

57. Srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2023

Od krompirja do plastike

Raziskovalno področje: kemija in kemijska tehnologija

Raziskovalna naloga

Avtorica: Ela Marčič

Mentorica: Tina Steineker, prof. kem. in bio.

Šola: Osnovna šola Toneta Čufarja Maribor

Maribor, 2023

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Osnovni namen in cilji raziskovalne naloge	2
1.2	Zastavljena raziskovalna vprašanja	2
1.3	Zastavljene hipoteze	3
2	TEORETSKI DEL	4
2.1	Plastika.....	4
2.2	Bioplastika	9
3	METODOLOGIJA DELA	15
3.1	Metoda dela z viri in literaturo	15
3.2	Metoda zbiranja podatkov z eksperimentalnim delom v laboratoriju	15
3.3	Metoda zbiranja podatkov s spletno anketo in obdelava zbranih podatkov	18
4	REZULTATI RAZISKAVE	20
4.1	Izolacija škroba iz krompirja	20
4.2	Sinteza plastike iz izoliranega krompirjevega škroba	21
4.3	Proučevanje razgradnje plastike iz krompirjevega škroba, plastične vrečke iz rastlinskega škroba in plastenke za vodo iz polietilen tereftalata	25
4.4	Analiza rezultatov ankete učencev od 8. do 9. razreda	39
5	RAZPRAVA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV	50
6	ZAKLJUČEK.....	53
7	DRUŽBENA ODGOVORNOST	55
8	LITERATURA IN VIRI	56
9	PRILOGE	59
9.1	Priloga 1: Anketni vprašalnik za učence od 8. do 9. razreda.....	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Enostaven prikaz povezave monomerov v polimerno verigo. (https://www.pslc.ws/macrog/kidsmac/basics.htm)	4
Slika 2: Nastanek adicijskih polimerov. (Smrdu, 2018, str. 152)	6
Slika 3: Nastanek kondenzacijskih polimerov. (Smrdu, 2018, str. 157)	6
Slika 4: Plastični odpadki na kopnem in v oceanih. (https://www.enca.com/world/billions-of-tons-of-plastic-trash-accumulating-on-earth , https://www.bbc.co.uk/newsround/47445196)	7
Slika 5: Vpliv plastičnih odpadkov na živali. (https://www.myenergi.com/news/the-effects-of-littering-on-wildlife/ , http://www.chisalon.co.uk/?p=5316)	8
Slika 6: Mikroplastika. (https://www.delo.si/novice/znanoteh/plastiko-odkrili-tudi-v-cloveskih-pljucih/ , https://www.chemistryworld.com/news/un-sets-its-sights-on-marine-microplastics/8545-article/)	9
Slika 7: "Koordinatni sistem" plastike.	10
Slika 8: Razdelitev bioplastike glede na vire in biorazgradljivost.	10
Slika 9: Primeri biološke razgradljivosti plastike.	11
Slika 10: Molekula D-glukoze škroba. (Dolenc, 2019, str. 335, 348)	12
Slika 11: Izsek iz verige amiloze. (Dolenc, 2019, str. 348)	12
Slika 12: Izsek iz verige amilopektina. (Dolenc, 2019, str. 348)	12
Slika 13: Škrobna zrnca. (Dolenc, 2019, str. 349)	13
Slika 14: Postopek izolacije škroba iz krompirja.	20
Slika 15: Dokazovanje prisotnosti škroba v različnih vzorcih z uporabo jodovice (zgoraj pripravljeni vzorci, spodaj vzorci z dodano jodovico).	21
Slika 16: Sprostitev togih verig škroba z dodatkom vode.	22
Slika 17: Medverižne vodikove vezi v škrobu.	22
Slika 18: Pretvorba amilopektina in amiloze v dekstrin in amilozo z uporabo kisa.	23
Slika 19: Tvorba vodikovih vezi med glicerolom in verigami škroba.	23
Slika 20: Postopek sinteze bioplastike iz krompirjevega škroba.	24
Slika 21: Vzorca bioplastike iz krompirjevega škroba brez (PKŠ) in z barvilom (PKŠB).	25
Slika 22: Nihanje temperature v sobi (levo) in na balkonu (desno).	26

Slika 23: Razgradnja PKŠ, PRŠ in PET pri različnih temperaturah.	26
Slika 24: Razgradnja PKŠ, PRŠ in PET v pečici segreti na 50 °C.	27
Slika 25: Razgradnja vzorca PKŠ1 v različnih raztopinah.	28
Slika 26: Vzorca PKŠ1 in PKŠ2 za proučevanje razgradnje v raztopini s pH 11.....	29
Slika 27: Razgradnja vzorcev PKŠ1 in PKŠ2 v raztopini s pH 11.	29
Slika 28: Vzorca PKŠB1 in PKŠB2 uporabljena za razgradnjo v raztopini s pH 11.....	30
Slika 29: Razgradnja PKŠB1 in PKŠB2 v raztopini s pH 11.....	30
Slika 30: Razgradnja vzorca PRŠ v različnih raztopinah.....	31
Slika 31: Razgradnja vzorca PRŠ v raztopini s pH 11.....	32
Slika 32: Razgradnja vzorca PET v različnih raztopinah pri času 0 h.	33
Slika 33: Razgradnja vzorca PET v različnih raztopinah 60. dan.	33
Slika 34: Razgradnja vzorcev PKŠ1 in PRŠ v kisu, vodi in olivnem olju 60. dan.	33
Slika 35: Razgradnja PKŠ vzorcev v suhi zemlji v sobi.	34
Slika 36: Razgradnja PKŠ vzorcev v suhi zemlji na balkonu.	35
Slika 37: Razgradnja PKŠ vzorcev v zalivani zemlji v sobi.	35
Slika 38: Razgradnja PKŠ vzorcev v zalivani zemlji na balkonu.	36
Slika 39: Razgradnja PRŠ vzorcev v suhi zemlji v sobi.	36
Slika 40: Razgradnja PRŠ vzorcev v suhi zemlji na balkonu.	37
Slika 41: Razgradnja PRŠ vzorcev v zalivani zemlji v sobi.	37
Slika 42: Razgradnja PRŠ vzorcev v zalivani zemlji na balkonu.	37
Slika 43: Razgradnja PET vzorcev v suhi zemlji v sobi.	38
Slika 44: Razgradnja PET vzorcev v suhi zemlji na balkonu.	38
Slika 45: Razgradnja PET vzorcev v zalivani zemlji v sobi.	38
Slika 46: Razgradnja PET vzorcev v zalivani zemlji na balkonu.	39
Slika 47: Simbol za recikliranje. (https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling_symbol)	44

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Delež anketirancev po šolah.	39
Graf 2: Delež anketirancev po razredih.	39
Graf 3: Delež anketirancev po spolu.	40
Graf 4: Mnenje respondentov o tem, kaj je plastika.	40
Graf 5: Uporaba plastičnih izdelkov doma.	41
Graf 6: Iz katerega materiala so plastični izdelki.	42
Graf 7: Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki po uporabi doma.	43
Graf 8: Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki na smetiščih.	43
Graf 9: Pomen simbola za recikliranje.	44
Graf 10: Čas razgradnje plastičnih izdelkov.	45
Graf 11: Pogostost uporabe plastičnih izdelkov v šoli.	46
Graf 12: Uporaba plastičnih izdelkov v prvi in drugi triadi.	46
Graf 13: Vrste uporabljenih plastičnih izdelkov v prvi in drugi triadi.	47
Graf 14: Ali so se anketiranci pogovarjali z učitelji, zakaj v šoli več ne uporabljajo plastičnih izdelkov.	47
Graf 15: Mnenje respondentov o razlogih za opustitev plastičnih izdelkov za enkratno uporabo.	48
Graf 16: Kako respondenti poskrbijo za žejo v šoli.	48
Graf 17: Mnenje o trditvi, da je plastika okolju neprijazen material.	49

KAZALO TABEL

Tabela 1: Zatehte materialov, potrebnih za sintezo tankih polimernih plasti iz škroba.	17
---	----

POVZETEK

V zadnjih treh letih sem zaznala veliko razprav o plastičnih izdelkih, zmanjševanju njihove uporabe in o alternativah, s katerimi bi lahko pripomogli k varovanju okolja. Zgrožena sem spoznala, da milijone ton plastičnih izdelkov konča nekje v morju in na kopnem ter tam povzročajo ogromno škode. Ob zavedanju, da smo le mi sami odgovorni za naše okolje, so se mi pojavila vprašanja, ki predstavljajo osnovno vodilo raziskovalne naloge. Kaj lahko sami storimo za izboljšanje trenutnih razmer glede onesnaževanja okolja s plastiko? Zmoremo narediti korak naprej in plastične izdelke v veliki meri zamenjati z izdelki iz drugih materialov?

V raziskovalni nalogi sem z eksperimentalnim delom v laboratoriju naredila izolacijo škroba iz krompirja, katerega sem nato uporabila kot glavno sestavino za sintezo biorazgradljive plastike oz. bioplastiko. Njeno razgradnjo in za primerjavo razgradnjo koščkov komercialne plastike iz rastlinskega škroba ter plastike iz polietilen tereftalata sem proučevala pri različnih temperaturah. V ta namen sem dala vzorce v sobo ($T=18,1-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), hladilnik ($T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$), na balkon (med $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) in v pečico ($T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Razgradnjo sem proučevala tudi v različnih medijih, kot so zemlja, voda iz pipe, vodna raztopina natrijevega klorida (3,8 %), kis, olivno olje in raztopine z različnimi pH vrednostmi (1, 4, 7, 9 in 11). Plastika iz polietilen tereftalata se ni niti začela razgrajevati pri omenjenih pogojih. Komercialna plastika iz rastlinskega škroba se je do mikroplastike razgradila v raztopini s pH 11, na več koščkov je razpadla v raztopini s pH 1, v koščkih plastike v zalivani zemlji, ki sem jo imela na balkonu, pa se je pojavilo le nekaj manjših luknjic. Bioplastika iz izoliranega krompirjevega škroba se je v celoti razgradila v raztopini s pH 11, do mikroplastike pa je razpadla v raztopini s pH 1 in v zalivani zemlji, ki sem jo imela na balkonu.

Z anketnim vprašalnikom sem preverila, kako ozaveščeni so učenci 8. in 9. razredov mariborskih osnovnih šol s problematiko plastičnih odpadkov, ki v naravi povzročajo veliko škodo predvsem živalskemu svetu, ki mnogokrat plastiko zamenjajo za hrano ali pa se zapletejo v razne mreže. Izkazalo se je, da učenci so seznanjeni s to problematiko, še vedno pa v veliki meri uporabljajo različne plastične izdelke.

Ključne besede: plastični odpadki, krompirjev škrob, biorazgradljiva plastika, vpliv na okolje, razgradnja, mikroplastika.

ABSTRACT

In the last three years, I have noticed many discussions about plastic products, the reduction of their use, and alternatives that could help protect the environment. I was horrified to realize that millions of tons of plastic products end up somewhere in the ocean and on land, where they cause enormous damage. Realizing that we alone are responsible for our environment, I came up with questions that are forming the basic guidelines of this research. What can we do ourselves to improve the current situation of plastic pollution? Can we take a step forward and largely replace plastic products with products made from other materials?

In my research, I have isolated starch from potatoes through experimental work in the laboratory, which I then used as the main ingredient for the synthesis of biodegradable plastic, also called bioplastic. I studied its decomposition and, for comparison, the decomposition of commercial pieces of plastic made from vegetable starch and plastic made from polyethylene terephthalate at different temperatures. For this purpose, I stored the samples in the room ($T=18.1-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$), in the refrigerator ($T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$), on the balcony (between $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $13.1\text{ }^{\circ}\text{C}$), and in the oven ($T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$). I also investigated the decomposition in different media such as soil, tap water, aqueous sodium chloride solution (3.8%), vinegar, olive oil, and solutions with different pH values (1, 4, 7, 9, and 11). The polyethylene terephthalate plastic did not even begin to decompose under the above conditions. The commercial plastic made from vegetable starch decomposed into microplastics in the solution with pH 11, in the solution with pH 1 it disintegrated into several pieces, while in the irrigated soil on my balcony it showed only a few small holes. The bioplastic isolated from potato starch completely decomposed in the solution with pH 11, while it disintegrated into microplastics in the solution with pH 1 and also in the irrigated soil on my balcony.

Using a questionnaire, I investigated how aware the 8th and 9th grade students of elementary schools in Maribor are of the problem of plastic waste, which causes great harm in nature, especially in wildlife, which often mistakes plastic for food or gets tangled in various nets. It turned out that students are aware of this issue, but still use various plastic products on a large scale.

Key words: *plastic waste, potato starch, biodegradable plastic, environmental impact, decomposition, microplastics.*

ZAHVALA

Posebna zahvala gre mentorici za dano priložnost, vse nasvete, optimizem in potrpežljivost pri izdelovanju raziskovalne naloge. Iskreno se zahvaljujem prof. Petru Krajncu, ki je omogočil izvedbo eksperimentalnega dela v Laboratoriju za organsko ter polimerno kemijo in tehnologijo na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru.

Prav tako se želim zahvaliti učiteljem, ki so spodbujali učence pri izpolnjevanju anket, in učencem, ki so si vzeli čas, izpolnili anketne vprašalnike in s tem omogočili to raziskavo.

Zahvaljujem se tudi staršema za vso podporo. Še posebej mami za pomoč pri izvedbi eksperimentov v laboratoriju, za pomoč pri fotografiranju in obdelovanju fotografij spremljanja razgradnje vzorcev, da mi je posodila svoje knjige, mi razložila pojme, ki jih nisem razumela, mi narisala strukturne formule škroba in bioplastike ter me usmerjala pri pisanju raziskovalne naloge.

1 UVOD

Plastike je iz leta v leto več. Zaradi priročnosti, nizke cene in enostavne uporabe je hitro postala glavni material za embalažo. Ljudje smo si s plastično embalažo in izdelki za enkratno uporabo olajšali življenje. (<https://www.prijaznidookolja.si/plastike-in-druge-embalaze-je-prevec/>) Seveda jo uporabljamo tudi na drugih področjih, kot npr. v medicini, gradbeništvu itd. Sedaj pa plastika ogroža življenje na planetu. Njena obstojnost v okolju povzroča velike okoljske probleme, saj pogosto konča v ekosistemih, kjer ni zaželen. Posebej kritična so morja, kjer negativno vpliva na morske živali, ujete v odpadke, hkrati pa v obliki nano oz. mikroplastike vstopa v prehranjevalno verigo. Znanih je več primerov, ko so v prebavilu naplavljenih trupel morskih živali ali ptic našli kose plastike. Nekateri tipi plastik vsebujejo kemikalije za izboljšanje lastnosti. Te se lahko sproščajo ob stiku s tekočinami ali ob sežiganju. Kot primer lahko navedem poli vinilklorid, ki vsebuje ftalate. Ftalati so lahko nevarni za zdravje ljudi, saj delujejo na človeško telo kot motilci hormonov, kar pomeni, da motijo ravnovesje hormonov v živih organizmih in lahko potencialno povzročijo feminizacijo moških. Dokazana pa je tudi njihova rakotvornost, ki se kaže predvsem v obliki raka dojke in raka na modih. (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Ftalat>, <https://www.prijaznidookolja.si/plastike-in-druge-embalaze-je-prevec/>) Kolesarji in tekači za hidracijo med treningom pogosto uporabljajo plastične steklenice za večkratno uporabo. Večina teh steklenic in stekleničk za dojenčke je narejenih iz polikarbonata, ki so lahko zaradi izločanja kemične snovi bisfenola A (BPA) za zdravje škodljive. (<https://www.zurnal24.si/magazin/lepota-telo/nevarnost-iz-plastenke-32109>) BPA je strukturno in funkcijsko podoben hormonu estrogenu. Zaradi strukturne podobnosti se lahko veže in aktivira estrogenski receptor in deluje kot naravni hormon. V zgodnejši dobi odrasčanja je vpliv BPA največji, posledica pa se kažejo v kasnejši dobi kot nevrološke in fiziološke spremembe. (<https://www.preberite.si/bisfenol-a/>)

V težnji po razvoju plastiki podobnemu materialu, vendar s krajšim časom razgradnje in manjšim negativnim vplivom na okolje, se je razvila t. i. biorazgradljiva plastika. Izdelana je bodisi iz obnovljivih bodisi neobnovljivih virov, zlasti fosilnih goriv, pri čemer je slednja bistveno manj razširjena. Prednosti biorazgradljive plastike izhajajo iz uporabe obnovljivih virov in možnosti njenega organskega recikliranja, npr. kompostiranja. Naravni mikroorganizmi jo namreč prepoznajo kot hrano in jo v določenem času in pod določenimi pogoji presnovijo v okolju

nenevarne spojine, kot so ogljikov dioksid, voda in biomasa. (<https://deloindom.delo.si/odpadki/bioplastika-slaba-sala-ali-prava-resitev>)

1.1 Osnovni namen in cilji raziskovalne naloge

Trenutno najbolj razširjen material za proizvodnjo bioplastike je škrob. Z raziskovalnim delom sem želela proučiti možnost sinteze plastike iz krompirjevega škroba v šolskem laboratoriju in njeno razgradnjo pri različnih pogojih. Prav tako sem želela proučiti ozaveščenost osnovnošolcev o problematiki nevarnosti plastike v našem okolju.

Zastavila sem si naslednje cilje:

- podučiti se o:
 - plastičnih materialih, ki so iz različnih surovin in se uporabljajo za različne namene,
 - vplivih plastike na nas in naše okolje,
 - biorazgradljivih plastičnih materialih, s katerimi že počasi nadomeščamo plastične materiale, katerih razgradnja traja več sto let;
- s pomočjo laboratorijskega dela:
 - proučiti laboratorijske postopke, surovine in njihova razmerja ter dejavnike, ki so potrebni za nastanek biorazgradljive plastike iz krompirjevega škroba,
 - izolirati škrob iz krompirja in ga uporabiti za pridobitev biorazgradljivih plastičnih izdelkov,
 - proučiti vpliv različnih parametrov (temperatura, različni mediji) na hitrost razgradnje bioplastike iz krompirjevega škroba;
- s pomočjo anketnih vprašalnikov ugotoviti:
 - v koliki meri so učenci 8. in 9. razredov mariborskih osnovnih šol ozaveščeni o problematiki plastičnih odpadkov,
 - katere plastične izdelke uporabljajo v domačem okolju in v kakšne namene.

1.2 Zastavljena raziskovalna vprašanja

V skladu s cilji raziskovalne naloge sem si zastavila naslednja raziskovalna vprašanja:

- Kakšen je najučinkovitejši način izolacije škroba iz krompirja?
- Katere surovine so poleg škroba najprimernejše za sintezo fleksibilne plastike iz krompirjevega škroba in v kakšnih razmerjih jih je potrebno uporabiti?

- Kateri parametri (temperatura, pH, voda, zemlja) vplivajo na razgradnjo škrobne plastike in kako?
- Kako pogosto učenci uporabljajo plastične izdelke in katere ter iz kakšnih materialov so ti izdelki?
- Ali se učenci zavedajo, da plastični izdelki v naravi povzročajo veliko škodo predvsem živalskemu svetu, ki mnogokrat plastiko zamenjajo za hrano ali pa se zapletejo v razne mreže?

1.3 Zastavljene hipoteze

Hipoteza 1

Predvidevam, da je škrob, izoliran iz krompirja, primeren za sintezo biorazgradljive plastike.

Hipoteza 2

Predvidevam, da se bo biorazgradljiva plastika, sintetizirana iz krompirjevega škroba, hitreje razgradila kot komercialna plastika, narejena iz polietilena tereftalata (PET).

Hipoteza 3

Predvidevam, da višja temperatura pospeši razgradnjo bioplastike.

Hipoteza 4

Predvidevam, da bioplastika hitreje razpade v kisu kot v vodi ali olivnem olju.

Hipoteza 5

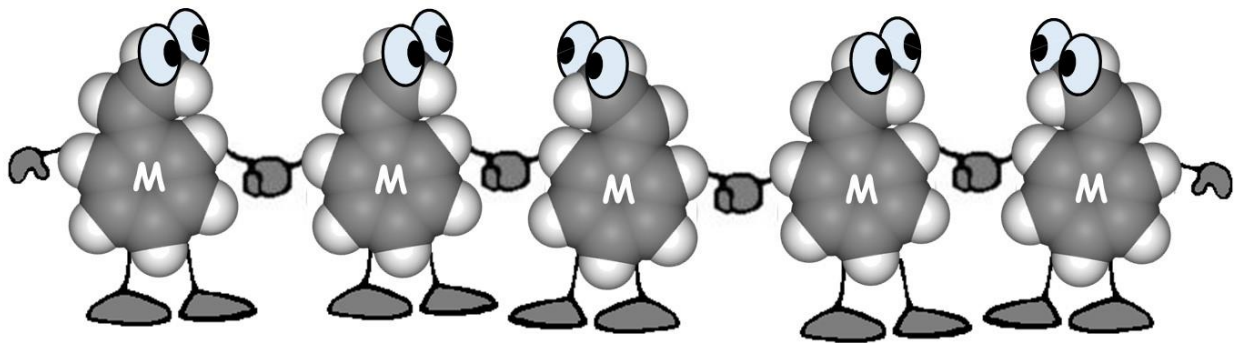
Menim, da so učenci 8. in 9. razredov ozaveščeni o problematiki plastičnih odpadkov ter njihovega dolgoročnega vpliva na okolje, a še naprej uporabljajo plastične izdelke za enkratno uporabo.

2 TEORETSKI DEL

Napredek tehnologije in znanosti je skozi zgodovino človeštva sestavljen iz številnih odkritij in izumov. Eno pomembnih odkritij je bilo odkritje plastike leta 1856, ko je britanski kemik Alexander Pakes prvi sintetiziral plastični polimer. Šlo je za bio organski material, pridobljen iz celuloze, ki se je po segrevanju lahko oblikovala, po ohladitvi pa je ohranila svojo obliko. Kot oče plastične industrije je poznan Leo Hendrik Baekeland, ki je s svojim izumom umetne smole bakelit, zaznamoval začetek moderne plastične industrije. Kasneje so začeli razvijati polistiren (1929), poliestre (1930), polivinilkloride (1933), polietilene (1933), najlon (1935) in polietilen tereftalat (1941). (Kefurt, 2021, str. 1) Z leti se je plastika izkazala kot nenadomestljiv material našega vsakdana. Človeštvo vsako leto proizvede kar 450 milijonov ton plastičnih izdelkov za uporabo v kmetijstvu, medicini, gradbeništvu, elektroniki, tekstilni industriji, v končnih izdelkih za vsakdanjo rabo in v plastični embalaži. (<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>, <https://www.mladinska-knjiga.si/revije/gea/clanki/okolje/planet-plastika>)

2.1 Plastika

Plastika vsebuje kot ključno sestavino polimere. Polimeri (grško: poly – mnogo, meros – delec) so spojine z visokimi molskimi masami, zgrajene iz medsebojno povezanih, ponavljajočih se osnovnih gradnikov, tako imenovanih monomeri (grško: mono – ena, meros – delec) (Slika 1). (Šprajcar, 2012, str.1)



Slika 1: Enostaven prikaz povezave monomerov v polimerno verigo.

(<https://www.pslc.ws/macrog/kidsmac/basics.htm>)

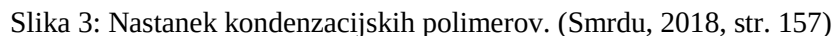
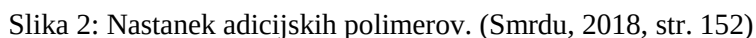
Polimere glede na izvor delimo na naravne in sintetične oz. umetne. Naravne polimere, kot so polisaharidi (škrob, celuloza), proteini, peptidi, encimi, polipeptidi (volna, svila, usnje), les

(kompozit iz celuloznih vlaken in zamreženega lignina kot veziva, mehčalo je voda), naravni kavčuk, naravne smole itd., že dolga leta uporabljamo za hrano, oblačila in obutev, za ogrevanje, konstrukcijske materiale itd. Sintetični (umetni) polimeri so rezultat raziskav kemikov v 19. in 20. stoletju. Sintetske polimere navadno pridobivamo iz nafte. Gre za polimere, ki se v naravi kot taki ne pojavljajo, in ko končajo v okolju, tam predstavljajo obstojen tujek, saj se ne morejo vključiti v naravne tokokroge. Njihova komercializacija se je začela po letu 1839, ko je Charles Goodyear iznašel postopek vulkanizacije, s katerim je iz neuporabnega naravnega kavčuka pripravil gumo. Prvi industrijski sintetični polimer je bil bakelit (fenol-formaldehidni polimer), razcvet pa je področje polimerov doživelo pred in po 2. svetovni vojni, v 20. stoletju. Za sintetične polimere (podobno kot za naravne) je značilna velika raznolikost lastnosti. (Šprajcar, 2012, str. 7; Žigon Majda, 2009, str. 1) Najpogostejši tipi umetnih polimerov, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju, so (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika>):

- polipropilen (PP): embalaža, ohišja električnih naprav, avtomobilski odbijači ...
- polistiren (PS): pena za pakiranje, embalaža, pribor za enkratno uporabo ...
- Polietilen (PE): mnogo cenениh izdelkov za vsakdanjo rabo, npr. plastične vrečke, kozarčki ...
- polietilen tereftalat (PET): plastenke za gazirane pijače, plastične posode za mikrovalovke ...
- poliester (PES): tekstilna vlakna ...
- poliamid (PA) (najlon): vlakna, ščetine zobnih ščetk, ribiške vrvce ...
- polivinilklorid (PVC): cevi, okenski okvirji, talne obloge ...
- polikarbonat (PC): kompaktne plošče, očala, zaščitna stekla, semaforji ...
- polibutilen tereftalat (PBT) ...

Glede na tip reakcije, s katero polimeri nastanejo, jih delimo na (Smrdu, 2020, str. 90; Smrdu, 2018, str. 152; <https://si.openprof.com/wb/polimerizacija?ch=712>):

- adicijske → nastanejo preko adicije. Osnovne monomerne enote imajo v svoji strukturi nenasičene (dvojne ali trojne) vezi. Med samo polimerizacijo se te vezi homogeno razcepijo, pri tem pa nastanejo reaktivni delci, ki se povežejo med seboj v dolgo verigo (Slika 2).
- kondenzacijske polimere → nastanejo s pomočjo reakcij, kot sta estrenje in etrenje (ter njim podobne reakcije). Pri samem povezovanju takih polimerov se iz reakcije odcepljajo majhne molekule (H_2O , HCl) (Slika 3).



- termoplasti (plastomeri): so taljivi, pod vplivom temperature se zmečajo, postanejo tekoči in jih je mogoče v tej obliki predelati (oblikovati v izdelke);
- duromeri (duroplasti): se zmečajo samo pri prvem segrevanju. Segrevanje povzroči nastanek vezi med verigami (zamreženje). Masa otrdi in ostane taka tudi ob ponovnem segrevanju. Duromeri se ne raztapljajo v topilih in se jih ne da plastično preoblikovati.

- elastomeri: po deformaciji se lahko sami vrnejo v svoje začetno stanje. Elastomeri so sestavljeni iz šibko zamreženih polimernih verig, pri katerih je stopnja zamreženosti manjša kot pri duroplastih. Tudi elastomere je tako kot duroplaste mogoče preoblikovati le enkrat, saj se snov med procesom segrevanja ne stali, razpade pa šele ob sežigu. Na svetu je bil prvi poznani elastomer kavčuk, ki je še v današnjih časih glavna surovina v gumarski industriji. V tej industriji so razvili proces dodajanja primesi in vulkanizacije, s katerima omogočijo nastanek nerazdružljive elastične zveze. Najvidnejši predstavniki te skupine spadajo v kategorijo gum za avtomobilsko industrijo.

2.1.1 Vplivi plastike na okolje

Kot produkt nam plastika dviguje kakovost življenja in rešuje marsikateri vsakodnevni problem. Sama pa postane problem, ko jo odvržemo v naravo, kjer predstavlja trajni tujek, saj sestoji iz umetno sintetiziranih polimerov, ki se v naravi sami po sebi ne pojavljajo. Masovna proizvodnja plastike je povzročila, da so povsod po svetu smetišča in divja odlagališča, polna plastičnih odpadkov. Na kopnem ležijo gore, po oceanih pa plavajo otoki plastičnih smeti (Slika 4).

(<https://trg.ebm.si/kaj-je-plastika-proizvodnja-plastike-vrste-plastike-plastika-od-a-do-z/>)



Slika 4: Plastični odpadki na kopnem in v oceanih. (<https://www.enca.com/world/billions-of-tons-of-plastic-trash-accumulating-on-earth>, <https://www.bbc.co.uk/newsround/47445196>)

Tako danes sredi Tihega oceana plava ena izmed največjih plastičnih gmot na svetu. Pri nizozemski okoljevarstveni organizaciji The Ocean Cleanup ocenjujejo, da pokriva kar 1,6 milijona kvadratnih kilometrov vodne površine, kar je skoraj trikratnik površine Francije. (<https://www.mladinska-knjiga.si/revije/gea/clanki/okolje/planet-plastika>)

Zaradi plastike letno umre na milijone živali, od ptic do rib in drugih morskih organizmov. Da bi bila slika še bolj črna, vsaj 700 morskim živalskim vrstam zaradi plastike grozi izumrtje. Skoraj vse vrste morskih ptic namreč jedo plastiko. Večino smrti nastopi zaradi tujkov (pogosto več njih) v telesu živali. Plastični delci namreč zapolnijo ali poškodujejo prebavni trakt, nastopi lakota, nato pa stradanje. Ribe v severnem Pacifiku letno pojedjo skoraj 24 ton plastike. Drug scenarij je, da se živali zaradi plastičnih izdelkov ali kosov le-teh poškodujejo, vanje zapletejo. To jim onemogoča, da bi se prosto gibale, se prehranjevale, pobegnile pred plenilci itd. (Slika 5). Številne divje živali v boju s plastiko nimajo veliko možnosti preživetja, saj je njihovo naravno okolje že tako zelo onesnaženo. (<https://trg.ebm.si/kaj-je-plastika-proizvodnja-plastike-vrste-plastike-plastika-od-a-do-z/>)



Slika 5: Vpliv plastičnih odpadkov na živali. (<https://www.myenergi.com/news/the-effects-of-littering-on-wildlife/>, <http://www.chisalon.co.uk/?p=5316>)

Čeprav nekatera plastika potrebuje tudi več sto let za svojo razgradnjo, v okolju razpada na vse manjše in manjše delce. Delce plastike velikosti od 300 mikrometrov do 5 milimetrov imenujemo mikroplastika (Slika 6). 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. Zelo majhni delci mikroplastike lahko prehajajo iz prebavil v krvni in limfni sistem, od tam pa imajo dostop do celotnega telesa živali ali človeka. Prehajajo tudi v meso živali, kar pomeni, da je plastika že del naše prehrane. Poleg organskih onesnaževal se na mikroplastiko dobro vežejo tudi mikroorganizmi, ki tvorijo na delcih tanek sloj, biofilm, na katerem lahko najdemo med drugim

tudi patogene bakterije, ki povzročajo bolezni pri vodnih organizmih in ljudeh. (<https://www.ksda.si/novice/2018-03/kaj-je-mikroplastika>) Mikroplastika se skriva tudi v kozmetiki, v oljih, s čimer potrošniki običajno nismo seznanjeni. Z enim umivanjem obraza s kremo za piling spustimo v vodo 100.000 delcev mikroplastike. Ta plastika, ki je sicer dodana kremam za piling, je na deklaraciji označena kot polietilen. (<https://old.delo.si/novice/okolje/mikroplastika-nevidni-sovraznik-zivljenja.html>)



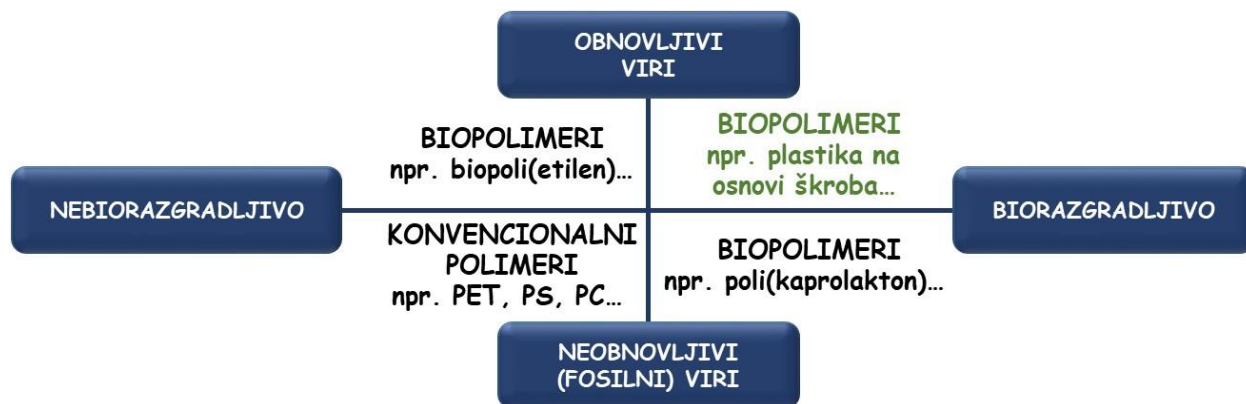
Slika 6: Mikroplastika. (<https://www.delo.si/novice/znanoteh/plastiko-odkrili-tudi-v-cloveskih-pljucih/>, <https://www.chemistryworld.com/news/un-sets-its-sights-on-marine-microplastics/8545.article>)

2.2 Bioplastika

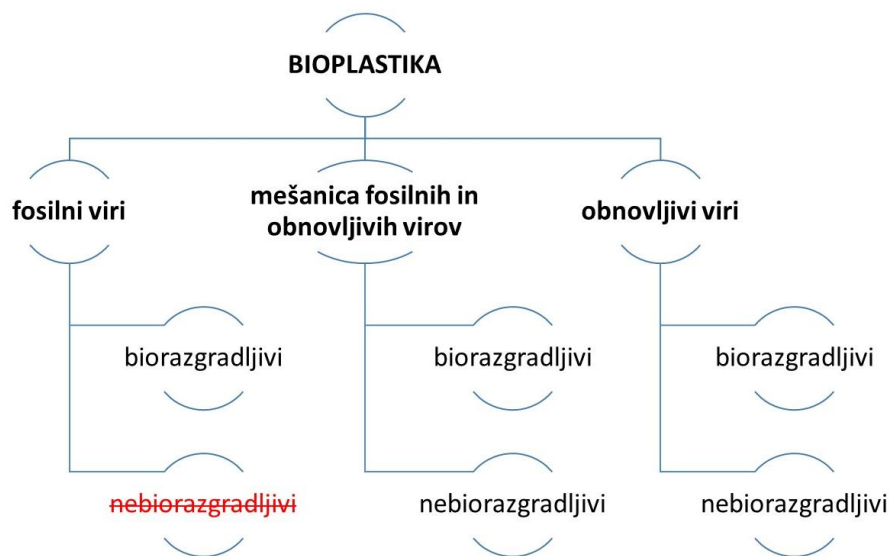
Bioplastika je v literaturi definirana kot plastika, sintetizirana iz naravnih polimerov (biopolimerov). Glede na vir delimo bioplastiko na (Šprajcar, 2012, str. 7–9):

- bioplastiko iz obnovljivih virov (Obnovljivi viri so naravnega izvora, njihova količina pa se zaradi človeške rabe ne manjša, saj se dokaj hitro obnovljajo preko naravnih procesov. Med njih prištevamo energijo vetra, sončno energijo, geotermalno energijo, energijo valov in plimovanja, biomaso ...),
- bioplastiko iz fosilnih virov (Fosilni viri nastajajo več milijonov let, medtem ko jih ljudje izrabljamo na ravni stoletij.) in
- bioplastiko iz mešanice obnovljivih in fosilnih virov.

Po sposobnosti razgradnje pa bioplastiko delimo na biorazgradljivo (sem spada tudi kompostirna plastika) in na plastiko, ki ni biorazgradljiva (Slika 7). S kombinacijo teh dveh kriterijev, virov in razgradljivosti, imamo 6 možnosti, ki so prikazane na Slika 8. (Šprajcar, 2012, str. 7)



Slika 7: "Koordinatni sistem" plastike.



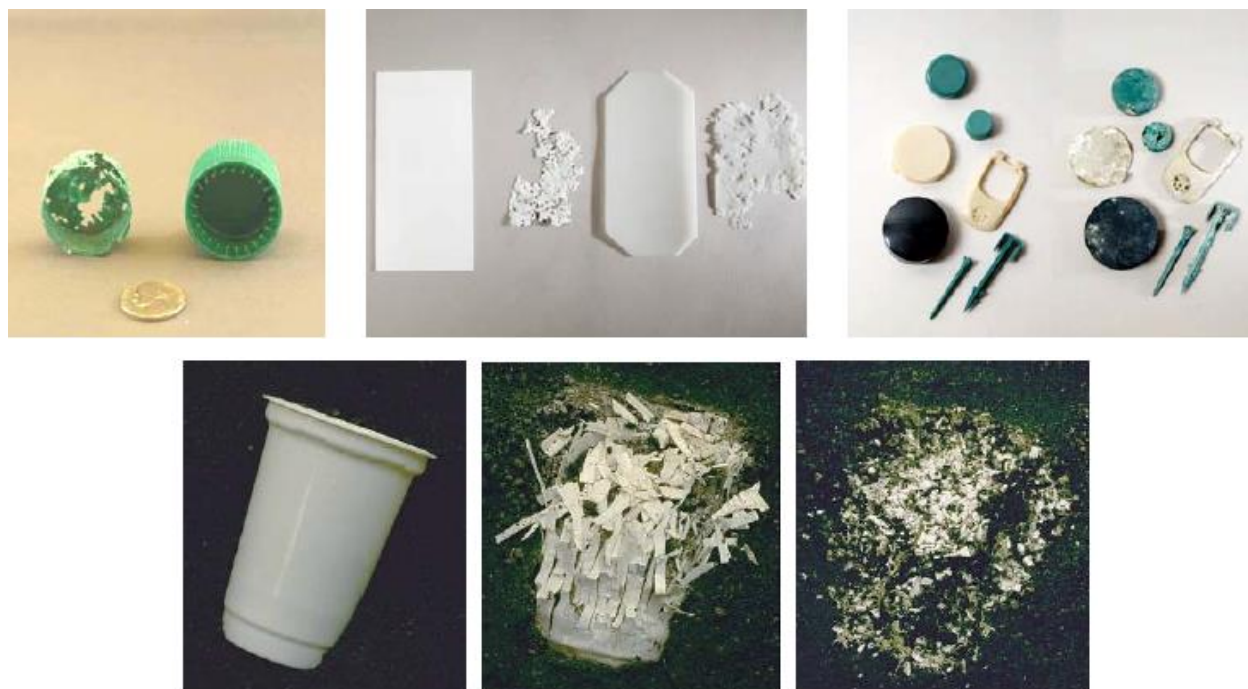
Če pomislimo na definicijo bioplastike, hitro ugotovimo da imamo v tem diagramu vsiljivca. Od vseh šestih možnih vrst plastike je le ena, ki ne sodi med bioplastiko. To je plastika, ki je narejena iz fosilnih virov in ni biorazgradljiva. Čeprav ta vrsta plastike predstavlja le eno od možnih šestih kombinacij, po uporabi in razširjenosti na tržišču daleč presega bioplastiko.

Slika 8: Razdelitev bioplastike glede na vire in biorazgradljivost.

2.2.1 Biorazgradljivost

Biorazgradljivost je specifična lastnost nekaterih plastičnih materialov oz. polimerov, iz katerih so plastični materiali sestavljeni. Biološka razgradnja (skrajšano biorazgradnja) pa označuje proces degradacije polimernega materiala pod vplivom biotskih (živih) dejavnikov. Proces biorazgradnje

temelji na tem, da organizmi, v glavnem mikroorganizmi (bakterije, glive, alge) polimer prepoznajo kot vir organskih gradnikov (npr.: enostavni saharidi, aminokisline itn.) in energije, ki jih potrebujejo za življenje. Poenostavljeno povedano, biorazgradljivi polimeri mikroorganizmom predstavljajo hrano. Polimer kemijsko reagira pod vplivom celičnih ali izvenceličnih encimov, pri čemer se cepi polimerna veriga. Proces lahko poteka pod vplivom različnih encimov, postopoma pa vodi do vse manjših molekul. Slednje vstopajo v procese presnove, ki potekajo v notranjosti celic in se ob oddajanju energije pretvorijo v vodo, ogljikov dioksid, biomaso in v druge osnovne produkte biološke pretvorbe. Značilnost produktov razgradnje je, da niso strupeni in da so povsem običajno prisotni tako v naravi kot tudi v živih organizmih. Umetni material (npr. plastični polimer) se po tej poti torej pretvori v elemente, ki so običajno prisotni v naravi. (Šprajcar, 2012, str. 9) Do biorazgradnje prihaja tudi pod vplivom UV svetlobe, pri določeni vlagi in temperaturi. Slika 9 prikazuje nekaj primerov biološke razgradljivosti plastike. (Bauman, 2008, str. 13, 30)

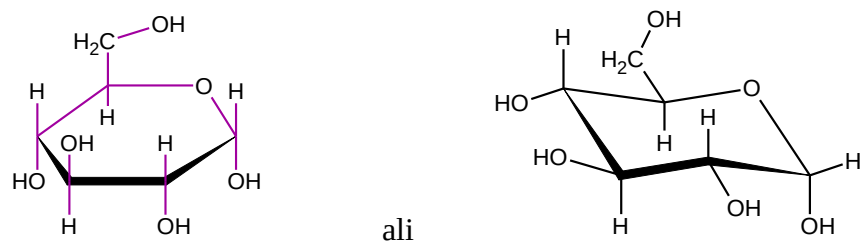


Slika 9: Primeri biološke razgradljivosti plastike.

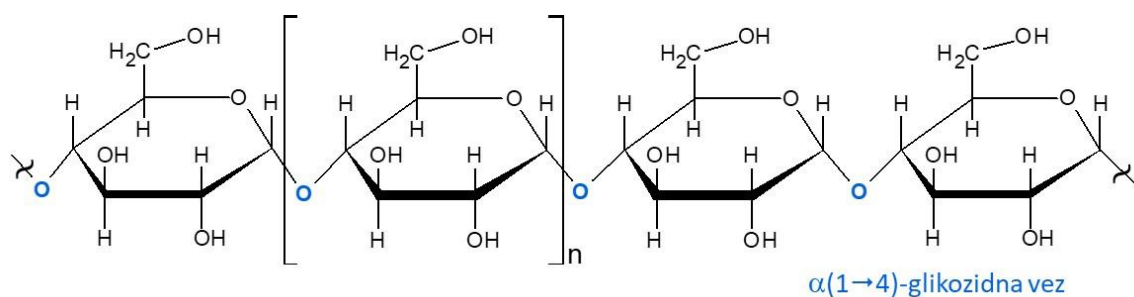
2.2.2 Škrob

Škrob je zmes dveh polisaharidov, amiloze (20–30 %) in amilopektia (70–80 %). Amiloza je nerazvejan polimer D-glukoze (Slika 10), kjer so monomerne molekule glukoze med seboj povezane z $\alpha(1\rightarrow4)$ glikozidnimi vezmi (Slika 11). Verige amiloze se zvijajo v vijačnice, v katerih

so segmenti verige povezani z vodikovimi vezmi. V verigi je nekaj sto do nekaj tisoč glukoznih enot. (Dolenc, 2019, str. 348)

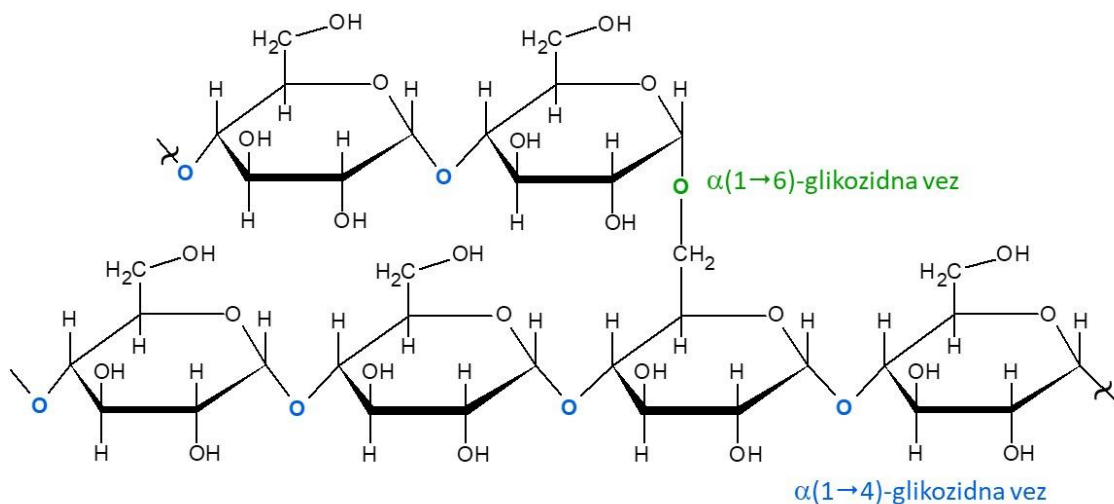


Slika 10: Molekula D-glukoze škroba. (Dolenc, 2019, str. 335, 348)



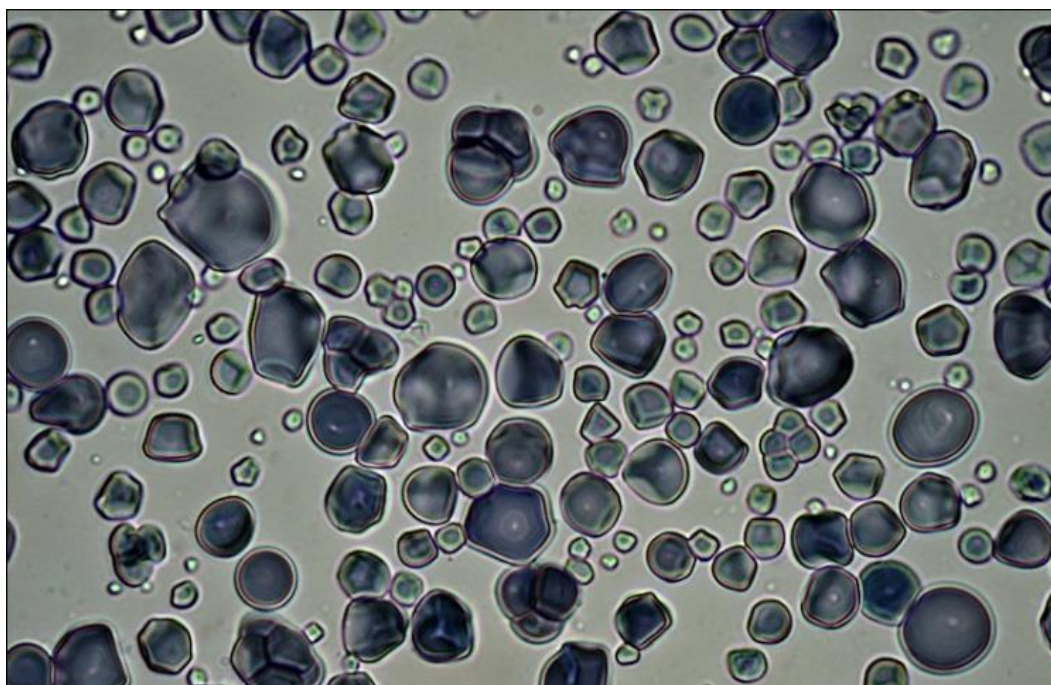
Slika 11: Izsek iz verige amiloze. (Dolenc, 2019, str. 348)

Druga sestavina škroba, amilopektin, je razvejan polimer. Poleg povezav $\alpha(1 \rightarrow 4)$ so glukozne enote povezane še z vezmi $\alpha(1 \rightarrow 6)$ (Slika 12). Te razvejitve se ponavljajo na vsakih 20 do 30 enot. Amilopketin spada med največje znane molekule, običajno ima okrog milijon glukoznih enot. (Dolenc, 2019, str. 348)



Slika 12: Izsek iz verige amilopektina. (Dolenc, 2019, str. 348)

Rastline škrob sintetizirajo iz glukoze, ki nastaja pri procesu fotosinteze, in ga v obliki škrobnih zrn (Slika 13) skladiščijo v semenih, gomoljih in v koreninah. Tu služi kot zaloga hrane za kalečo rastlino. Ti rastlinski deli so pomembna živila za rastlinojede živali in človeka (npr. žitarice (koruza), stročnice (fižol) in gomoljevke (krompir)). Škrob v hladni vodi ni topen, saj v njej ni topen amilopektin, ki prevladuje v škrobu. Po drugi strani pa je amiloza topna v vodi, tudi hladni. Tako se škrobna zrnca v hladni vodi ne raztopijo, pri segrevanju pa nabreknejo in se v vroči vodi raztopijo. Po ohladitvi raztopine škroba tvorijo gel, kar v kuhinji in prehrambni industriji uporabljamo za zgostitev omak ipd. V prebavilih človeka in živali se izločajo encimi amilaze, ki škrob razgradijo v manjše enote in na koncu do osnovne gradbene enote, glukoze. (Dolenc, 2019, str. 348)



Slika 13: Škrobna zrnca. (Dolenc, 2019, str. 349)

Škrob je glavna sestavina škrobne plastike, kjer je njegova struktura rahlo spremenjena (destruktuiran škrob). Škrob lahko destrukturiramo z energijo in s toploto in tako popolnoma razbijemo kristalno strukturo. Šele destrukturirani škrob se obnaša kot termoplast in ga lahko obdelujemo kot tradicionalno plastiko. Termoplastični polimeri na osnovi škroba predstavljajo enega izmed razredov biorazgradljivih materialov, ki imajo največji kratkoročni potencial, ter

omogočajo razvoj popolnoma razgradljivih izdelkov za specifične pogoje uporabe. Filmi na osnovi škroba, ki jih najdemo na tržišču, so v glavnem narejeni iz škroba, pomešanega s termoplastičnimi poliestri, z namenom pridobitve biorazgradljivega in kompostirnega proizvoda. Destrukturirani škrob, združen z drugimi sintetičnimi polimeri, lahko zadovolji široke tržne potrebe. Trenutno je komercialno dostopnih kar nekaj proizvodov na osnovi škroba, kot so npr. vodotopne penice (kot distančniki pri zaščiti vsebine paketov), nakupovalne vrečke, vrečke za shranjevanje bioloških odpadkov, embalaža za hrano in ovojnine, kozmetika (plenice, sanitarni vložki, zobotrebc, vatirane palčke) higienski in drugi proizvodi. (Šprajcar, 2012, str. 17)

3 METODOLOGIJA DELA

Pri raziskovalnem delu sem za pridobivanje informacij uporabila tri metode dela:

- metodo dela z viri in literaturo,
- metodo zbiranja podatkov z eksperimentalnim delom v laboratoriju in
- metodo zbiranja podatkov s spletno anketo in obdelavo podatkov.

3.1 Metoda dela z viri in literaturo

Na spletu in v knjižnici sem poiskala literaturo, povezano s plastiko, njenimi vplivi na okolje in možnostjo izdelave plastičnih izdelkov iz razgradljivih materialov. Iz zbranega sem povzela bistvo, ki sem ga predstavila v teoretskem delu naloge.

3.2 Metoda zbiranja podatkov z eksperimentalnim delom v laboratoriju

S podatki, pridobljenimi iz literature, sem načrtovala izolacijo škroba iz krompirja in sintezo plastike iz njega. Najprej sem si pripravila seznam potrebnih surovin, kemikalij in inventarja, nato pa izvedla izolacijo škroba iz krompirja, sintezo plastike iz njega ter razgradnjo nastale plastike.

Surovine in kemikalije:

- krompir (sorta: Orchestra, Tuš)
- naravni alkoholni kis (Renški Hram)
- glicerol (Mariborske lekarne)
- deionizirana voda
- rdeče barvilo za hrano (Dr. Oetker)
- olivno olje (Gea)
- jod (I_2 , Sigma-Aldrich)
- kalijev jodid (KI, Sigma-Aldrich)
- hidroklorid (HCl; 37 %, Sigma-Aldrich)
- natrijev hidroksid (NaOH; Sigma-Aldrich)
- natrijev klorid (NaCl; Sigma-Aldrich)
- pufer s pH 4, 7 in 9 (Reagecon)
- voda iz pipe (Pobrežje)
- plastične vrečke iz rastlinskega škroba (Piskar)
- platenke iz polietilen tereftalata (od vode Oda)

Inventar:

- lupilec krompirja
- ribež
- 2000 mL čaša
- večje cedilo
- puhalka za deionizirano vodo
- urno steklo
- 250 mL čaša
- steklena palčka
- 1000 mL merilni valj
- 100 mL merilni valj
- 10 mL merilni valj
- 100 mL merilna bučka
- kovinska žlička
- grelnik z magnetnim mešalom
- steklena plošča / peki papir
- kovinski nož za nanos polimera na stekleno ploščo (1000 μm)
- steklene posodice z zamaškom
- plastične posodice
- petrijevke
- precizna tehtnica (Radwag)
- pečica (Binder)
- vakuumski sušilnik (Mettler)
- pH lističi

Zaščitna sredstva:

- zaščitna očala,
- zaščitne rokavice,
- laboratorijski plašč.

3.2.1 Izolacija škroba iz krompirja

Krompir (2013,75 g) sem očistila pod tekočo vodo, ga olupila, splahnila in naribala. Nariban krompir sem dala v 2 L čašo in mu dolila toliko vode (1000 mL), da je bil ves potopljen v vodi. Zmes sem mešala 30 minut pri sobni temperaturi. Po 30-minutnem mešanju sem vodo odcedila v drugo 2 L čašo in postopek s krompirjem ponovila še 2x, da sem iz njega izolirala čim več škroba. Krompirjev škrob se je posedel na dno čaš, od vode pa sem ga ločila tako, da sem vodo odlila. Škrob sem nato sprala še 2x s po 250 mL deionizirane vode. (Pri vsakem spiranju sem morala počakati, da se je škrob posedel na dno čaše.) Sprani škrob sem z žličko prenesla na urno steklo in ga pustila na zraku, da se je posušil.

3.2.2 Dokazovanje škroba z jodovico

Pripravila sem si inventar in kemikalije, potrebne za dokazno reakcijo škroba z jodovico. Najprej sem si pripravila raztopino jodovice. V 100 mL merilno bučko sem stehtala 2,051 g joda in

3,110 g kalijevega jodida ter bučko dopolnila z deionizirano vodo do oznake za 100 mL. Merilno bučko sem ovila v alu folijo in tako zaščitila raztopino pred svetlobo.

Škrob sem dokazovala v izoliranem krompirjevem škrobu, kupljenem škrobu, bioplastiki iz škroba in vrečki, narejeni iz rastlinskega škroba, ter v koščku PET plastike, tako da sem kanila nekaj kapljic jodovice na vzorce. Vzorci, ki so se obarvali od temno modro do črno, so vsebovali škrob.

3.2.3 Sinteza plastike iz krompirjevega škroba (PKŠ)

Pripravila sem si inventar in kemikalije, potrebne za sintezo plastike. V 250 mL čašo sem natehtala 20,028 g krompirjevega škroba in mu dodala 120 mL deionizirane vode, 10 mL kisa in 15 mL glicerola. Zmes sem temeljito premešala, da je nastala homogena suspenzija bele barve. Suspenzijo sem postavila na grelnik, vanjo potopila tipalo za merjenje temperature in jo pričela segrevati. Med segrevanjem do 100 °C sem suspenzijo ves čas mešala s stekleno palčko. Nastala je zelo gosta lepljiva snov, ki sem jo s pomočjo kovinskega noža za delanje membran enakomerno nanese na stekleno ploščo. Ploščo sem postavila v pečico in segrevala 24 ur na 50 °C. Eksperiment sem ponovila tako, da sem k škrobu, vodi, kisu in glicerolu dodala 5 kapljic rdečega barvila za hrano. Izdelala sem štiri vzorce, ki so se razlikovali v debelini in obarvanosti (PKŠ1 – debelejša plast plastike iz krompirjevega škroba, PKŠ2 – tanjša plast plastike iz krompirjevega škroba, PKŠB1 – debelejša plast plastike iz krompirjevega škroba z dodanim barvilom, PKŠB2 – tanjša plast plastike iz krompirjevega škroba z dodanim barvilom). V Tabela 1 so predstavljene zatehte materialov, potrebnih za sintezo tankih polimernih plasti iz škroba.

Tabela 1: Zatehte materialov, potrebnih za sintezo tankih polimernih plasti iz škroba.

vzorec	krompirjev škrob [g]	H ₂ O [mL]	kis [mL]	glicerol [mL]	rdeče barvilo [kapljic]
PKŠ1	20,028	120	10	15	0
PKŠ2	20,103	120	10	15	0
PKŠB1	20,057	120	10	15	5
PKŠB2	20,006	120	10	15	5

3.2.4 Proučevanje razgradnje plastike iz izoliranega krompirjevega škroba, kupljenega rastlinskega škroba in polietilen tereftalata

Pripravila sem si inventar, kemikalije in vzorce plastik (sintetizirano plastiko iz krompirjevega škroba (PKŠ), plastično vrečko iz rastlinskega škroba (PRŠ) in plastenko za vodo iz polietilen tereftalata (PET), potrebne za proučevanje njihove razgradnje. Plastične materiale sem narezala na koščke z dimenzijami približno 2 x 2 cm. Vzorce sem dala v prazne petrijevke za proučevanje razgradnje vzorcev na suhem v sobi, hladilniku pri 6 °C, pečici pri 50 °C in odprtem balkonu, v posodice z zemljo za proučevanje razgradnje vzorcev v suhi in zalivani (1x na 10 dni z 10 mL vode) zemlji v sobi in na odprtem balkonu, v steklene posodice z zamaškom za proučevanje razgradnje vzorcev v raztopinah (15 mL) s pH 1 (iz HCl), 4, 7, 9 in 11 (iz NaOH) ter v vodi iz pipe in 3,8 % vodni raztopini NaCl (podobno morski vodi). Primerjalno sem proučevala razgradnjo PKŠ, PRŠ in PET tudi v kisu, vodi in olivnem olju. Tabelarično sem dnevno spremljala spremembe temperature v prostorih, kjer sem proučevala razgradnjo polimernih vzorcev ter njihovo obliko. Ker sem po 24 h opazila, da sta se vzorca PKŠ in PRŠ v raztopini NaOH s pH 11 spremenila, sem test ponovila, spremembe pa sem beležila v krajših časovnih intervalih. Za PKŠ sem uporabila debelejši (PKŠ1) in tanjši (PKŠ2) vzorec. Ker sta vzorca PKŠ1 in PKŠ2 zelo nabrekli in se ni videlo, ali se je z njima dogajalo še kaj drugega, sem sintetizirala PKŠ z dodatkom rdečega barvila za hrano ter ponovila razgradnjo v pufru s pH 11. Debelejši vzorec sem označila PKŠB1, tanjšega pa PKŠB2.

3.3 Metoda zbiranja podatkov s spletno anketo in obdelava zbranih podatkov

Z uporabo orodja za anketiranje 1KA, ki nudi podporo pri vseh korakih spletnega anketiranja, sem pripravila spletno anketo za učence od 8. do 9. razreda za osnovno šolo (OŠ) v Hočah (OŠ Dušana Flisa), v Limbušu (OŠ Rada Robiča), 16 mariborskih osnovnih šol (OŠ Toneta Čufarja, OŠ Draga Kobala, OŠ Borcev za severno mejo, OŠ bratov Polančičev, OŠ Martina Konšaka, OŠ Janka Padežnika, OŠ Leona Štuklja, OŠ Tabor I, OŠ Maksa Durjave, Waldorfska šola, OŠ Montessori, OŠ Franceta Prešerna, OŠ Angela Besednjaka, OŠ Bojana Iliča, OŠ Franca Rozmana - Staneta in OŠ Ludvika Pliberška).

Skupaj je anketni vprašalnik vključeval 19 vprašanj. 17 vprašanj je bilo izbirnega in 2 opisnega tipa, na vsa vprašanja pa je moral anketiranec obvezno odgovoriti. Celotni anketni vprašalnik je podan v Prilogi 1. Izpolnjevanje anketnih vprašalnikov je potekalo po dogovoru mentorice z

učitelji, ki so namenili del svoje ure izpolnjevanju anketnega vprašalnika z učenci v šolski računalniški učilnici ali v matičnih učilnicah z uporabo pametnih telefonov. Podatki za analizo so bili preneseni 16. 1. 2023 s spletnega portala 1KA, ko je skupno število ustrezno odgovorjenih vprašalnikov znašalo 211.

Podatke, ki sem jih zbrala z anketnimi vprašalniki, sem obdelala v orodju Excel. Rezultate sem prikazali v tabelah in grafih, iz katerih lahko razberemo odgovore na zastavljena vprašanja.

4 REZULTATI RAZISKAVE

4.1 Izolacija škroba iz krompirja

Za namene sinteze bioplastike sem škrob izolirala iz krompirja, kupljenega v Tušu. Iz 2013,75 g krompirja sem uspela izolirati 147,24 g škroba.

Opran in nariban krompir sem prenesla v čašo in ga prelila z 1 L vode in vse skupaj mešala 30 minut. Z ribanjem krompirja so imeli njegovi koščki večjo površino, s katere je voda lahko sprala škrob. Na tak način lahko izoliramo več škroba, kot bi ga s celih gomoljev. Vodo sem nato odcedila in postopek z vodo ponovila še 2 x. Škrob bele barve se je nabral na dnu čaše. Od vode sem ga ločila tako, da sem vodo odlila. Škrob sem nato 2 x sprala z 250 mL vode, saj je bilo na vrhu škroba vidnih nekaj rjavkastih madežev od krompirja. Po spiranju je bil izoliran škrob v obliki prahu in bele barve. Iz čaše sem ga s pomočjo žličke prenesla na urno steklo in ga pustila, da se je posušil najprej na zraku, nato pa še v vakuumskem sušilniku. Posušen škrob sem shranila v plastično posodico s pokrovom. Na Slika 14 je prikazan postopek izolacije škroba iz krompirja.



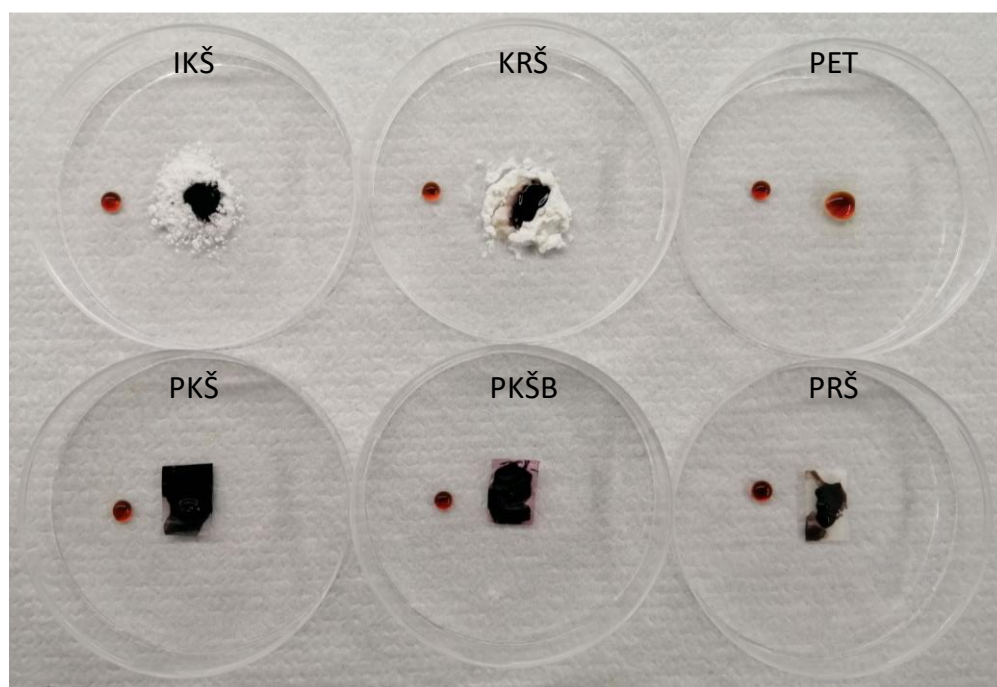
Slika 14: Postopek izolacije škroba iz krompirja.

Ker sem želela potrditi, da sem iz krompirja res izolirala škrob, sem naredila test z jodovico. Za primerjavo sem z jodovico testirala izoliran krompirjev škrob (IKŠ), kupljen rastlinski škrob (KRŠ), sintetiziran biopolimer PKŠ in PKŠB, plastično vrečko narejeno iz rastlinskega škroba

(PRŠ) in košček PET. Vzorce sem dala v petrijevko in nanje s plastično kapalko kanila nekaj kapljic jodovice, ki sem si jo pripravila v 100 mL merilni bučki iz kalijevega jodida, joda in deionizirane vode. Za primerjavo barve sem kapljico jodovice kanila tudi ob vzorce.

Prvotno rjavordeča jodovica se je ob stiku s škrobom obarvala temno modro (do črno), kar potrjuje prisotnost škroba. Za nastanek temno modre barve je odgovorna amiloza. Njena veriga tvori obliko vijačnice, znotraj katere je lahko vezan jod, ki povzroči intenzivno modro obarvanje. ([Why Does Iodine Turn Starch Blue? - ChemistryViews](#))

S testom sem dokazala prisotnost škroba v vseh testiranih vzorcih, razen v PET-u, kar je bilo pričakovati, saj gre za plastični material, ki ne vsebuje škroba (Slika 15).

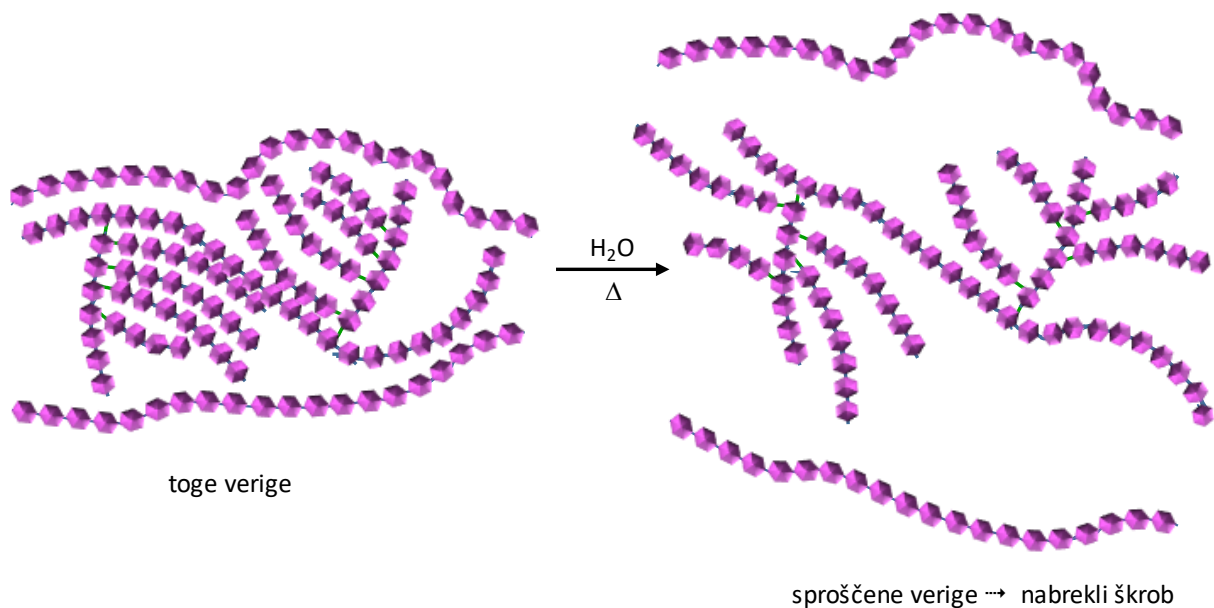


Slika 15: Dokazovanje prisotnosti škroba v različnih vzorcih z uporabo jodovice (zgoraj pripravljeni vzorci, spodaj vzorci z dodano jodovico).

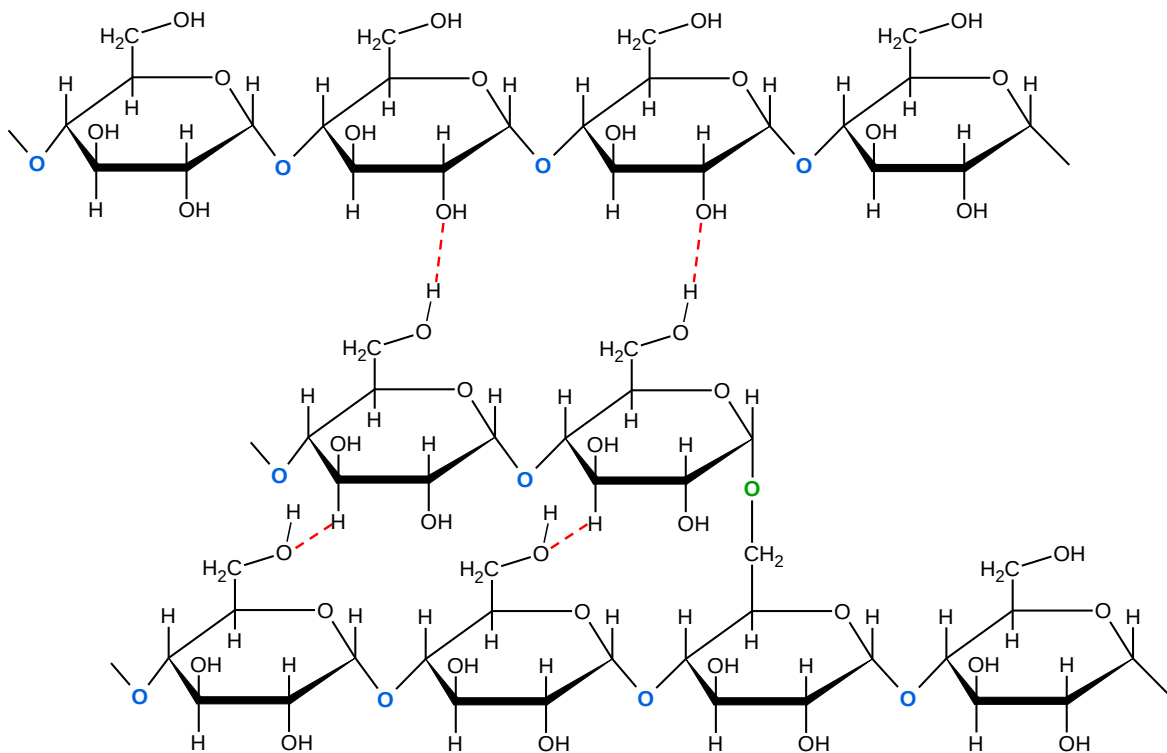
4.2 Sinteza plastike iz izoliranega krompirjevega škroba

Škrob, ki je sestavljen iz dveh glavnih komponent, nerazvejane amiloze in razvejanega amilopektina, lahko uporabimo kot surovino za sintezo bioplastike. Pri sintezi smo k škrobu, ki predstavlja skelet bioplastike, dodali vodo, ki je omogočila, da so se verige škroba sprostile (Slika 16). Verige škroba imajo namreč vzdolž skeleta številne hidroksilne skupine, katere tvorijo številne medverižne vodikove vezi (Slika 17), zaradi česar so verige toge. S segrevanjem v vodi vodikove

vezi prekinemo in verige niso več toge in zato škrob nabrekne. (<https://uakron.edu/polymer/agpa-k12outreach/lesson-plans/pdf/polymer-pie-teacher-guide.pdf>).

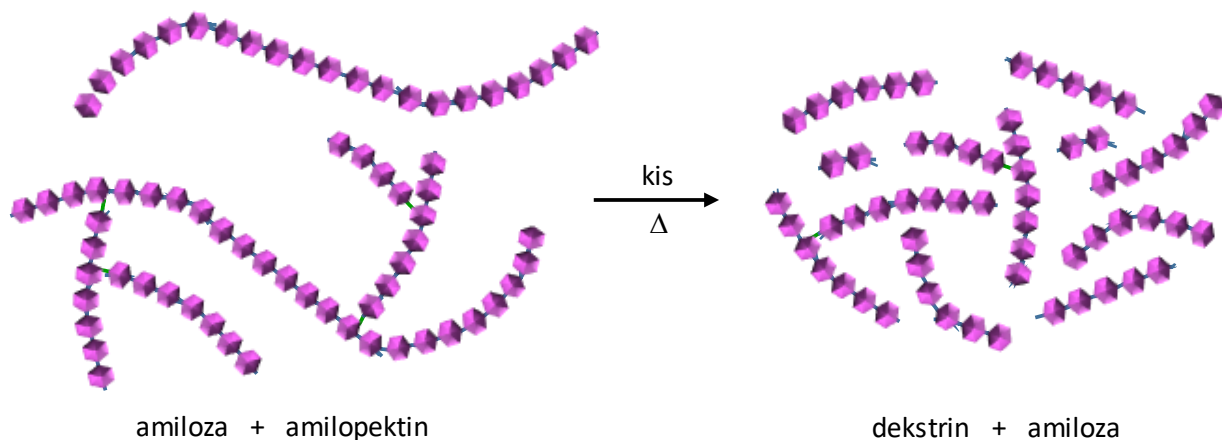


Slika 16: Sprostitev togih verig škroba z dodatkom vode.

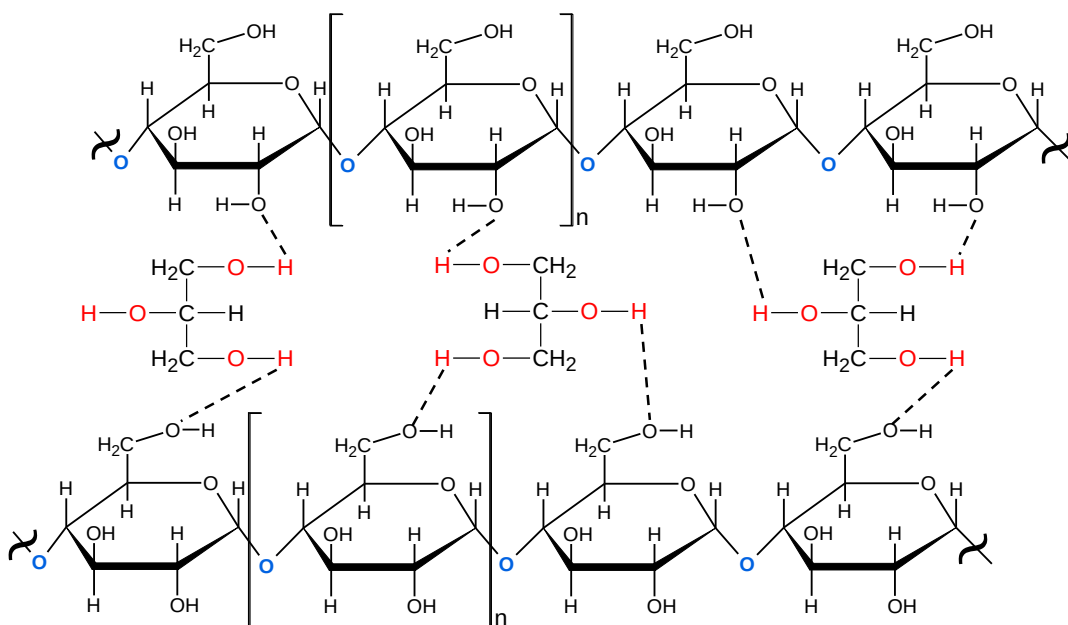


Slika 17: Medverižne vodikove vezi v škrobu.

Dolge verige škroba, natančneje amilopektina in amiloze, smo z uporabo kisa pri povišani temperaturi, ki lahko cepi $\alpha(1\rightarrow4)$ in $\alpha(1\rightarrow6)$ vezi, pretvorili v krajše, bolj obvladljive verige dekstrina in amiloze (Slika 18). Nastale krajše verige se zaradi dodatka glicerola, ki ima vlogo plastifikatorja oz. mehčalca, med seboj ponovno povežejo in sicer tako, da tvorijo nove vodikove vezi s hidroksilnimi skupinami glicerola (Slika 19). Ta postopek povzroči zgostitev raztopine oz. geliranje, kar vodi v nastanek tridimenzionalne nosilne mreže, ki je bolj fleksibilna oz. prožna. (Knutson, 2019, str. 2567)



Slika 18: Pretvorba amilopektina in amiloze v dekstrin in amilozo z uporabo kisa.



Slika 19: Tvorba vodikovih vezi med glicerolom in verigami škroba.

V okviru raziskovalne naloge sem po zgoraj opisanem postopku sintetizirala 4 različne vzorce bioplastike iz izoliranega krompirjevega škroba, od katerih sta bila dva pripravljena brez dodatka barvila (PKŠ) in dva z dodatkom barvila rdeče barve (PKŠB). Vzorci so bili različnih debelin. Tako pri PKŠ kot tudi pri PKŠB je bil en vzorec debelejši (približno 1 mm, vzorca PKŠ1 in PKŠB1) in drugi vzorec tanjši (približno 0,2 mm, vzorca PKŠ2 in PKŠB2).

Nastali vzorci bioplastike brez uporabe rdečega barvila (PKŠ1 in 2) so bili transparentni, mehki in prožni. Enake lastnosti smo opazili tudi za vzorca bioplastike z uporabo rdečega barvila (PKŠB1 in 2), le da sta bila rdeče obarvana. Na Slika 20 je prikazan postopek sinteze biopolimera iz krompirjevega škroba PKŠ, na Slika 21 pa vzorca bioplastike PKŠ in PKŠB.



Slika 20: Postopek sinteze bioplastike iz krompirjevega škroba.



Slika 21: Vzorci bioplastike iz krompirjevega škroba brez (PKŠ) in z barvilom (PKŠB).

4.3 Proučevanje razgradnje plastike iz krompirjevega škroba, plastične vrečke iz rastlinskega škroba in plastenke za vodo iz polietilen tereftalata

Ker so plastični materiali izjemno trpežni materiali, ki se razgrajujejo več let oz. stoletij, pa še to do mikroskopsko majhnih delcev, ki jim danes pravimo mikroplastika oziroma nanoplastika (odvisno od velikosti delcev) (Rhodes, 2019, str. 222), se znanost vse več ukvarja z razvojem biorazgradljivih bioplastičnih materialov.

V okviru raziskovalne naloge sem proučevala razgradnjo manjših koščkov bioplastike iz krompirjevega škroba ter za primerjavo plastičnih vrečk iz rastlinskega škroba in koščka plastenke za vodo iz polietilen tereftalata pri različnih temperaturah in v različnih medijih.

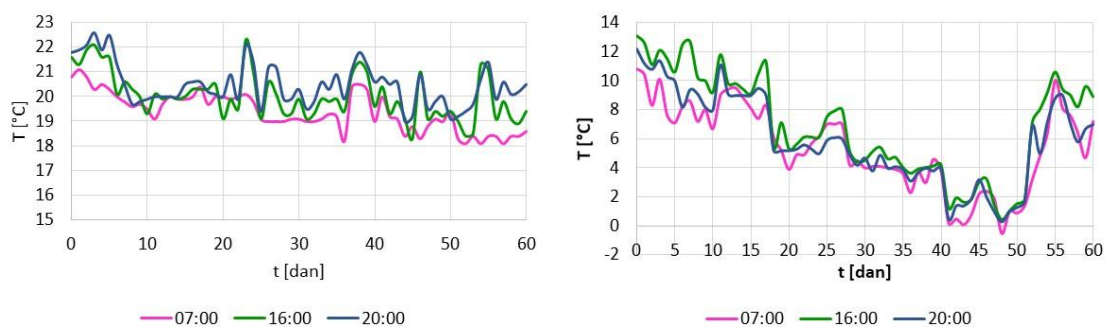
4.3.1 Razgradnja vzorcev PKŠ, PRŠ in PET na suhem pri različnih temperaturah

Razgradnjo vzorcev sem proučevala v sobi pri temperaturi, ki je nihala med 18,1 in 22,6 °C (povprečna dnevna T je 20,3 °C), v hladilniku pri 6 °C, v pečici pri 50 °C, katero smo med vikendi ugašali, ter na balkonu, kjer je temperatura nihala tekom dneva in v odvisnosti od letnega časa. Na Slika 22 sta grafa, ki prikazujeta, kako je nihala temperatura v sobi in na balkonu, katero sem merila vsak dan, in sicer ob 7.00, 16.00 in ob 20.00.

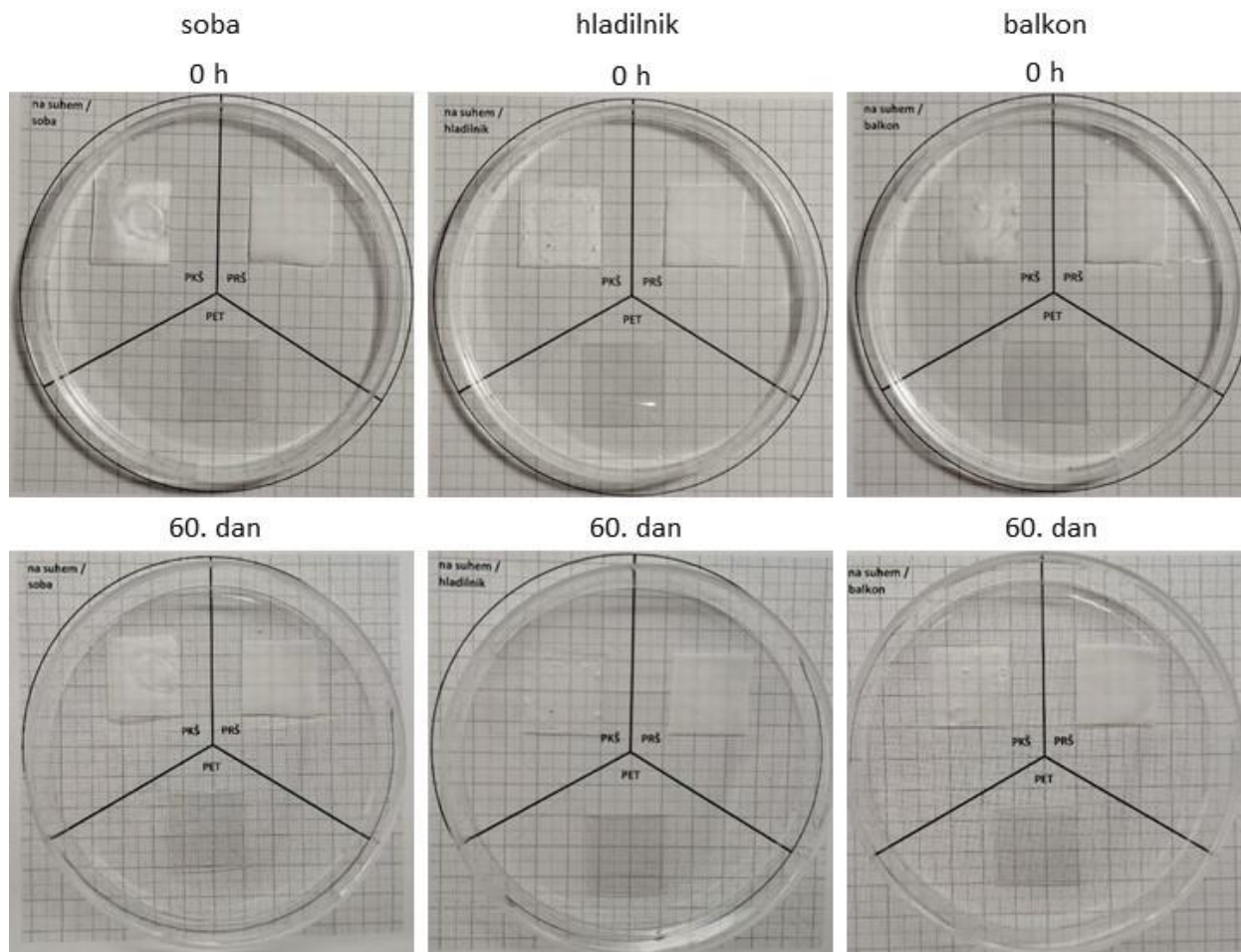
Na Slika 23 je prikazana razgradnja vzorcev v petrijevki v sobi, v hladilniku in na balkonu. Kot lahko vidimo, se vzorci, ki sem jih imela v sobi, v hladilniku in na balkonu, v časovnem obdobju 60 dni niso spremenili oz. razgradili. Ohranili so svojo obliko, vzorca PKŠ in PRŠ pa tudi svojo prožnost.

Spremembo v obliki lahko vidimo le pri vzorcu PKŠ, ki sem ga imela v pečici na 50 °C. Vzorec se je po 1 dnevu skrčil, saj se je zaradi segrevanja pri višji temperaturi izsušil. Njegovi robovi so se

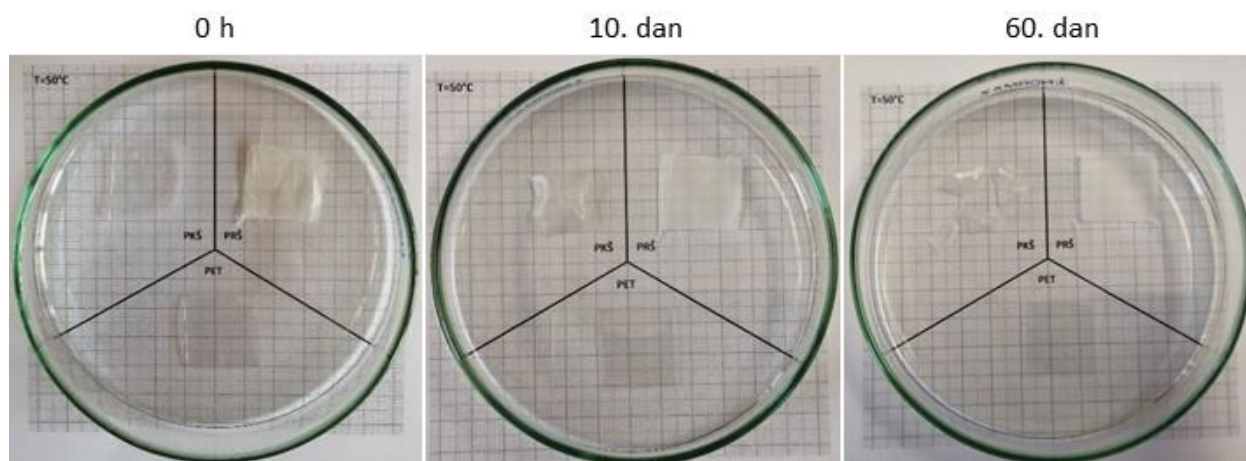
rahlo zavihali, vzorec pa je postal trden in neprožen. Po 15 dnevih je razpadel na več koščkov (Slika 24).



Slika 22: Nihanje temperature v sobi (levo) in na balkonu (desno).



Slika 23: Razgradnja PKŠ, PRŠ in PET pri različnih temperaturah.



Slika 24: Razgradnja PKŠ, PRŠ in PET v pečici segreti na 50 °C.

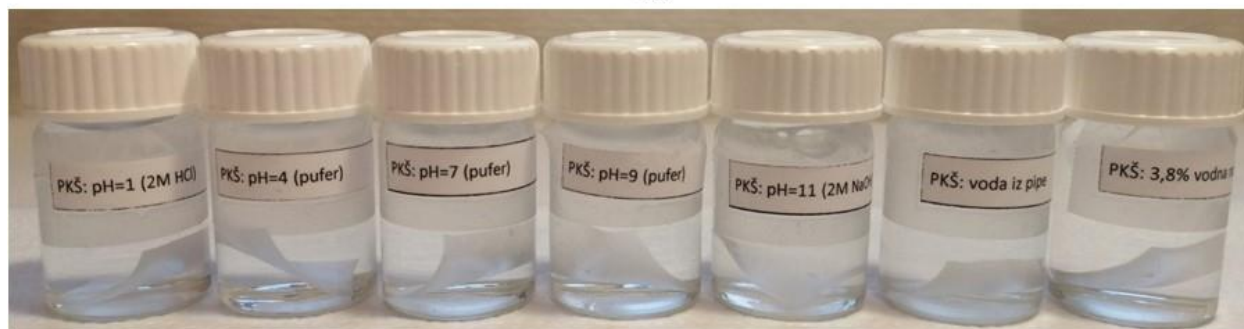
4.3.2 Razgradnja vzorcev PKŠ, PRŠ in PET v različnih raztopinah

Razgradnjo vzorcev PKŠ1, PRŠ in PET sem proučevala v kisljih raztopinah s pH 1 in 4, v bazičnih raztopinah s pH 9 in 11, v vodi iz pipe, v vodni raztopini NaCl, s koncentracijo, ki je značilna za morsko vodo (3,8 %), kisu in olivnem olju.

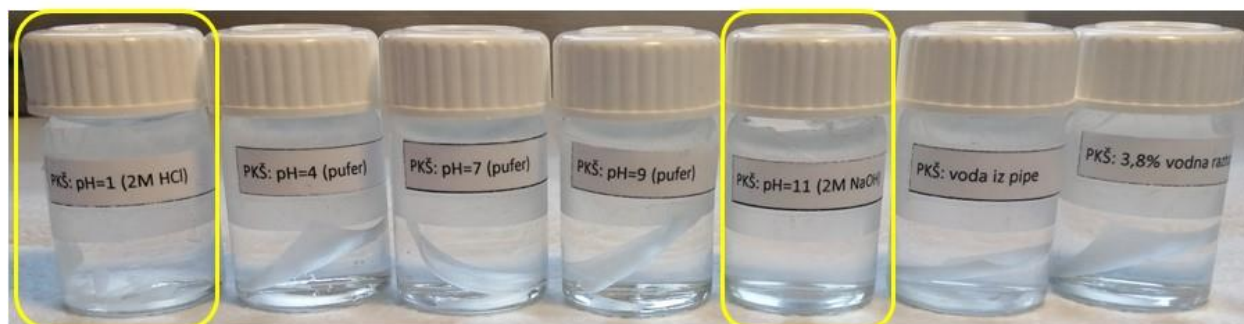
4.3.2.1 *Razgradnja PKŠ v različnih raztopinah*

Ko sem dala vzorce PKŠ1 v stekleničke z raztopinami in jih zaprla z zamaški, so vzorčki splavali na dno stekleničk. Že po enem dnevu sem opazila spremembe v obliki vzorca, ki sem ga imela v raztopini s pH 11. Izgledalo je, kot da se je vzorec raztopil. V resnici se ni. Ko sem premikala stekleničko z vzorcem, se je videlo, da je vzorec le zelo nabrekli. Z vsakim naslednjim dnem je bilo vzorca vse manj. Zato sem se odločila, da eksperiment razgradnje ponovim in ga spremljam bolj pogosto (v nadaljevanju). Po 10 dneh vzorca v raztopini s pH 11 nisem več mogla videti. Opazila pa sem, da se je po 5 dneh začela razgradnja vzorca v raztopini s pH 1. V tej raztopini vzorec ni nabrekli in ni delovalo, kot da se raztaplja, ampak je razpadel na več koščkov. Z vsakim naslednjim dnem je bilo teh koščkov vse več. V preostalih raztopinah nisem opazila nobenih sprememb v obliki, niti po 60 dneh. Iz tega lahko povzamem, da se PKŠ hitro razgradi v zelo kislem oz. bazičnem mediju. Na moje razočaranje ni prišlo do razgradnje vzorca niti v vodi iz pipe niti v slani vodi. Na Slika 25 je prikazana razgradnja vzorca PKŠ1 v izbranih raztopinah pri času 0 h, po 10, 20, 30 in 60 dnevih.

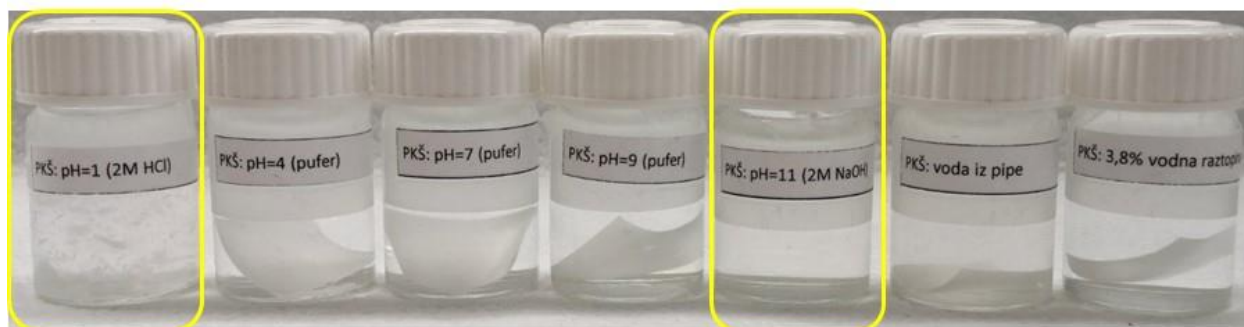
0 h



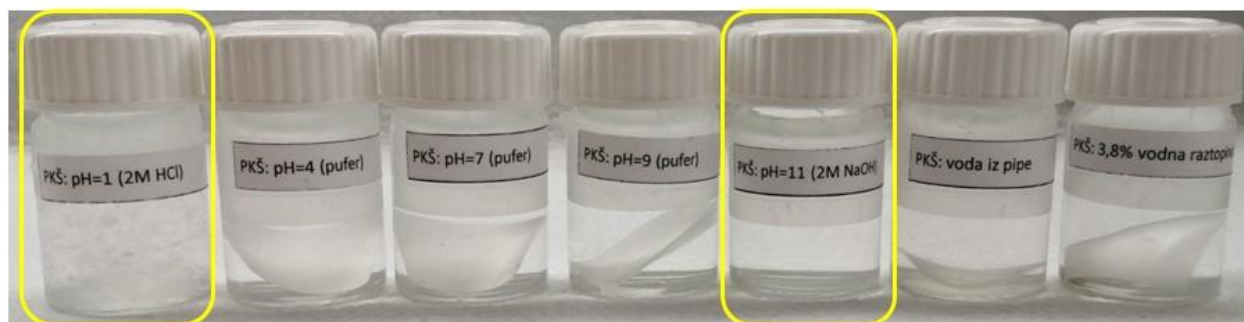
10. dan



30. dan

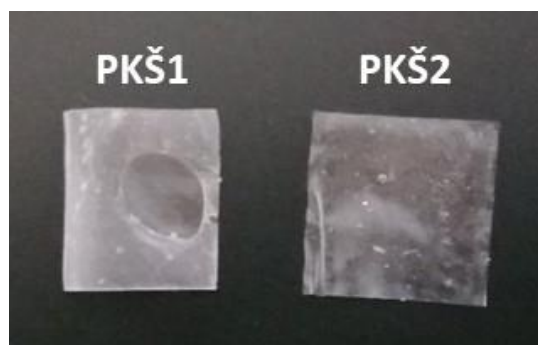


60. dan

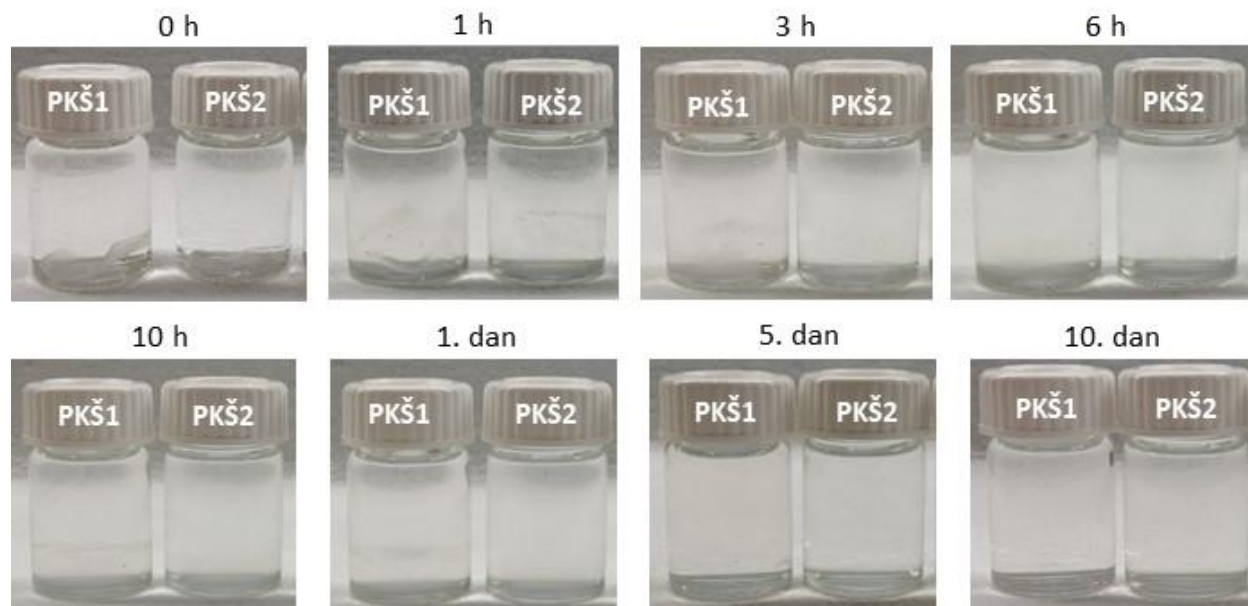


Slika 25: Razgradnja vzorca PKŠ1 v različnih raztopinah.

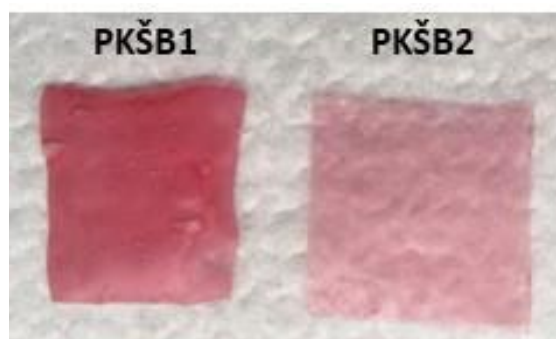
Na Slika 27 je prikazana razgradnja vzorca PKŠ v raztopini s pH 11. Ker me je zanimalo, kako debelina vzorca vpliva na potek razgradnje, sem proučevala potek razgradnje debelejšega (PKŠ1) in tanjšega (PKŠ2) vzorca (Slika 26). Oba vzorca sta zelo hitro nabrekli, tanjši vzorec, pa se je prej razgradil. Ker je zaradi brezbarvnosti vzorcev to težko oceniti, sem eksperiment ponovila z rdeče obarvanima vzorcema (PKŠB1 in PKŠB2), kar prikazujeta Slika 28 in Slika 29.



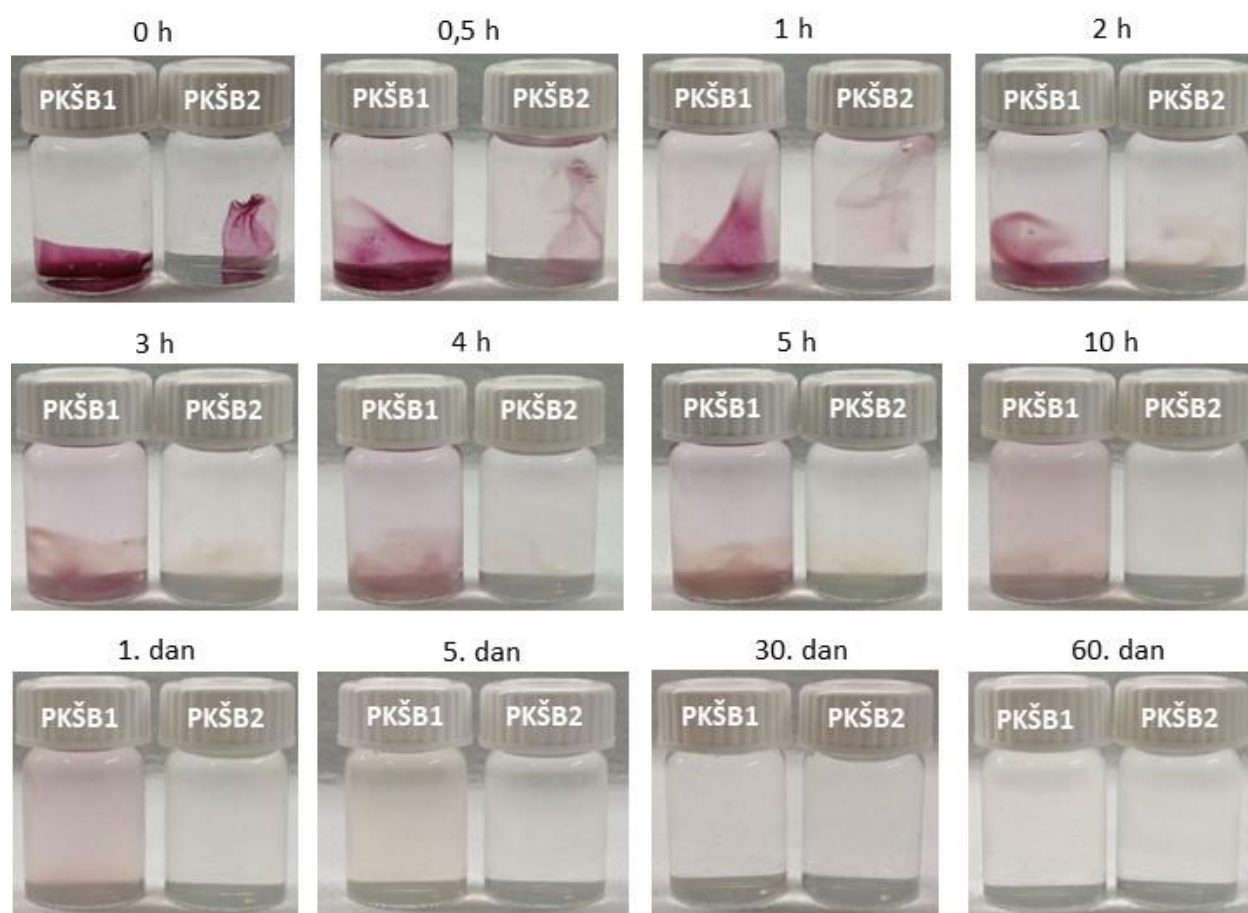
Slika 26: Vzorca PKŠ1 in PKŠ2 za proučevanje razgradnje v raztopini s pH 11.



Slika 27: Razgradnja vzorcev PKŠ1 in PKŠ2 v raztopini s pH 11.



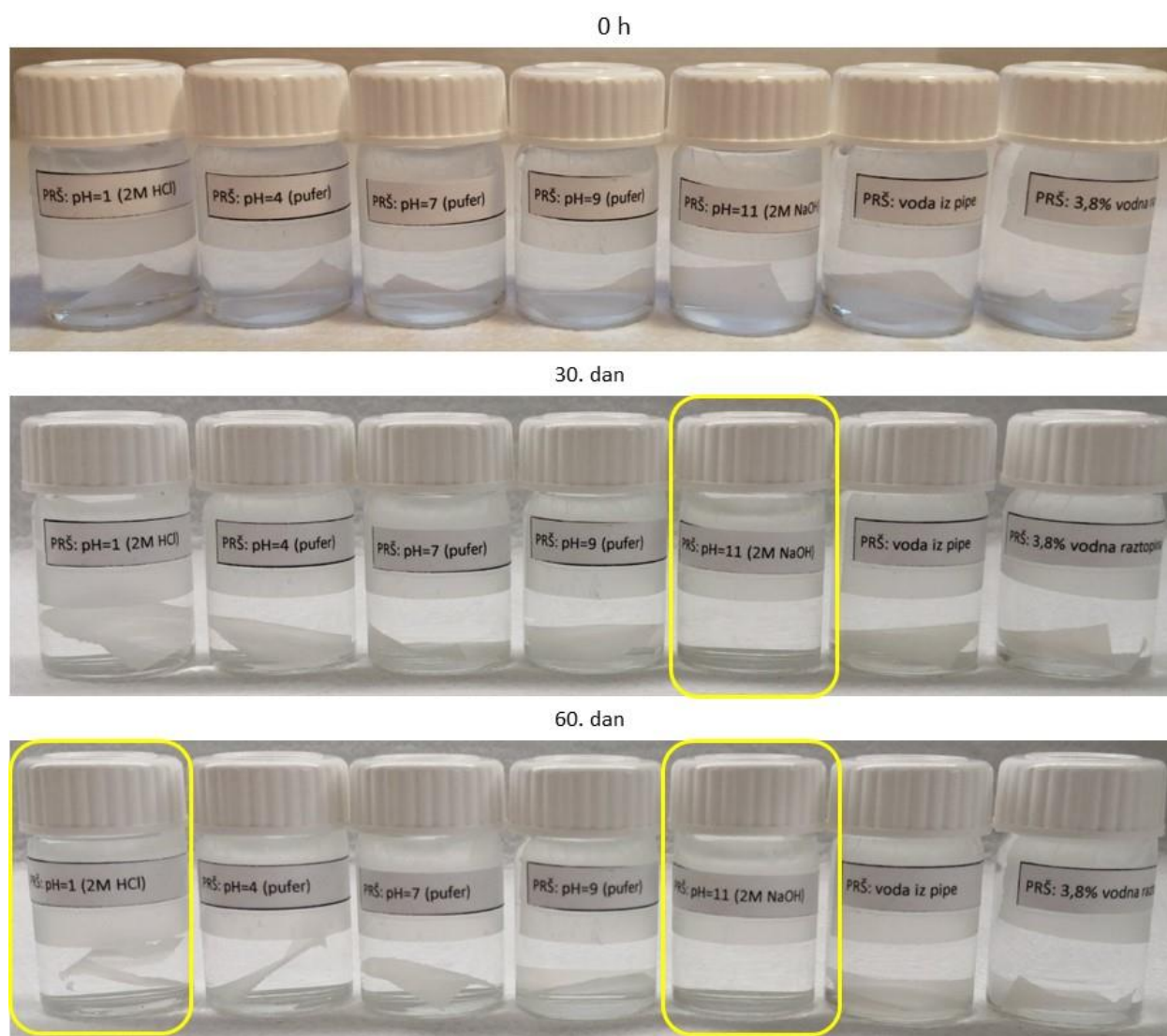
Slika 28: Vzorca PKŠB1 in PKŠB2 uporabljena za razgradnjo v raztopini s pH 11.



Slika 29: Razgradnja PKŠB1 in PKŠB2 v raztopini s pH 11.

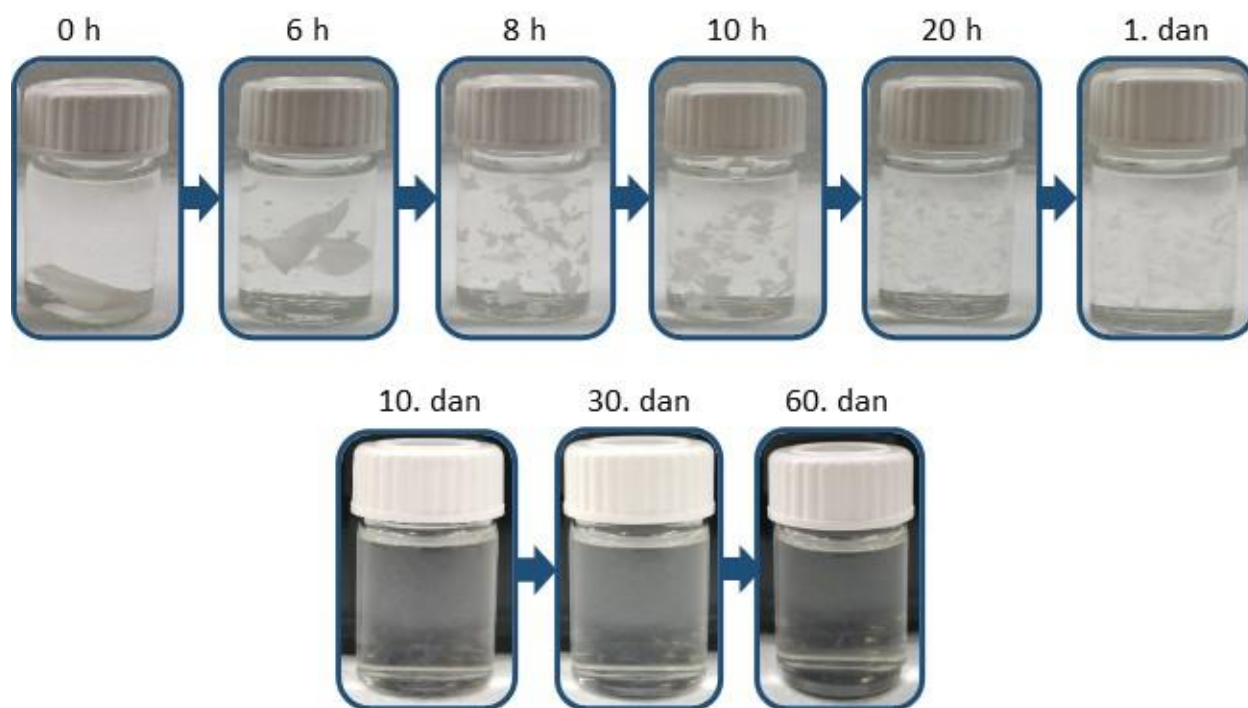
4.3.2.2 Razgradnja PRŠ v različnih raztopinah

Za primerjavo sem v različnih raztopinah proučevala razgradnjo vrečk narejenih iz PRŠ (Slika 30). Tudi PRŠ je bil po 24 urah v veliki meri razgrajen v raztopini s pH 11. Zato sem razgradnjo PRŠ ponovila v pH 11 in jo spremljala bolj pogosto (v nadaljevanju). Za razliko od PKŠ1 je PRŠ v raztopini s pH 1 začel razpadati po 55 dneh. Takrat sem prvič opazila, da se na sredini vzorca dela razpoka. Vzorec je 60. dan le na enem koncu razpadel na dva dela. Predvidevam, da pri izdelavi vrečk iz PRŠ uporabljajo sredstva, s katerimi dosežejo določeno obstojnost, ki pa vseeno omogoča biorazgradnjo pri določenih pogojih. V preostalih raztopinah ni prišlo do razgradnje.



Slika 30: Razgradnja vzorca PRŠ v različnih raztopinah.

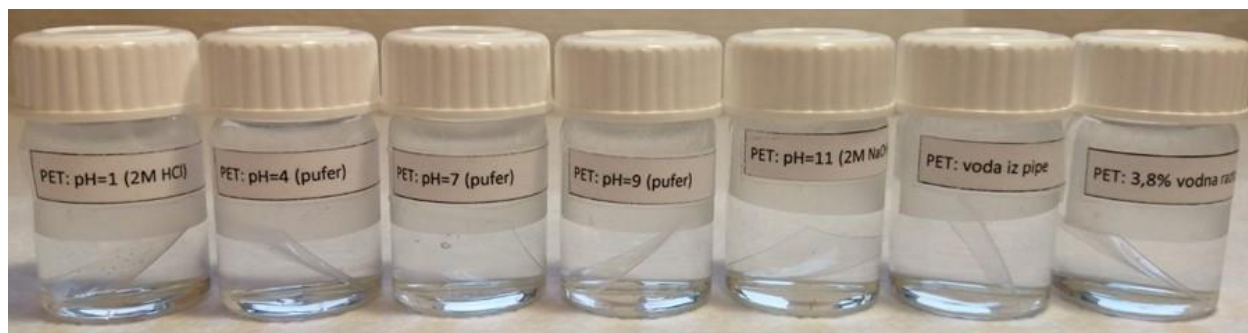
Razgradnja PRŠ v raztopini s pH 11 je podrobneje prikazana na Slika 31. Kot je razvidno s slike, je vzorec že po nekaj urah začel razpadati na manjše koščke. Koščki so bili iz ure v uro in iz dneva v dan manjši. Po treh dnevih so bili koščki zaradi majhnosti in svetle barve komaj opazni. Vidni so bili le s črnim ozadjem. V primerjavi s PKŠ vzorci poteka razgradnja kupljene bioplastike iz rastlinskega škroba dlje časa.



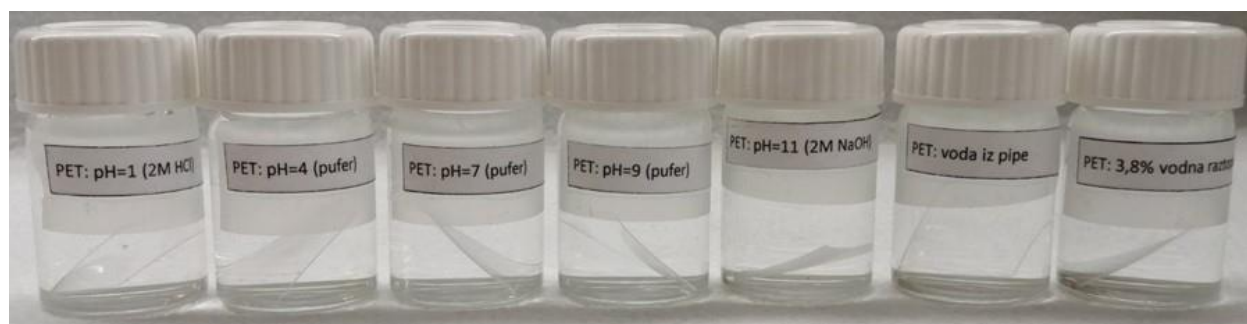
Slika 31: Razgradnja vzorca PRŠ v raztopini s pH 11.

4.3.2.3 Razgradnja PET v različnih raztopinah

Čeprav je znano, da ima PET plastika dolgo življenjsko dobo in da razgradnja traja približno 700 let, sem naredila test razgradnje v različnih raztopinah. Razmišljala sem, da bi lahko zelo nizek ali visok pH povzročil razgradnjo tudi PET materiala. Do razgradnje ni prišlo v nobeni raztopini. Potek razgradnje je prikazan na Slika 33 in Slika 33.



Slika 32: Razgradnja vzorca PET v različnih raztopinah pri času 0 h.



Slika 33: Razgradnja vzorca PET v različnih raztopinah 60. dan.

4.3.2.4 *Razgradnja PRŠ v kisu, vodi in olivnem olju*

Ko sem razmišljala o hipotezah za raziskovalno nalogo, sem predvidevala, da bioplastika hitreje razpade v kisu, kot v vodi ali olivnem olju. Preden sem vzorca PKŠ in PRŠ potopila v kis, olje in olivno olje, sem le-tem s pH lističi izmerila pH vrednosti. Kis je imel pH 2, voda iz pipe 7 in olivno olje 5. V skladu s prej dobljenimi rezultati tudi v teh medijih ni prišlo do razgradnje vzorcev. Potek razgradnje PKŠ in PRŠ v kisu, vodi in olivnem olju je prikazan na Slika 34.



Slika 34: Razgradnja vzorcev PKŠ1 in PRŠ v kisu, vodi in olivnem olju 60. dan.

4.3.3 Razgradnja vzorcev PKŠ, PRŠ in PET v zemlji

Razgradnjo PKŠ, PRŠ in PET vzorcev sem izvajala tudi v zemlji. Razgradnjo sem proučevala v zemlji, in sicer v sobi, kjer je temperatura nihala med 18,1 in 22,6 °C, in na balkonu, kjer je temperatura nihala med - 0,5 °C in 13,1 °C. Ker me je zanimalo, kako voda v zemlji vpliva na razgradnjo mojih vzorcev, sem primerjalno proučevala razgradnjo v suhi in v zalivani zemlji. Po 60 dnevih razgradnje sem ugotovila, da so se najbolj spremenili PKŠ vzorci, tako v suhi kot tudi v zalivani zemlji v sobi in na balkonu, sploh nič pa se niso spremenili vzorci PET, kar pa sem tudi pričakovala.

4.3.3.1 *Razgradnja PKŠ v suhi in zalivani zemlji v sobi in na balkonu*

PKŠ vzorec, ki sem ga imela v suhi zemlji v sobi, se je nekje po 15 dnevih izsušil in nekoliko skrčil, postal je rjavkasto obarvan z belimi lisami, trden in krhek. Izsušila ga je suha zemlja, prav tako se je najverjetneje obarval zaradi zemlje. Po 60 dnevih se je vzorec še dodatno skrčil (Slika 35). Vzorec v suhi zemlji na balkonu ni bil izpostavljen enakim pogojem. Na balkonu je bilo bolj vlažno in temperature so bile nižje (graf na Slika 22). Kljub temu se je vzorec nekoliko skrčil, ostal je rahlo gibljiv, po 60 dnevih pa nekoliko drobljiv. Na površini izgleda, kot da se je razvila neka bela plast (Slika 36). Vidni so znaki razgradnje.

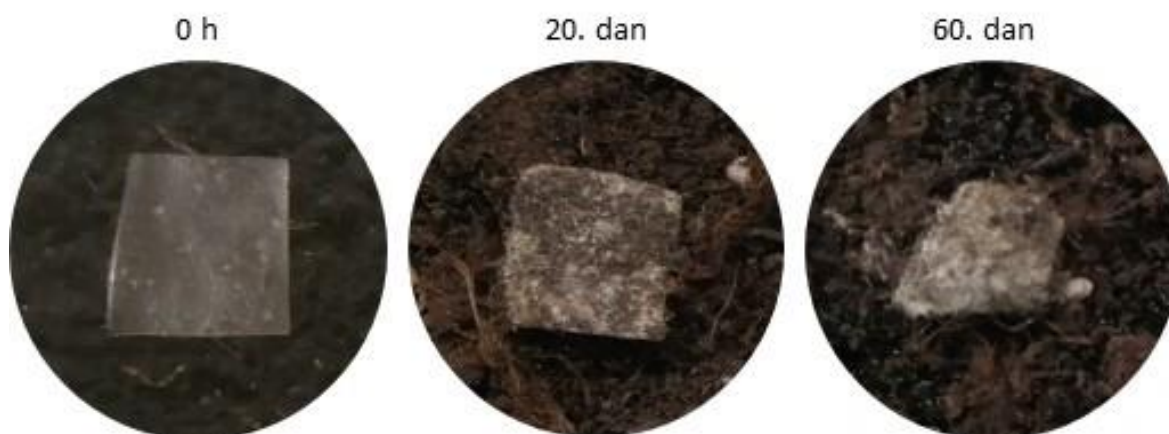


Slika 35: Razgradnja PKŠ vzorcev v suhi zemlji v sobi.

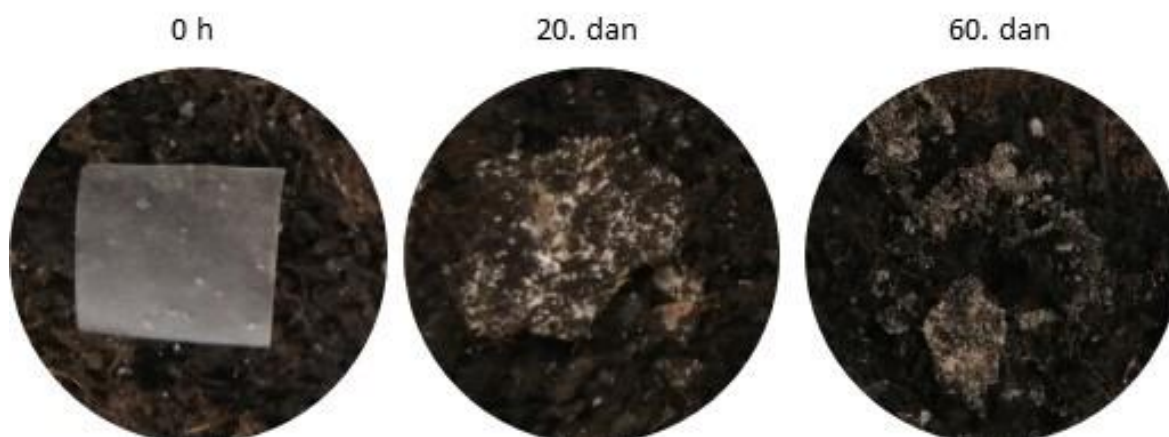


Slika 36: Razgradnja PKŠ vzorcev v suhi zemlji na balkonu.

Na PKŠ vzorcih v zalivani zemlji v sobi se je po 20 dneh začela razvijati bela plast. Vzorec je bil mehak in na robovih drobljiv. Po 60 dneh je bil še zmeraj v koščku (Slika 37). Prav tako se je bela plast razvila na vzorcu, ki sem ga imela v zalivani zemlji na balkonu. Ta vzorec se je začel vidno razgrajevati že po 20. dnevu, po 60 dneh pa je bil že zelo razgrajen (Slika 38). Na osnovi rezultatov lahko sklepam, da je za razgradnjo potrebna poleg zemlje tudi voda (vlaga). V sobi se je zemlja sproti sušila in ni ohranjala vlage, medtem ko je bila zemlja na balkonu zaradi nižjih temperatur konstantno vlažna.



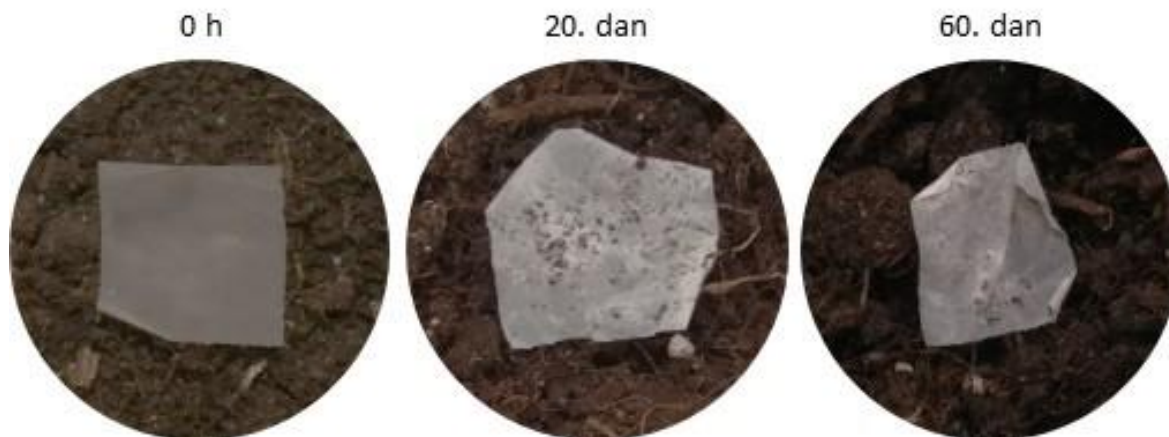
Slika 37: Razgradnja PKŠ vzorcev v zalivani zemlji v sobi.



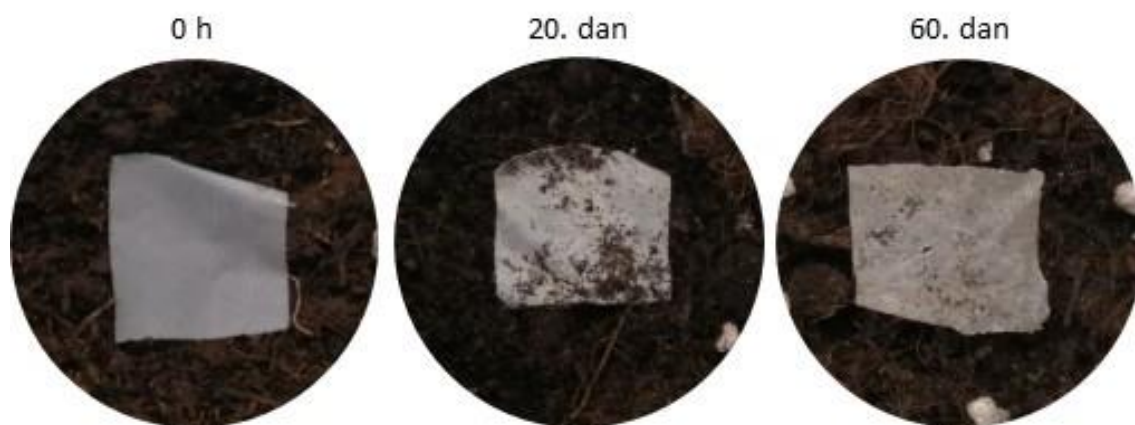
Slika 38: Razgradnja PKŠ vzorcev v zalivani zemlji na balkonu.

4.3.3.2 Razgradnja PRŠ v suhi in zalivani zemlji v sobi in na balkonu

PRŠ vzorci, koščki bioplastičnih vrečk, ki so narejene iz rastlinskega škroba, se v suhi in zalivani zemlji v sobi in na balkonu niso razgradili, niso se skrčili in na njihovi površini se ni naredila bela plast. Edina sprememba, ki sem jo opazila, je bilo manjše število luknjic v vzorcih, ki so bile številčnejše pri vzorcih, ki sem jih imela v zalivani zemlji, še posebej na balkonu (Slika 39, Slika 40, Slika 41 in Slika 42). V primerih PKŠ in PRŠ gre za material iz škroba, razlika je v tem, da je PRŠ plastika narejena v industriji in verjetno so k materialu dodani aditivi, zaradi katerih razgradnja ni tako hitra kot pri PKŠ, ki sem jih naredila samo iz krompirjevega škroba.



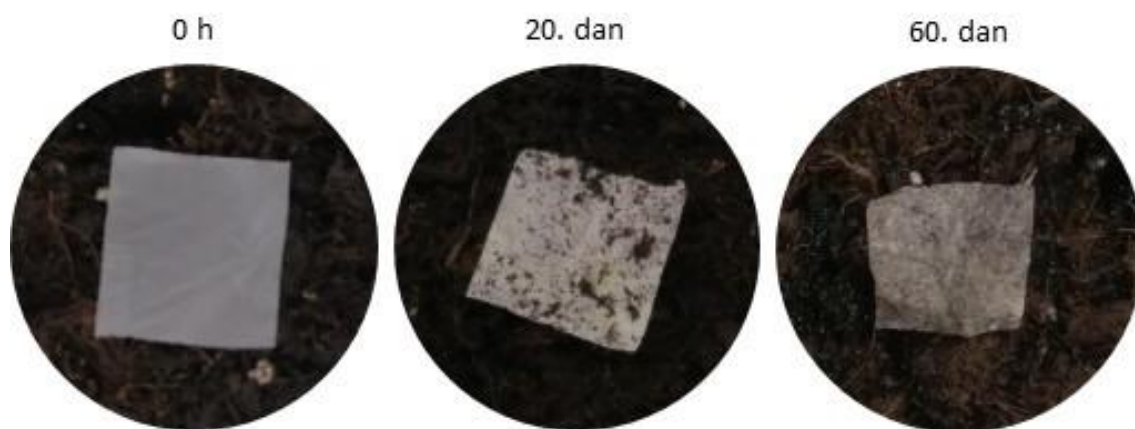
Slika 39: Razgradnja PRŠ vzorcev v suhi zemlji v sobi.



Slika 40: Razgradnja PRŠ vzorcev v suhi zemlji na balkonu.



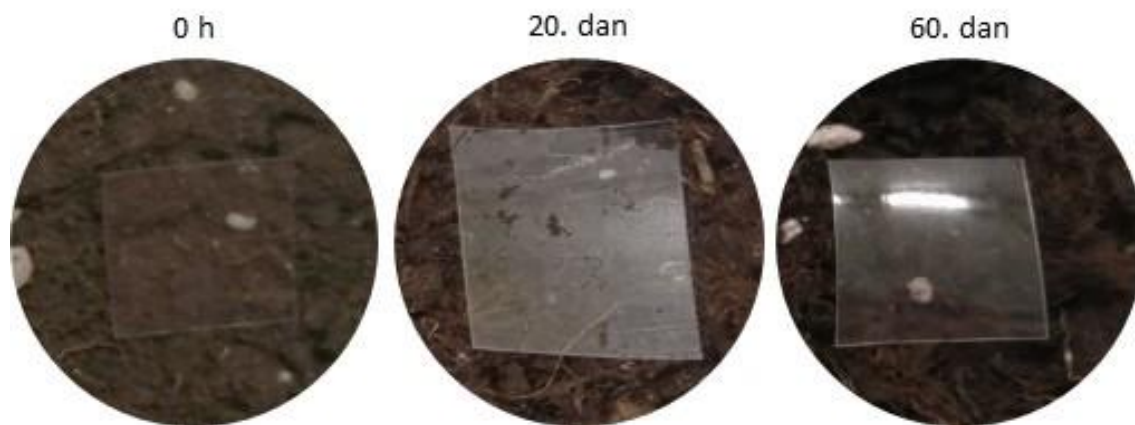
Slika 41: Razgradnja PRŠ vzorcev v zalivani zemlji v sobi.



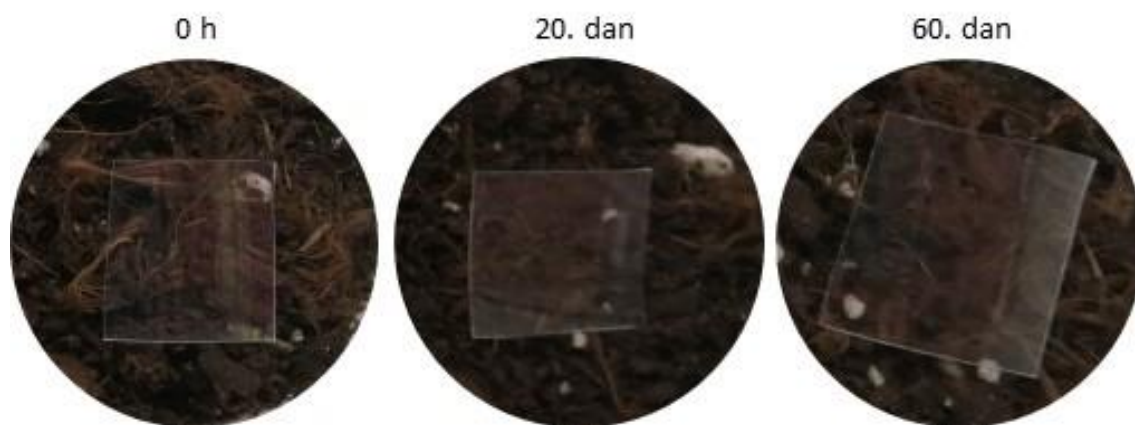
Slika 42: Razgradnja PRŠ vzorcev v zalivani zemlji na balkonu.

4.3.3.3 Razgradnja PET v suhi in zalivani zemlji v sobi in na balkonu

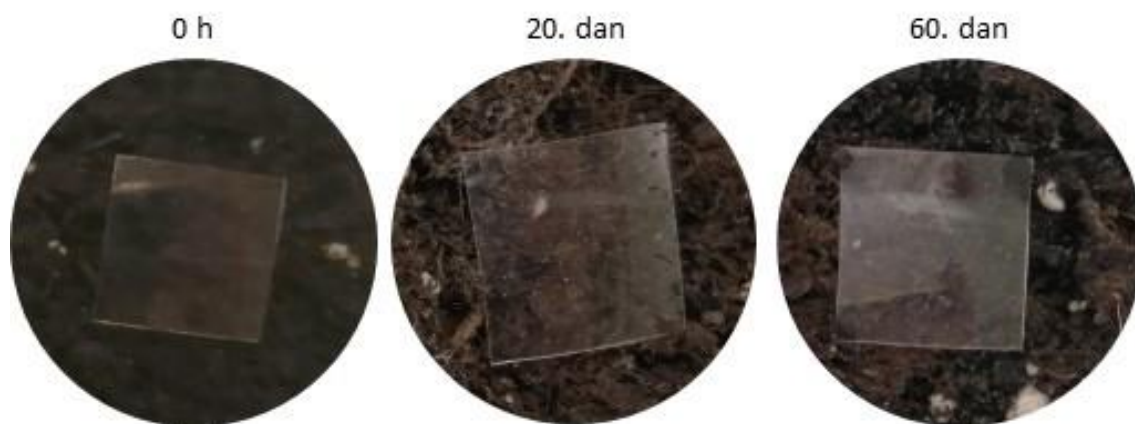
Kot pričakovano, se vzorci iz PET plastike v zemlji niso nič spremenili (Slika 43, Slika 44, Slika 45 in Slika 46).



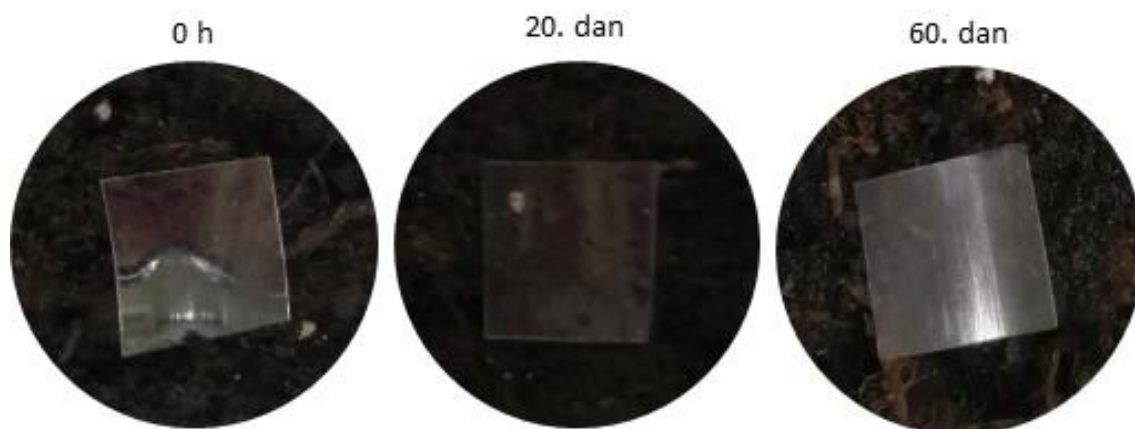
Slika 43: Razgradnja PET vzorcev v suhi zemlji v sobi.



Slika 44: Razgradnja PET vzorcev v suhi zemlji na balkonu.



Slika 45: Razgradnja PET vzorcev v zalivani zemlji v sobi.

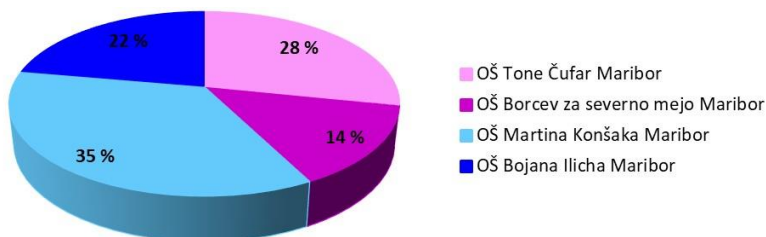


Slika 46: Razgradnja PET vzorcev v zalivani zemlji na balkonu.

4.4 Analiza rezultatov ankete učencev od 8. do 9. razreda

4.4.1 Katere šole obiskujejo anketiranci

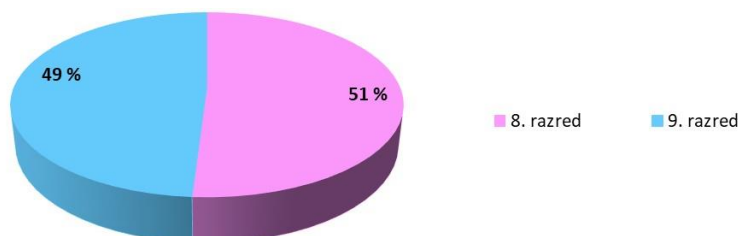
Kot kaže Graf 1, so v anketi sodelovali anketiranci iz štirih mariborskih osnovnih šol. Največ jih je bilo iz OŠ Martina Konšaka (35 %), sledile so OŠ Toneta Čufarja (28 %), OŠ Bojana Iliča (22 %), OŠ Borcev za severno mejo (14 %) in Waldorfska šola.



Graf 1: Delež anketirancev po šolah.

4.4.2 Kateri razred obiskujejo anketiranci

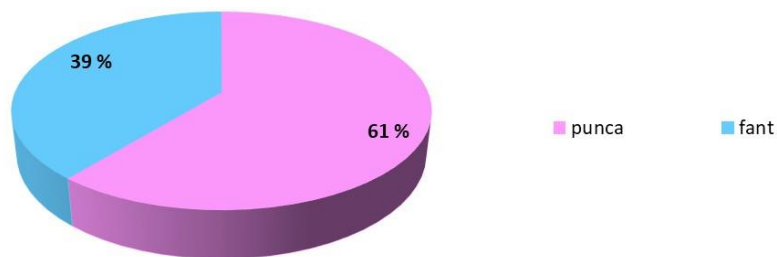
Kot kaže Graf 2, malo več kot polovica anketirancev obiskuje 8. razred (51 %) in preostali delež anketirancev 9. razred (49 %) osnovne šole.



Graf 2: Delež anketirancev po razredih.

4.4.3 Kakšnega spola so anketiranci

Kot kaže Graf 3, je 61 % anketirancev ženskega spola in 39 % moškega spola.



Graf 3: Delež anketirancev po spolu.

4.4.4 Kaj je plastika po mnenju anketirancev

Graf 4 prikazuje mnenje anketirancev o tem, kaj je plastika. S tem vprašanjem sem želela preveriti, kako so učenci informirani o okoljski problematiki, ki jo povzroča prekomerna uporaba plastike. Edini pravilni odgovor na vprašanje Kaj je plastika? bi bil, da je plastika naravni ali umetni material, ki je sestavljen iz večjega števila manjših enot, imenovanih monomeri. Ta odgovor je podalo zgolj nekoliko več od tretjine anketirancev (38 %).

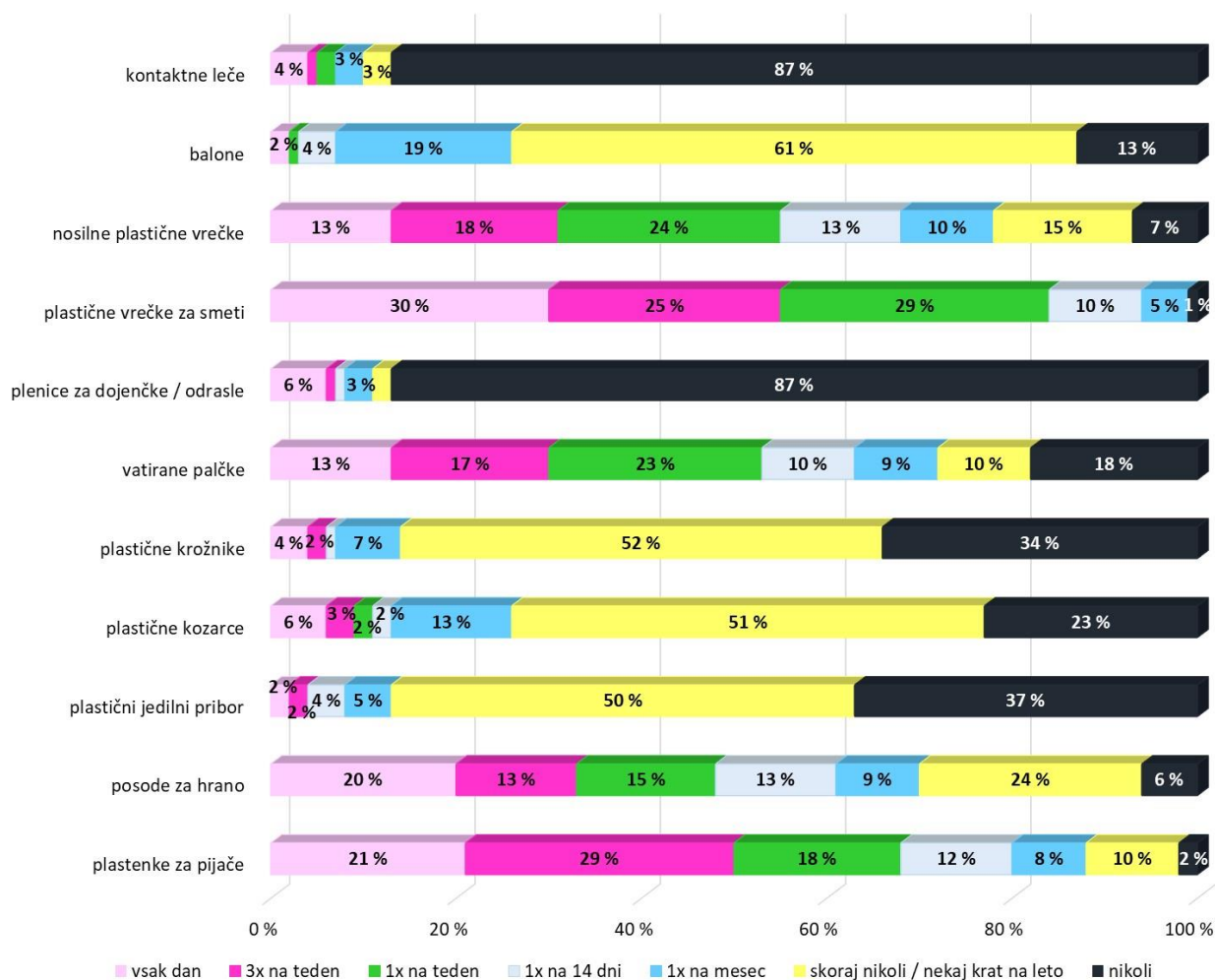
37 % anketirancev je sicer menilo, da je plastika material z dolgo življenjsko dobo, ki razpade na ogljikov dioksid in vodo. To je napačno, saj plastika razpade na mikroplastiko. 14 % anketirancev je menilo, da je plastika trpežen material, ki je sestavni del številnih predmetov, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju in so okolju prijazni. Tudi to je napačno, saj plastika ni okolju prijazna. 11 % anketirancev pa je menilo, da ima plastika kratko življenjsko dobo. To je napačno, saj ima plastiko zelo dolgo življenjsko dobo. Nekateri plastični izdelki razpadajo več sto let.



Graf 4: Mnenje respondentov o tem, kaj je plastika.

4.4.5 Kako pogosto anketiranci doma uporabljajo plastične izdelke

Graf 5 prikazuje, kako pogosto anketiranci uporabljajo plastične izdelke v domačem okolju in katere. Iz grafa vidimo, da je najbolj pogosta uporaba plastičnih vrečk za smeti, plastenk za pijače, posode za hrano, nosilnih plastičnih vrečk in vatiranih palčk. S tem sem ugotovila, katere plastične izdelke moramo najprej nadomestiti, da zmanjšamo uporabo plastike v domačem okolju.

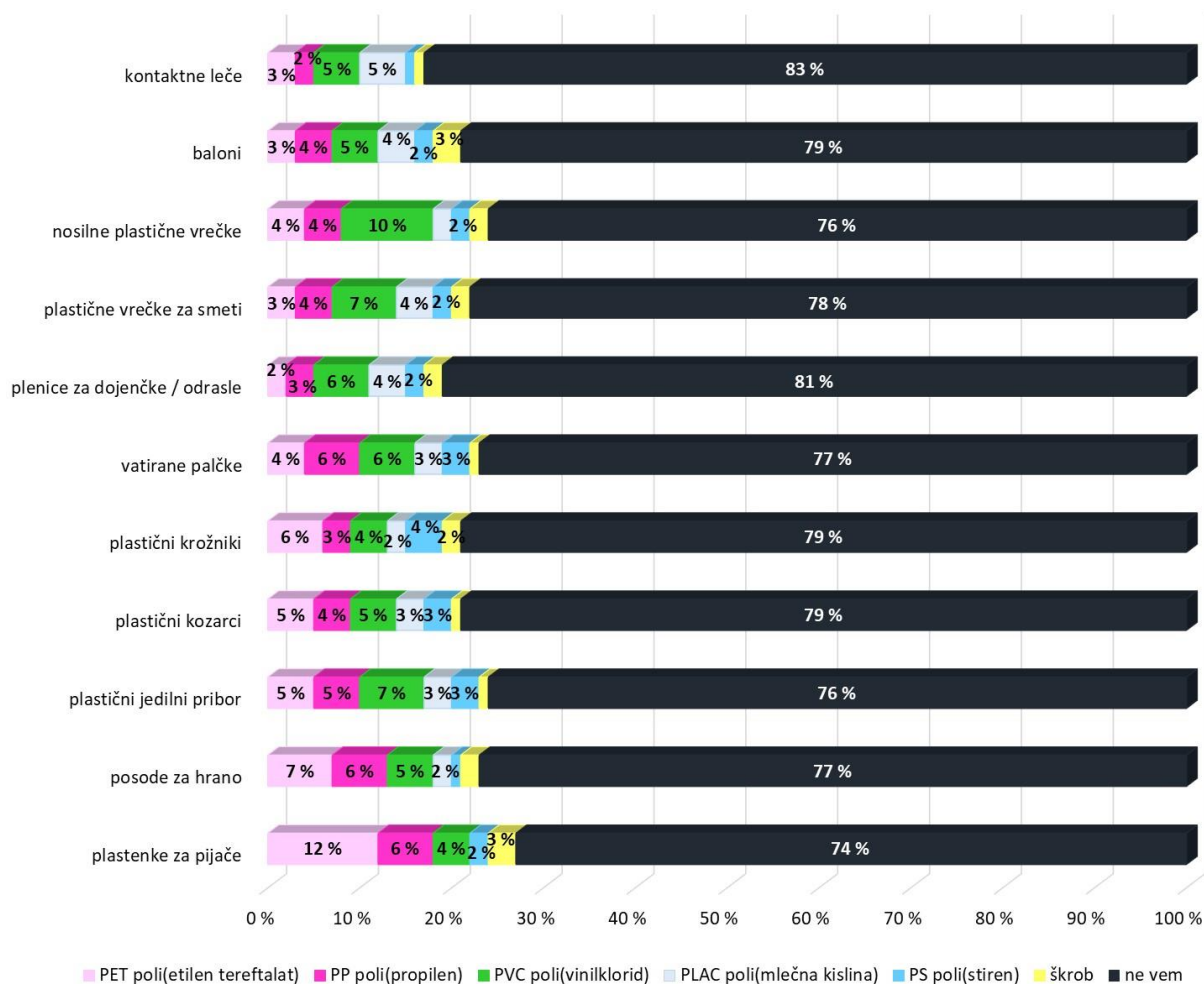


Graf 5: Uporaba plastičnih izdelkov doma.

4.4.6 Iz katerih materialov so plastični izdelki

Graf 6 prikazuje mnenje anketirancev o vrsti materiala, iz katerega so plastični izdelki narejeni. Iz odgovorov je mogoče enostavno ugotoviti, da anketiranci v veliki večini niso dobro informirani o vrstah materiala. Za večino plastičnih izdelkov je od 74 do 84 % anketirancev odgovorilo, da ne vedo. Na vprašanje, katere druge plastične izdelke še uporabljajo doma in iz kakšnih materialov,

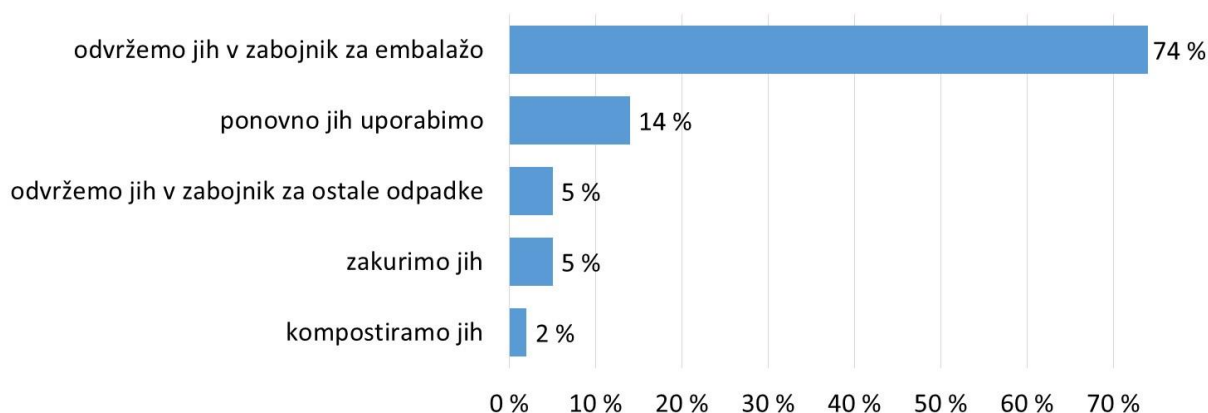
so anketiranci navedli: gumice za lase, vodovodne cevi, plastične rokavice, lego kocke in vezice, kot material pa so navedli ali polisitren ali polivinilklorid.



Graf 6: Iz katerega materiala so plastični izdelki.

4.4.7 Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki po uporabi doma

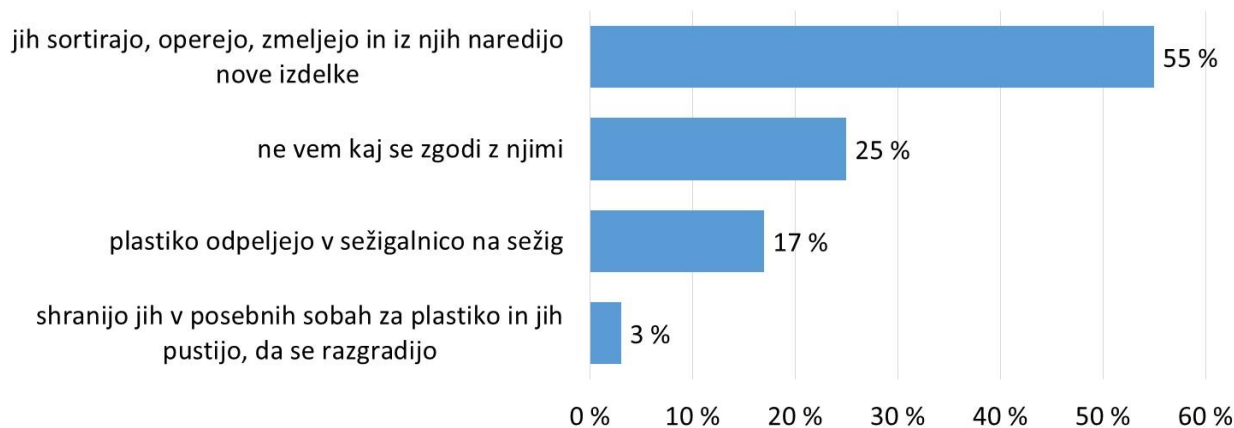
Graf 7 prikazuje, kaj se zgodi s plastičnimi izdelki po uporabi v domovih anketirancev. Iz grafa je razvidno, da tri četrtine anketirancev (74 %) odvrže uporabljene izdelke v zabojnike za embalažo. To je dobro, saj jih lahko na ta način vsaj deloma recikliramo v ustreznih predelovalnih obratih. 14 % anketirancev že kar sami ponovno uporabijo plastične izdelke, kar je najbolje, saj s tem zmanjšujejo porabo energije in vode. 5 % anketirancev zakuri uporabljene izdelke, kar ima določene posledice za okolje (toplogredni plini). 5 % anketirancev uporabljene izdelke odvrže v zabojnike za ostale odpadke, kar je v večini primerov izdelkov narobe. 2 % anketirancev kompostira uporabljene plastične izdelke, kar je tudi mogoče le z določenimi materiali.



Graf 7: Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki po uporabi doma.

4.4.8 Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki na smetiščih

Graf 8 prikazuje, kaj se po mnenju anketirancev zgodi s plastičnimi izdelki na smetiščih. Nekoliko več kot polovica (55 %) anketirancev meni, da se plastični izdelki reciklirajo. 17 % jih meni, da se izdelki sežigajo, in 3 % jih je mnenja, da se izdelki pustijo razgraditi. Iz grafa je tudi razvidno, da četrtnina (25 %) anketirancev ne ve, kaj se zgodi s plastičnimi izdelki na smetiščih.



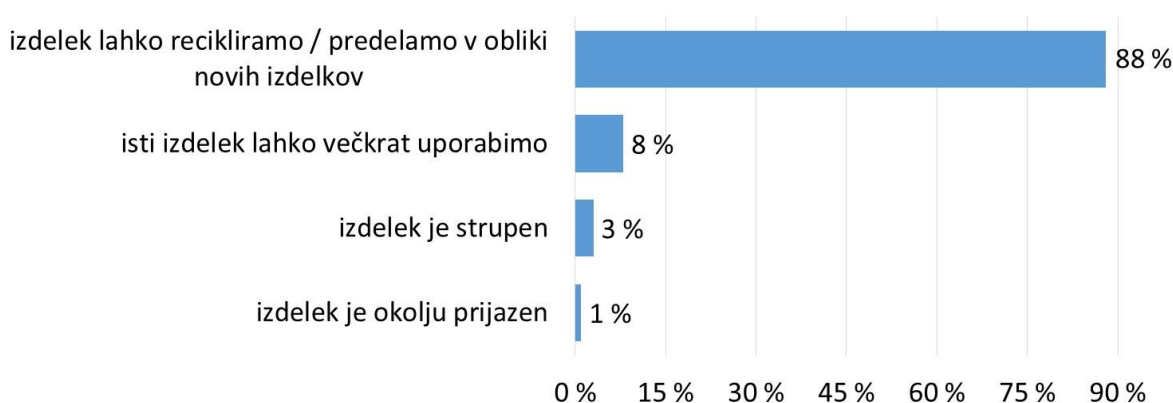
Graf 8: Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki na smetiščih.

4.4.9 Poznavanje simbola za recikliranje

Graf 9 prikazuje mnenja anketirancev, kaj po njihovem mnenju predstavlja univerzalni simbol za recikliranje (Slika 47). Iz grafa je razvidno, da je zelo velika večina (88 %) anketirancev odgovorila pravilno, zato lahko zaključimo, da je poznavanje simbola med anketiranci zelo dobro.



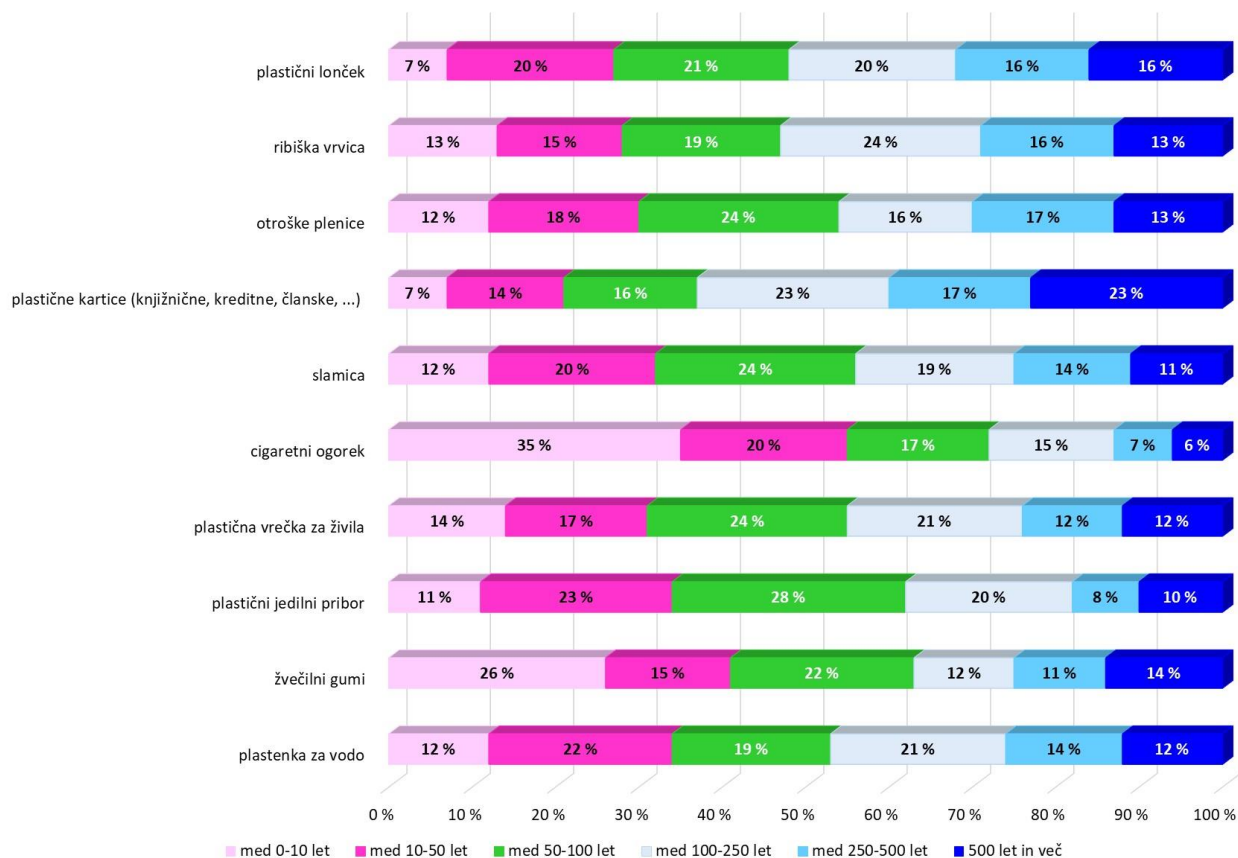
Slika 47: Simbol za recikliranje. (https://en.wikipedia.org/wiki/Recycling_symbol)



Graf 9: Pomen simbola za recikliranje.

4.4.10 Kako dolgo traja razgradnja plastičnih izdelkov

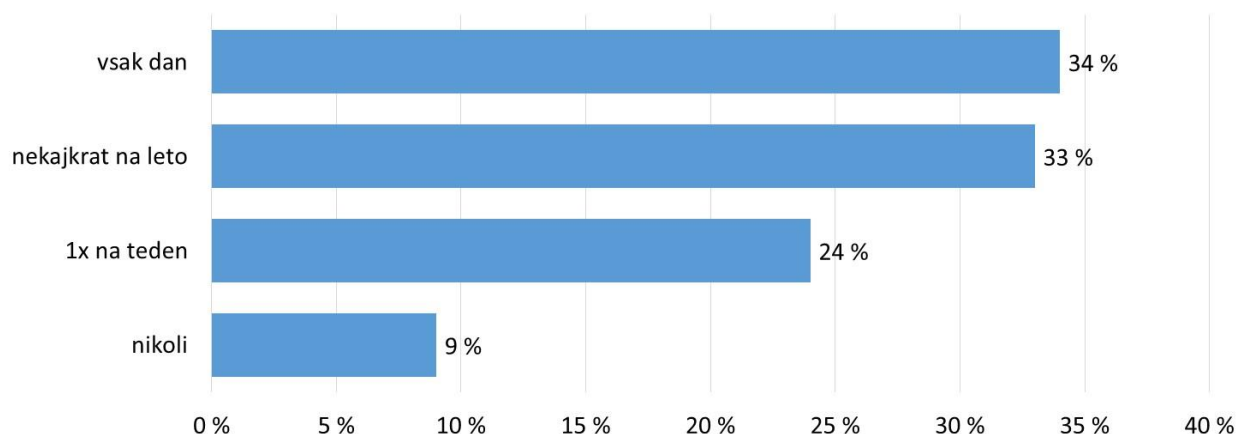
Graf 10 prikazuje mnenja anketirancev o tem, kako dolgo traja razgradnja različnih plastičnih izdelkov. Po mnenju anketirancev se najdlje razkrajajo plastične (kreditne ipd.) kartice, plastični lončki, ribiške vrvic, plastenke za vodo in otroške plenice. Doba razgradnje je seveda odvisna od vrste materiala, iz katerega je nek plastični material narejen. Tako se npr. plastične kartice razgrajujejo kar do 1000 let, otroške plenice do 500 let in cigaretni ogorki med 1 in 5 leti.



Graf 10: Čas razgradnje plastičnih izdelkov.

4.4.11 Kako pogosto anketiranci v šoli uporabljajo plastične izdelke

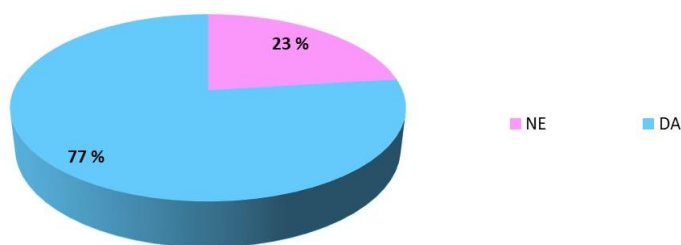
Graf 11 prikazuje, kako pogosto anketiranci v šoli uporabljajo plastične izdelke. Iz grafa je razvidno, da 34 % anketirancev uporablja v šoli plastične izdelke vsak dan, 33 % jih uporablja nekajkrat na leto, 24 % pa enkrat na teden. 9 % anketirancev nikoli ne uporablja plastičnih izdelkov. V mojem razredu od plastičnih izdelkov uporabljamo plastične bidone za vodo, peresnice, pisala, ravnila in druge šolske pripomočke. Ne uporabljamo pa plastičnega jedilnega pribora, lončkov in slamic.



Graf 11: Pogostost uporabe plastičnih izdelkov v šoli.

4.4.12 Ali so anketiranci v prvi in drugi triadi uporabljali plastične izdelke

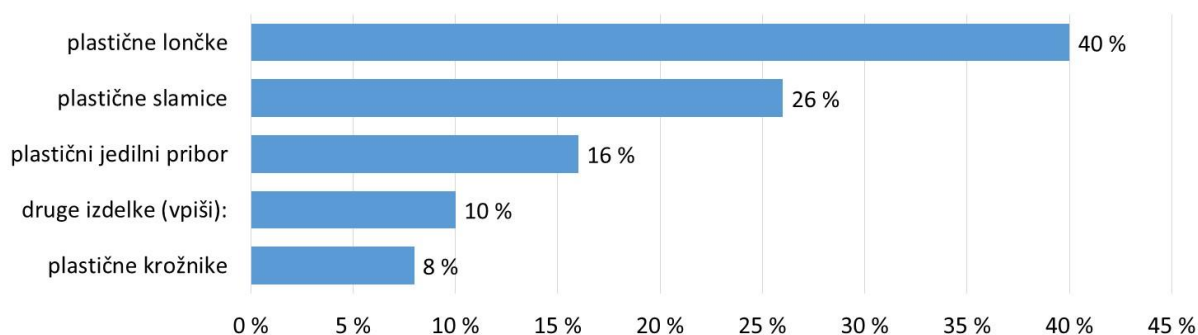
Graf 12 prikazuje mnenje anketirancev, ali so v šoli uporabljali plastične izdelke v prvi in drugi triadi. Iz grafa je razvidno, da je 77 % anketirancev uporabljajo plastične izdelke, 23 % pa jih ni uporabljalo. Vprašanje se je nanašalo predvsem na plastični jedilni pribor in ne na šolske potrebščine, kar je razvidno iz naslednjega vprašanja.



Graf 12: Uporaba plastičnih izdelkov v prvi in drugi triadi.

4.4.13 Katere izdelke so anketiranci uporabljali v prvi in drugi triadi

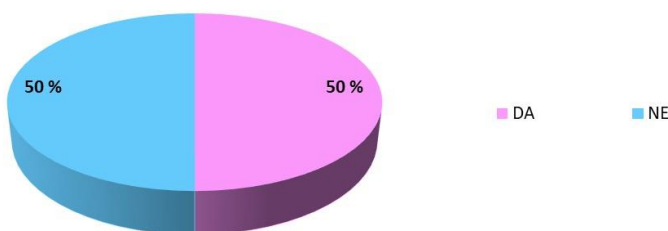
Graf 13 prikazuje uporabo različnih plastičnih izdelkov v prvi in drugi triadi. Na vprašanje so odgovarjali zgolj tisti anketiranci, ki so na predhodno vprašanje odgovorili z DA. Pri tem so anketiranci lahko označili več izdelkov. Največkrat so anketiranci uporabljali plastične lončke (40 %). Sledijo jim plastične slamice (26 %), plastični jedilni pribor (16 %) in plastični krožniki (8 %).



Graf 13: Vrste uporabljenih plastičnih izdelkov v prvi in drugi triadi.

4.4.14 Ali so se anketiranci pogovarjali z učitelji, zakaj v šoli več ne uporabljajo plastičnih izdelkov

Graf 14 prikazuje delež anketirancev, ki so se v šoli pogovarjali z učitelji, zakaj več ne uporabljajo plastičnih izdelkov. Iz grafa je razvidno, da se je polovica anketirancev pogovarjala in polovica se o tem ni pogovarjala z učitelji.



Graf 14: Ali so se anketiranci pogovarjali z učitelji, zakaj v šoli več ne uporabljajo plastičnih izdelkov.

4.4.15 Razlogi za opustitev plastičnih izdelkov za enkratno uporabo

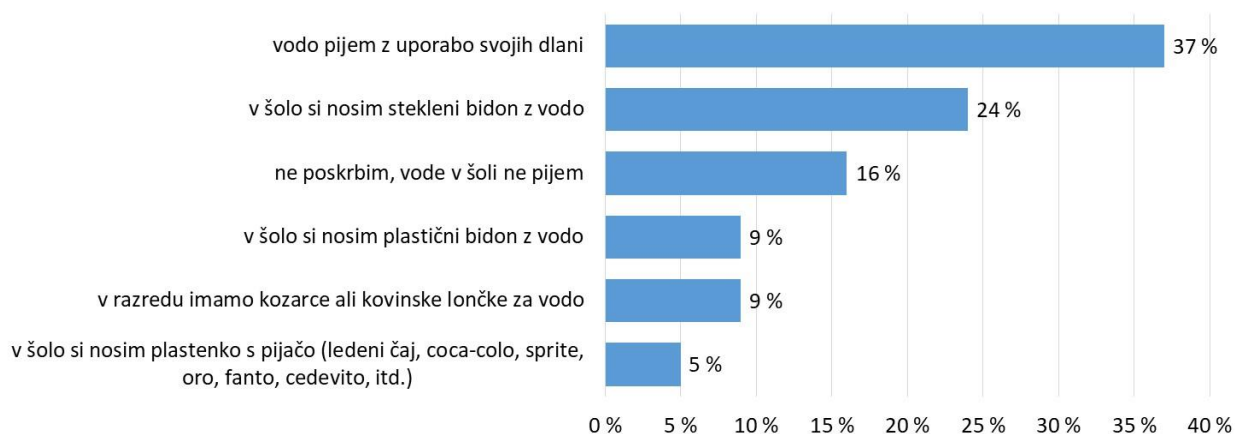
Graf 15 prikazuje mnenja anketirancev o tem, zakaj se v šoli več ne uporablja plastičnih izdelkov za enkratno uporabo. 76 % anketirancev meni, da je to zaradi zmanjšanja vpliva plastičnih izdelkov na okolje (ekošola). 10 % jih meni, da zato ker se izdelki za enkratno uporabo hitro lomijo in jih porabimo preveč. 8 % meni, da zato ker so ti izdelki predragi. Preostalih 6 % pa še vedno uporablja plastične izdelke za enkratno uporabo v šoli.



Graf 15: Mnenje respondentov o razlogih za opustitev plastičnih izdelkov za enkratno uporabo.

4.4.16 Kako anketiranci skrbijo za žejo

Graf 16 prikazuje, na kakšen način anketiranci skrbijo za žejo v šoli. Največ, 37 % anketirancev, pije vodo enostavno z uporabo svojih dlani, 24 % jih nosi v šolo stekleni bidon z vodo, 9 % nosi v šolo plastični bidon z vodo, 9 % ima na voljo kozarce ali kovinske lončke za vodo in 5 % ima plastenke z drugimi osvežilnimi pijačami. 16 % respondentov ne pije vode v šoli.



Graf 16: Kako respondenti poskrbijo za žejo v šoli.

4.4.17 Mnenja o trditvi, da je plastika okolju neprijazen material

Graf 17 prikazuje mnenje anketirancev o trditvi, da je plastika okolju neprijazen material, ki razpada dolgo časa in nikoli čisto do konca, produkt razgradnje pa je mikroplastika. Iz grafa je razvidno, da se 84 % anketirancev strinja s trditvijo, kar kaže na njihovo dobro obveščenost o tej problematiki.



Graf 17: Mnenje o trditvi, da je plastika okolju neprijazen material.

4.4.18 Mnenja, zakaj so plastični izdelki škodljivi za okolje

Z vprašanjem, da naj anketiranci opisno utemeljijo, zakaj so plastični izdelki škodljivi za okolje, sem poskušala pridobiti podrobnejši vpogled v njihovo razmišljanje. Njihove kratke utemeljitve so podprle predhodne rezultate. Utemeljitev je mogoče povzeti v smislu:

- dolgega časa razpadanja plastike v naravi,
- poškodb in smrti živali zaradi plastičnih izdelkov,
- prisotnosti mikroplastike v prehranski verigi in
- izpustov nevarnih snovi v okolje.

4.4.19 Mnenja, kako lahko za zmanjšanje onesnaženosti okolja s plastiko poskrbimo sami

Z vprašanjem, da naj anketiranci opisno utemeljijo, kako lahko za zmanjšanje onesnaženosti okolja s plastiko poskrbimo sami, sem poskušala iz njihovega razmišljanja pridobiti predloge in ideje. Utemeljitev je mogoče povzeti v smislu:

- zmanjšanja uporabe ali sploh neuporabe plastičnih izdelkov,
- zmanjšanja uporabe izdelkov za enkratno uporabo,
- večkratne uporabe izdelkov,
- prepovedi prodaje plastičnih izdelkov,
- pravilnega sortiranja plastičnih izdelkov v zabojnikih za smeti,
- pravilnega recikliranja plastičnih izdelkov,
- nadomeščanja uporabe plastičnih izdelkov z izdelki iz drugih materialov (steklo, kovine, papir, les, ipd.),
- odnašanja smeti v koše za smeti in izvajanjem čistilnih akcij.

5 RAZPRAVA IN INTERPRETACIJA REZULTATOV

O bioplastiki govorimo, ko je biorazgradljiva in narejena iz surovin obnovljivega vira. Med te surovine štejemo npr. škrob, mlečno kislino, hidroksialkanoate ipd. (Šprajcar, 2012, str. 8)

Hipotezo 1, s katero sem predvidevala, da je škrob, izoliran iz krompirja, primeren za sintezo biorazgradljive plastike, sem v celoti potrdila.

Škrob sem uspešno izolirala iz naribanih gomoljev krompirja. Lahko bi ga izolirala tudi iz koruze in stročnic, a mi je bil krompir lažje dostopen. Iz 2013,75 g sem uspela izolirati 147,24 g škroba. Glede na količino krompirja to ni prav veliko. Vendar sem bila pri izolaciji zelo uspešna. V drugem delu so iz 1042 g krompirja izolirali 53 g škroba. (Likeb, 2019, str. 31) Kar je skoraj 3x manj, kot sem ga jaz. Seveda na to vpliva več dejavnikov, kot so vrsta in količina krompirja, velikost delcev krompirja, čas namakanja krompirja v vodi, koliko vod zamenjamo za namakanje krompirja, čas posedanja izoliranega škroba v vodi in kako natančni smo pri odlivanju vode od škroba. Izkazalo se je, da je bolje namakati krompir v vodi krajši čas (približno 30 min) ob konstantnem mešanju, saj s tem preprečimo posedanje škroba na dno posode, kjer ostane ujet med koščki krompirja.

Iz izoliranega škroba sem uspešno sintetizirala fleksibilno plastiko, ki je imela gladko površino, na določenih delih tudi hrapavo. Moj produkt je bil primerljiv s produkti drugih raziskovalcev. (<https://www.youtube.com/watch?v=90ZbC5rtmTk>, <https://www.youtube.com/watch?v=ilPJk0yI5vQ>, <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=VUkyW1Pir9g>)

Hipoteza 1, 2 in 3 se navezujejo na biorazgradnjo plastike iz izoliranega krompirjevega škroba in komercialne plastike. ***Hipotezo 2, s katero sem predvidevala, da se bo biorazgradljiva plastika, sintetizirana iz krompirjevega škroba, hitreje razgradila kot komercialna plastika, narejena iz polietilena tereftalata, lahko v celoti potrdim.*** Teste razgradnje sem naredila primerjalno s plastiko iz krompirjevega škroba, s komercialno plastično vrečko iz rastlinskega škroba in plastiko iz polietilena tereftalata, in sicer v različnih tekočih medijih (raztopinah s pH 1, 4, 7, 9 in 11, v vodi iz pipe, vodni raztopini natrijevega klorida (3,8 %), kisu in olivnem olju) in zemlji (suhi in zalivani). Plastika iz polietilena tereftalata se v nobenem mediju ni razgradila ali začela razgrajevati, niti v zelo kislem ali v zelo bazičnem. Kar je bil pričakovan rezultat, saj gre za zelo trpežen material, ki razpada tudi do 1000 let, pa še takrat le do mikroplastike. Plastika iz škroba, laboratorijska in komercialna, je zelo hitro razpadala v močno bazični raztopini s pH 11 in nekoliko počasneje v zelo kisli raztopini s pH 1. O podobnih rezultatih poročajo Podvršnik in drugi, ki so v

kislinah in bazah proučevali razgradljivost vrečk iz različnih materialov. (Podvršnik, 2019, str. 24)

V zemlji, predvsem zalivani, je prišlo do razgradnje plastike iz krompirjevega škroba. Ta je razpadla po 60 dnevih do mikroplastike, med tem ko je plastična vrečka iz rastlinskega škroba imela le nekaj majhnih luknjic. ***Hipotezo 3, s katero sem predvidevala, da višja temperatura pospeši razgradnjo bioplastike, lahko delno potrdim.*** S testi razgradljivosti bioplastike in klasične plastike pri različnih temperaturah ($T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T=\text{sobna temperatura}$, $T=6\text{ }^{\circ}\text{C}$) sem dobila zame dvoumne rezultate glede plastike iz krompirjevega škroba. Vrečka iz rastlinskega škroba in plastika iz polietilen tereftala nista kazala znakov razgradnje pri nobeni temperaturi. Plastika iz krompirjevega škroba pa se je pri temperaturi $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ izsušila in posledično skrčila ter popokala na nekaj koščkov, ki so ostali iste oblike vse do 60 dneva testa razgradljivosti. Sprašujem se ali je razpad na nekaj manjših koščkov posledica razgradnje ali le sil, ki so nastale v materialu zaradi krčenja. ***Hipotezo 4, s katero sem predvidevala, da bioplastika hitreje razpade v kisu kot v vodi ali olivnem olju, lahko v celoti ovržem,*** saj v omenjenih medijih nobena testna plastika ni pokazala znakov razgradnje. Koščki plastik so ostali vseh 60 dni enake oblike in strukture. Kot kaže, tako kis s pH 2 kot tudi olivno olje s pH 5 nista dovolj kislila za sprožitev razgradnje.

Čeprav si težko predstavljam življenje brez vatiranih palčk, zobne ščetke, zobne paste, najljubšega šampona za telo in lase, plastičnih posod, ovitka za telefon in drugih plastičnih izdelkov, ki so del mojega vsakdana, se zavedam, da so to izdelki, ki zelo slabo vplivajo na okolje. Kot nekdo, ki rad preživlja čas na družbenih omrežjih, kjer med drugim gledam tudi poučne videoposnetke, sem si večkrat ogledala videe z ekološko vsebino in bila mnogokrat zgrožena nad videnim. Najbolj so me prizadeli posnetki z živalmi, ki se neuspešno borijo s plastiko, v katero so ujeti. Med razmišljanjem o plastiki v okolju in njenih vplivih na okolje sem se vprašala kako o tem razmišljajo moji vrstniki.

Hipotezo 5, s katero sem predvidevala, da so učenci 8. in 9. razredov ozaveščeni s problematiko plastičnih odpadkov ter njihovega dolgoročnega vpliva na okolje, a še naprej uporabljajo plastične izdelke za enkratno uporabo, lahko v celoti potrdim. Rezultati ankete so pokazali, da nekoliko več od tretjine anketiranih osnovnošolcev ve, da je plastika naravni ali umetni material, ki je sestavljen iz večjega števila manjših enot, imenovanih monomeri. Predvidevam, da so se mnogi zmedli pri definiciji plastike zaradi omenjene mikroplastike v enem od podanih odgovorov. To pa kaže na to, da vedo, da plastika razpade na mikroplastiko. Po njihovem je plastika nevarna za okolje zaradi dolgega časa razpadanja v naravi, ker povzroča poškodbe in smrt živali, ker je

mikroplastika že vstopila v prehranjevalno verigo in zaradi možnih izpustov nevarnih snovi v okolje. Vseeno pa jo v domačem okolju vsakodnevno uporabljajo. Mislim, da imajo pri tem velik vpliv njihovi starši. Pri meni je že tako. Čeprav smo plastične vrečke zamenjali z vrečkami za večkratno uporabo in z vrečkami iz blaga, starši še vedno kupujejo pijačo v plastenkah, embalirano sadje in zelenjavo itd. Dokler se nisem začela pripravljati na raziskovalno nalogo, nisem vedela, iz katerih materialov so plastični izdelki. Anketa je pokazala, da je podobno tudi pri mojih sovrstnikih. Z veseljem ugotavljam, da velik delež učencev ustrezno odlaga plastiko v zabojnike za embalažo in s tem omogočajo njeno reciklažo, nekateri jo celo doma ponovno uporabijo. Mnoge šole, med njimi tudi naša, so članice Ekošole, ki si prizadeva omejiti uporabo plastičnih izdelkov v šoli in o tem ozavešča osnovnošolce. Potrditev sem dobila z odgovorom kar 76 % učencev, ki pravijo, da v šoli ne uporabljajo plastičnih izdelkov zaradi zmanjšanja vpliva plastičnih izdelkov na okolje. Ker ni dovolj, da se samo zavedamo nevarnosti plastičnih odpadkov v okolju, me je zanimalo, kako bi osnovnošolci zmanjšali onesnaženost okolja s plastiko. Mnogi bi uporabljali plastiko za večkratno uporabo, nekateri bi jo reciklirali, eni je sploh ne bi uporabljali, spet drugi bi jo zamenjali z izdelki iz drugih materialov.

6 ZAKLJUČEK

Zaradi številnih objav in dokumentarnih oddaj o tem, da je plastika še v prejšnjem stoletju veljala za material prihodnosti, danes pa predstavlja veliko grožnjo tako okolju kot človeku samemu sem se odločila narediti raziskovalno nalogo na temo biorazgradljive plastike (bioplastike), s katero bi lahko vsaj delno umilili vplive nerazgradljive plastike na okolje.

Za lažje načrtovanje izvedbe raziskovalne naloge sem si zastavila cilje, kot so izolirati škrob iz krompirja in ga uporabiti kot glavno surovino za sintezo biorazgradljive plastike, proučiti biorazgradljivost v laboratoriju sintetizirane plastike, komercialne plastike, narejene prav tako iz škroba in za primerjavo še plastike iz neobnovljivih oz. fosilnih goriv (polietilen tereftalata) ter z anketo preveriti, kako ozaveščeni so osnovnošolski učenci mariborskih šol s problematiko plastičnih odpadkov v našem okolju. Za potrebe naloge sem se s pomočjo knjig in spletnih virov podučila o polimerih in različnih tipih plastike, o vplivih plastike na okolje in njeni biorazgradljivosti ter o škrobu kot surovini za pripravo biorazgradljivih plastičnih izdelkov. Z laboratorijskim delom sem pridobila pomembne informacije o razlikah v razgradnji plastike, narejene v laboratoriju, in komercialne plastike. S pomočjo ankete pa sem pridobila informacije o tem, kako učenci razumejo plastiko in ali so kritični do njene uporabe. Dosegla sem vse prvotno zastavljene cilje in dobila odgovore na vsa zastavljena raziskovalna vprašanja. Tri prvotno zastavljene hipoteze (H1, H2 in H5) sem potrdila v celoti, eno le deloma (H3). Ena hipotezo pa sem ovrgla (H4). Na podlagi rezultatov raziskave bi kot glavne ugotovitve izpostavila naslednje
⇒ ugotovitve laboratorijskega dela:

- krompirjev škrob lahko uspešno izoliramo iz krompirja, še posebej, če ga naribamo in mu s tem povečamo površino
- škrob je primerna surovina za sintezo fleksibilne biorazgradljive plastike, ki jo lahko z dodatki barvil tudi obarvamo
- plastika, narejena iz izoliranega krompirjevega škroba:
 - se v pečici ($T=50\text{ °C}$) močno skrči in razpade na manjše koščke, na sobni temperaturi ($T=18,1\text{--}22,6\text{ °C}$) in v hladilniku ($T=6\text{ °C}$) pa ne kaže znakov razgradnje
 - se v močno bazičnih medijih, torej v raztopinah s pH 11, v nekaj urah razgradi
 - v kislih medijih, s pH 1, začne po 5 dnevih razpadati na manjše koščke, ki so po 60 dnevih v raztopini prisotni v obliki mikroplastike po nekaj dnevih

- v raztopinah s pH 4, 7 in 9, vodi, kisu, olivnem olju in v vodni raztopini natrijevega klorida (3,8 % - podobno morski vodi) ne kaže znakov razgradnje in po 60 dnevih ohrani svojo obliko
 - se v zemlji delno skrči, obarva in postane drobljiva, razgradnja je učinkovitejša v zalivani zemlji
 - komercialna plastika, narejena iz rastlinskega škroba (ni definirano ali koruznega ali krompirjevega):
 - pri temperaturah, kot so 50 °C, 18,1-22,6 °C in 6 °C, ne kaže znakov razgradnje
 - v močno bazičnih medijih, torej v raztopinah s pH 11, začne razpadati na manjše koščke že po 2 urah in je po 60 dnevih v raztopini prisotna v obliki mikroplastike
 - v kislih medijih, s pH 1, začne razpadati na manjše koščke šele po 55 dneh
 - v raztopinah s pH 4, 7 in 9, vodi, kisu, olivnem olju in v vodni raztopini natrijevega klorida (3,8 % - podobno morski vodi) ne kaže znakov razgradnje in po 60 dnevih ohrani svojo obliko
 - v zemlji ohrani svojo obliko, se ne skrči in ne obarva, po 50 dnevih se pojavi na površini le manjše število majhnih luknjic, še posebej na plastiki v zalivani zemlji
 - plastika iz polietilen tereftalata je v vseh primerih ohranila svojo obliko in ni kazala znakov razgradnje
- ⇒ ugotovitve spletne ankete za učence 8. in 9. razredov OŠ:
- manjši delež osnovnošolcev pozna pravo definicijo plastike in še manjši materiale, iz katerih so plastični izdelki, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju
 - velik delež osnovnošolcev v domačem okolju ustrezno odlaga plastiko v zaboje za embalažo, saj so seznanjeni z možnostjo recikliranja le-te, kar potrjuje dobro poznavanje pomena univerzalnega znaka za recikliranje
 - kljub temu, da zelo dobro vedo, da je plastika material, ki ima dolgo dobo razgradnje, da razpade le do mikroplastike in negativno vpliva na naše okolje, jo v domačem okolju še vedno uporabljajo v veliki meri; gre predvsem za uporabo plastičnih nosilnih vrečk in vrečk za smeti ter plastenkov za vodo, pri čemer imajo veliko vlogo tudi starši
 - na moje veliko veselje osnovnošolci poznajo osnovne ukrepe s katerimi bi lahko omejili uporabo plastičnih izdelkov za enkratno uporabo, vendar ne bo iz tega nič, če jim starši ne bodo dober zgled.

Naj svoje razmišljanje zaključim z mislijo pisatelja Victorja Huga:

“Žalostno je pomisliti, da narava govori in da človeški rod ne posluša.”

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Plastika je ena večjih težav sodobnega človeka, predvsem zaradi ogromne količine odpadkov, ki nenadzorovano pristanejo v naravi in tako ogrožajo ves ekosistem. Spremembe so nujne in z njimi ne smemo več odlašati. Če želimo prispevati k lepšemu in boljšemu okolju, moramo ukrepati takoj. Vsak izmed nas lahko prispeva svoj košček mozaika, predvsem s spremembo svojih navad in bolj premišljeno uporabo plastike.

Moja šola je vključena v program Ekošola in si prizadeva ozaveščati in izobraževati učence o odpadni embalaži našega vsakdanjika, pri čemer ji bodo pomagali tudi izsledki moje raziskovalne naloge. Upam, da bodo na podlagi ugotovitev raziskovalne naloge učenci v bodoče razmislili o smiselnosti uporabe plastičnih izdelkov za enkratno uporabo iz nerazgradljivih materialov in jih bodo skušali nadomestiti z alternativnimi izdelki, kot so izdelki iz termoplastnega škroba, lesa, papirja ipd. Prav tako upam, da bodo še bolj kritični pri ločevanju posameznih odpadkov in tako pripomogli k bolj čistemu okolju. Moja šola si na tem področju že veliko prizadeva. Že pred leti je omejila uporabo plastičnih izdelkov, kot so npr. plastični lončki, iz katerih smo učenci med odmori pili vodo in nas danes spodbuja k uporabi bidonov, ki so namenjeni dolgotrajnejši uporabi. Prav tako nas spodbuja k ločevanju različnih vrst odpadne embalaže, še posebej odpadnega papirja in kartona ter odpadne plastike.

Med opravljanjem eksperimentov sem nosila laboratorijski plašč in zaščitne rokavice. Zaščitnih očal zaradi svojih korekcijskih očal nisem mogla nositi. Pri izolaciji škroba iz krompirja nisem imela nevarnih odpadkov, zato sem lahko vse odlila v odtok. Raztopine, ki sem uporabila za proučevanje razgradnje plastičnih materialov, sem po zaključku raziskave odnesla na Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo, v Laboratorij za organsko ter polimerno kemijo in tehnologijo, kjer so jih shranili v ustrezne odpadne reagenčne steklenice.

Vsakdo od nas ima pravico do zdravega življenjskega okolja, vendar je pomembno, da se do njega vedemo odgovorno. Naredimo spremembe v našem malomarnem ravnanju do njega in prenehajmo uporabljati plastične izdelke za enkratno uporabo.

8 LITERATURA IN VIRI

- Bauman Katja: Ekoinovacije – primer bioplastike, diplomska naloga, Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 2008. (pridobljeno: 26. 12. 2022):
http://www.cek.ef.uni-lj.si/u_diplome/bauman3653.pdf
- Dolenc Darko: Organska kemija, univerzitetni učbenik, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2019.
- Kefurt Lucia: Biorazgradnja materiala na bazi termoplastičnega škroba s procesom kompostiranja, diplomska naloga, Univerza v Zagrebu, Metalurška fakulteta, Sisak, 2021. (pridobljeno: 26. 12. 2022): <https://zir.nsk.hr/islandora/object/simet%3A422>
- Knutson Cassandra M., Hilker Abby P., Tolstyka Zachary P., Anderson Constance B., Wilbon Perry A., Mathers Robert T., Wentzel Michael T., Perkins Angela L. and Wissinger Jane E.: Dyeing to Degrade: A Bioplastics Experiment for College and High School Classrooms, Journal of Chemical Education, 2019, 96, 2565–2573. (pridobljeno 26. 12. 2023):
<https://experts.umn.edu/en/publications/dyeing-to-degrade-a-bioplastics-experiment-for-college-and-high-s>
- Likeb Tjaša: Bioplastika – raziskovalna naloga, Mladi za Celje, Celje, 2019. (pridobljeno: 26. 12. 2022): <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201904041.pdf>
- Podvršnik Luka, Vehovar Maj in Žnidar Lan: Nakupovalno vrečko izbiram, naravo podpiram – raziskovalna naloga, Slovenska Bistrica, 2019. (pridobljeno: 26. 12. 2022):
https://bistra.si/images/raziskovalne-naloge/2019/O%C5%A0_Ekologija_z_varstvom_okolja_Nakupovalno_vre%C4%8Dko_izbiram_naravo_podpiram.pdf
- Rhodes Christopher J.: Solving the plastic problem: From cradle to grave, to reincarnation, Science Progress, 2019, 102, 218–248. (pridobljeno: 26. 12. 2022)
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0036850419867204>
- Smrdu Andrej: Od molekule do makromolekule, učbenik za kemijo v 9. razredu osnovne šole, Založništvo Jutro, Ljubljana, ponatis 2020.
- Smrdu Andrej: Kemija – Snov in spremembe 3, učbenik za kemijo v 3. letniku gimnazije, Založništvo Jutro, Ljubljana, ponatis 2018.

- Šprajcar Maša, Horvat Petra in Kržan Andrej: Biopolimeri in bioplastika skladna z naravo – Informacijsko-izobraževalno gradivo za profesorje in laborante kemije na osnovnih in srednjih šolah, Kemijski inštitut, Ljubljana, 2012. (pridobljeno: 11. 09. 2022):
https://www.konopko.si/files/file/Bioplastika-skladna-z-naravo_gradivo-za-sole.pdf
- Žigon Majda: Uvod v polimere-zapiski predavanj, Kemijski inštitut, Ljubljana, 2009.
- Plastike in druge embalaže je preveč (pridobljeno: 07. 01. 2023):
<https://www.prijaznidookolja.si/plastike-in-druge-embalaze-je-prevec/>
- Ftalat (pridobljeno: 07. 01. 2023): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Ftalat>
- Nevarnost iz plastenke (pridobljeno: 06. 01. 2023):
<https://www.zurnal24.si/magazin/lepota-telo/nevarnost-iz-plastenke-32109>
- Nevarni Bisfenol A (pridobljeno: 06. 01. 2023): <https://www.preberite.si/bisfenol-a/>
- Bioplastika – slaba šala ali prava rešitev? (pridobljeno: 06. 01. 2023):
<https://deloindom.delo.si/odpadki/bioplastika-slaba-sala-ali-prava-resitev>
- Plastic Pollution (pridobljeno: 30. 12. 2022): <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
- Planet plastika? (pridobljeno: 30. 12. 2022):
<https://www.mladinska-knjiga.si/revije/gea/clanki/okolje/planet-plastika>
- What is a polymer (pridobljeno: 28. 12. 2022):
<https://www.pslc.ws/macrog/kidsmac/basics.htm>
- Plastika (pridobljeno: 26. 12. 2022): <https://sl.wikipedia.org/wiki/Plastika>
- Polimerizacija (pridobljeno: 28. 12. 2022):
<https://si.openprof.com/wb/polimerizacija?ch=712>
- Plastomeri in duromeri (pridobljeno: 28. 12. 2022): <https://kemija.net/slovarcek/2749>
- Kaj je plastika, proizvodnja plastike, vrste plastike – plastika od A do Ž! (pridobljeno: 26. 12. 2022):
<https://trg.ebm.si/kaj-je-plastika-proizvodnja-plastike-vrste-plastike-plastika-od-a-do-z/>
- Billions of tons of plastic trash accumulating on Earth (pridobljeno: 26. 12. 2022):
<https://www.enca.com/world/billions-of-tons-of-plastic-trash-accumulating-on-earth>
- Ocean pollution: 'Stop polluting our oceans or face disaster' warns WWF (pridobljeno: 26. 12. 2022): <https://www.bbc.co.uk/newsround/47445196>

- ## Videoposnetki:

- 58

9 PRILOGE

9.1 Priloga 1: Anketni vprašalnik za učence od 8. do 9. razreda

Kratko ime ankete: Plastika
Število vprašanj: 19
Število spremenljivk: 56
Status: aktivna od 15. 11. 2022 do 16. 1. 2023

Pozdravljeni, osnovnošolci.

Sem učenka 8. razreda. S to anketo vas vabim, da se vključite v mojo raziskavo o navadni in biorazgradljivi plastiki. Z rezultati ankete želim preveriti, kako ozaveščeni smo osnovnošolci o problematiki plastike v našem okolju.

Anketa je anonimna, zato v vaših odgovorih ne smete podajati osebnih podatkov, kot so na primer vaše ime, naslov in podobno.

Prosim, da si vzamete približno 10 minut časa za izpolnjevanje ankete in odgovorite na vsa zastavljena vprašanja. Vaš napredek skozi anketni vprašalnik bo prikazan v zgornjem delu ekrana.

Z izpolnjevanjem pričnete tako, da spodaj najprej potrdite, da niste robot, nato se pomaknete na naslednjo stran s klikom na gumb "Naslednja stran".

Vnaprej se vam zahvaljujem za vaše sodelovanje.

Q1 – Katero OŠ obiskuješ?

- | | |
|---|---|
| ☐ OŠ Toneta Čufarja Maribor | ☐ OŠ Maksa Durjave Maribor |
| ☐ OŠ Draga Kobala Maribor | ☐ Waldorfska šola Maribor |
| ☐ OŠ Borcev za severno mejo Maribor | ☐ OŠ Montessori Maribor |
| ☐ OŠ bratov Polančičev Maribor | ☐ OŠ Rada Robiča Limbuš |
| ☐ OŠ Martina Konšaka Maribor | ☐ OŠ Franceta Prešerna Maribor |
| ☐ OŠ Janka Padežnika Maribor | ☐ OŠ Angela Besednjaka Maribor |
| ☐ OŠ Dušana Flisa Hoče | ☐ OŠ Bojana Iliča Maribor |
| ☐ OŠ Leona Štuklja Maribor | ☐ OŠ Franca Rozmana - Staneta Maribor |
| ☐ OŠ Tabor I Maribor | ☐ OŠ Ludvika Pliberška Maribor |

Q2 – Kateri razred obiskuješ?

- ☐ 8. razred ☐ 9. razred

Q3 – Tvoj spol?

- ☐ deklina
- ☐ deček

Q4 – Kaj je po tvojem mnenju plastika?

- ☐ Plastika je material, ki ima kratko življenjsko dobo.
- ☐ Plastika je trpežen material, ki je sestavni del številnih predmetov, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju in so okolju prijazni.
- ☐ Plastika je naravni ali umetni material, ki je sestavljen iz večjega števila manjših enot, imenovanih monomeri.
- ☐ Plastika je material z dolgo življenjsko dobo, ki razpade na ogljikov dioksid in vodo.

Q5 – Kako pogosto doma uporabljate naslednje plastične izdelke?

	vsak dan	3x na teden	1x na teden	1x na 14 dni	1x na mesec	skoraj nikoli / nekajkrat na leto	nikoli
plastenke za pijače	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
posode za hrano	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastični jedilni pribor	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastične kozarce	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastične krožnike	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
vatirane palčke	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plenice za dojenčke / odrasle	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastične vrečke za smeti	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
nosilne plastične vrečke	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
balone	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
kontaktne leče	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Q6 – Ali veš, iz katerega materiala so ti izdelki?

	PET polietilen tereftalat	PP polipropilen	PVC polivinil -klorid	PLAC polimlečna kislina	PS polistiren	škrob	ne vem
plastenke za pijače	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
posode za hrano	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastični jedilni pribor	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastični kozarci	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastični krožniki	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
vatirane palčke	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plenice za dojenčke / odrasle	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastične vrečke za smeti	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
nosilne plastične vrečke	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
baloni	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
kontaktne leče	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
drugi plastični izdelki (vpiši):	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Q7 – Kaj naredite doma s plastičnimi izdelki (plastenke, pribor, kozmetični pripomočki ...) po uporabi?

- ☐ Zakurimo jih.
- ☐ Odvržemo jih v zabojnik za embalažo.
- ☐ Odvržemo jih v zabojnik za ostale odpadke.
- ☐ Ponovno jih uporabimo.
- ☐ Kompostiramo jih.

Q8 – Kaj se zgodi s plastičnimi izdelki na smetiščih?

- ☐ Shranijo jih v posebnih sobah za plastiko in jih pustijo, da se razgradijo.
- ☐ Sortirajo jih, operejo, zmeljejo in iz njih naredijo nove izdelke.
- ☐ Plastiko odpeljejo v sežigalnico na sežig.
- ☐ Ne vem, kaj se zgodi z njimi.

Q9 – Kaj pomeni naslednji znak na plastičnih izdelkih?

- ☐ Isti izdelek lahko večkrat uporabimo.
- ☐ Izdelek lahko recikliramo / predelamo v obliko novih izdelkov.
- ☐ Izdelek je strupen.
- ☐ Izdelek je okolju prijazen.



Q10 – Kako dolgo se po tvojem mnenju razgrajujejo naslednji plastični izdelki?

	0–10 let	10–50 let	50–100 let	100–250 let	250–500 let	500 let in več
plastenka za vodo	☐	☐	☐	☐	☐	☐
žvečilni gumi	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastični jedilni pribor	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastična vrečka za živila	☐	☐	☐	☐	☐	☐
cigaretni ogorek	☐	☐	☐	☐	☐	☐
slamica	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastične kartice (knjižnične, kreditne, članske ...)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
otroške plenice	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ribiška vrvica	☐	☐	☐	☐	☐	☐
plastični lonček	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Q11 – Kako pogosto uporabljate plastične izdelke v šoli?

- ☐ vsak dan
- ☐ 1x na teden
- ☐ nekajkrat na leto
- ☐ nikoli

Q12 – Hodiš v tretjo triado. Ste v šoli uporabljali plastične izdelke v prvi ali drugi triadi?

- ☐ NE
- ☐ DA

Q13 – Katere plastične izdelke ste uporabljali v prvi ali drugi triadi?

Možnih je več odgovorov.

- ☐ plastični jedilni pribor
- ☐ plastične lončke
- ☐ plastične krožnike
- ☐ plastične slamice
- ☐ druge izdelke (Vpiši.):

Q14 – Ste se z učitelji pogovorili, zakaj v šoli več ne uporabljate plastičnih izdelkov?

- ☐ DA
- ☐ NE

Q15 – Zakaj po tvojem mnenju v šoli več ne uporabljate plastičnih izdelkov za enkratno uporabo?

- ☐ Ker se velikokrat zlomijo (uničijo) in jih porabimo preveč.
- ☐ Ker so predragi.
- ☐ Zaradi zmanjšanja vpliva plastičnih izdelkov na okolje – ekošola.
- ☐ Še vedno jih uporabljamo.

Q16 – V šoli preživiš približno 6 ur na dan. Kako poskrbiš za svojo žejo?

- ☐ Ne poskrbim, vode v šoli ne pijem.
- ☐ V razredu imamo kozarce ali kovinske lončke za vodo.
- ☐ Vodo pijem z uporabo svojih dlani.
- ☐ V šolo nosim stekleni bidon z vodo.
- ☐ V šolo nosim plastični bidon z vodo.
- ☐ V šolo nosim plastenko s pijačo (ledeni čaj, kokakola, sprite, ora, fanta, cedevita ...)

Q17 – Kaj meniš o trditvi, da je plastika okolju neprijazen material, ki razpada dolgo časa in še to nikoli čisto do konca?

- ☐ Trditev ni pravilna, saj plastika v celoti razpade v ogljikov dioksid, vodo in biomaso.
- ☐ Trditev ni pravilna, saj plastika razpada maksimalno 10 let, končni produkt razgradnje pa sta ogljikov dioksid in voda.
- ☐ Trditev je pravilna, saj plastika razpada več let, končni produkt razgradnje pa je mikroplastika.

Q18 – Zakaj so po tvojem mnenju plastični izdelki škodljivi za okolje? Utemelji.

Q19 – Kako lahko za zmanjšanje onesnaženosti okolja s plastiko poskrbimo sami? Utemelji.
