# USMERITVE za učitelje - 1. del

## Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov

Učna enota je zasnovana kot vodeno eksperimentalno-raziskovalno delo. Učenci bodo preko vodenega eksperimentalno-raziskovalnega dela spoznali sintezo bioplastike iz bananinih olupkov.

**STAROST UČENCEV**

Eksperimentalno-raziskovalno delo je primerno za učence v 9. razredu osnovne šole (14–15 let).

**KLJUČNE BESEDE**

bioplastika, naravni polimeri, škrob

**ORGANIZACIJSKI NAČRT**

|  |  |
| --- | --- |
| Stopnje vodenega eksperimentalno-raziskovalnega dela | Čas |
| Preliminarna aktivnost | 40 minut |
| Oblikovanje/izbor raziskovalnih vprašanj | 0 minut |
| Načrtovanje eksperimentalnega dela | 15 minut |
| Izvedba eksperimentalnega dela | 90 minut |
| Rezultati in razprava | 25 minut |
| Zaključek | 10 minut |

**UČNI CILJI**

Cilji so skladni z učnim načrtom za kemijo v osnovni šoli (Učni načrt za kemijo v osnovni šoli,

2011).

Učenci/-ke:

* opredelijo polisaharide kot naravne polimere;
* razumejo pomen in vpliv organskih kisikovih spojin na življenje oziroma okolje;
* uporabljajo eksperimentalnoraziskovalni pristop oziroma laboratorijske spretnosti;
* razumejo soodvisnost zgradbe, lastnosti in uporabe snovi;
* razvijajo odgovoren odnos do uporabe snovi, sposobnost in pripravljenost za zavzeto, odgovorno in utemeljeno ravnanje za zdravje in v okolju (kemijska varnost);
* spodbujamo k načrtnem opazovanju, zapisovanju in uporabi opažanj/meritev kot vira podatkov.

### Uvod

Plastični materiali (plastika) vsebujejo kot ključno sestavino umetne polimere, ki jih označujejo visoke molske mase. Zaradi enostavne predelave in številnih možnosti za pridelavo stroškovno učinkovitih proizvodov, ki višajo življenjski standard in kvaliteto ter lagodnost življenja, so polimerni materiali uspešno prodrli na svetovna tržišča. Polimere lahko glede na izvor delimo na naravne (beljakovine, polisaharidi, molekula DNK…) in umetne ali sintetične.

Trenutno skoraj vse polimerne materiale proizvede petrokemijska industrija (petrokemija je področje kemije, ki obsega tehnične postopke in kemijske sinteze za industrijsko pridobivanje produktov iz nafte in zemeljskega plina), torej so proizvedeni iz fosilnih (neobnovljivih) virov. S povečano rabo plastičnih polimerov se zaradi same proizvodnje plastike veča breme na okolje ter v povezavi z rabo plastike tudi breme odpadkov. Zaradi množične potrošnje izdelkov iz plastike za enkratno uporabo, ki je predvidena za zelo kratkotrajno uporabo (npr. plastični lončki, plastične nakupovalne vrečke) skokovito narašča količina odpadkov.

Nekateri kot alternativno možnost vidijo v bioplastiki, polimerih, ki so biološko razgradljivi ali narejeni iz obnovljivih virov. Trenutna definicija označuje bioplastiko kot biorazgradljivo plastiko in/ali plastiko iz obnovljivih virov. Po tej definiciji torej med bioplastiko prištevamo tudi plastiko, ki ni biorazgradljiva, je pa narejena iz obnovljivega vira (npr. polieten iz sladkornega trsa).

Glede na vir delimo bioplastiko na:

1. bioplastiko iz obnovljivih virov,
2. bioplastiko iz fosilnih virov in
3. bioplastiko iz mešanice obnovljivih in fosilnih virov.

V osnovi lahko polimere na osnovi obnovljivih virov razdelimo v tri kategorije:

1. Polimeri, neposredno ekstrahirani/odstranjeni iz biomase: polisaharidi, npr. škrob in celuloza; proteini, npr. kasein in gluten.
2. Polimeri, narejeni po klasičnih kemijskih sintezah z uporabo monomerov iz obnovljivih virov (npr. polieten).
3. Polimeri, pridobljeni s pomočjo mikroorganizmov ali genetsko spremenjenih bakterij.

Dobro poznana in že razširjena je bioplastika na osnovi škroba, ki je iz obnovljivih virov in je hkrati tudi biorazgradljiva za razliko od bioplastike iz polietena. V preteklosti so bile opravljene številne raziskave glede uporabe škroba kot naravnega biopolimera. Škrob je zgrajen iz dveh dolgih verig med seboj povezanih glukoznih enot in sicer amilopektina in amiloze, ki mu dajeta zrnato strukturo. Škrob lahko destrukturiramo z energijo in toploto in tako popolnoma razbijemo kristalno strukturo. Šele destrukturirani škrob se obnaša kot termoplast in ga lahko obdelujemo kot tradicionalno plastiko

Količina odpadne hrane iz različnih virov lahko ob nepravilnem odstranjevanju obremenjuje okolje, zato je izvajanje platforme za biorafiniranje živilskih odpadkov idealna možnost (npr. proizvodnja izdelkov z dodano vrednostjo ob hkratnem zmanjšanju količine odpadkov). Pričakuje se, da se bodo z izvajanjem takšnega postopka zmanjšali proizvodni stroški biorazgradljive plastike (npr. v primerjavi s tradicionalnimi proizvodnimi postopki, ki zahtevajo uporabo dražjih snovi (npr. glukoze)).

Eden izmed najpogostejših škrobnih odpadkov je bananin olupek. V nekaterih delih sveta se pojavi problem pri odstranjevanju več ton bananinih olupkov, zlasti v industrijah, ki proizvajajo bananine izdelke, kot so bananin kolač, bananin čips, bananin ocvrtek in drugi. Te industrije uporabljajo bananino meso kot surovino in ob koncu postopka odstranijo olupke.

Bananini olupki vsebujejo visok odstotek (približno 18,5 %) škroba. Ko bananini olupki dozorijo, se vsebnost glukoze poveča. Zato lahko nezrele bananine olupke uporabimo kot vir za sintezo bioplastike.

Kljub temu, da so živilski odpadki primerna surovina za sintezo bioplastike, jih je treba predhodno obdelati, da se izboljšajo ali spremenijo njihove fizikalne, kemične in biološke lastnosti. Postopki obdelave temeljijo na delni ali popolni sprostitvi monomerov iz živilskih virov odpadkov (npr. lignoceluloznih sestavin) z večjo vsebnostjo beljakovin, lipidov in polisaharidov (npr. škroba in celuloze) za nadaljnjo encimsko hidrolizo in fermentacijo. Z namenom izboljšanja lastnosti surovin je možno sočasno uporabiti več različnih postopkov obdelave.

### Ocena tveganja

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Navedite nevarne snovi** | **Piktogrami in stavki o nevarnosti** | **Previdnostni ukrepi** | **Podrobnejše informacije o snovi in ravnanju z njo** |
| 0,2 M natrijev metabisulfit | GHS pictogram for health hazard.GHS pictogram for corrosive substances.  **H302** Zdravju škodljivo pri zaužitju.  **H318** Povzroča hude poškodbe oči. | **P280** Nositi zaščito za oči.  **P305 + P351 + P338** PRI STIKU Z OČMI: Previdno izpirati z vodo nekaj minut. Odstranite kontaktne leče, če jih imate in če to lahko storite brez težav. Nadaljujte z izpiranjem.  **P313** Poiščite zdravniško pomoč/oskrbo. |  |
| 0,2 M klorovodikova kislina | Slika, ki vsebuje besede znak, ospredje, promet, ustavi  Opis je samodejno ustvarjen **H290** Lahko je jedko za kovine. | **P234** Hraniti samo v originalni embalaži.  **P390** Odpraviti razlitje, da se prepreči materialna škoda. |  |
| 0,2 M natrijev hidroksid | Slika, ki vsebuje besede znak, ospredje, promet, ustavi  Opis je samodejno ustvarjen  **H290** Lahko je jedko za kovine.  **H314** Povzroča hude opekline kože in poškodbe oči. | **P280** Nosite zaščitne rokavice/zaščito za oči/zaščito za obraz.  **P301+P330+P331** PRI ZAUŽITJU: Izprati usta. Ne izzivati bruhanja.  **P305+P351+P338** PRI STIKU Z OČMI: Previdno izpirati z vodo nekaj minut. Odstranite kontaktne leče, če jih imate in če to lahko storite brez težav. Nadaljujte z izpiranjem.  **P309+P310+P101** Pri izpostavljenosti ali v primeru slabega počutja: pokličite CENTER ZA ZASTRUPITVE ali zdravnika. |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **Ravnanje z odpadki in druge opombe** | Reakcijske produkte je treba odstraniti v skladu z navodili iz varnostnega lista in lokalnimi/regionalnimi/nacionalnimi/mednarodnimi predpisi.  Učenci morajo nositi osebno zaščitno opremo (rokavice, očala in laboratorijsko haljo). |
| **V nujnih primerih** | V nujnih primerih pokličite številko 112 ali osebnega zdravnika. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Datum ocenjevanja** | 13-2-2023 | **Napisal** | CheSSE | **Razred / učna ura** | 9.razred / kemija |

## Preliminarna aktivnost

To eksperimentalno-raziskovalno delo se začne z aktivnostjo, pri kateri učenci spoznajo sintezo bioplastike iz bananinih olupkov.

#### Vprašanja za razmislek (primeri)

1. Kaj je bioplastika?   
   *Odgovori bodo različni. Bioplastika je definirana kot biorazgradljiva plastika in/ali plastika iz obnovljivih virov. Po tej definiciji torej med bioplastiko prištevamo tudi plastiko, ki ni biorazgradljiva, je pa narejena iz obnovljivega vira (npr. polieten iz sladkornega trsa). Glede na vir se bioplastika deli na (1) bioplastiko iz obnovljivih virov, (2) bioplastiko iz fosilnih virov in (3) bioplastiko iz mešanice obnovljivih in fosilnih virov*.
2. Naštejte druge rastlinske vire, ki bi jih lahko uporabili pri sintezi bioplastike.   
   *Odgovori bodo različni. Sladkorni trs, koruza, krompirjevi olupki itd.*
3. Kakšna je funkcija dodanega glicerola pri sintezi bioplastike?   
   *Glicerol se dodaja kot plastifikator ali dispergator, torej dodatek, ki poveča plastičnost ali samo strukturo materiala.*
4. Naštejte vsaj tri dejavnike, ki bi lahko vplivali na lastnosti (npr. biorazgradljivost, trdnost, elastičnost) sintetizirane bioplastike.   
   *Odgovori bodo različni. Nekateri dejavniki, ki vplivajo na lastnosti sintetizirane bioplastike, so zrelost bananinih olupkov, izbira postopkov obdelave živilskih odpadkov (bananinih olupkov), količina in vrsta plastifikatorja itd.*

## Vodeno eksperimentalno-raziskovalno delo

### OBLIKOVANJE/IZBOR RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ

**Opomba**: Z namenom vodenja učencev pri načrtovanju vodenega eksperimentalno-raziskovalnega dela, lahko učitelj že predhodno določi možna raziskovalna vprašanja.

Pri eksperimentalno-raziskovalnem delu se osredotočite na **eno** od spodaj navedenih raziskovalnih vprašanj:

**1RV:** Kako količina glicerola vpliva na lastnosti bioplastike iz bananinih olupkov, npr. elastičnost? (v nadaljevanju je podan vzorčni primer, rezultati učencev se lahko razlikujejo glede na zasnovo eksperimentalnega dela)

**2RV:** Kako stopnja zrelosti bananinih olupkov vpliva na učinkovitost sinteze bioplastike iz bananinih olupkov?

**3RV:** Kako se biološka razgradljivost bioplastike iz bananinih olupkov razlikuje z biološko razgradljivostjo umetne plastike (npr. PET)?

Zastaviti je mogoče še druga raziskovalna vprašanja, s katerimi bi naslavljali izbrane učne cilje.

### Načrtovanje EKSPERIMENTALNEGA DELA (PRIMER)

V tej fazi morajo učenci oblikovati hipoteze glede na izbrana raziskovalna vprašanja, načrtovati izvedbo eksperimentalno-raziskovalnega dela in opisati metodo, ki jo bodo uporabili za zbiranje podatkov. Priporočljivo je, da učitelj s sprotnimi vprašanji usmerja učence tekom načrtovanja izvedbe eksperimentalno-raziskovalnega dela.

#### Raziskovalna hipoteza (Kaj predvidevamo, da se bo zgodilo? Zakaj?)

Količina glicerola vpliva na lastnosti (npr. elastičnost) bioplastike iz bananinih olupkov.

#### Spremenljivke in konstante

Neodvisna spremenljivka (spremenljivka, ki jo spreminjamo):   
količina glicerola (0, 1 in 2 mL)

Odvisna spremenljivka (spremenljivka, ki jo merimo ali opazujemo):   
elastičnost bioplastike iz bananinih olupkov

Konstante (da bo raziskava poštena, ne bomo spreminjali naslednjih spremenljivk):  
način priprave bananinih olupkov, koncentracija in količina raztopin klorovodikove kisline in natrijevega hidroksida, čas sušenja, temperatura pri kateri poteka sušenje

#### Načrtovanje izvedbe eksperimentalnega dela (Kaj bomo naredili, da bomo odgovorili na raziskovalno vprašanje?)

**Priprava bananinih olupkov**

1. Bananine olupke narežite na majhne koščke in jih za 45 minut položite v 0,2 M raztopino natrijevega metabisulfita. Ta korak omogoča podaljšanje čas biorazgradnje plastike, saj natrijev metabisulfit deluje kot antioksidant in konzervans.
2. Bananine olupke prestavite v vrelo destilirano vodo in jih kuhajte približno 30 minut.
3. Odcedite vodo in bananine olupke položite na filtrirni papir ter jih približno 30 minut sušite na zraku.
4. Posušene olupke s paličnim mešalnikom pretlačite v gladko bananino pasto.

**Priprava bioplastike iz bananinih olupkov**

1. V čašo zatehtajte 25 g bananine paste.
2. V čašo dodajte 3 mL 0,5 M klorovodikove kisline in 2 mL glicerola ter vsebino premešajte.
3. Dodajte 3 mL 0,5 M natrijevega hidroksida in vsebino ponovno premešajte.
4. Na petrijevko nanesite tanko plast zmesi in jo pustite, da se na sobni temperaturi suši vsaj 24 ur.
5. Ko je zmes posušena, jo odstranite iz petrijevke.
6. Ponovite postopek za pripravo bioplastike iz bananinih olupkov z 0 mL in 1 mL dodanega glicerola.

**Testiranje elastičnosti bioplastike iz bananinih olupkov z dodatkom različne količine glicerola**

1. Odrežite vzorce bioplastike velikosti 2 cm x 2 cm (z dodanimi 0, 1 in 2 mL glicerola).
2. Bioplastiko prepognite na pol in nanjo za 10 sekund položite 50 g utež.
3. Opazujte in beležite vse spremembe deformacije vzorcev bioplastike.
4. Opažanja si zabeležite v Tabelo 1.
5. Ugotovite kakšna je elastičnost bioplastike z različno količino dodanega glicerola ter ugotovitve in zaključke zapišite v Tabelo 1 (glej spodaj).

Zbiranje podatkov med eksperimentalnim delom (Kako bomo beležili in zbirali eksperimentalne podatke?)

Eksperimentalna opažanja in sklepi bodo zapisani v Tabeli 1 (glejte spodaj).

### IZVEDBA EKSPERIMENTALNEGA DELA

V tej fazi učenci na podlagi izdelanega načrta izvedejo eksperimentalni del in zberejo potrebne podatke. Priporočljivo je, da učitelj s sprotnimi vprašanji usmerja učence tekom izvedbe eksperimentalnega dela.

### Analiza življenjskega cikla

Preko analize življenjskega cikla izdelka in/ali postopka raziščite, katera plastika (bioplastika iz obnovljivih virov ali plastika iz fosilnih virov) je z vidika trajnosti bolj zaželena. Analiza življenjskega cikla (angl. Life Cycle Analysis, LCA) je ocena okoljskega vpliva izdelka in/ali postopka v njegovem celotnem življenjskem ciklu.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Bioplastika iz obnovljivih virov (npr. odpadni bananini olupki). | Plastika iz fosilnih virov (npr. PET) |
| **UPORABLJENE SNOVI**  Katere snovi so bile uporabljene pri izdelavi izdelka in/ali v postopku? |  |  |
| **PRIPRAVA/PROIZVODNJA**  Kako in kje je bil izdelek proizveden? |  |  |
| **DISTRIBUCIJA**  Katere distribucijsek poti so bile uporabljene v vsaki fazi življenjskega cikla izdelka? |  |  |
| **UPORABA**  Kakšen vpliv ima izdelek in/ali postopek v fazi uporabe, npr. na okolje, kakšna je njegova učinkovitost? |  |  |
| **ODSTRANJEVANJE**  Kako ravnamo z izdelkom po uporabi? |  |  |
| **DRUGE UGOTOVITVE/OPOMBE** |  |  |
| **NAJPRIMERNEJŠE GORIVO S TRAJNOSTNEGA VIDIKA** |  | |
| **VIRI** |  | |

Morda vas bo zanimalo tudi vrednotenje eksperimentalnega dela Sinteza bioplasitke iz bananinih olupkov z metriko zelene kemije. Navodila najdete v Delovnem listu za učence - 2. del.

### Rezultati in RAZPRAVA (primer)

Učenci v skladu z izbranim raziskovalnim vprašanjem organizirajo, interpretirajo in predstavijo rezultate eksperimentalnega dela v obliki tabel, grafov in/ali diagramov. Učenci v predstavitev rezultatov vključijo tudi glavne ugotovitve analize življenjskega cikla izdelka in/ali postopka. Če so eksperimentalno delo ovrednotili z metriko zelene kemije (glej Delovni list za učence – 2. del), naj predstavijo svoje ugotovitve in možnosti za optimizacijo eksperimentalnega dela. Interakcija in komunikacija med učenci znotraj skupine sta ključnega pomena.

Tabela 1: Rezultati primerjave elastičnosti bioplastike iz bananinih olupkov z različno količino dodanega glicerola.

| **Vrsta bioplastike** | **Opažanja** |
| --- | --- |
| Bioplastika iz bananinih olupkov z 0 mL dodanega glicerola | Po dodatku uteži se bioplastika pretrga. |
| Bioplastika iz bananinih olupkov z 1 mL dodanega glicerola | Po dodatku uteži se bioplastika vrne v prvotno obliko, vendar je viden pregib. |
| Bioplastika iz bananinih olupkov z 2 mL dodanega glicerola | Po dodatku uteži se bioplastika vrne v prvotno obliko, vendar je viden pregib. |

Rezultati v Tabeli 1 kažejo, da količina dodanega glicerola pri sintezi bioplastike iz bananinih olupkov vpliva na njeno elastičnost in deformacijo po delovanju sile. Na podlagi analize življenjskega cikla je mogoče sklepati, da je bioplastika iz obnovljivih virov (npr. bananinih olupkovz vidika trajnosti ustreznejša v primerjavi s plastiko iz fosilnih virov (npr. PET). Ocena eksperimentalnega dela - sinteza bioplastike iz bananinih olupkov z uporabo metrik zelene kemije - kaže, da bi bilo mogoče eksperiment optimizirati, zlasti glede načel zelene kemije pod številko 1, 5, 10 in 12. V prihodnje bi lahko uporabo natrijevega metabisulfite nadomestili z uporabo natrijevega bikarbonata, čeprav je za njegovo učinkovitost potrebna višja temperatura (350˚C).

### Zaključek (primer)

V zaključku učenci povzamejo in ovrednotijo rezultate eksperimentalnega dela.

Odpadni bananini olupki lahko služijo kot organski material, ki je lažje dostopen, poceni in okolju prijazen. Proizvodnja bioplastike iz bananinih olupkov namesto plastike iz fosilnih virov je lahko trajnostna rešitev, ki vodi k zmanjšanju uporabe neobnovljivih surovin. Pri sintezi bioplastike iz bananinih olupkov se glicerol uporablja kot plastifikator, ki izboljša elastičnost materiala.

# USMERITVE za učitelje - 2. del

## Vrednotenje eksperimentalnega dela z metriko zelene kemije

Ovrednotite eksperimentalno delo *Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov* z metriko zelene kemije. Pri tej aktivnosti boste:

1. identificirali morebitne nevarne lastnosti snovi pri eksperimentalnem delu s pomočjo varnostnih listov in spoznali pomen stavkov o nevarnostih (H-stavki) in previdnostnih stavkov (P-stavki);
2. preučili izpolnjevanje principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu;
3. izdelali zeleno zvezdo, s katero boste predstavili rezultate izpolnjevanja principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu.

Sledite navodilom in si pri aktivnosti pomagajte tudi s prilogami 1-4.

**1. IDENTIFIKACIJA MOREBITNIH NEVARNIH LASTNOSTI SNOVI PRI EKSPERIMENTALNEM DELU**

1. V prvi stolpec Tabele 1 zapišite vse snovi, s katerimi se srečate tekom eksperimentalnega dela.
2. Za vsako snov poiščite varnostni list in v drugi stolpec Tabele 1 zapišite kode stavkov o nevarnosti.
3. S pomočjo Priloge 2 "Kriteriji za razvrščanje nevarnih lastnosti snovi (KRNS)” pridobite točke (T), ki se nanašajo na morebitne nevarnosti za zdravje, okolje in fizikalne nevarnosti vsake od snovi pri eksperimentalnem delu. Točke zapišite v ustrezen stolpec v Tabeli 1 (tretji/četrti/peti). V kolikor določena snov ni nevarna, zanjo zapišite točko 1.

Tabela 1: Nevarne lastnosti snovi pri eksperimentalnem delu

|  | Koda stavka o nevarnosti | KRNS [T]\* povezani z   določeno vrsto nevarnosti | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nevarnosti za zdravje | Nevarnosti za okolje | | Fizikalne nevarnosti |
| bananini olupki | Ni razvrščeno kot nevarno | 1 | 1 | 1 | | |
| natrijev metabisulfit  (CAS 7681-57-4) | H302, H313, H319 | 2 | 1 | 1 | | |
| 0,2 M klorovodikova kislina | Ni razvrščeno kot nevarno | 1 | 1 | 1 | | |
| 0,2 M natrijev hidroksid | H290, H315, H319 | 2 | 1 | 2 | | |
| glicerol  (CAS 56-81-5) | Ni razvrščeno kot nevarno | 1 | 1 | 1 | | |
| voda | Ni razvrščeno kot nevarno | 1 | 1 | 1 | | |
| bioplastika |  | 1 | 1 | 1 | | |

\* Točke (T), dodeljene za določeno vrsto nevarnosti lahko znašajo od 1 (najmanjša nevarnost) do 3 (največja nevarnost).

**2. IZPOLNJEVANJE PRINCIPOV ZELENE KEMIJE PRI EKSPERIMENTALNEM DELU**

1. Pri izpolnjevanju Tabele 2 si pomagajte s Prilogo 4 “Kriteriji izpolnjevanja principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu (KPZK)”.
2. Določite smiselno število principov zelene kemije, ki jih boste upoštevali pri vrednotenju eksperimentalnega dela z vidika zelene kemije (npr. 6 ali 10 principov).
3. Število doseženih točk (T) pri izpolnjevanju principov zelene kemije pridobite s pomočjo Prilog 2-4. Za vsak princip je mogoče zbrati 1 (dosežen princip) do 3 (nedosežen princip) točke. Kjer točk ni mogoče ali ni smiselno določiti, zapišite X.

Tabela 2: Izpolnjevanje principov zelene kemije za izdelavo zelene zvezde eksperimentalnega dela Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov.

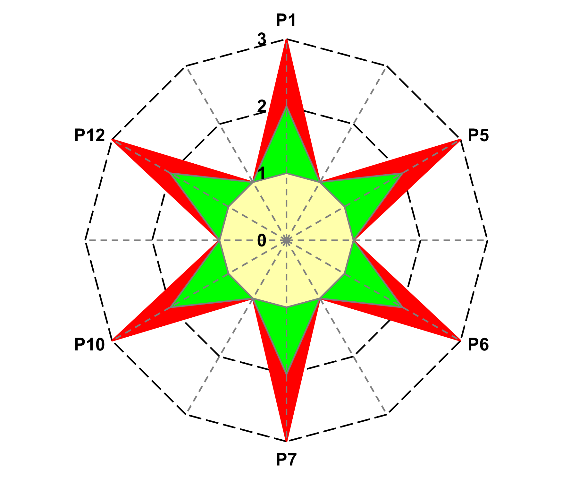
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 12 principov zelene kemije | KPZK [T] | Opombe (neobvezno) |
| P1 – Preprečevanje nastajanja odpadkov | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita, raztopina natrijevega hidroksida |
| P2 – Atomska ekonomičnost\* |  |  |
| P3 – Varnejša kemijska sinteza\* |  |  |
| P4 – Izbor sinteznih strategij za zmanjšanje toksičnosti vseh uporabljenih snovi \*\* |  |  |
| P5 – Uporaba bolj varnih topil in pomožnih snovi | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita, raztopina natrijevega hidroksida |
| P6 – Večja energetska učinkovitost | 2 | tlak pri sobni temperature in temperatura med 0 in 100 ºC |
| P7 – Uporaba obnovljivih surovin in materialov | 2 | bananini olupki |
| P8 – Izogibanje dodatnim pretvorbam\* |  |  |
| P9 – Uporaba katalizatorjev\* |  |  |
| P10 – Uporaba snovi, ki se po uporabi razgradijo | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita |
| P11 – Analiza v realnem času za preprečevanje onesnaževanja\*\* |  |  |
| P12 – Zmanjšati možnost nesreč | 2 | raztopina natrijevega metabisulfita, raztopina natrijevega hidroksida |

\* Izpolniti pri upoštevanju 10 ali 12 principov.    
\*\* Izpolniti pri upoštevanju 12 principov.

### 3. IZDELAVA ZELENE ZVEZDE

Z izdelavo zelene zvezde predstavite rezultate vrednotenja eksperimentalnega dela s principi zelene kemije (nanašajoč se na aktivnost pri 2. točki ''Izpolnjevanje principov zelene kemije pri eksperimentalnem delu'').

1. V kolikor izpolnjujete ta delovni list v tiskani obliki, ustrezno pobarvajte krake zvezde na sliki 1. Krak zvezde, ki ustreza določenemu principu zelene kemije (npr. P1, P2, P3 itd.), obarvajte glede na podatke zbrane v Tabeli 2.
2. V kolikor izpolnjujete ta delovni list v elektronski obliki, si lahko pri izdelavi zelene zvezde pomagate s Prilogo 1 (Excel datoteko) in izdelano sliko zelene zvezde nato vstavite v ta Wordov dokument.
   * Odprite prilogo 1 (Excel dokument) in izberite zavihek “Zelena zvezda (10 principov)”.
   * Podatke zbrane v Tabeli 2 vstavite v ustrezna polja, ki so obarvana zeleno.
   * Kopirajte sliko zelene zvezde in jo zamenjajte s spodnjo sliko.



Slika 1: Zelena zvezda eksperimentalnega dela *Sinteza bioplastike iz bananinih olupkov.*

**4.** **na podlagi rezultatov vrednotenja eksperimentalneda dela z metriko zelene kemije, RAZMISLite O možnostih optimizacije eksperimentalnega dela**

### VIRI

Program osnovna šola kemija. Učni načrt. (2011). Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN\_kemija.pdf

Ribeiro, M. G. T., Costa, D. A. in Machado, A. A. (2010). “Green Star”: a holistic Green Chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments. *Green Chemistry Letters and Reviews, 3*(2), 149-159. https://doi.org/10.1080/17518251003623376

Ribeiro, M. G. T. in Machado, A. A. (2014). *Green star construction*. http://educa.fc.up.pt/documentosQV/EV/Construction%20of%20Green%20Star\_6\_points\_GSAI.xlsx