.5 g glicerola ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ). Snovi smo premešali, tako da je raztopina postala bistra.



Slika 9 Shema priprave raztopine Na-Alg in glicerola

Vodno raztopino  $\text{CaCl}_2$  smo pripravili v treh različnih koncentracijah – 25 g/L, 37.5 g/L in 50 g/L, da smo ob tem opazovali vpliv na vodotesnost. Predvidevali smo, da bo večja koncentracija kasneje vplivala na manjšo vpojnost.

Uporabili smo papir iz japonskega dresnika, ki smo ga narezali na koščke velike približno 4 cm x 3 cm.

Sprva smo določili šest načinov nanosa premazov na papir:

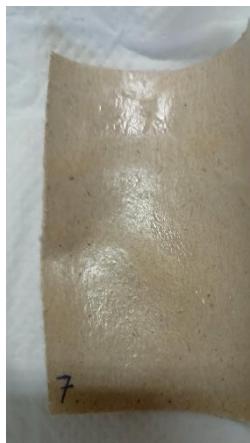
Tabela 1 Načini premazov

Oznaka kombinacije	Kombinacija
A	samo raztopina Na-Alg
B	1 plast raztopine Na-Alg in 1 plast raztopine $\text{CaCl}_2$
C	2 plasti Na-Alg in 1 plast $\text{CaCl}_2$
D	1 plast Na-Alg in 2 plasti $\text{CaCl}_2$
E	zaporedje: 1 plast Na-Alg, 1 plast $\text{CaCl}_2$ , 1 plast Na-Alg, 1 plast $\text{CaCl}_2$
F	2 plasti Na-Alg in 2 plasti $\text{CaCl}_2$

Kmalu smo zaradi predpostavke, da nanos A) (samo raztopina Na-Alg) nima vodotesnega potenciala in da nanos C) (2 plasti Na-Alg in ena  $\text{CaCl}_2$ ) z vidika vodotesnosti ni drugačen od vzorcev B), prekinili z njuno uporabo, zato sta A) in C) prisotna le pri prvi koncentraciji  $\text{CaCl}_2$ .

Pripravili smo 34 vzorcev, vsaka kombinacija je bila ponovljena na dveh vzorcih (v tabeli je par označen z rdečo barvo).

Na začetku smo poskusili z dvema načinoma nanašanja. Pri obeh smo najprej raztopino Na-Alg na papir nanašali z leseno palčko in kasneje to isto površino pomočili v raztopino  $\text{CaCl}_2$  z določeno koncentracijo. Pri prvem načinu smo med posameznimi sloji nanosov premazane kartončke najprej posušili, pri drugem pa smo papir takoj po nanisu raztopine Na-Alg pomočili v raztopino  $\text{CaCl}_2$ . Drugi način smo preizkusili na vzorcih 7-12, a smo ga kasneje opustili, ker se je spojina na več koncih odlepila od površine papirja, na nekaterih delih se je celo nagubala in počila (Slika 10).

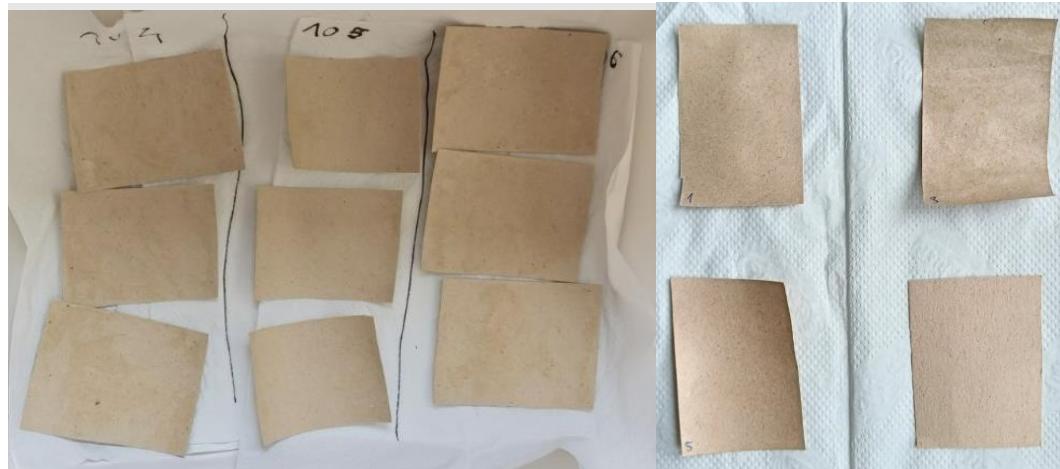


Slika 10



Slika 11 Vzorec 17, premazan z vmesnim sušenjem, desni vzorec nepremazan

Tako smo naredili šest vzorcev (v dveh ponovitvah) z vsemi kombinacijami od A) do F) s prvo koncentracijo - 25 g/L. Pri naslednjih dveh koncentracijah (37,5 g/L in 50 g/L), smo uporabili samo kombinacije B), D), E) in F). Hipoteza: kombinacije E) in F) z najvišjo koncentracijo bodo najbolj vodotesni.



Slika 12 Vzorci med sušenjem



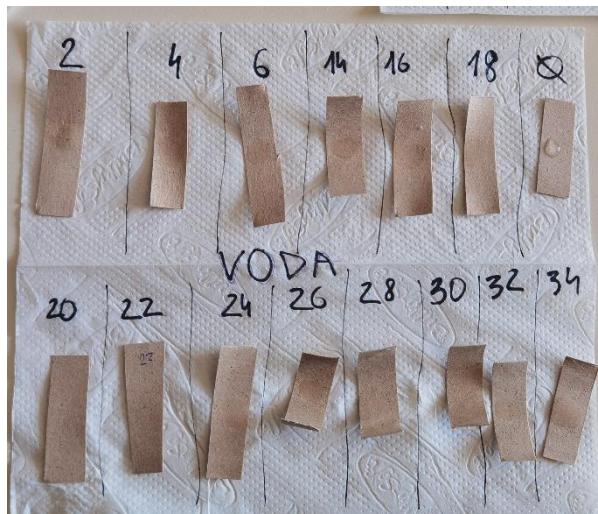
Slika 13 Suhi vzorci

### 3.3.1. Poskus vodotesnosti na ravnem lističu papirja

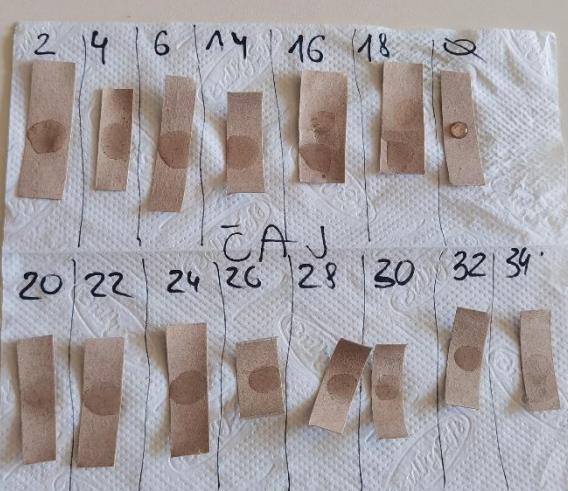
Pri prvem poskusu smo merili vodotesnost vseh kombinacij nanosov, s kapalko smo nanašali kapljice vode, kave in čaja. Pri tem smo merili čas, v katerem kapljica izgine, kar pomeni, da se v vzorec vpije.

Pri poskusu smo uporabili enega od dveh vzorcev iste kombinacije in iste koncentracije (soda števila v tabeli prvega poskusa v prilogi so označena svetlo vijolično). Vsakega smo narezali na pravokotnike približno enake velikosti. Na njih, s čim manjšo razliko v času nanosa (manj kot 30 s), smo nanesli tekočino (najprej kavo) na vse vzorce ter pričeli z merjenjem časa vodotesnosti. Postopek smo z zamudo, ki smo jo kasneje odšteli od celotnega časa, ponovili še za drugi dve tekočini.

Pri vsakem testiranem vzorcu smo dodali tudi kontrolni vzorec papirja, ki pa je kapljice zaradi svoje zgradbe (ker vsebuje AKD) zadrževal celo bolje kot vzorci s premazi.



Slika 14 Poskus s kapanjem vode



Slika 15 Poskus s kapanjem čaja



Slika 16 Poskus s kapanjem kave



Slika 17 Hidrofobnost površine papirja zaradi vsebnosti AKD

Poskus vodotesnosti so prestale vse kombinacije. Vsi vzorci so bili vodotesni več kot dve uri (v Tabeli 1; poskus v prilogi; ob strani so označene kombinacije, ki so prestale prvi poskus, s kljukico). Izjema je vzorec št. 34, pri katerem je prišlo do odstopanj in smo ga s tem namenom preučevali tudi v drugem poskusu.

### 3.3.2. Poskus vodotesnosti papirnate posodice

Pri drugem poskusu smo uporabili vse prej označene kombinacije, ki smo jih testirali v prvem poskusu. Iz vzorcev smo tokrat naredili majhne "čolničke" (papir smo oblikovali, kot je prikazan na sliki) ter vanje natočili tekočine. Tako smo ustvarili pogoje podobnim tistim v lončku, saj je pritisk tekočine na površino lončka večji, kot le pri dodatku kapljic, ki svojo obliko držijo na površini tudi zaradi površinske napetosti vode.

Tokrat smo poleg vode, kave in čaja preizkusili odziv materiala še na sončnično olje in žganje (slivovka, alk. 40 %). Tako kot pri prvem poskusu smo merili čas, tokrat smo opazovali, koliko tekočine se vpije in kdaj papir prepusti.

Na "čolničkih" smo s črto označili, do kod je na začetku segala tekočina, da bi tudi po znižanju višine lahko videli, ali se je del tekočine vpil v premaz ali papir. Tudi tu smo uporabili kontrolne vzorce nepremazanega papirja.



Slika 18 Vzorci poskusa s kavo in čajem



Slika 19 Vzorci poskusa z vodo



*Slika 20 Vzorci pri drugem poskusu*

## 4. REZULTATI Z DISKUSIJO

### 4.1. Papir

Spodnja tabela prikazuje izmerjene debeline premazanih vzorcev v primerjavi z nepremazanim. V priloženi tabeli (Tabela 2) so navedene tudi mase vseh premazov, kar nam skupaj omogoči dober vpogled ter izbiro najbolj optimalne verzije premaza, glede na porabo materialov.

Tabela 2 Debeline papirja

št. vzorca	1. meritev	2. meritev	3. meritev	4. meritev	5. meritev	povp.	razlika povprečnega in praznega vzorca
0 (prazen vzorec)	0,386	0,392	0,391	0,38	0,372	0,3842	/
1	0,384	0,403	0,452	0,429	0,401	0,4138	0,0296
3	0,629	0,56	0,409	0,516	0,425	0,5078	0,1236
5	0,407	0,408	0,396	0,4	0,437	0,4096	0,0254
13	0,435	0,408	0,42	0,425	0,416	0,4208	0,0366
15	0,451	0,463	0,411	0,417	0,414	0,4312	0,047
17	0,428	0,448	0,438	0,425	0,452	0,4382	0,054
19	0,386	0,42	0,412	0,406	0,399	0,4046	0,0204
21	0,39	0,392	0,415	0,391	0,4	0,3976	0,0134
23	0,45	0,442	0,437	0,405	0,403	0,4274	0,0432
25	0,5	0,461	0,529	0,532	0,46	0,4964	0,1122
27	0,404	0,425	0,44	0,456	0,443	0,4336	0,0494
29	0,455	0,452	0,5	0,447	0,502	0,4712	0,087
31	0,464	0,498	0,448	0,432	0,437	0,4558	0,0716
33	0,391	0,408	0,467	0,453	0,407	0,4252	0,041

Pri prvem poskusu, kjer smo tekočine le nakapali, smo opazovali, v kolikem času se tekočina vpije v papir. Na vseh vzorcih so sčasoma kapljice izginile, deloma so se vpile, deloma pa tudi izhlapele (Tabela 1; poskus v prilogi).

Drug poskus je pokazal več zanimivih rezultatov. Pri vseh vzorcih je papir v nekem času vpil vsaj del tekočine. Pri vodi, kavi in čaju so vzorci vsako uro postajali mehkejši na otip in rahlo temnejše barve, kar pomeni, da so se tekočine počasi vpijale. Zanimivo je bilo, da so se pri kavi (po 2 h 30 min) in pri čaju (po 3 h na zunanji) na nepremazani površini "čolničkov" počasi začele prikazovati manjše kapljice tekočin (Tabela 2; poskus v prilogi).



Slika 21 Mehurčki čaja na zunanji površini papirja

Drugače se je papir odzval na olje in žganje. Že takoj po stiku s tekočino se je obarval veliko temneje kot pri ostalih treh tekočinah po več kot 3 h. Vpil je približno tolikšno količino olja ali žganja, da je bilo 60 % površine obarvano s temno rjavom, potem pa je prepustil, kar smo videli po tem, da se je tekočina začela nabirati pod papirjem.



Slika 22 Vzorci poskusa z žganjem (spodaj) in oljem (zgoraj)

#### 4.2. Premaz

Pri prvem poskusu se je takoj pokazala razlika med površino, ki je premazana le z raztopino Na-Alg in ostalimi, ki jim je dodana še vsaj plast raztopine  $\text{CaCl}_2$ . S tem

dokazujemo potek reakcije. Površina, prekrita le z raztopino Na-Alg, se je namreč, zaradi vpojnih lastnosti alginata, skoraj takoj nagubala, druge pa so ostale na videz ravne. Po rezultatih (Tabela 1; poskus v prilogi) se je pokazalo, da večja koncentracija  $\text{CaCl}_2$  v raztopini ne vpliva pozitivno na večjo neprepustnost, kar dokazujejo razlike med vzorci št. 16, 24, 30 in časi prepustnosti vode ter kave za enake vzorce, premazane z različnimi koncentracijami  $\text{CaCl}_2$  v raztopini. Tiste vzorce, ki so tekočine uspešno zadrževali vsaj 2 h, smo se odločili preveriti še v drugem poskusu. To so vzorci 4, 6, 14, 16, 18, 24, 26, 28, 32 in 34 (34 zaradi napake pri izvedbi).

Z drugim poskusom smo pogoje za testiranje vodotesnosti nadgradili, tako da smo papirne posodice oblikovali na način, da je na površino pritiskala večja količina tekočine (Tabela 2; poskus v prilogi).

Vodo, čaj in kavo so vsi vzorci dobro zadrževali. Le čez nekaj ur je bil opazen manjši kondenz (Tabela 2; poskus v prilogi). Kontrolni vzorci nepremazanega papirja pri čaju, kavi in vodi tudi po več kot 2 urah niso premočili, so pa bili na otip veliko mehkejši od ostalih, kar pomeni, da se je vanje vpilo več tekočine kot v druge vzorce. Olje in žganje so vzorci zadrževali veliko manj časa. Žganje so držali kot prikazuje tabela največ 30 minut, vzorec 106 tudi 42 minut, olje pa podobno z izjemo vzorca 104, ki je zdržal 1 h.

#### 4.3. Poskusa

Med načrtovanjem poskusov smo si postavili hipotezo, da bosta kombinaciji E) in F) z najvišjo koncentracijo najbolj vodotesni. Na začetku smo najino hipotezo preverili s prvim poskusom s kapljicami tekočin (glej Tabela 1. Poskus), ki je bil večinoma namenjen selekciji najbolj optimalnih kombinacij in koncentracij za nadaljnje poskuse. Tako smo za ustrezne kombinacije označili kar 10 različnih vzorcev, saj so zdržali v vseh kategorijah več kot dve uri. Naslednja tabela prikazuje te kombinacije, razvrščene od najbolj do najmanj vodotesne glede na čas.

Tabela 3 Najbolj ustreznii vzorci po prvem poskusu

Vzdržljivost vzorca	Št. vzorca	Oznaka kombinacije	Kombinacija	Koncentracija (g/L)
1.	32	D	1 plast Na-Alg in 2 plasti CaCl <sub>2</sub>	50
2.	26	F	2 plasti Na-Alg in 2 plasti CaCl <sub>2</sub>	37.5
3.	24	E	Zaporedje: 1 plast Na-Alg, 1 plast CaCl <sub>2</sub> , 1 plast Na-Alg, 1 plast CaCl <sub>2</sub>	37.5
4.	16	E	Zaporedje: 1 plast Na-Alg, 1 plast CaCl <sub>2</sub> , 1 plast Na-Alg, 1 plast CaCl <sub>2</sub>	25
5.	14	D	1 plast Na-Alg in 2 plasti CaCl <sub>2</sub>	25
6.	6	B	1 plast raztopine Na-Alg in 1 plast raztopine CaCl <sub>2</sub>	25
7.	18	F	2 plasti Na-Alg in 2 plasti CaCl <sub>2</sub>	25
8.	4	C	2 plasti Na-Alg in 1 plast CaCl <sub>2</sub>	25
9.	28	F	2 plasti Na-Alg in 2 plasti CaCl <sub>2</sub>	50
10.	34	B	1 plast raztopine Na-Alg in 1 plast raztopine CaCl <sub>2</sub>	50

V tabelo najboljših deset se je kombinacija F) uvrstila trikrat, E), D) in B) pa vse po dvakrat ter enkrat kombinacija C). Čeprav se na listi ni znašla visoko, smo bili presenečeni, da se je tja sploh uvrstila, saj je bila že pred začetkom poskusov označena za kombinacijo brez potenciala.

Na prvem mestu se nahaja najvišja koncentracija, čeprav se naslednjič pojavi šele na koncu seznama, celo bolje, so se izkazale najnižje koncentracije. Takrat še nismo

vedeli, da visoka koncentracija ne vpliva na vodotesnost, saj vpliva zgolj na količino nastale soli NaCl ob reakciji Na-Alg (natrijevega alginata) s CaCl<sub>2</sub> (kalcijevim kloridom). Sol pri tem deluje grobo na površino in lahko poškoduje sloj premaza. Ker so se nam rezultati prvega poskusa zdeli preveč naključni in jih takrat nismo znali pojasniti, smo se lotili naslednjega poskusa.

Z drugim poskusom smo žeeli pogoje čim bolj približati okoliščinam v resničnem življenju, zato smo iz premazanega kartona naredili majhne posodice. Na potek prvega poskusa je namreč močno vplivala površinska napetost vode, zato je bilo težko oceniti, kako bi premaz deloval pod pritiskom teže vode. V drugem poskusu je bilo opazovanih deset bolj ustreznih kombinacij iz prvega poskusa (Tabela 3). Vsi vzorci so brezhibno zadrževali vodo kar štiri ure in pol, a bi vsi lahko zdržali tudi več časa. Treba je tudi omeniti, da so postali po več urah na otip mehkejši.

Pri kavi tudi ni bilo odstopanj, na zunanji površini vseh vzorcev se je čez tri ure nabrala približno enaka a majhna količina kondenza. To pa ne velja za vzorce s čajem, na vzorcih 16, 24 in 34 namreč nismo opazili kondenza. Vzorca 16 in 24 povezuje kombinacija zaporedja, imata pa različne koncentracije (25 g/L in 37.5 g/L). Vzorec 34 z najvišjo koncentracijo (50 g/L) ter edino v poskusu s kombinacijo 1x Alg-Na in 1x CaCl<sub>2</sub> se je pri poskusu s čajem tudi izkazal (Tabela 2; poskus).

Naslednje tekočine so imele pri izbiri najbolj ustreznih kombinacij odločilno vlogo, saj velika večina kombinacij ni zadržala ne olja, ne alkohola niti 15 minut. Pri sončničnem olju je edino kombinacija 16 (zaporedje, 25 g/L) zdržala celo uro, poleg nje sta kombinaciji 18 (2x Na-Alg in 2x CaCl<sub>2</sub>, 25 g/L) in 30 (zaporedje, 50 g/L) držali tekočino bolje kot ostali vzorci, a vseeno le 30 min (Tabela 2; poskus).

Pri alkoholu sta tako pol ure zdržali kombinaciji 18 (2x Na-Alg in 2x CaCl<sub>2</sub>, 25 g/L) in 24 (zaporedje, 37.5 g/L), ostale pa so prepustile tekočino že po nekaj minutah. Tako so bile za najbolj ustrezone kombinacije po tem poskusu označene s 16, 18 in 24 (Tabela 2; poskus).

Kombinaciji E) in F) sta se izkazali za najbolj vodotesni pri naših poskusih. Pri tem, kot je bilo že pojasnjeno, koncentracija ne vpliva na boljšo vodotesnost premaza, lahko jo celo poslabša zaradi vsebnosti soli (NaCl), ki grobo deluje na podlago.

## 5. ZAKLJUČEK

Obremenitev okolja s plastičnimi odpadki je postala v zadnjem desetletju velik svetovni okoljski problem, ki ga na različne načine poskušamo zmanjšati. Žal smo pri tem še vedno prepočasni, saj se ogromne količine plastičnih odpadkov še vedno povečujejo.

Raziskovalni izziv smo si zadali ob dejstvu, da se ob različnih množičnih prireditvah in vsakdanji rabi srečujemo z lončki za enkratno uporabo, ki v najkrajšem možnem času pristanejo v smeteh.

Najpogosteje se uporablajo plastični lončki. V zadnjih nekaj letih nastaja vse več t. i. "eko-lončkov," ki so narejeni iz papirja in premazov in tako na prvi pogled tudi okolju prijazni, razgradljivi. Notranjost teh lončkov je najpogosteje prevlečena s tanko PE folijo ali bioplastičnimi premazi, ki zagotavljajo vodotesnost oz. neprepustnost. Takšni lončki s tem niso več popolnoma biorazgradljivi in potrebujejo veliko dodatne energije za ločitev folije oz. premaza od papirja, čemur sledi recikliranje ali industrijsko kompostiranje. Nekaj plastičnih delcev se sprošča tudi ob večji termični obremenitvi lončka pri sami uporabi za pitje iz njega, še več pa pri recikliraju.

Zaradi napačnega zbiranja teh lončkov v različnih zbiralnikih ti lončki največkrat končajo med biološkimi odpadki in z njimi tudi plastika.

Preizkusili smo sodoben material za izdelavo premazov - alginat. Izkazalo se je, da je premaz zelo učinkovit, saj je bil neprepusten za vodo, čaj in kavo za vsaj tri ure (Tabela 2; poskus v prilogi).

Testiranje z večjo obremenitvijo, večjim volumnom tekočine v malih "čolničkih" je prav tako potrdil zadostno zanesljivost vodotesnosti, kot se je pokazala na ravnem papirju (Tabela 2; poskus v prilogi).

Presenetilo pa nas je dejstvo, da premazan papir ob stiku z oljem ali alkoholom postane takoj prepusten (Slika 22). Predvidevamo, da je prišlo do razgradnje in hitrega tanjšanja sloja premaza.

Z nalogo smo preverili in potrdili možnost izdelave popolno biorazgradljivih papirnatih lončkov, kar bo v prihodnje morda postal standard za izdelavo tovrstnih izdelkov.

## 6. ZAHVALE

Veliki poklon namenjava najini profesorici mag. Darji Silan, profesorici biologije na Gimnaziji Jožeta Plečnika Ljubljana, ki je imela ključno vlogo pri nastajanju te naloge. S svojim znanjem, izkušnjami in neomajno podporo naju je vodila skozi proces raziskovanja. Njeni pogledi in povratne informacije so močno prispevali h kvaliteti raziskovalne naloge.

Iskreno se zahvaljujeva tudi doc. dr. Urošu Novaku iz Kemijskega inštituta, saj brez njegovega strokovnega znanja, hitre odzivnosti in vse pomoči ta naloga ne bi nastala. Za lekturo naloge, se zahvaljujeva gospe Mojci Kolenik, profesorici slovenskega jezika na Gimnaziji Jožeta Plečnika Ljubljana.

Zahvala gre tudi gospe Poloni Končar, profesorici francoščine na Gimnaziji Jožeta Plečnika Ljubljana, za ekspresno lekturo povzetka. Prav tako gospe Barbari Klemenčič, profesorici angleščine na Gimnaziji Jožeta Plečnika Ljubljana.

Hvaležni smo, da nam je bilo omogočeno raziskovanje v šolskem laboratoriju, večkrat tudi izven uradnih ur.

## 7. PRILOGE

TABELE:

Debelina papirja:

[https://gimjp-my.sharepoint.com/:x/g/personal/anna\\_klochenko\\_dijak\\_gjp\\_si/Ecu2bulUwTlHh3RGjRjoFe8B\\_BoCGpS8dHrjqfwigz4jbQ?e=SzhX7Y](https://gimjp-my.sharepoint.com/:x/g/personal/anna_klochenko_dijak_gjp_si/Ecu2bulUwTlHh3RGjRjoFe8B_BoCGpS8dHrjqfwigz4jbQ?e=SzhX7Y)

št. vzorca	1. meritev	2. meritev	3. meritev	4. meritev	5. meritev	povprečje	razlika povp. vzorca od povp. št.
0 (prazen vzorec)	0,386	0,392	0,391	0,38	0,372	0,3842	/
1	0,384	0,403	0,452	0,429	0,401	0,4138	0,0296
3	0,629	0,56	0,409	0,516	0,425	0,5078	0,1236
5	0,407	0,408	0,396	0,4	0,437	0,4096	0,0254
13	0,435	0,408	0,42	0,425	0,416	0,4208	0,0366
15	0,451	0,463	0,411	0,417	0,414	0,4312	0,047
17	0,428	0,448	0,438	0,425	0,452	0,4382	0,054
19	0,386	0,42	0,412	0,406	0,399	0,4046	0,0204
21	0,39	0,392	0,415	0,391	0,4	0,3976	0,0134
23	0,45	0,442	0,437	0,405	0,403	0,4274	0,0432
25	0,5	0,461	0,529	0,532	0,46	0,4964	0,1122
27	0,404	0,425	0,44	0,456	0,443	0,4336	0,0494
29	0,455	0,452	0,5	0,447	0,502	0,4712	0,087
31	0,464	0,498	0,448	0,432	0,437	0,4558	0,0716
33	0,391	0,408	0,467	0,453	0,407	0,4252	0,041

LEGENDA:  
najtanjši sloji

1. Poskus:

[https://gimjp-my.sharepoint.com/:x/g/personal/anna\\_klochenko\\_dijak\\_gjp\\_si/Eeu4zwlyf7FFieiHtgTd8zUB9je1TCaq5V-zOb9v2mJnvg?e=8tGtov](https://gimjp-my.sharepoint.com/:x/g/personal/anna_klochenko_dijak_gjp_si/Eeu4zwlyf7FFieiHtgTd8zUB9je1TCaq5V-zOb9v2mJnvg?e=8tGtov)

št. vzorca	samo alginit	1x alginit+1xCaCl <sub>2</sub>	2x alginit+1xCaCl <sub>2</sub>	1x alginit+2xCaCl <sub>2</sub>	započetje: 1x alg + 1x CaCl <sub>2</sub> + 1x alg + 1x CaCl <sub>2</sub>	2x alginit+2xCaCl <sub>2</sub>	masa z. (g)	masa k. (g)	m. k. m.-%	vodoodpornost	zavojednost	zmagavost
1							0,85	0,89	0,04	Alginit odstop = nastanjenje mehurčki		
2							1,04	1,08	0,04			
3							0,96	1,06	0,1			
4							0,83	0,93	0,1	2 h 20 min	2 h 45 min	✓
5							0,86	0,97	0,11			
6							1,08	postrek z vodo vs. 8.				
7							0,93	0,99	0,06			
8							0,99	postrek z vodo vs. 6.				
9							1,1					
10	1x alginit+1xCaCl <sub>2</sub> takoj						Neuporabno: sloj se guba in odlepja od površine, od sedaj naprej uporabljamo CaCl <sub>2</sub> samo na posušeni površini oz. med vsemi procesi kartom sushimo	0,99				
11							1,01					
12							0,99					
13							0,69	0,87	0,18			
14							0,77	1,02	0,25			
15							0,82	0,98	0,16			
16							0,88	0,96	0,08	2 h 24 min		✓
17							0,67	0,77	0,1			
18							0,69	0,89	0,04	2 h 26 min	2 h 55 min	✓
19							0,65	0,7	0,05			
20							0,75	0,77	0,02	57 min	1 h 22 min	2 h
21							0,72	0,76	0,04			
22							0,8	0,84	0,04	1 h 23 min	1 h 39 min	
23							0,71	0,76	0,05			
24							0,79	0,85	0,07	2 h 30 min		✓
25							0,69	0,8	0,11			
26							0,74	0,83	0,09	2 h 30 min		✓
27							0,67	0,75	0,08			
28							0,54	0,71	0,07	50 min		✓
29							0,63	0,72	0,09			
30							0,58	0,67	0,09	1 h 40 min	1 h 58 min	
31							0,55	0,6	0,05			
32							0,64	0,7	0,06			
33							0,55					
34							0,61	0,64	0,03	Napaka: sledila bo ponovitev		✓

LEGENDA:

spoml. ostek, voda, vilenica

zitamo iz poskusa/neuporabno

1.konc.:400ml H<sub>2</sub>O + 10g CaCl<sub>2</sub>

2.konc.:400ml H<sub>2</sub>O + 15g CaCl<sub>2</sub>

3.konc.:400ml H<sub>2</sub>O + 20g CaCl<sub>2</sub>

testirali pri poskusu odpornosti

zdržali manj kot 2 ur

zdržali več kot 2 ur

zdržali več kot 4 ure

ni podatkov (vse več kot 2h razen pri napaki)

2. Poskus:

[https://gimip-my.sharepoint.com/:x/g/personal/anna\\_klochenko\\_dijak\\_gjp\\_si/ESK3lrTzIN1OiNhkWngsrdsBwX\\_zyGPC3ah8ahUiCZ1T8w?e=gNGg96](https://gimip-my.sharepoint.com/:x/g/personal/anna_klochenko_dijak_gjp_si/ESK3lrTzIN1OiNhkWngsrdsBwX_zyGPC3ah8ahUiCZ1T8w?e=gNGg96)

število	enak vnos	premar	konzentracija	avto (T <sub>0</sub> = 25°C, sobna T) min)	Cu (T <sub>0</sub> = 25°C) min)	kava (T <sub>0</sub> = 70°C) min)	sočnina/voja (min)	alkohol (strelka, 40% alc. vol.) (min)	zajemljivo
101	4	2x alginat+1xCaCl <sub>2</sub>	25g/L		methektik	skoraj takoj vidno nameče, po 15min 60% nameče po 25min 70% nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti		
102	6	1x alginat+1xCaCl <sub>2</sub> na suhi karton	25g/L		methektik	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti		
103	14	1x alginat+2xCaCl <sub>2</sub>	25g/L		methektik	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti		
104	16	zapečetite 1x algi + 1x CaCl <sub>2</sub> + 1x algi + 1x CaCl <sub>2</sub>	25g/L		brez mehukov	methektik	po 15min 70% vidno nameče, spusti	po 15min 70% vidno nameče, spusti	
105	18	2x alginat+2xCaCl <sub>2</sub>	25g/L		methektik	po 30min 50% vidno nameče, spusti	po 25min 50% vidno nameče, po 30min spusti		
106	24	zapečetite 1x algi + 1x CaCl <sub>2</sub> + 1x algi + 1x CaCl <sub>2</sub>	27.5g/L		brez mehukov	methektik	po 15min vidno nameče, hitro spusti	po 25min 50% vidno nameče, po 45min spusti	
107	26	2x alginat+2xCaCl <sub>2</sub>	37.5g/L		methektik	methektik	po 15min vidno nameče, spusti	po 5 min takoj počne nameče, spusti	
108	28	2x alginat+2xCaCl <sub>2</sub>	50g/L		methektik	methektik	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	
109	30	zapečetite 1x algi + 1x CaCl <sub>2</sub> + 1x algi + 1x CaCl <sub>2</sub>	50g/L		methektik	methektik	po 15min 60% nameče, po 30min 70% nameče, spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	
110	32	1x alginat+2xCaCl <sub>2</sub>	50g/L		methektik	methektik	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	
111	34	1x alginat+1xCaCl <sub>2</sub>	50g/L		brez mehukov	methektik	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	
0	0	karton brez dodatne premice	/				skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	
				postavite umre zdravili z vodo		material pri vnosu nezadrži hit	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	skoraj takoj vidno nameče, hitro spusti	
				material pri vnosu z vodo		hitro spusti	hitro spusti	hitro spusti	
				nameče (4.25%), zaradi ustreznega		hitro spusti	hitro spusti	hitro spusti	
				Zača podokus zaznjujšči		zazadi ustreznega časa poskuš	zazadi ustreznega časa poskuš	zazadi ustreznega časa poskuš	
						zazid	zazid	zazid	

LEGENDA:
zazid vel. kar 4 ure
zazid vel. kar 3 ure
zazid vel. kar 2.5 ure
zazid vel. kar 1 ure
zazid vel. kar 0.5 ure
zazid manj kar 15min

## 8. VIRI

- Arutyunov, V. S., & Lisichkin, G. V. (August 2017). Energy resources of the 21st century: problems and forecasts. Can renewable energy sources replace fossil fuels. *Russian Academy of Sciences*, 777. doi:10.1070/RCR4723
- Bajpai, P. (2014). *15 - Environmental Aspects of Recycling*. Oxford: Elsevier.  
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416998-2.00015-5>
- Christoph, R., Schmidt, B., Steinberger, U., Dilla, W., & Karinen, R. (2006). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. John Wiley & Sons, Ltd.  
doi:[https://doi.org/10.1002/14356007.a12\\_477.pub2](https://doi.org/10.1002/14356007.a12_477.pub2)
- European Bioplastics. (2024). *Bioplastic materials*. Pridobljeno iz <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>
- Foteinis, S. (2020). How small daily choices play a huge role in climate change: The disposable paper cup environmental bane. *Journal of Cleaner Production*, 120294.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120294>
- Gupta, R. K., Motallebzadeh, A., Kakooei, S., Nguyen, T. A., & Behera, A. (2023). *Advanced Ceramic Coatings for Emerging Applications*. Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99624-2.00017-6>
- Huier, C., Liheng, X., Kuai, Y., Fang, W., & Ming, Z. (2023). Release of microplastics from disposable cups in daily use. *Science of The Total Environment*, 158606.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158606>
- Jingkun, Z., & Can, W. (2020). Biodegradable plastics: Green hope or greenwashing? *Marine Pollution Bulletin*, 111774. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111774>
- Lee, K. Y., & Mooney, D. J. (2012). Alginate: properties and biomedical applications. 106-126.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003>
- Liu, G., Wang, J., Wang, M., Ying, R., Li, X., Hu, Z., & Zhang, Y. (2022). Disposable plastic materials release microplastics and harmful substances in hot water. *Science of The Total Environment*, 151685.
- Malinauskaite, J., & Jouhara, H. (2024). *Sustainable Energy Technology, Business Models, and Policies*. Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18454-3.00003-5>
- MOL. (2024). Ljubljana. Pridobljeno iz <https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/varstvo-okolja/krozno-gospodarstvo-v-mol/primeri-kroznega-gospodarstva-v-mestni-obcini-ljubljana/predelava-japonskega-dresnika-v-papir/>
- Ramadan, A. M., Shehata, R. M., El-Sheikh, H. H., Ameen, F., Stephenson, S. L., Zidan, S. A., & Al-Bedak, O. A. (2023). Exploitation of Sugarcane Bagasse and Environmentally Sustainable Production, Purification, Characterization, and Application of Lovastatin by *Aspergillus terreus* AUMC 15760 under Solid-State Conditions. 4048.  
doi:<https://doi.org/10.3390/molecules28104048>

Ropp, R. (2013). *Encyclopedia of the Alkaline Earth Compounds, Chapter 2 - Group 17 (H, F, Cl, Br, I) Alkaline Earth Compounds*. Amsterdam: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59550-8.00002-8>

Rumeng, X., Chunchun, Y., Jingxuan, Y., Jinming, Z., Qinyong, M., Jin, W., & Jun, Z. (2022). Sustainable, thermoplastic and hydrophobic coating from natural cellulose and cinnamon to fabricate eco-friendly catering packaging. *Green Energy & Environment*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gee.2022.10.009>

Sachan, N. K., Pushkar, S., Jha, A., & Bhattacharya, A. (2009). Sodium alginate: the wonder polymer for controlled drug delivery. *Journal of Pharmacy Research Vol.2.Issue 7*, 1191-1199. Pridobljeno iz <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5aaa1b0b272f3c97f1875b021a18c38c92307d62>

Senturk Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. 170. doi:<https://doi.org/10.3390/foods7100170>

WHO. (2022). Dietary and inhalation exposure to nano- and microplastic particles and.

Woods, L., & Bakshi, B. R. (2014). Reusable vs. disposable cups revisited: guidance in life cycle comparisons addressing scenario, model, and parameter uncertainties for the US consumer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 931-940. doi:[10.1007/s11367-013-0697-7](https://doi.org/10.1007/s11367-013-0697-7)