



# ZELENÁ CHÉMIA A JEJ IMPLEMENTÁCIA DO VYUČOVANIA CHÉMIE

Príloha č. 11

Didaktický manuál k vybraným učivám  
organické chémie založených na princípoch  
Zelenej chémie

# Obsah

Zelená chémia.....	1
Prehľad histórie Zelenej chémie .....	1
Čo je Zelená chémia? .....	2
Dvanásť princípov Zelenej chémie .....	4
Pozícia Zelenej chémie vo vzdelávaní .....	21
Ukážky „zeleného“ kurikula vo svete .....	23
Ukážka „zeleného“ kurikula na Slovensku .....	28
Literárne a elektronické zdroje k Zelenej chémii a TUR.....	30
Digitálny obsah Zelenej chémie .....	32
Vhodné vyučovacie stratégie a metódy pre vyučovanie Zelenej chémie .....	33
Modely vyučovacích hodín založených na princípoch Zelenej chémie.....	35
Priemyselné havárie a ich následky.....	40
Prečo práve uhlík? .....	57
(Ne)Obnoviteľné zdroje energie a uhlíkovdíkovo .....	65
Biomasa a jej využitie .....	74
(Bio)Plasty (laboratórne cvičenie) .....	89

# ZELENÁ CHÉMIA

---

## Prehľad histórie Zelenej chémie

---

Prvá etapa (pôvod a začiatky):

Od druhej polovice 20. storočia si ľudia začali uvedomovať zhoršujúci sa stav životného prostredia, čo malo na svedomí viacero faktorov – činnosť priemyselnej výroby, rozvíjajúca sa doprava, narastajúce množstvo odpadu a i. Vyvolalo to mnohé ohlasy z radov občanov a odborníkov, ktoré podporili a dali neskôr základ aj pre filozofiu a princípy Zelenej chémie. Už v deväťdesiatych rokoch sa prvýkrát spomína pojem Zelená chémia a zároveň je uznaná ako vedecký smer.

- 1962 - **Rachel Carson** publikovala knihu *Tichá jar* (Silent Spring), čím reagovala na nevhodný spôsob používania umelých hnojív v poľnohospodárstve Spojených štátov amerických (Lear, 2000).
- 1970 - vznik **Agentúry pre ochranu životného prostredia** (Environmental Protection Agency - EPA), ktorá zabezpečuje interakciu medzi vedeckými, priemyselnými a vládnymi organizáciami s cieľom využitia stratégií Zelenej chémie v nových technológiách.
- 1990 - prvý **Zákon o prevencii znečisťovania** (Pollution Prevention Act) v Spojených štátoch amerických, ktorý viedol k posunu od kontroly znečisťovania k jeho prevencii (Kuchyňková, Šibor, 2002).
- 1993 – **prvé sympózium** v Chicagu založené na programe *Alternatívny syntetický dizajn na prevenciu znečistenia* z iniciatívy prijatia Zákona o prevencii znečisťovania a agentúry EPA (Linhorst, 2010).

Druhá etapa (1993-1998):

V ďalšej etape vznikajú nové inštitúcie a organizácie, ktoré slúžia na šírenie „zelených“ myšlienok do všetkých sfér spoločnosti. Zelená chémia si podmaňuje aj Európu, čím vzniká sieť spolupracovníkov, ktorí sa zaoberajú problematikou znečisťovania životného prostredia vo väčšom rozmedzí. Významným krokom druhej etapy je formulovanie a vydanie princípov Zelenej chémie, čím Zelená chémia získava väčšiu váhu ako vedecký smer.

- 1995 – zahájená **politická podpora** zo strany prezidenta Spojených štátov amerických v podobe *Presidential Green Chemistry Challenge Awards* (Linhorst, 2010).
- 1997 – vznik neziskovej organizácie pod názvom **Ústav Zelenej chémie** (Green Chemistry Institute - GCI) s cieľom rozšíriť a umožniť implementáciu princípov Zelenej chémie do chemických podnikov v globálnom meradle (American Chemical Society a, 2014).

- 1998 - vznik **Centra Zelenej chémie** na európskej Univerzite v Yorku, ktorého poslaním je propagácia Zelenej chémie v celej spoločnosti – priemyselné závody, školstvo, spoločnosť, a to pomocou konferencií, prednášok, www-stránok, či rôznych akcií pre priemyselníkov, učiteľov a ich žiakov (American Chemical Society a, 2014).
- 1998 – Paul Anastas a John Warner publikovali **12 princípov Zelenej chémie** v prvej knihe o Zelenej chémii *Green Chemistry: Theory and Practice* (Clark, Macquarrie, 2002).

Tretia etapa (1999-súčasnosť):

Od roku 2001 **Ústav Zelenej chémie** (Green Chemistry Institute - GCI) spolupracuje s Americkou chemickou spoločnosťou (American Chemical Society-ACS) a pokračuje vo výskume a vzdelávaní po celom svete – USA, Veľká Británia, Taliansko, Nemecko, Španielsko, Japonsko, Austrália a ďalšie krajiny (Clark, Macquarrie, 2002).

- 1999 – prvý článok uverejnený vo vedeckom časopise **Green Chemistry**.
- 2001 – **Medzinárodné sympóziu Zelenej chémie** v Dehli a IUPAC *CHEMRAWN XIV Konferencia Zelenej chémie: Toward Environmentally Benign Processes and Products* v Koloráde, ktorých výsledky mali pozitívny dopad na veľký vzostup Zelenej chémie v rokoch 2000-2001 na celom svete.
- 2005 – **Nobelova cena** za objav metódy výmennej reakcie a metódy organickej syntézy, čo umožnilo pokrok v oblasti Zelenej chémie a ktorej nositeľmi sú Robert Howard Grubbs, Richard Royce Schrock a Yves Chauvin (Linhorst, 2010).
- 2007 – John Warner a Jim Babcock založili ústav **Warner Babcock Institute for Green Chemistry**, ktorého cieľom je tvorba funkčných, nákladovo nenáročných a ekologicky nezávadných technológií pre klientov, spoločnosť a prostredie (Warner Babcock Institute, 2015).
- 2007 – vznik organizácie **Beyond Benign** pod Warnerovým vedením, ktorá sa sústreďuje na vzdelávanie v oblasti zelenej chémie (Beyond Benign a, 2014).

V súčasnosti je možné zaznamenať pozitívne správy, na základe analýz EPA, že množstvo chemického odpadu nachádzajúceho sa na zemi, vo vzduchu a vo vode sa znížilo o sedem percent za posledné desaťročie (Advancing Green Chemistry a, 2015).

---

### Čo je Zelená chémia?

---

Zelená chémia je pomerne mladá vedecká disciplína, alebo v širšom poňatí by sme mohli o nej hovoriť ako o novej filozofii, prístupe v chémii, ktorá sa snaží riešiť problémy znečisťovania životného prostredia v ľudskej spoločnosti. Jej cieľom

je vytvoriť rovnováhu medzi požiadavkami priemyselnej výroby a požiadavkami životného prostredia.

Paul Anastas ju definoval ako proces používania princípov, ktoré sa sústreďujú na redukciiu, elimináciu použitia, či tvorbu nebezpečných látok v návrhu, vo výrobe a v aplikácii chemických produktov, čo znázorňuje nižšie uvedený obrázok č. 1 (Clark, Macquarrie, 2002).

Obr. č. 1: Zelená chémia ako proces eliminácie ovplyvňujúcich faktorov.



V tomto procese dochádza k **redukcii** piatich základných faktorov, a to **odpadu, nákladov, materiálov, energie, rizík a nebezpečnosti**, ktoré sú detailnejšie obsiahnuté v princípoch zelenej chémie.

Ďalšími dôležitými a nadradenými pojmami, ktoré sú prepojené so Zelenou chémiou, sú „**udržateľnosť**“ (sustainability) a „**udržateľný rozvoj**“ (sustainable development). Práve pre udržateľný rozvoj v oblasti priemyslu s chemickým základom, sú podstatné princípy a ciele zelenej chémie. Presný význam týchto pojmov nie je definovaný, ale prvé myšlienky boli orientované na to, aby potreby súčasnej generácie neohrozovali možnosti ďalšej generácie naplňať svoje vlastné potreby (Organizácia spojených národov, 1987).

Základom pre všetky definície je uvedomenie si **sveta ako systému**, ktorý vytvára spojenie s priestorom – zmena v jednej časti sveta ovplyvňuje jeho zvyšok a s časom – rozhodnutia starších generácií majú vplyv na stav dnešnej spoločnosti (International Institute for Sustainable Development, 2013).

Zelenú chémiu môžeme chápať ako využívanie súboru pravidiel, vďaka ktorým sa redukuje, alebo eliminuje použitie a tvorba nebezpečných látok počas chemických procesov (Anastas, Warner, 1998).

---

## *Dvanásť princípov zelenej chémie*

---

Spomínaný komplex pravidiel – **12 princípov zelenej chémie**, podľa ktorého pracujú „zelení“ chemici, vytvorili Paul Anastas a John C. Warner v roku 1998. Je to univerzálny kód pre prax.

### *1. Prevencia vzniku odpadu:*

Prvé miesto medzi princípmi právom zastáva prevencia produkcie nebezpečného odpadu, ktorý vzniká počas chemických procesov a ktorá by mala byť uprednostňovaná pred jeho likvidáciou a čistením. Ostatné princípy sa zaoberajú tým, ako to uskutočniť v reálnej rovine.

Za odpad považujeme všetko, čo sa už nevyužíva a nechceme to naďalej vlastniť. Na základe vyhlášky Ministerstva životného prostredia SR č. 284/2001 Z. z. (d, 2001) je podľa Katalógu odpadov, odpad klasifikovaný na nebezpečné odpady (N) a ostatné odpady (O).

Množstvo vytvoreného odpadu na svete neustále narastá každou sekundou. Z toho aktuálne množstvo odpadu z domácností od začiatku roka 2017 predstavuje 773 824 863 ton a nebezpečný odpad vyprodukovaný chemickou cestou predstavuje množstvo 189 184 938 ton, čo znázorňuje tabuľka č. 1 (The World Counts, 2017).

Tab. č. 1: Stav množstva odpadu na svete ku dňu 22.6.2017.

Druh odpadu	Množstvo
<b>elektronický odpad (celý svet)</b>	18 918 494 t
<b>plastová polievka (svetový oceán)</b>	21 709 876, 47 km <sup>3</sup>
<b>odpad hodený do oceánov (globálne)</b>	1 002 680 177 t
<b>počet vyrobených plastových tašiek (celý svet)</b>	2 364 811 727 507 ks
<b>nebezpečný odpad (celý svet)</b>	189 184 938 t

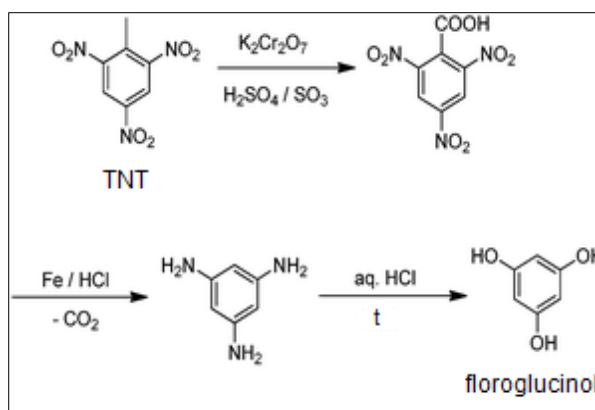
Medzi nebezpečný odpad sa zaraďuje taký odpad, ktorý má vlastnosti (napr. toxicita, horľavosť, výbušnosť, infekčnosť, chemické, karcinogénne, teratogénne a mutagénne vlastnosti), ktoré sú alebo môžu byť nebezpečné pre živé organizmy a životné prostredie, v ktorom sa vyskytujú. Ide napríklad o odpad spojený s priemyselnými závodmi, rádioaktívny odpad a i. Do ostatných odpadov patrí aj komunálny odpad a svojimi vlastnosťami nespôsobujú veľké ujmy na životnom prostredí v porovnaní s nebezpečným odpadom. Tvorí ho stavebný odpad (hlušina) a odpad z poľnohospodárskych družstiev – slama (Separuj odpad, 2008; Odpady-portal, 2015).

Reálne množstvo odpadu sa určuje prostredníctvom **E(nvironmental)-faktoru**, ktorý sa vypočíta ako pomer hmotnosti vytvoreného odpadu [kg] ku hmotnosti získaného produktu [kg].

$$\text{E-faktor} = \frac{m(\text{odpadu}) [\text{kg}]}{m(\text{produktu}) [\text{kg}]}$$

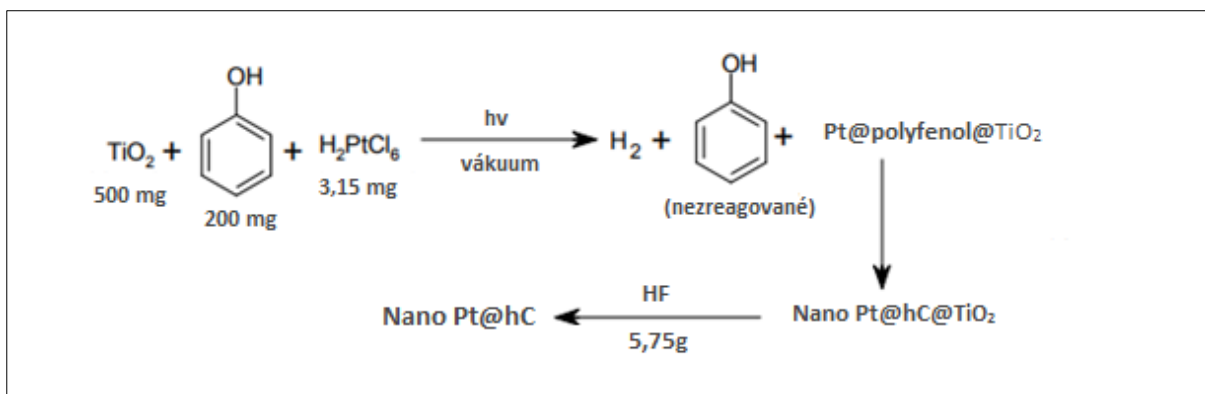
Napríklad začiatkom osemdesiatych rokov bol uzavretý závod kvôli problému s nadbytočnou produkciou odpadu počas výroby chemickej látky floroglucinol z 2,4,6-trinitrotoluénu (TNT), pretože náklady na odstránenie odpadu presahovali cenu produktu na trhu. Počas pôvodnej chemickej syntézy znázornenej na obrázku č. 2 vznikalo približne 40 kg tuhého odpadu chemických látok ako  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{FeCl}_2$  a  $\text{KHSO}_4$  na 1 kg vyrobeného produktu. Z toho vyplýva, že E-faktor má hodnotu  $40/1 = 40$  na 1 kg floroglucinolu (Sheldon, Arends, Hanefeld, 2007).

Obr. č.2 : Pôvodná chemická syntéza floroglucinolu.



Ďalším príkladom na výpočet E-faktoru je chemická reakcia založená na Pt nanokatalyzovanom systéme, ktorý pozostáva z viacerých reakčných krokov, pričom na obrázku č. 3 je uvedená reakčná schéma a množstvá východiskových látok – 500 mg  $\text{TiO}_2$ , 200 mg fenolu, 3,15 mg  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  a 5,75 g HF (Royal Society of Chemistry a, 2017).

Obr. č. 3: Reakčná schéma Pt nanokatalyzovaného systému.



Výpočet:

Množstvo východiskových látok:  $0,5 + 0,2 + 0,00315 + 5,75 = 6,48$  g

Množstvo produktu: 203 mg

Množstvo odpadu:  $6,48 - 0,203 = 6,277$  g

E-faktor =  $6,277/0,203 = 30,92$

Na 203 mg produktu pripadá 6,277 g odpadu, z čoho vyplýva, že hodnota E-faktoru je 30,92.

Ideálna hodnota pre E-faktor je 0. Čím je vyššia hodnota E-faktoru, tým vzniká väčšie množstvo odpadu počas chemickej reakcie a zároveň aj negatívny dopad na životné prostredie (Clark, MacQuarrie, 2002).

S odpadom sa spájajú niektoré pojmy, ktorých úlohou je prispieť k riešeniu problému s narastajúcim množstvom odpadu vo svete či už na pevnine alebo vo vodnom prostredí. Prvým pojmom je separácia alebo triedenie odpadov, ktorá slúži na rozlíšenie jednotlivých druhov odpadu pomocou symbolov na výrobkoch a farebne označených zberných nádob, následný transport do určených miest a ich efektívnejšie spracovanie a zbavovanie sa. Ďalším často používaným pojmom je recyklácia (opätovné využitie už použitého materiálu). Recykluje sa napr. papier, sklo, tetrapaky. Papier, sklo, aj tetrapaky sú dobre recyklovateľné a druhotne sa využívajú na výrobu iných produktov. V súčasnosti sa najviac hovorí o recyklácii plastov, ktoré dokážu spôsobiť veľké problémy v rámci znečistenia prírody, keďže sú takmer nerozložiteľné.

Preto úlohou chemikov využívajúcich princípy Zelenej chémie je vytvoriť a využívať také postupy v chemických syntézach, pri ktorých sa **predchádza vzniku odpadu**. Na to je potrebné byť odborníkom v danej problematike a poznať aj stratégie Zelenej chémie, ktorá prináša so sebou nové myšlienky a nový pohľad na chémiu a jej využívanie v priemyselnej výrobe, napr. vo výrobe spomínaných plastov.

## 2. Maximálna využiteľnosť vstupných surovín:

Chemikov nezaujíma už len množstvo produktu, ktoré vzniká počas chemických syntéz, ale venujú sa aj tomu, ako premeniť, čo najväčšie množstvo reaktantov na hlavný produkt a obmedziť vznik odpadu. Na to je potrebné vychádzať z dôkladných výpočtov pred samotnou syntézou. Boli zavedené pojmy ako atómová ekonómia, atómová účinnosť a využiteľnosť atómov, ktoré sa stali veľmi potrebnými nástrojmi pre rýchle stanovenie množstva odpadu vzniknutého alternatívnymi spôsobmi výroby (Sheldon, Arends, Hanefeld, 2007).



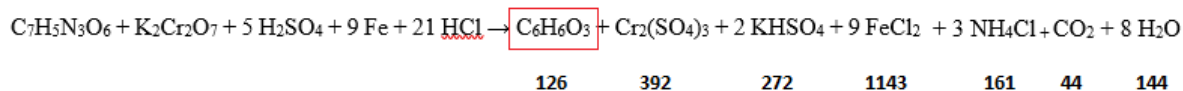
Koncept **atómovej ekonómie** (AE) ako prvý spomína Barry Trost, čo sa stalo prostriedkom pre návrh chemických reakcií s tvorbou minimálneho množstva odpadu – vyjadruje ako účinne môže chemická reakcia využiť atómy reaktantov.

Je to teoretické číslo oproti reálnej hodnote spomínaného E-faktoru, uvádzané v %. Vypočíta sa ako pomer mólovej hmotnosti (MW) atómov očakávaného produktu k súčtu mólových hmotností atómov všetkých vytvorených látok v stechiometrickej rovnici pre danú chemickú reakciu.

$$AE = \frac{MW(\text{produktu}) * 100}{\sum MW(\text{produktov})}$$

Ak je jeho hodnota nižšia ako 100 %, tak počas chemickej reakcie vzniklo určité množstvo odpadu na strane produktov. To znamená, že niektoré atómy reaktantov sa pretransformovali do podoby produktu, no zo zvyšku sa stal vedľajší produkt tvoriaci odpad (Li, Trost, 2008).

Ako príklad pre výpočet a pochopenie atómovej ekonómie alebo atómovej účinnosti využijeme opäť chemickú reakciu na výrobu floroglucínu. Sumárna schéma chemickej reakcie je:



Výpočet:

$$AE = \frac{126 * 100}{2282} = 5,5\%$$

Atómová ekonómia (účinnosť) chemickej reakcie je približne 5,5 %. Vyjadruje teoreticky, koľko percent požadovaného produktu sa nachádza v celkovom množstve všetkých produktov chemickej reakcie, čiže atómová účinnosť riešenej chemickej reakcie má nízku hodnotu.

Existuje vzťah medzi atómovou účinnosťou a E-faktorom. E-faktor je možné matematicky určiť z atómovej účinnosti, napríklad: 40 % atómovej účinnosti predstavuje E-faktor s hodnotou 1,5 (Sheldon, Arends, Hanefeld, 2007).

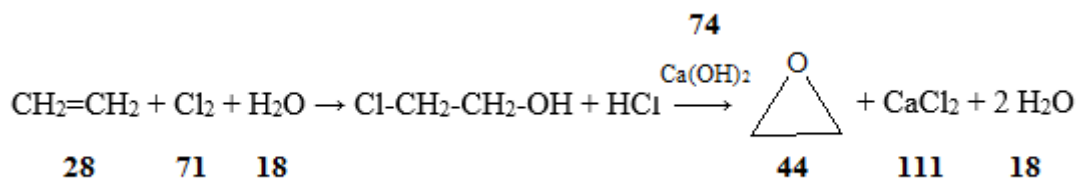
Posledným pojmom, ktorý sa viaže s problematikou maximálnej využiteľnosti vstupných surovín je **využitelnosť atómov** AU (Atom Utilization), ktorá vyjadruje, aký je podiel reaktantov v požadovanom produkte. Čo je v súčasnosti, pre nové trendy v chémii a v priemyselnej výrobe, dôležitá informácia.

$$AU = \frac{MW(\text{produkt}) * 100}{\sum MW(\text{reaktantov})}$$

Zelená chémia sa snaží transformovať pôvodné a zaužívané chemické syntézy v priemyselných závodoch a vytvárať alternatívy, ktoré budú zohľadňovať

koncept atómovej ekonómie a využiteľnosti atómov. V „zelených“ syntézach sa často využívajú katalyzátory, ktoré sa v priebehu chemickej reakcie recyklujú.

Ako príklad uvádzame výrobu dôležitej suroviny v priemyselnej výrobe, a to etylénoxidu (oxiránu). Etylénoxid sa pôvodne pripravoval z etylénu chlórhydrinovým postupom, ktorý pozostáva z nasledovných reakčných krokov (World of Chemicals, 2017):



Výpočet:

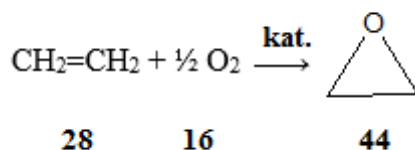
$$AE = \frac{44 \cdot 100}{44 + 111 + 18} = 23 \%$$

$$AU = \frac{44 \cdot 100}{28 + 71 + 18 + 74} = 23 \%$$

$$E = \frac{44}{129} = 34$$

Hodnoty atómovej ekonómie a využiteľnosti atómov sú rovnaké, a to 23%. E-faktor má hodnotu 34.

V súčasnosti sa etylénoxid vyrába „zelenou“ cestou prostredníctvom katalýzy. Ide o oxidáciu etylénu kyslíkom pri teplote 250 až 270°C a tlaku 1,5 až 2,5 MPa za prítomnosti strieborného katalyzátora, ktorá má len jeden reakčný krok (Clark, 2003):



Výpočet:

$$AE = \frac{44 \cdot 100}{44} = 100 \%$$

$$AU = \frac{44 \cdot 100}{28 + 16} = 100 \%$$

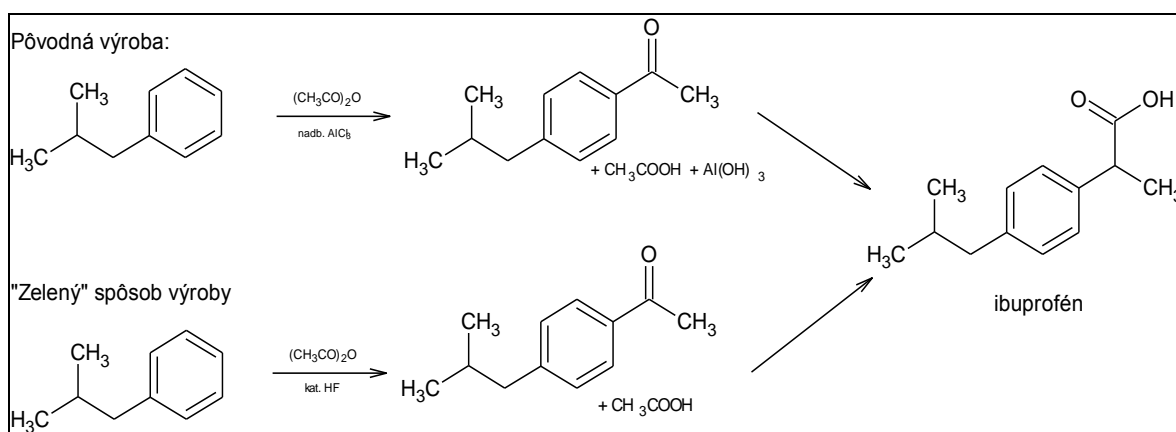
$$E = \frac{44}{44} = 1$$

„Zelený“ spôsob výroby etylénoxidu má 100 %-né hodnoty atómovej ekonómie a využiteľnosti atómov a hodnota E-faktoru sa rovná 1.

V rámci porovnania výpočtov oboch spôsobov prípravy etylénoxidu môžeme zhodnotiť, že „zelená“ alternatíva je efektívnejšia a zároveň ohľadupľnejšia k životnému prostrediu, čo je názorný príklad významu Zelenej chémie a jej princípov v spoločnosti.

Známym príkladom pre uvedenie si dôležitosti princípov Zelenej chémie v priemyselnej výrobe, a konkrétne vo farmaceutickom priemysle je transformácia výroby lieku (Green) Ibuprofén (obrázok č. 4). Pôvodná výroba lieku z roku 1961 pozostávala zo šiestich reakčných krokov, pričom atómová ekonómia mala hodnotu 40 %. Od 90-tych rokov sa využíva „zelený“ spôsob, ktorý je tvorený dvoma reakčnými krokmi katalytického charakteru a hodnota atómovej ekonómie sa zvýšila na 77 % a je možné zvýšiť ju na 99 %, ak sa kyselina octová ako vedľajší produkt prvej reakcie recykluje (Mečiarová, 2013; Poliakoff, Licence, 2007).

Obr. č. 4: Transformácia výroby lieku Ibuprofén „zeleným“ spôsobom.



Doteraz sme sa sústredili na množstvo odpadu, ktoré vzniká počas chemických procesov, no dôležité je poznať aj charakter odpadu. Je rozdiel medzi odpadom, ktorý tvorí napríklad 1 kg soli ( $\text{NaCl}$ ) a odpadom, ktorý pozostáva z 1 kg solí ťažkých kovov ako chróm, titán, atď. Vzhľadom na to vznikol nový pojem, ktorý sa nazýva „**Environmental Quotient**“ EQ. Vypočíta sa ako súčin:

$\text{EQ} = \text{E} \cdot \text{Q}$ , kde E predstavuje E-faktor a Q je koeficient, ktorý vyjadruje určitú neprijateľnosť chemickej látky. Koeficient Q závisí napríklad od toxicity odpadu, jednoduchosti recyklácie a i. Q pre soľ je 1, zatiaľ čo Q pre soli ťažkých kovov sa pohybujú v rozmedzí 100-1000 (Sheldon, Arends, Hanefeld, 2007).

### 3. Eliminácia všetkých rizikových faktorov:

Na ochranu životného prostredia a ľudských životov je potrebné **znižovať riziko a stupeň nebezpečenstva** jednotlivých chemických syntéz, ktoré sa realizujú v priemyselných závodoch. Čo sa spája s kvalitným technickým vybavením závodu, s riadiacou a kontrolnou zložkou v podobe ľudského faktoru a predom kvalitne premyslenými plánmi. Súvisí s tým aj redukcia použitia a produkcie chemických látok s určitou toxicitou.

Mladí chemici si musia osvojiť uvažovanie na základe princípov Zelenej chémie, aby mohli sami prispieť k zmene a byť účastníkmi na tvorbe nových stratégií vo vedeckom prostredí. Do úvahy by mali brať, napríklad tieto otázky:

- Je produkt potrebný, alebo existuje jeho alternatíva?
- Existujú alternatívne postupy danej syntézy?
- Môže byť produkt vyrobený bez vystavenia sa zbytočnému nebezpečenstvu?
- Je možné eliminovať, alebo nahradiť niektorý krok z chemickej syntézy?
- Môžu byť vedľajšie produkty syntézy recyklovateľné na užitočné materiály?

Práve tento princíp nie je dostatočne dodržiavaný vzhľadom na obťažnosť v nahradzovaní niektorých chemických látok, no zároveň je výzvou pre odborníkov a ich nástupcov, ktorí by sa mali zoznámiť s inovatívnymi trendmi v chémii (Clark, MacQuarrie, 2002).

#### 4. *Navrhovanie bezpečnejších chemikálií:*

Na bezpečnosť chemických látok sa môžeme pozrieť z viacerých strán. Pri hodnotení ich bezpečnosti sa využíva prepojenie medzi vedomosťami z chémie, biológie – toxikológia, ale aj environmentalistiky.

To znamená, že sa prihliada, napríklad na ich fyzikálno-chemické vlastnosti, horľavosť, výbušnosť, toxicitu, škodlivosť životnému prostrediu, čas rozpadu atď. Všetky podstatné vlastnosti musia byť nielen presne charakterizované pre jednotlivé chemické prvky a molekuly, ale aj posúdené a určitým spôsobom riadené v rámci ich používania v chemickom priemysle. V chemických syntézach **redukcia použitia toxických látok** berie ohľad na stabilitu ich funkcie v chemickej reakcii a ich narastajúcej efektívnosti (Clark, MacQuarrie, 2002; Anastas, 2017).

Narastajúcim uvedomovaním si toxicity chemických látok a ich nebezpečenstva pre živé organizmy a prostredie, v ktorom žijú, či pre zvieratá určené k testovaniu vzoriek, dospelo ku vzniku novej oblasti s názvom „**Green Toxicology**“. V spolupráci s R&D (Research and Development) sa snažia pochopiť mechanizmus toxicity látok na základe malých množstiev dostatočne rýchlo, no zároveň lacno. Výskum uskutočňujú in vitro, ale aj prostredníctvom počítačových simulácií, aby získali dostatok toxikologických výsledkov, ktoré prepoja s pravidlami chemickej výroby a prípravy látok a získajú chemikálie so zanedbateľnou úrovňou toxicity (Maertens et al., 2014).

#### 5. *Obmedzenie používania pomocných látok:*

Ide o chemické látky s funkciou rozpúšťadiel, pomocných látok, bez ktorých by sa väčšina chemických reakcií nemohla realizovať. Sú zložkou, ktorú je veľmi náročné vhodne nahradiť v chemických procesoch, no zároveň sú zodpovedné za značné množstvo znečistenia vody a vzduchu.

Podnetmi pre hľadanie adekvátnych alternatív sú ich vlastnosti ako vysoká toxicita, výbušnosť, škodlivosť, nerecyklovateľnosť, alebo spotreba veľkého množstva energie na ich použitie.

Ideálnym riešením pre životné prostredie a živé organizmy by bolo nepoužívať rozpúšťadlá vôbec, čo sa ale aktuálne v praktickej podobe nedá zrealizovať a ani sa v blízkej budúcnosti nebude dať.

Na hodnotenie rozpúšťadiel sa dá nazerať dvoma spôsobmi, ktoré zaraďujú jednotlivé rozpúšťadlá podľa zvolených kritérií k vhodným alebo nevhodným rozpúšťadlám (tabuľka č. 2). Podľa EHS (Environmental Health & Safety) prístupu rozpúšťadlo je posudzované v troch bodoch: „E“nvironmentálny dopad na životné prostredie, pôsobenie na zdravie z hľadiska toxicity („H“ealth) a bezpečnosť počas práce s ohľadom na ich horľavosť, prchavosť, výbušnosť („S“afety). Druhou možnosťou hodnotenia environmentálneho vplyvu rozpúšťadla počas jeho „životného cyklu“ závisí od jeho pôvodu, výroby až po spôsob likvidácie, alebo recyklácie je LCA (Life Cycle Assesment) metóda (Mečiarová, 2013; Russell, Ekvall, Baumann, 2005).

Tab. č. 2: Príklady vyhovujúcich a nevyhovujúcich rozpúšťadiel.

	vyhovujúce rozpúšťadlá	nevyhovujúce rozpúšťadlá
EHS	metanol, etanol	formaldehyd, kyselina mravčia, kyselina octová
LCA	heptán, hexán	cyklohexanón, butyl-acetát

Čo sa týka kvapalín, problém nastáva v tom, že sa dokážu vliat' do riek, rieky do morí a kvapaliny rôzneho charakteru, častokrát škodlivé, putujú až do oceánov. Riešením by mohol byť superkritický oxid uhličitý, ale ak nie je opäť používaný, tak sa uvoľňuje do ovzdušia ako skleníkový plyn (Breslow, 2010).

Ďalšou z možností je využitie **vody** ako organického rozpúšťadla. Je to nákladovo nenáročná a dostatočne bezpečná alternatíva, ktorá je environmentálne akceptovateľná. Veď aj biochemické procesy v živých organizmoch sa realizujú vo vodnom prostredí. Taktiež má veľkú tepelnú kapacitu a vodivosť, čo je výhodné pre chemické procesy, ako aj hydrofóbne efekty, ktoré sa využívajú napríklad v Diels-Alderových reakciách (Breslow, 2010; Mečiarová, 2013). Nevýhodou používania vody ako prostredia pre organické reakcie naďalej zostáva náročný proces čistenia, rovnako aj potreba používania pomocných látok vzhľadom na nerozpustnosť organických látok vo vode či senzitivnosť niektorých látok na vodu (Mečiarová, 2013).

Okrem vody sa hovorí aj o polyetylén glykole ako o vhodnom prostredí pre organické reakcie. Tiež je možné použiť iónové kvapaliny, alebo fluórový dvojfázový

system, ktoré sa považujú za vhodnú alternatívu (Mečiarová, 2013; Clark, MacQuarrie, 2002).

### 6. Efektívne využitie energie:

Náš svet je závislý od energie a aj napriek tomu sa často zabúda na to, že je potrebná pre činnosť mnohých vecí. Rovnako aj pre realizáciu chemických reakcií. Chemici sa sústreďujú hlavne na priebeh reakcií, ale neuvedomujú si, že reakcie, napríklad vyžadujú vstup energie v podobe zvýšenia teploty alebo zníženia tlaku. Je to pre nich samozrejmé. Najviac sa využíva práve energia fosílnych palív – 82 %, ktoré patria medzi neobnoviteľné zdroje surovín (Constable, 2017; World Energy Council, 2013). Dopady neuváženeho využívania fosílnych palív sú:

- rýchla spotreba vzácnych, neobnoviteľných zdrojov,
- zvyšovanie koncentrácie oxidu uhličitého v atmosfére.

Dôsledky spojené so spotrebou fosílnych palív sú aktuálnym problémom, ktorý riešia vlády mnohých štátov sveta.

Veľké množstvo energie sa spotrebuje práve v priemyselnej výrobe. Náklady na energiu v závodoch sú vysoké. Mnohé chemické procesy si vyžadujú extrémne podmienky na realizáciu ako príliš vysoké alebo nízke teploty, či príliš vysoký alebo nízky tlak, pôsobenie UV žiarenia, ide o exotermické reakcie a pod. Platí tu priama úmera. Čím viac takýchto zásahov sa aplikuje, tým viac energie sa použije, a to zvyšuje výdaje a zároveň aj cenu produktu. Naopak príroda si to zariadila inak a efektívnejšie. Veď chemický proces nazývaný fotosyntéza sa realizuje v zelených rastlinách a stromoch za normálneho tlaku a teploty, bez použitia rozpúšťadla v špeciálnom zariadení (Constable, 2017).

Potreba **minimalizovať množstvo používanej energie** počas chemických syntéz je ďalším parametrom, ktorý je potrebné brať do úvahy v ich príprave. Zameriavať sa len na počet reakčných krokov, škodlivosť chemických látok, množstvo produktu, charakter rozpúšťadla nestačí. Ide o komplex princípov, ktoré medzi sebou súvisia.

V súčasnosti sa ako zdroj energie používajú **alternatívne zdroje**, ako teplo a para termálnych prameňov, horúce oleje alebo elektrické vykurovacie prvky, ktoré žiaľ nie sú dostatočne efektívne. Ďalej sa snažia získať energiu použitím zdrojov, ako mikrovlnné žiarenie, ultrazvuk, fotochemické a elektrochemické procesy. Týmto spôsobom sa „ušetrí“ energia, ktorú je možné presunúť do iných oblastí, kde sa viac využije (Clark, MacQuarrie, 2002).

### 7. Používanie obnoviteľných zdrojov surovín:

Zásoby ropy a zemného plynu sa neustále znižujú, no nepriamo úmerne dopyt po nich naďalej stúpa, keďže sú základnou surovinou pre výrobu skoro všetkého okolo nás. Mali by sme si uvedomiť, že ďalšie generácie majú rovnaké právo na ich využívanie ako súčasná spoločnosť. Okrem toho spaľovaním fosílnych

palív vznikajú emisie - globálne sa do atmosféry uvoľňuje oxid uhličitý, ktorý zhoršuje stav skleníkového efektu a narušuje životné prostredie.

Riešením tohto problému je používanie **obnoviteľných zdrojov surovín** – slnečná energia, veterná energia, vodná energia, geotermálna energia, termonukleárna energia, energia prílivu a odlivu, energia vln a energia ukrytá v biomase (Sečková, Ganajová, 2012).

**Biomasa** je hmota organického pôvodu, ktorá pochádza z rastlín a živočíchov. V biomase sa skrýva slnečná energia. Rastliny potrebujú pre svoju existenciu slnečné žiarenie, ktoré je dôležitým faktorom pre fotosyntézu. V priebehu fotosyntézy vzniká v rastline určité množstvo glukózy – sacharidov, do ktorých sa ukladá energia. Pri ich priamom spaľovaní alebo v podobe palív sa energia opäť uvoľňuje. Do biomasy sa zaraďujú:

- drevo a odpad z dreva,
- poľnohospodárske rastliny (kukurica, cukrová trstina, repka olejná, slnečnica, sója) a odpady (slama),
- jedlo, zvyšky stromov, rastlín z komunálneho odpadu,
- hnoj, ľudské výkaly.

Drevo sa môže spaľovať v normálnej podobe, ako ho poznáme. Odpadová biomasa z komunálneho odpadu a z odvetví ako poľnohospodárstvo, lesníctvo či potravinársky priemysel sa môže spracovať viacerými postupmi – drvením, lisovaním, štiepením, mletím a pod. na tuhé palivá vo forme lesnej štiepky, peliet, brikiet, ktoré sa používajú tiež na vykurovanie a ohrev vody. Ďalej sa používa slama, ktorá má vysoký energetický potenciál. Pestujú sa rýchlorastúce dreviny ako repka olejná, vŕby, trávy, ktoré majú vysoký ročný prírastok hmoty, a teda sú energeticky výhodné. Sú vhodnou alternatívou za čierne a hnedé uhlie. Úspešným príkladom využívania slamy a dreveného odpadu na Slovensku je mesto Trebišov, ktoré modernizovalo centrálny systém vykurovania a vybudovalo biomasovú kotolňu, ktorá zabezpečuje tepelnú energiu a ohrev vody (Jandačka, Malcho, 2007; Sečková, Ganajová, 2012; Energie pre vás, 2017).

Drevo obsahuje celulózu a v spojení s poľnohospodárskym odpadom, hovoríme o lignocelulózovej frakcii biomasy, ktorá je náhradným zdrojom etylénu, propylénu a aromatických uhľovodíkov (z lignínu) - benzénu, toluénu a xylénu. Mliečnym kvasením celulózy vzniká kyselina mliečna, ktorá sa využíva v potravinárskom a farmaceutickom priemysle, pri výrobe kozmetiky. Veľmi zaujímavou látkou na báze škrobu, ktorá sa pripravuje z kyseliny mliečnej, je biodegradovateľný polymér – kyselina polymliečna (PLA), ktorá je vhodnou náhradou za polyetylén a vyrábajú sa z nej baliace materiály. Slovenskí vedci zaznamenali veľký úspech a vytvorili nový biodegradovateľný plast, ktorého základné zložky sú kyselina polymliečna a polyhydroxybutyrát (PHB). Vytvorený



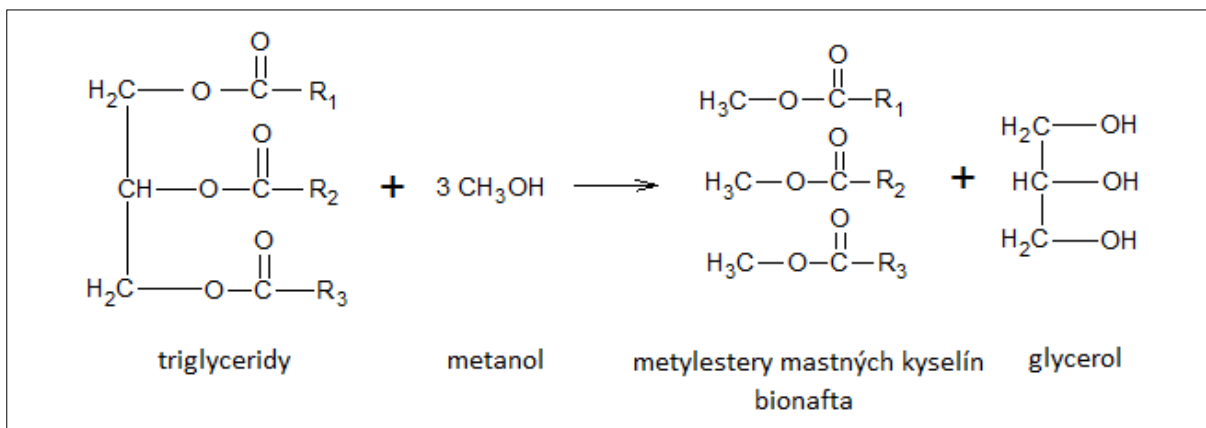
bioplast je materiálom pre výrobu potrieb do domácnosti (poháre, tanier, príbory, fľaše), baliacich materiálov či textílií (Mečiarová, 2013; PlasticPortal, 2014).

Z poľnohospodárskych rastlín sa biochemickou cestou vyrábajú tekuté palivá, ktoré sa využívajú ako pohonné látky do motorových vozidiel. Ide o rastlinné oleje, na Slovensku najčastejšie z repky olejnej, z ktorých sa pripravuje bioetanol a bionafta.

**Bioetanol** sa využíva ako pohonná látka v spaľovacích motoroch, prípadne ako prísada do benzínu na zvýšenie jeho kvality už dlho. Na Slovensku bol uznaný za významný zdroj energie a obnoviteľné palivo. Existujú spoločnosti na výrobu bioetanolu, napr. Enviral. Má vysoké oktanové číslo a zlepšuje kvalitu horenia paliva v motore, čím sa znižuje množstvo emisií. Nevýhodou je rýchlejšie spôsobovanie korózie kovových materiálov. Vyrába sa alkoholovou fermentáciou z obilia, kukurice, cukrovej trstiny a repy, zemiakov (vysoký obsah cukru). Pre životné prostredie je dôležité, že ich spaľovaním vzniká menej škodlivín, lebo majú jednoduchšiu štruktúru ako benzín, alebo nafta a lepšie horia. Najväčší producent kvapalných biopalív je Brazília, potom USA. Nevýhodou je jeho veľkovýroba, ktorá by bola konkurenciou pre produkciu potravín a pestovanie monokultúr, ktoré narušujú biodiverzitu (Jandačka, Malcho, 2007, Enviral, 2017; Sečková, Ganajová, 2012).

Čo sa týka **bionafty** vytvorenej na báze rastlinných olejov, nie je žiadnou novinkou. Už v 60. rokoch sa venovali možnosti jej využitia ako pohonnej látky, ale narazili na nevýhody ako vysoká viskozita, nízka prchavosť, či silná pozícia ropy v spoločnosti. Surovinou na výrobu bionafty sú rastlinné oleje z plodov a semien rastlín ako repka olejná, slnečnica, oliva, sója, alebo živočíšne tuky ako rybí tuk, hovädzí loj. Vyrába sa lisovaním biomasy, ktorá obsahuje základné zložky - triglyceridy, jej filtráciou a následnou esterifikáciou s alkoholom na metylestery mastných kyselín a glycerol (obrázok č. 5), ktorý má ďalšie použitie v chemickom priemysle ako „zelené“ rozpúšťadlo (Clark, MacQuarrie, 2002; Sečková, Ganajová, 2012).

Obr. č. 5: Esterifikácia triglyceridov s alkoholom.





Použitím repkového oleja vznikajú metylestery repkového oleja, čo sa nazýva MERO, čiže bionafta. Dôležitou vlastnosťou bionafty je jej čistota. Spaľovaním čistej bionafty sa uvoľňuje menšie množstvo emisií do ovzdušia, ako aj menej tuhých častíc a škodlivín, ale jej enormné pestovanie má výrazný podiel na produkcii skleníkových plynov. Čistá bionafta sa ako palivo do dieselových motorov používa minimálne, lebo spôsobuje upchávanie ventilov motora. Aktuálne je súčasťou normálnej nafty na čerpacích staniciach. Bionafta sa na Slovensku vyrába z repky olejnej a využíva sa hlavne na pohon poľnohospodárskych vozidiel, a to vo veľmi malej miere. Boli pokusy o jej zavedenie, ale neboli príliš úspešné (Sečková, Ganajová, 2012).

Za obnoviteľné palivo z biomasy plynného skupenstva sa považuje bioplyn, ktorý sa uvoľňuje pri odumieraní a rozklade biomasy. Keďže hnitie je bežný proces v prírode, považuje sa za najekonomickejší spôsob zneškodňovania odpadkov ekologickou cestou.

**Bioplyn** je zložený hlavne z metánu (50-75%) a oxidu uhličitého (25-50%). V malých množstvách môže obsahovať sulfán, vodík a dusík (podľa druhu biomasy). Vyrába sa metánovým kvasením z exkrementov hospodárskych zvierat, organických kalov, poľnohospodárskeho a komunálneho odpadu v priestoroch, kde niekoľko dní hnie vďaka prítomnosti mikroorganizmov a vhodným podmienkam (teplota, bez prístupu kyslíka). Odtiaľ prúdi bioplyn do digestorov, z ktorých je odčerpávaný do zberných nádrží (Janačka, Malcho, 2007; Sečková, Ganajová, 2012; Green Projekt a, 2013).

Jeho používanie má priaznivý účinok na znižovanie emisií skleníkových plynov, čiže je to vhodná náhrada fosílnych palív. Bioplyn sa používa na vykurovanie a ohrev vody. Ďalej na pohon plynného motoru na výrobu elektrickej energie, alebo ako palivo do spaľovacích motorov. Na Slovensku sa vyrába bioplyn v mnohých bioplynových staniciach, napr.: v Badíne, v Bošanoch, v Rozhanovciach, v Plavnici a i (Energie Portal, 2017).

Biomasa ako alternatívny a obnoviteľný zdroj energie a uhlíkov má výhody oproti fosílnym palivám: jej používanie znižuje úroveň znečistenia životného prostredia a nielen minimalizuje tvorbu odpadu, ale využíva sa ako druhotná surovina. No aj napriek tomu vznikajú problémy v oblasti environmentalistiky, v ochrane prírody a lesníctva. Pestovanie biomasy má nepriaznivý dopad na biodiverzitu, dochádza k výraznému odlesňovaniu a výrubu dreva, čím sa narušuje lesný ekosystém (erózie, zásah do vodného režimu). Z ekonomického hľadiska majú palivá z biomasy vyššiu cenu a naopak nižší výkon v porovnaní s fosílnymi palivami, keďže vznikajú vyššie náklady na dopravu a logistiku biomasy, ako aj úpravu paliva na používanie. Vzhľadom na to, že ide o sezónne palivo, nastáva aj problém s jeho skladovaním (Sečková, Ganajová, 2012; O energetice, 2017).

Veľmi diskutovanou témou o biomase je množstvo vzniknutého oxidu uhličitého pri jej spaľovaní a účinok CO<sub>2</sub> na globálne otepľovanie. Bežne sa

v spoločnosti hovorí, že vďaka používaniu biomasy sa práveže nedostáva do atmosféry tak veľké množstvo oxidu uhličitého. Pretože množstvo CO<sub>2</sub> pri jej spaľovaní sa rovná približne množstvu CO<sub>2</sub>, ktoré sa spotrebuje pri raste biomasy, takže je zaručená rovnováha jeho množstva. Iné zdroje tvrdia, že priamym spaľovaním biomasy v podobe dreva, alebo slamy sa produkuje väčšie množstvo skleníkových plynov, ako dokážu rastliny spotrebovať počas svojho rastu a života. Riešením je transformovať biomasu na palivá ako bioetanol, bionafta alebo bioplyn, ktoré sú efektívnejšie a ich spaľovaním takmer nevznikajú skleníkové plyny (Biomass, 2017).

#### 8. *Obmedzenie počtu reakčných krokov:*

Derivatizácia je transformácia chemickej látky na ďalšiu podobnú látku – derivát vzniká tým, že sa modifikuje jedna alebo viac funkčných skupín, čím sa menia fyzikálno-chemické vlastnosti látky (Royal Society of Chemistry b, 2015).

Pod deriváty sa zaraďujú napríklad ochranné skupiny, ktoré chránia dočasne funkčnú skupinu, ale častokrát sa stávajú súčasťou odpadu po splnení svojej úlohy v chemickej syntéze. Cestou k zjednodušeniu chemických reakcií je **enzymatická reakcia**, ktorá môže redukovať počet krokov v chemickom procese. Enzýmy sú natoľko špecifické zlúčeniny, že reagujú len s jednou časťou molekuly. Tento postup sa vyskúšal v rámci výroby kyseliny 6-aminopenicilánovej (6-APA) – základ penicilínov, pričom sa nahradila tradičná výroba z penicilínu G za prítomnosti ďalších chemických látok (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, n-butanol, ...) a teploty - 40°C. Pôsobením enzýmu penicilín G acyláza na penicilín G vo vodnom prostredí za izbovej teploty v jednom kroku vzniká kyselina 6-APA. Počas reakcie sa dodáva len amoniak, ktorý upravuje hladinu pH. Využíva sa v praxi a je vhodným príkladom integrácie zelenej chémie v reálnom živote (American Chemical Society b, 2014; Sheldon, Arends, Hanfeld, 2007).

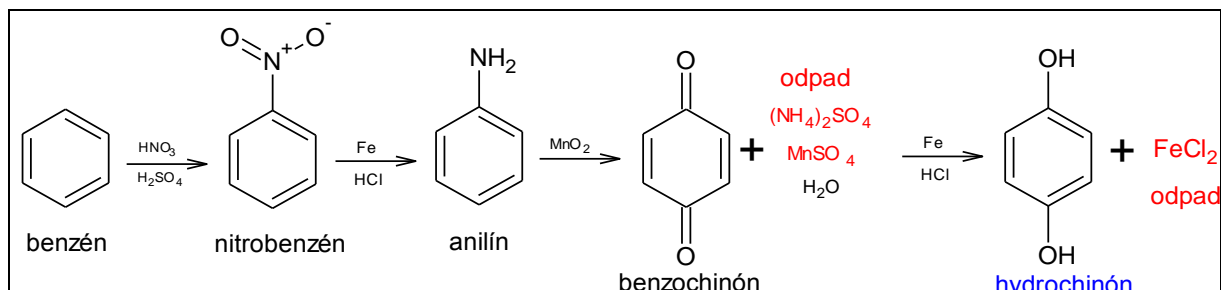
#### 9. *Presadzovanie katalytických procesov:*

Aplikovanie katalyzátorov, ktoré znižujú aktivačnú energiu, ako aj teplotu a tlak chemickej reakcie, má za cieľ znížiť spotrebu energie. Taktiež sa berie do úvahy aj atómová ekonomia chemickej reakcie, aby sa získal v ideálnom prípade 100 % výťažok bez vedľajších produktov - odpadu s ohľadom na toxicitu použitých reaktantov. Odpad, ktorý vzniká pri výrobe organických zlúčenín, tvoria častokrát anorganické soli (Mečiarová, 2013; Sheldon, Arends, Hanfeld, 2007).

Pri katalytických reakciách je potrebné zvoliť vhodný katalyzátor, aby bola zaručená, čo najvyššia efektivita a selektivita reakcie. Čím sa vraciame k predchádzajúcemu princípu, v ktorom sa uvádzajú enzýmy a všeobecne biokatalyzátory ako riešenie danej problematiky chemických reakcií (American Chemical Society b, 2014). Vhodnou ukážkou pre porovnanie klasických a katalytických reakcií je výroba hydrochinónu, ktorý je používaným medziproduktom v produkcii polymérov. Pôvodný spôsob výroby (obrázok č. 6.) pozostával z oxidácie anilínu pomocou činidla MnO<sub>2</sub> na benzochinón, ktorý bol

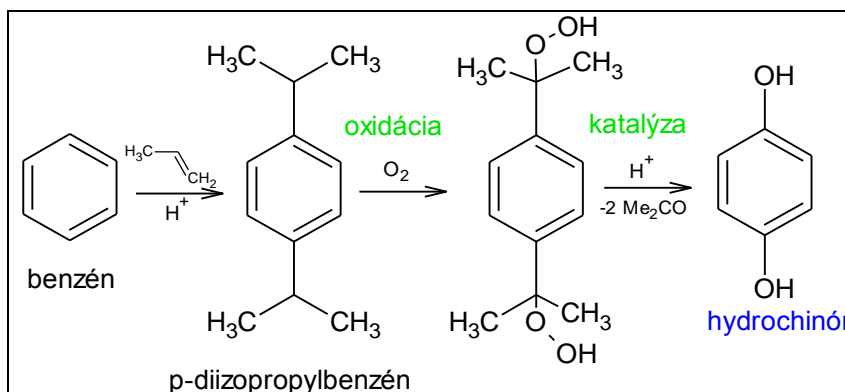
redukovaný pomocou železa a kyseliny chlorovodíkovej na výsledný produkt. Anilín sa vyrábal nitráciou benzénu a následnou redukciou. Počas procesu sa vytvoril odpad v podobe anorganických solí v množstve 10 kg na 1 kg hydrochinónu (Singh, Pandey, 2015; Sheldon, Arends, Hanfeld, 2007).

Obr. č. 6: Pôvodný spôsob výroby hydrochinónu.



Moderná cesta jeho výroby (obrázok č. 7) spočíva v oxidácii východiskovej látky p-diizopropylbenzénu a ďalšej katalýze, pričom vznikne menej ako 1 kg anorganických solí na 1 kg produktu (Sheldon, Arends, Hanfeld, 2007). Ďalším príkladom katalytickej reakcie, ktorá má zastúpenie vo farmaceutickom priemysle je výroba ibuprofénu, ktorú sme spomínali v rámci druhého princípu Zelenej chémie.

Obr. č. 7: „Zelená“ cesta výroby hydrochinónu.



Príklady katalyzátorov, ktoré sa aplikujú v heterogénnych katalýzách sú: oxidy (napr.:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), činidlá na nosičoch (napr.:  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{SiO}_2$ ) a kovy na nosičoch (Pt, Pd, Au, ...). Okrem nich existujú aj heterogénne katalyzátory pevného skupenstva vo forme kryštálov, ktoré sa nazývajú zeolity. Sú to hlinitokremičitany, zložené zo stavebných jednotiek  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  a  $[\text{AlO}_4]^{5-}$ , ktoré sú vzájomne pospájané a tvoria pravidelný systém pórov (kanálov) a dutín s priemerom 0,3 až 1,4 nm. Ich použitím sa transformovali chemické syntézy výroby fenolu, alebo nylonu 6 (Mečiarová, 2013; Sheldon, Arends, Hanfeld, 2007).

**Biokatalýza** je jedným z nástrojov Zelenej chémie, ktorá sa presadzuje z viacerých dôvodov ako priebeh v miernych reakčných podmienkach (približne normálne podmienky, použitie vody ako rozpúšťadla), menej reakčných krokov (nie je potrebné používať ochranné skupiny pre funkčné skupiny a následne ich odstraňovať), čo súvisí s nižšou spotrebou energie, využitie biokatalyzátorov

prírodného pôvodu (biodegradovateľné látky, bez toxických účinkov) (Clark, Macquarrie, 2002; Sheldon, Arends, Hanfeld, 2007).

Hydrochinón je možné vyrobiť aj bez použitia aromatickej zlúčeniny benzénu s karcinogénnymi účinkami. Napríklad použitím D-glukózy ako východiskovej látky prírodného charakteru (obnoviteľné zdroje surovín - biomasa) bez toxických vlastností. Je to enzymatická reakcia, kde ako katalyzátor pôsobí glukóza-oxidáza. D-glukóza reaguje s benzochinónom a pôsobením biokatalyzátora sa konvertuje na hydrochinón. Výťažok produktu tejto enzymatickej reakcie je takmer 100%. V roku 1995 sa výroba hydrochinónu transformovala. Naďalej D-glukóza zotrvala ako východisková látka, ale ako biokatalyzátor sa použili geneticky upravené mikroorganizmy, Escheria coli (Singh, Pandey, 2015; Alberti, Klivanov, 1982).

### 10. Navrhovanie degradácie chemických produktov:

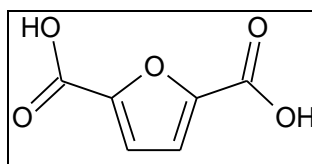
Pri princípe zaoberajúcim sa obnoviteľnými zdrojmi surovín bol spomenutý pojem **biodegradovateľnosť** ako vlastnosť látok, plastov, ktoré podliehajú biodegradácii (biologickej degradácii). Je to proces, počas ktorého sa dané látky rozkladajú vplyvom biotických zložiek prostredia, čiže živými organizmami ako baktérie, riasy, plesne na jednoduché, neškodné chemické látky (oxid uhličitý, metán, biomasa, voda) bez negatívneho vplyvu na životné prostredie (Kržan, 2013).

Pre chemikov to znamená navrhovanie takých chemických látok, ktoré budú mať vo svojej štruktúre zapísanú vlastnosť biodegradácie, alebo fotolýzy, či hydrolýzy, aby po naplnení svojej funkcie mohli byť vhodne rozložiteľné na produkty šetrné k životnému prostrediu (American Chemical Society b, 2014).

V súčasnosti sa do popredia dostávajú práve biodegradovateľné plasty, napríklad PLA, polyhydroxybutyrát (PHB), ktoré sú ohľaduplné k životnému prostrediu a dokážu sa rozložiť na jednoduchšie látky bez škodlivých účinkov. Presadzuje sa ich výroba z obnoviteľných zdrojov ako biomasa (škrob, celulóza, lignín), ale treba spomenúť, že niektoré polyamidestery, polyestery, polyanhydridy, polyvinylalkohol sa pripravujú aj z neobnoviteľných surovín (Kržan, 2013).

Veľkým problémom pre životné prostredie sa stávajú PET fľaše a podobné výrobky, ktoré nie sú poväčšine rozložiteľné a môžu sa len recyklovať. Ich doba rozkladu sa odhaduje približne na 450-500 rokov. Z lignínu je možné pripraviť kyselinu furán-2,5-dikarboxylovú (obrázok č.8), ktorá je základom pre biopolyester polyetylénfuranoát (PEF) ako plast budúcnosti, 100%-ného rastlinného pôvodu a „zelená“ náhrada polyetyléntereftalátu (Corbion, 2015).

Obr. č. 8: Kyselina furán-2,5-dikarboxylová.



### 11. Kompletná analýza:

Ide o princíp, ktorý má za úlohu **kontrolovať procesy**, ktoré prebiehajú v laboratóriách, v priemyselných závodoch. Počas chemických syntéz dochádza k rôznym zmenám v reakčnom systéme. Môže sa zvýšiť teplota, tlak, pH systému, unikne jedovatá látka, alebo môže nastať akákoľvek iná udalosť, ktorá sa končí nehodou. Taktiež sa zameriava na predchádzanie vzniku toxických produktov a odpadu prostredníctvom kontroly chemických procesov.

Takýmto nehodám sa odborníci snažia zabrániť, a to prostredníctvom spätnej väzby, ktorá sa im dostáva vďaka kompletnej analýze chemických procesov. Jedna z tradičných metód na monitorovanie chemickej reakcie je chromatografia na tenkej vrstve (TLC), ale používajú sa aj iné analytické metódy. Aby aplikácia „zelených“ stratégií v technológiách bola bezpečná (American Chemical Society b, 2014).

### 12. Bezpečnosť chemických procesov:

Posledný princíp sa nazýva aj **Princíp bezpečnosti**, ktorý sa pokladá za veľmi dôležitý. Mal by byť základným kameňom, na ktorom postupne vyrastú do pevnej a mohutnej štruktúry aj zvyšné princípy.

Jeho cieľom je zabrániť a hlavne predchádzať požiarom, explóziám a všeobecne nehodám a katastrofám, ktoré by mohli zasiahnuť životy ľudí a stav životného prostredia (American Chemical Society b, 2014). Nehôd a katastrof, ktoré sa stali dôsledkom priemyselnej výroby alebo dopravy, existuje pomerne veľa, už od počiatkov priemyslu. Uvedieme niekoľko príkladov, kedy došlo k zlyhaniu z rôznych príčin s negatívnymi následkami na životoch či na životnom prostredí, ktorým je potrebné zabrániť a predchádzať.

V roku 1984 v indickom meste Bhópál sa stala havária, ktorá je považovaná za najzávažnejšiu nehodu v 20. storočí. V priemysle závode na výrobu insekticídov unikla chemická látka s názvom metylizokyanát, ktorá pripravila o život 2750 ľudí a 5000 obyvateľov bolo intoxikovaných, nehovoriac o následkoch na iné živé organizmy v okolí do vzdialenosti 2,5 km. Po chemickej katastrofe zostalo 11 000 ľudí s trvalými následkami na zdraví (Oravec, 2011).

Zo známych ekologických havárií spomenieme katastrofu v rumunskej lokalite Baia Mare v roku 2000. Vzhľadom na obrovské narušenie životného prostredia, ktoré spočívalo v kontaminácii 600 km-ového úseku riek Someš, Tisza a Dunaj kalom (kyanid, meď a iné ťažké kovy) z ťažby zlata, došlo k uvedomeniu si potreby riešenia tohto problému. Novelizovala sa smernica, ktorá pokladá tieto havárie za priemyselné a nie za ekologické (Oravec, 2011).

Pomerne aktuálnou nehodou z roku 2015 je ďalšia ekologická katastrofa spôsobená únikom toxického materiálu v oblasti rieky Doce v Brazílii. 50 miliónov ton toxického materiálu valiaceho sa riekou, pozostával zo zlúčenín ťažkých kovov, ako arzén, ortuť. Zapríčinil straty na životoch, ako aj mnohé zranenia a obrovské

poškodenie a narušenie životného prostredia v oblasti rieky, ktorá sa vlieva do Atlantického oceána (Jaramillo, 2015).

Ani Slovensko nie je výnimkou v haváriách, keďže chemický priemysel má svoje zastúpenie v podobe priemyselných podnikov ako DUSLO, a.s., Chemko, a.s., alebo železiarne U. S. Steel Košice. Verejne známy je výbuch v podniku DUSLO z roku 2010, spôsobený zlým tesneným na prírube vysokotlakového rozvodu syntézneho plynu. Nedôslednosť v technickom zabezpečení si vyžiadala 5 životov pracovníkov závodu a škody majetku v hodnote 12 miliónov eur (Enviroportál, 2010).

Nakoniec komplex pravidiel, na ktorých je postavená Zelená chémia by sme mohli zhrnúť do nasledovných bodov:

- využitie maximálnych množstiev reagujúcich látok na tvorbu produktov,
- ohľad na priebeh reakcie tak, aby bol podiel odpadu minimalizovaný,
- použitie a výroba menej škodlivých surovín a produktov,
- bezpečnosť procesov,
- používanie obnoviteľných surovín,
- navrhnuté procesy by mali byť čo najviac účinné (Clark, Macquarrie, 2002),

pričom je dôležité uvedomiť si ich vzájomnú prepojenosť a prelínanie sa v reálnej praxi. Jednotlivé princípy medzi sebou súvisia a je potrebné ich vnímať ako dvanásť pilierov pre plošinu s názvom priemyselná výroba. Ak sa im spoločnosť nebude venovať synchronicky, tak sa plošina nakloní a priemyselná výroba spôsobí negatívne následky na okolité životné prostredie. Ľudstvo dostalo v prírode veľa vzorov a nápadov do bežného života. Niektoré už dokázalo prevziať, upraviť a zaviesť do života, no niektoré ešte čakajú na objavenie.



---

## *Pozícia Zelené chémie vo vzdelávaní*

---

Vyučovací predmet chémie, ktorý sa podieľa na budovaní prírodovednej gramotnosti žiakov zaznamenáva na Slovensku klesajúci trend záujmu žiakov o tento predmet, ako aj o ďalšie prírodovedné predmety (Veselský, Hrubíšková, 2009). Upozorňujú na to výsledky celosvetového testovania PISA (Programme for International Student Assessment), pričom naposledy bolo testovanie realizované v roku 2012. Žiaci Slovenskej republiky dosiahli výkon, na základe ktorého sa umiestnili v rámci OECD na 28.-31. mieste a v celosvetovom meradle na 39.-42. mieste. Číže ich výkon sa nachádza pod priemerom krajín OECD, ktoré sa testovania zúčastnili. V porovnaní s predchádzajúcimi rokmi 2006 a 2009 úroveň žiackych výkonov sa výrazne znížila (NÚCEM, 2015).

Rovnako aj organická chémie na vyučovaní nemá veľkú obľubu u žiakov. Je považovaná za veľmi náročnú časť chémie, ktorá sa sprístupňuje žiakom na základných a vo väčšej miere na stredných školách, čo je podmienené predpokladom vyššej úrovne žiackych vedomostí a osobnostného vyzretia (Míkva, Held, 2013). Poznatky získané na hodinách chémie sú častokrát výsledkom mechanického učenia s krátkodobým efektom zapamätania si týchto poznatkov, keďže ich dostatočne nepochopili a neosvojili si ich. Veselský a Hrubíšková (2009) uvádzajú, ako dôvod nízkeho záujmu žiakov o vyučovacie predmety, tradičný spôsob vyučovania. To znamená, že učiteľ zohráva kľúčovú rolu vo vyučovaní ako hlavný zdroj informácií, čím sú potlačené žiacke návrhy a nápady. Žiaci zostávajú pasívnymi poslucháčmi učiteľa, bez možnosti samostatnej aktívnej činnosti na vyučovaní, či vyjadrovania vlastných názorov alebo kladenie otázok.

Chemické vzdelávanie na Slovensku nasleduje aktuálne trendy a tendencie vo vyučovaní chémie na svete. Jedným z takýchto trendov je aj problematika udržateľného rozvoja a konkrétne Zelené chémie. Zelená chémie je jedným z vhodných nástrojov pre zvýšenie záujmu žiakov o chémiu a udržateľný rozvoj našej spoločnosti, preto by mala získať svoje postavenie a pozíciu aj v školskom obsahu.

### *Vzťah medzi environmentálnou a Zelenou chémiou*

Chémie je základom všetkého, čo máme okolo seba. Priemyselná výroba je závislá od chémie, od chemických procesov a reakcií, ktoré sa realizujú v závodoch, pričom sa využívajú rôzne chemické látky, aby vznikli nové produkty využiteľné v bežnom živote. Je potrebné uvedomiť si veľký diapazón, ktorý chémie má, veľké množstvo oblastí, ktoré sa dotýkajú chémie, do ktorých zasahuje a ovplyvňuje ich. Od zdrojov potravy, cez spôsob ich úpravy a spracovania, spotrebu energie, využívanie rôznych produktov výroby, ich likvidácie, alebo recyklácie až po vzdelávaciu a výskumnú činnosť v chémii. Chemický priemysel prináša aj negatívne následky na životné prostredie – odpad, znečistenie, havárie atď. Všetky spomenuté

oblasti sa prepájajú s princípmi Zelenej chémie, ktoré sa zaoberajú obnoviteľnými zdrojmi energie a uhľovodíkov, novými stratégiami výroby bezpečnejších produktov, prevenciou vzniku odpadu a nebezpečenstva atď. A práve tieto prepojenia sú podstatné pre budúcnosť a malo by ich vznikáť čoraz viac.

Zelená chémia mení pohľad spoločnosti na chémiu ako takú. Posúva negatívne poznanie ľudí o chémii, ktoré prevláda už niekoľko desaťročí, k novému mysleniu a pozitívnej skúsenosti s ňou. Veľkou výzvou pre prírodovedné vzdelávanie, v našom prípade pre chemické vzdelávanie, je orientovať chemické vyučovanie k udržateľnosti a celkovo k zmene filozofie a uvažovania chémie na školách. Mali by sme začleniť Zelenú chémiu a jej princípy do priemyselnej výroby a našich životov, čiže aj do vzdelávania. Žiaci majú právo a možnosť byť aktívnymi účastníkmi na utváraní trvalo udržateľnej budúcnosti. Všeobecne sa môže hovoriť o „zelenom vzdelávaní“ (Green Education), ktoré by malo zaujímať všetkých obyvateľov našej planéty (21st Century Schools, 2010). Hill, Kumar a Verma (2013) hovoria o novej vízii chemického vzdelávania, ktoré je obohatené o nové dimenzie súvisiace s udržateľnosťou životného prostredia: Zelená chémia, chemický priemysel, environmentálna chémia, „smart“ materiály, obnoviteľné zdroje surovín, uhlíkovo neutrálna hospodárstvo, základné chemické poznanie, ľudská snaha a miestna kultúra. Autori spomínajú dva významné pojmy vzťahujúce sa na obsah dizertačnej práce, a to environmentálna a Zelená chémia. Dôležité je uvedomiť si nielen rozdiel medzi environmentálnou a Zelenou chémiou, ale hlavne vzťah medzi nimi, keďže sú úzko prepojené.

Prostredníctvom Zelenej chémie vniká do vyučovania nový prvok, a to **zmýšľanie vedeckých pracovníkov pri ich rozhodnutiach o dizajne chemických procesov**. Slúžia na to novovytvorené kurikulá, ktoré sa zakladajú na 12 princíпов Zelenej chémie (Anastas et al., 2009).

Zelená chémia by mala byť základom pre naše chemické vzdelávanie z dôvodu, že:

- je aktuálna a zaujímavá pre žiakov, pre učiteľov a všeobecne pre verejnosť, keďže chémia sa dotýka každého z nás.
- má interdisciplinárny charakter, ktorý je možné využiť počas vytvárania obsahu viacerých vyučovacích predmetov.
- je aplikáciou do bežného života, čo je prítlačivé pre žiakov, aj pre učiteľov.
- dáva príležitosť využiť laboratórne cvičenia, ktoré ku chémii nevyhnutne patria, tiež projektové, kooperatívne vyučovanie, skupinovú prácu a ďalšie inovatívne a aktivizačné metódy.
- rozvíja kľúčové kompetencie žiaka pre osobnostný a sociálny rast – sociálne, personálne, komunikačné, občianske kompetencie.
- rozvíja kľúčové kompetencie žiaka pre kognitívny a odborný rast – prírodovedné, učebné kompetencie a kompetencie na riešenie problémov.
- rozvíja profesijný a osobnostný rast učiteľa.



- kladie dôraz na zodpovednosť za vlastné konanie, ktoré môže mať dopad na ďalšie generácie a i.

---

### Ukážky „zeleného“ kurikula vo svete

---

Organizácia **Beyond Benign** (<http://www.beyondbenign.org/>), ktorú sme už spomínali v historickom prehľade, sa venuje „osvete“ verejnosti, aby poznala problematiku Zelenej chémie a snaží sa preniesť ju do školského systému prostredníctvom „zeleného“ kurikula. Jej činnosť zahŕňa:


- tvorbu kurikula Zelenej chémie pre:
  - druhý stupeň základných škôl pod názvom „Úvod do chémie so svedomím“ – žiaci sa stávajú vedcami, ktorí sa podieľajú na tvorbe šampónu,
  - stredné školy, ktoré je rozčlenené do troch častí:
    - Čo je Zelená chémia?
    - Zelená chémia v priemysle.
    - Zelená chémia v laboratórnych cvičeniach
- vzdelávacie kurzy pre učiteľov,
- rôzne aktivity pre verejnosť (Beyond Benign b, 2014).

Napríklad: Prvá časť „zeleného“ kurikula pre stredné školy „Čo je Zelená chémia?“ sa skladá zo štyroch hlavných tém:

- Písanie princípov,
- Stopa chemikára,
- Environmentálny impakt faktor,
- Životný cyklus a udržateľná analýza,

ktoré sa venujú úvodu do Zelenej chémie a ku ktorým sú vytvorené metodické a učebné materiály v aplikáciách *MS Word* a *MS PowerPoint* (viď. obrázok č. 9).

Obr. č. 9: Ukážka metodických a učebných materiálov organizácie Beyond Benign.



## Evaluating Sustainability and Lifecycle

**Teacher Background:** Green washing is becoming pervasive in our society and students need metrics by which to use green chemistry principles and to make decisions. This lesson will introduce them to tools to evaluate sustainability and lifecycle. These tools along with the 12 principles of green chemistry can help inform students of how to evaluate "green". Students will need to understand the definition of sustainability and understand the 3 Es before completing this activity.

**Social Equity** is often the most difficult E for students to understand. Social equity implies fair access to livelihood, education, and resources; full participation in the political and cultural life of the Community; and self-determination in meeting Fundamental Needs. Equity – everyone gets what is right for them not equality which means everyone gets the same thing. Social equity leaves plenty of room for individuals, households, and communities to seek the mix of economic, social, and ecological assets that best reflects their values.

**Time Required:** 1 x 45-60 minute class period

**Standards met:** S1

**Green Chemistry Principles:** 1 - 12

**Goal:** To have students understand how to evaluate a product or process for "Green"

**Objectives:** Students will...

- Be introduced to the sustainability triangle
- Be introduced to the lifecycle diagram

- Use these tools to evaluate a product.


**Materials:**

- Hand outs
- Online access

**Teacher Procedures:**  
**How to introduce each evaluation tool:**

**Lifecycle**

- Explain to students that there is no human endeavor which has zero impact upon the environment, economics or other humans. From the day we are born we are a drain on the resources of the world in some way whether it be large or small. You may want to have your students complete an ecological footprint. There are many websites that have tools for this. We particularly enjoy this one: <http://www.footprintcalculator.org/>
- Explain to students that in their quest to be better stewards of the earth they will be making decisions all of their lives whether they become a chemist or a rock star, as to what is "green" and what isn't "green". Remember it is all a matter of degrees as every human action has an impact on others and the world around us.
- Explain to students that often chemicals get a bad rap but the truth is that all materials are made from chemicals – everything is chemical based and some chemicals have caused human health, environmental or economic problems so the question is **How would we intentionally design our chemicals or our products made from chemicals and chemical processes?** Green chemistry is the discipline which can make sure that chemicals in the future are purposely designed to have a better lifecycle and sustainability rating.
- Go over the example of the lifecycle of a common product.
- Have them choose a product or a material or component of a product that they can identify and have them complete the lifecycle worksheet.
- Some suggestions would be diapers, a laptop computer, a jacket, a car.
- Now move on to the sustainability triangle



<p><b>Physical properties of a material</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•State of Matter</li> <li>•Color</li> <li>•Melting Point</li> <li>•Boiling Point</li> <li>•Solubility</li> <li>•Electrical Conductivity</li> <li>•Density</li> <li>•Impact on the environment</li> </ul>	<p><b>What does a chemist do?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blow things up</li> <li>• Pollute things and people</li> <li>• Hang out in a lab and not interact with the real world</li> <li>• Work with dangerous materials</li> <li>• Have an "A" type personality and follow directions.</li> </ul>	<p><b>What does a chemist do?</b></p> 	<p><b>What does a chemist do?</b></p> 	<p><b>Why the misconception?</b></p> 
	<p><b>Denature (neutralize) the sulphuric acid with sodium bicarbonate (baking soda) after you have finished.</b></p> <p><b>Dispose!</b> Add acid to water to dispose: since the acid is neutralized the carbon mass can be placed in normal trash since cost</p>	<p><b>Chemical Footprint</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The chemicals consumed, produced, and modified by an entity. Pertains to chemical interaction between an entity and its environment.</li> </ul>	<p><b>DECEMBER 3, 1984</b> <b>Bhopal, India</b></p> 	

Druhá časť „Zelená chémia v priemysle“ sa zaoberá výskumom v oblasti Zelenej chémie a využíva reálne príklady z priemyselného sveta. Pre realizáciu experimentov a laboratórnych cvičení na základe princípov Zelenej chémie slúžia metodické materiály v tretej časti „Zelená chémia v laboratórnych cvičeniach“ (Beyond Benign c, 2015).

Univerzita v Scrantone (<http://www.scranton.edu/>) sa podieľala na tvorbe učebných materiálov v projekte prezidentskej výzvy pre Zelenú chémiu. Vytvorili modulový systém „zeleného“ kurikula pre rôzne oblasti chémie (obrázok č. 10) - všeobecná chémia, organická chémia, anorganická chémia, biochémia, environmentálna chémia, chémia polymérov, pokročilá organická chémia, chemická toxikológia, priemyselná chémia.

Obr. č. 10: „Zelené“ kurikulum na Univerzite v Scrantone.

## GREEN CHEMISTRY

Greening Across the Chemistry Curriculum [English](#) | [Versión en Español](#)  | [Versão em Português \(Brasil\)](#) 

Home	Intro	General	Organic
Inorganic	Biochemistry	Environmental	Polymer
Adv Organic	Toxicology	Industrial	UofS Home

A Project with major funding from The Camille and Henry Dreyfus Foundation Special Grant Program in the Chemical Sciences. Additional funding was provided by the ACS/EPA Green Chemistry Educational Materials Development Project and the University of Scranton.

### Green Module for Organic Chemistry

ATOM ECONOMY: A Measure of the Efficiency of a Reaction

[Module](#)  
[Notes to Instructors](#)

**Powerpoint Presentation**

- [ppt\(download\)](#)
- [View Online](#)

Modul tvorí učebný text pre žiakov doplnený obrázkami, schémami, grafmi, ktorý sa zameriava na vybranú problematiku Zelenej chémie. Napríklad modul pre organickú chémiu sa orientuje na účinnosť chemickej reakcie, v čom je zahrnutá tematika atómovej ekonómie na príklade syntézy Ibuprofenu. Na konci modulu sa môže nachádzať krátke zhrnutie učiva, otázky pre žiakov na precvičenie a odkazy na literárne zdroje. K modulom sú pripravené didaktické poznámky pre učiteľa a prezentácie v aplikácii *MS PowerPoint* (The University of Scranton, 2013).

O prienik Zelenej chémie nielen v oblasti chémie, ale aj v živote inžinierov, politikov, podnikateľov, učiteľov, či verejnosti sa snaží **Centrum pre Zelenú chémiu** so sídlom v Berkeley (<http://bcgc.berkeley.edu/>). Činnosť centra sa sústreďuje na tvorbu „zeleného“ kurikula interdisciplinárneho charakteru vo forme sylabov a metodických materiálov s aplikáciou na laboratórnych cvičeniach, pre realizáciu projektového vyučovania, práce s literatúrou a iných vyučovacích stratégií a metód. Materiály na laboratórne cvičenia sa skladajú z úvodného textu, návodu na experiment a protokolu pre žiakov, čo znázorňuje nižšie uvedený obrázok č. 11 zaoberajúci sa depolymerizáciou kyseliny polymliečnej (The Berkeley Center for Green Chemistry, 2010).

**Obr. č. 11 : Ukážka materiálov k experimentu Depolymerizácia kyseliny polymliečnej.**  
<http://bcgc.berkeley.edu/sites/default/files/7-Chapter%206-PLA%20Depolymerization-pH-titration-F11-v2.pdf>

<p style="text-align: center;"><b>Experiment</b></p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;"><b>6</b></p> <h3 style="text-align: center;">Depolymerization of Poly(lactic acid) Cups to Lactic Acid</h3> <p><b>Introduction</b></p> <p>Poly(lactic acid), or PLA, is a biobased polymer that is a promising alternative to fossil-fuel based plastics. PLA is derived from corn, a renewable resource, and its total production uses 20-50% less fossil energy than the production of conventional petroleum-derived plastics. To prepare PLA, corn is fermented into lactic acid, which is then manufactured into a low molecular weight pre-polymer. This prepolymer can then be used to form the high molecular weight PLA plastic that can be made into anything from plastic cups, to clothing, to medical sutures.<sup>1</sup></p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Pure high-molecular weight PLA is brittle. Therefore, most commercial uses of PLA incorporate other plastics into a PLA blend depending on the rigidity of the plastic needed for a specific application.<sup>1</sup> PLA is classified as a number 7 plastic.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Experimental</b></p> <h3 style="text-align: center;">Depolymerization of Poly(lactic acid) to Lactic Acid<sup>1</sup></h3> <p><b>The Problem</b> Depolymerize a sample of poly(lactic acid) into lactic acid in basic solution. Quantitatively measure the amount of lactic acid in the final solution through a potentiometric titration.</p> <p><b>The Approach</b> Work in groups of 2 depending on the availability of pH meters in your lab room.</p> <p><b>Equipment needed</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PLA</li> <li>0.1M NaOH solution (0.1M for the depolymerization and &lt;0.1M for the titration)</li> <li>50mL Erlenmeyer flask</li> <li>100 mL beaker</li> <li>watch glass</li> <li>100 mL graduated cylinder</li> <li>0.1N HCl solution</li> <li>tit</li> <li>pH meter</li> <li>titration setup</li> <li>buffer</li> <li>stirrer</li> <li>weights</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div>	<p>Experiment 6: Depolymerization of Poly(lactic acid) Cups to Lactic Acid</p> <p>Report Sheet</p> <p>Name: _____</p> <p>Partners: _____</p> <p>CSI: _____</p> <p>Generate a good graph of pH vs. volume titrant for your sample and attach it to this report. Also graph the first derivative of the pH graph versus volume titrant. (HINT: If you use Excel, the SLOPE function will be useful).</p> <p><b>Goal:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Attach a copy of your titration curve to this report.</li> <li>Label important data points and regions on the curve.</li> </ol> <p><b>Results and Discussion:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determine the amount of lactic acid titrated in the solution.</li> <li>What evidence suggests that lactic acid is actually in the final solution? (HINT: Calculate the pKa of the acid.) Are any assumptions being made about the final solution that would affect the data from the titration?</li> <li>What assumptions were made when calculating the amount of NaOH that would be needed to reach the entire PLA sample? How do you think using a "real-world" reagent versus a pure chemical affects the data?</li> <li>Draw the molecular structure of PLA before and after the depolymerization step.</li> <li>How does the molecule change after the acids-work-up?</li> </ol>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Holistický prístup vo výskume, vo vzdelávaní a vo vývojovom centre praktizuje **Inštitút pre Zelenú vedu** (<http://www.chem.cmu.edu/groups/collins/index.html>). V oblasti výskumu sa orientuje najmä na tri okruhy problémov:

- technológie obnoviteľných zdrojov energie (hlavne solárnej energie),
- zníženie závislosti od fosílnych palív využívaním chemických surovín z obnoviteľných zdrojov,
- redukcia znečistenia použitím benigných alternatívnych technológií.

Dôležitým poslaním inštitútu je vzdelávanie o Zelenej chémii v školách a pre verejnosť. Ponúka online kurzy „Úvod do Zelenej chémie“ a „Základy udržateľného vodcovstva“ pre žiakov a učiteľov. Predkladá etický náhľad na problematiku udržateľného rozvoja a využívania chémie. Snaží sa o to, aby si chemici uvedomili zodpovednosť, ktorú majú vo vzťahu k zachovaniu udržateľnosti na Zemi (The Institute for Green Science, 2010).

Úspešný projekt **Advancing Green Chemistry** virgínskej organizácie Virginia Organizing, ktorá si stanovila za ciele podporiť vedu, ako aj odborníkov v ich práci, vyhľadávať vhodných partnerov na spoluprácu a poukázať na nové príležitosti, ktoré sa môžu objaviť (Advancing Green Chemistry b, 2017).

Do stredoškolského vzdelávania v **Brazílii** vnikajú princípy Zelenej chémie hlavne do obsahu organickej chémie. Experimenty sa zameriavajú na problematiku biomasy a biopalív, čo je typické pre krajinu. Žiaci oceňujú prácu na problémoch reálneho života, na ktorých riešenie využívajú princípy Zelenej chémie (Corrêa et al., 2013).

K implementácii Zelenej chémie do chemického kurikula v Peru prvýkrát došlo až začiatkom 20. storočia. **Centrum pre výskum a vzdelávacie služby**

Pápežskej katolíckej univerzity v Peru vytvorilo a organizovalo kurz s názvom „Dizajn stratégií pre zavedenie konceptu Zelenej chémie v učení chémie v základnom vzdelávaní“.

Obsah kurzu v podobe workshopov trval 20 hodín a zaoberal sa nasledovnými témami:

- Veda a technológie, vinní alebo nevinní?: Environmentálne problémy a ich vzťahy k rozvoju vedy a technológií.
- Základné princípy Zelenej chémie. Filozofia Zelenej chémie: dvanásť princíпов, niektoré príklady využitia.
- Aplikácia princíпов Zelenej chémie v štúdiu produktov každodenného života. Skúsenosti na mikro úrovni: štúdium kyslosti v jedle a čistiacich prostriedkov používajúc prírodné indikátory, rozoznanie škrobu v jedle, separácia potravinových farbív.
- Plasty: prví prijímatelia benefitov Zelenej chémie. Skúsenosti na mikro úrovni: Recyklácia, vlastnosti plastov.
- Princíp atómovej ekonomie: Chemické reakcie, stechiometria a výpočet atómovej ekonomie.
- Ako začleniť princípy Zelenej chémie do dizajnu vyučovacích stratégií (Bueno, 2014).

---

## Ukážka „zeleného“ kurikula na Slovensku

---

Ekologické a environmentálne vedy a ich základné princípy sú integrálnou súčasťou Štátneho vzdelávacieho programu na slovenských školách, pričom mnohé školy obohatili aj školský vzdelávací program o ďalšie možnosti ich implementácie do vzdelávacieho obsahu. Existujú projekty na podporu integrácie environmentálneho vzdelávania do vyučovania. Patria medzi ne projekty Zelená škola a SUSTAIN.

Zaujímavým projektom, ktorý sa inšpiroval príkladom zo sveta (Green Schools), a ktorý realizuje mimovládna nezisková organizácia Živica pod záštitou Ministerstva ŽP SR, je program **Zelená škola** – efektívny spôsob realizácie praktickej environmentálnej výchovy a vzdelávania na slovenských školách. Svojimi myšlienkami a činnosťou nabáda k zmene v spoločnosti, v systéme, v hodnotách, v školách a v prvom rade v sebe, aby sme dokázali vplyvať aj na svoje okolie. Odporúča metodiku 7 krokov, prostredníctvom ktorých sa dosiahnu pozitívne zmeny v zúčastnených školách na projekte:

1. Tvorba Kolégia Zelenej školy v rámci školy, ktoré tvoria hlavne motivovaní žiaci a jedinci zo školy, jej okolia a vzájomne spolupracujú.
2. Zistenie environmentálneho auditu školy, ktorý stanoví mieru vplyvu školy na životné prostredie.
3. Návrh environmentálneho akčného plánu, v ktorom budú stanovené ciele a stratégie školy na zlepšenie, zmenu súčasného environmentálneho auditu školy.
4. Priebežné, pravidelné pozorovanie a hodnotenie realizácie akčného plánu a sprievodných aktivít.
5. Prenesenie environmentálnych aktivít aj do reálneho vyučovania vo forme praktických činností žiakov, ktoré sú začlenené v Školskom vzdelávacom programe.
6. Dostupnosť informácií z internetu, z tlače o aktivitách školy a zapájanie sa rodín a okolitej verejnosti do činnosti školy, čím sa podporuje spolupráca žiakov nielen medzi sebou, ale aj s vonkajším prostredím.
7. Tvorba Eko-kódexu umeleckým spôsobom, ktorý reprezentuje filozofiu a hodnoty školy s dôrazom na postoj k životnému prostrediu.

Ide o zmeny nielen vo vzťahu k životnému prostrediu, ale aj k školskej rodine, vedie k spolupráci a k pozitívnej atmosfére v školskom prostredí. Do projektu sa zapojilo v školskom roku 2015/2016 282 škôl po celom Slovensku, z toho veľká časť škôl získala medzinárodný certifikát „Zelená škola“, prípadne diplom „Na ceste k Zelenej škole“. Na praktickú podporu poslania a vízie Zelenej školy sa na stránke: <<http://www.zelenaskola.sk/co-je-zelena-skola/metodicka->

podpora> nachádzajú rôzne materiály ako metodické príručky pre školy, pracovné listy a informácie o ďalších aktivitách projektu (Živica, 2013).

Vhodným príkladom ukážky vzdelávania pre trvalo udržateľný rozvoj na slovenskej pôde je medzinárodný projekt Trnavskej Univerzity s názvom **SUSTAIN** (Supporting Science Teaching Advancement Through Inquiry, Podpora výučby prírodovedných predmetov prostredníctvom výskumných aktivít), ktorý trval tri roky (2013-2016). Ide o formu celoživotného vzdelávania pre učiteľov a odborných pracovníkov v školstve, ktoré je založené na princípoch TUR v prepojení so stratégiou IBSE vo vyučovaní. Projekt riešil tri nosné myšlienky: energia (obnoviteľné zdroje energie), potraviny (med, mlieko a mliečne výrobky, chlieb, ovocie a zelenina) a predmety dennej potreby (poháre, tenisky). V rámci medzinárodného workshopu v Trnave v roku 2015 bola predstavená účastníkom kurzu téma o potravinách, ktorého som sa zúčastnila. Napríklad reálne sme pracovali s rôznymi vzorkami – s chlebom, medom, mliekom a mliečnymi výrobkami, ktoré sme skúmali z viacerých hľadísk, pozorovali, uskutočňovali jednoduché experimenty za účelom nadobudnutia poznatkov vedeckou cestou – IBSE, pričom sme vyplňovali pripravené pracovné listy s viacerými úlohami. Výsledkom projektu sú metodické materiály pre učiteľov (obrázok č.12), ktoré sú voľne k dispozícii v slovenskom a anglickom jazyku na stránke: <<http://ibse.truni.sk/publikacie-sustain>> (Trnavská Univerzita, 2016).

**Obr. č. 12: Ukážka metodických materiálov projektu SUSTAIN pre učiteľov.**



Pojem Zelená chémia na Slovensku nepatrí medzi známe slová, ktoré sa bežne vyslovujú v spoločnosti. Stretávame sa s ním hlavne na vysokoškolskej pôde a v priemyselných závodoch, ktoré aplikujú jej princípy do reálnej výroby, čo je veľký pokrok.



Vďaka inovatívnym učiteľom na školách, ktorí si uvedomujú význam vlastného rastu aj po odbornej stránke z daného vyučovacieho predmetu, ani Zelená chémia nezostala úplne neznáma pre žiakov Gymnázia Jura Hronca v Bratislave. Učiteľ chémie vytvoril krátky učebný text o Zelenej chémii a E-faktore pre žiakov v rámci pokročilej úrovne ich poznatkov, voľne dostupný na stránke: <[https://www.gjh.sk/chemia/pre\\_pokrocilych/zelena.html](https://www.gjh.sk/chemia/pre_pokrocilych/zelena.html)> (Gymnázium Jura Hronca, 2001).

---

## **Literárne a elektronické zdroje k Zelenej chémii a TUR**

---

**American Chemical Society (Americká chemická spoločnosť)** (d, 2014) poskytuje užitočné zdroje a zaujímavé informácie o Zelenej chémii pre učiteľov a žiakov na internetovej stránke: <http://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/students-educators/online-educational-resources.html>.

**Literárne zdroje o Zelenej chémii** (Michigan Green Chemistry Cleaninghouse, 2011)

Prvá kniha, o ktorej môžeme hovoriť ako o „Biblii Zelenej chémie“, sa nazýva *Green Chemistry: Theory and Practice*. Jej autormi sú Paul T. Anastas – otec Zelenej chémie a John C. Warner. Zoznamuje čitateľov so základnými myšlienkami a princípmi Zelenej chémie. Podáva informácie o nových postupoch, metódach a technológiách, ktoré nemajú škodlivý účinok na životné prostredie. Podobné informácie o udržateľnom rozvoji a Zelenej chémii poskytujú napríklad neskôr publikované knihy *Handbook of Green Chemistry and Technology* od Jamesa H. Clarka a Duncana J. Macquarrieho alebo *Introduction to Green Chemistry*, ktorého autorom je Albert Matlack.

V posledných rokoch nastáva trend aplikácie nových metód, stratégií a technológií v spoločnosti, vo vede či v priemysle. Existuje veľké množstvo knižnej literatúry, ktorá sa venuje práve problematike Zelenej chémie a praktickej implementácie jej princípov do života. Uvádzame niektoré z nich:

- *New Trends in Green Chemistry* od autorov – V. K. Ahluwalia a M. Kidwai, ktorá sa zameriava na „zelenú“ syntézu ako riešenie problému v priemyselných oblastiach rôznym spôsobom.
- *Green Chemistry and Catalysis* od kolektívu autorov na čele s prof. Dr. Rogerom A. Sheldonom, ktorá rieši katalýzu z pohľadu Zelenej chémie a jej využitie v chemických procesoch.
- Ťažiskom knihy s názvom *Green Chemistry: Fundamentals and Applications*, napísanej autormi Suresh C. Ameta a Rakshit Ameta, je množstvo



praktických aplikácií v priemysle s ohľadom na životné prostredie, doplnené benefitmi a výhodami ich použitia.

- Concepción Jimenéz-González a David J.C. Constable napísali knihu o praktických príkladoch implementácie Zelenej chémie, ako aj „zeleného“ inžinierstva do priemyslu, s názvom *Green Chemistry and Engineering: A Practical Design Approach*.

Vďaka podpore Americkej chemickej spoločnosti boli vydané metodické materiály a príručky pre učiteľov:

- *Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments* je manuál 14 ukážok experimentov Zelenej chémie na laboratórne cvičenia z organickej, aj anorganickej chémie, ktorého autorom je Mary Kirchhoff,
- Autori Marc A. Klingshirn a Gary O. Spessard napísali knihu *Going Green: Integrating Green Chemistry into the Curriculum*, ktorá opisuje spôsob, ako integrovať Zelenú chémiu do kurikula na ukážke mnohých príkladoch založených na princípoch Zelenej chémie.

Vzhľadom na významné postavenie experimentov vo vyučovaní chémie bola publikovaná kniha autorov Herberta W. Roeskyho a Dietmara K. Kennepohliho s názvom *Experiments in Green and Sustainable Chemistry*. Je to súbor približne 40 experimentov z oblasti každodenného života, ktoré sa zameriavajú na problematiku katalýzy, rozpúšťadiel, efektívnosť syntéz a redukcie odpadu.

Pre vyučovanie organickej chémie je hodnotná kniha *Green Organic Chemistry in Lecture and Laboratory* od Andrewa P. Dicksa, ktorá poukazuje na pokrok vo výskume Zelenej chémie v oblasti vyučovania. Hodnotí experimenty a prípadové štúdie inšpirované priemyselným svetom, a tým prepája chémiu s reálnym životom a podporuje myslenie pri riešení problémov. Taktiež učitelia môžu využiť publikáciu *Real-World Cases in Green Chemistry* od Michaela C. Canna a Marca E. Connellyho, ktorá sa skladá z 10 projektov vychádzajúcich z prezidentskej výzvy pre Zelenú chémiu. Sú aplikovateľné na vyučovanie všeobecnej, organickej, anorganickej chémie, biochémie, toxikológie a i.

Stredoškolská učebnica, v ktorej je zahrnutá problematika Zelenej chémie sa nazýva *Chemistry in the Community*. Zameriava sa na riešenie problémov z reálneho života využitím vlastného chemického poznania a aktívnej práce počas vyhľadávania informácií a ich analýzou (American Chemical Society c, 2015).

Na slovenskom knižnom trhu sa objavila novinka v roku 2016 s názvom *Zelené inžinierstvo a zelená chémia* od vysokoškolského kolektívu autorov zo Slovenskej Technickej Univerzity v Bratislave, ktorá podáva informácie o „zelenom inžinierstve“, ako aj o Zelenej chémii a ich význame pre praktický život.

---

## *Digitálny obsah Zelenej chémie*

---

Pre digitálnu formu vytvoreného kurikula sme sa rozhodli z dôvodu digitalizácie vzdelávania a prirodzeného záujmu žiakov o digitálne technológie a z dôvodu prístupnosti informácií pre všetkých učiteľov a záujemcov o riešenu problematiku.

Všetky vytvorené učebné materiály sme sprístupnili na internetovej stránke <[www.didaktika.eu](http://www.didaktika.eu)> pod záložku Štúdium – Záverečné práce – Dizertačné práce.

Vytvorili sme digitálny obsah „Zelená chémia a jej princípy“, ktorý sme obohatili o internetové prepojenia na ďalšie zaujímavé zdroje, videá a i.

Štruktúra digitálneho obsahu „Zelená chémia a jej princípy“:

- Čo je Zelená chémia?,
- Princípy Zelenej chémie,
- Zaujímavé zdroje Zelenej chémie,
- Ukážky „zeleného kurikula“,
- Metodické a učebné materiály pre učiteľov a žiakov.

---

## Vhodné vyučovacie stratégie a metódy pre vyučovanie zelenej chémie

---

Učenie s využitím konštruktivismu podporuje aktivitu žiaka, resp. aktivitu jeho mozgu v procese myslenia, učenia sa, zapamätania si informácií. Zároveň je originálnym spôsobom výučby, ktorá žiakov motivuje k samostatnej práci a k dopytu po nových vedomostiach.

Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje nielen vyučovanie v duchu konštruktivismu je využívanie digitálnych technológií, ktorých pozitíva sa učiteľ snaží, čo najvýhodnejšie zužitkovať vo svojom povolání. Učiteľ by sa nemal stať otrokom digitálnych technológií, ale mal by ich vedieť zmysluplne využívať vo vyučovacom procese.

Problematika udržateľného rozvoja a zelenej chémie sa dotýka celej spoločnosti ako sociálnej skupiny, ktorej členmi sú žiaci na všetkých typoch škôl. Majú právo byť informovaní, vyjadrovať svoj názory a zároveň majú určité povinnosti, pocit zodpovednosti za seba a ostatných v sociálnych skupinách ako rodina, trieda, škola, mesto, štát. Zelená chémia obohacuje vyučovanie o **sociálny aspekt**, ktorý učiteľ môže realizovať prostredníctvom využitia **skupinovej práce, kooperatívneho, alebo projektového vyučovania**. Uvedené vyučovacie formy a metódy rozvíjajú u žiakov kompetencie 21. storočia, ktoré sú potrebné pre získanie stabilnej pozície na trhu práce, napríklad: zmysel pre tímovú prácu a spoluprácu, komunikačné a digitálne schopnosti, vlastnosti a hodnoty ako zodpovednosť, flexibilita a i.

Burmeister a Eilks (2012) použili **kooperatívnu metódu jig-saw** (mozaika) v prepojení so spotrebiteľskými testami na vyučovacích hodinách v rámci výskumu, ktorá zahŕňa samostatnú prácu, prácu v skupinách a nakoniec frontálnu prácu všetkých žiakov v triede.

Ďalším typom vyučovacích metód, ktoré je vhodné použiť počas prístupňovania tém zelenej chémie na vyučovaní, sú ústne, slovné metódy založené na dialógu medzi účastníkmi vyučovacej hodiny. Ide o **diskusie**, počas ktorých sa často riešia kontroverzné a aktuálne témy v spoločnosti, alebo **motivačný rozhovor**, ktorý motivuje žiakov k aktivite (Burmeister, Eilks, 2012; Burmeister, Rauch, Eilks, 2012; Goes et al., 2013).

V rámci vzdelávacieho kurzu na univerzite v Peru použili **aktívne a participatívne vyučovacie stratégie** vo forme **skupinovej práce** počas realizácie **praktickej činnosti**. Poskytli dostatok priestoru pre **dialógy a diskusie**, vďaka ktorým dospeli k určitým záverom. Väčšina učiteľov sa vyjadrila, že problematika zelenej chémie má na žiakov motivačný účinok, čo sa prejavilo vysokou úrovňou ich účasti na **workshopoch** (Bueno, 2014).

Zaujímavým spôsobom výučby chémie je použitie **prípadových štúdií**, pri ktorom dochádza k prieniku teórie a praxe. Andraos (2012) uvádza aplikáciu prípadových štúdií ako efektívnu vyučovaciu stratégiu pri sprostredkovaní Zelenej chémie žiakom.

Ako literárny zdroj pre zaradenie prípadovej štúdie do vyučovacieho procesu učiteľ môže použiť časopisy: *Organic Research and Development*, *ChemSusChem*, *Green Chemistry*, *Chemical & Engineering News* a internetové stránky: *Greener Education Materials for Chemists*, *Green Chemistry Education Network* (Univerzita v Oregone), *Green Chemistry Resources Exchange* (Americká chemická spoločnosť), *The Ecoscale* (Belgicko) atď.

Coffey (2015) predstavil **didaktickú hru** *Green Chemistry* ako zaujímavú a prítlačlivú formu vyučovania Zelenej chémie, ktorej cieľom je podať základné informácie o princípoch Zelenej chémie študentom vysokej školy. Ide o stolovú hru pre 3 – 6 hráčov, ktorá je založená na rozhodovaní sa na základe praktických príkladoch s dôrazom na princípy Zelenej chémie. Vyhráva hráč s najväčšou sumou peňazí. Hra bola preložená aj do ďalších jazykov (nemčina) a aplikovaná aj na európskych univerzitách (University of York, University of Limerick, Bremen University), kde vzbudila záujem študentov a bavila ich.

Neodmysliteľným elementom chémie je **experiment**. Zastúpenie má aj vo vyučovaní založenom na princípoch Zelenej chémie a prináša zmenu v chápaní tradičného experimentu z hľadiska bezpečnosti a škodlivosti používaných chemických látok, prevencie a tvory odpadu. Už v polovici deväťdesiatych rokov na Univerzite v Oregone boli navrhnuté a realizované prvé experimenty z organickej chémie na základe princípov a stratégií Zelenej chémie. Ich zámerom bola redukcia používania toxických rozpúšťadiel, reagujúcich látok, ako aj obmedzenie používania digestorov, ak to nie je nevyhnutné (Anastas et al., 2009; Andraos, 2012).

# MODELY VYUČOVACÍCH HODÍN ZALOŽENÝCH NA PRINCÍPOCH ZELENEJ CHÉMIE

Didaktický manuál obsahuje 5 modelov vyučovacích hodín učiva organickej chémie s názvami:

1. Priemyselné havárie a ich následky
2. Prečo práve uhlík?
3. (Ne)Obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov
4. Biomasa a jej využitie
5. (Bio)Plasty

Ide o súbor návrhov vyučovacích hodín organickej chémie s integrovanými princípmi Zelenej chémie, ktoré na seba logicky nadväzujú. Prvé 4 vyučovacie hodiny sú hodiny základného typu s využitím rôznych vyučovacích foriem a metód. Posledná vyučovacia hodina je laboratórne cvičenie.

Harmonogram vyučovacích hodín s obsahovým štandardom sa nachádza v tabuľke č.3.

Tab. č. 3: Harmonogram a obsahový štandard navrhnutých vyučovacích hodín.

Názov učiva	Obsahový štandard
Priemyselné havárie a ich následky	<i>priemyselná havária, organické zlúčeniny, organická chémia, „Zelená chémia“</i>
Prečo práve uhlík?	<i>princípy Zelenej chémie, výnimočnosť uhlíka, štvorväzbovosť uhlíka, jednoduché a násobné väzby, rozvetvené a nerozvetvené reťazce, vlastnosti organických zlúčenín, rozdiel medzi anorganickými a organickými zlúčeninami</i>
(Ne)Obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov	<i>fosílna surovina, fosílna palivá, neobnoviteľné a obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov, alternatívne zdroje energie, ropa, frakčná destilácia, petroléter, benzín, oktánové číslo, petrolej, nafta, mazut, asfalt, uhlie, koks, zemný plyn, odorizácia, petrochémia, biomasa</i>
Biomasa a jej využitie	<i>biomasa, typy palív z biomasy, brikety, pelety, bioetanol, bionafta, bioplyn, rozdelenie organických</i>

	<i>zlúčenín, alifatické (acyklické) uhľovodíky, cyklické uhľovodíky, nasýtené a nenasýtené uhľovodíky, aromatické uhľovodíky (arény), alkány, alkény, alkíny, deriváty uhľovodíkov – halogénderiváty, nitrozlúčeniny, amíny, hydroxyderiváty, étery, karbonylové zlúčeniny – aldehydy, ketóny, karboxylové kyseliny, heterocykly</i>
<b>(Bio)Plasty – laboratórne cvičenie</b>	<i>alkény, násobná väzba, dvojitá väzba, plasty, plasticita, polyméry a biopolyméry, monomér, makromolekula, polyreakcie, polymerizácia, polymerizačný stupeň, PVC, PS, PE, PP, biodegradácia, biodegradovateľnosť, biodegradovateľný plast</i>

### *Obsah a charakteristika vyučovacích hodín*

#### **Priemyselné havárie a ich následky:**

Vyučovacia hodina je úvodnou hodinou do nového tematického celku zameraného na organickú chémiu, s ktorou sa už žiaci mali možnosť stretnúť počas základnej školy. Čiže môžeme predpokladať, že majú základné poznatky z organickej chémie. Vyučovacia hodina má prevažne motivačný charakter, ktorý má v žiakoch vyvolať záujem o nasledujúce učivo v prepojení s predstavením filozofie Zelenej chémie a jej princípov.

Upozorňuje na vplyv priemyselnej výroby, ktorá mala a naďalej má prevládajúce, pozitívne vplyvy na našu spoločnosť. Zabezpečuje výrobu základných potrieb, ktoré každý človek používa v bežnom živote. No zároveň si vyberá svoju daň, ktorú pociťujeme, nielen my v podobe ohrozenia na našich životoch, ale aj životné prostredie, ktorého sme súčasťou.

Postupnosť vyučovacej hodiny:

- Úvod do vyučovacej hodiny
- Aktivita 1 – Známe priemyselné havárie sveta
- Aktivita 2 – Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?
- Rozhovor

Pripravené aktivity rozvíjajú hlavne prácu v skupinách, spoluprácu, toleranciu žiakov a ich názorov medzi sebou, rozvíjajú komunikačné schopnosti žiakov. Poskytujú aj možnosť práce s textom a rozvoju kritického myslenia, čitateľskej a prírodovednej gramotnosti.

Ako textové učebné pomôcky sú vytvorené dva pracovné listy ku Aktivite 1 a 2 v aplikácii MS Word. Pre Aktivitu 2 sme vytvorili farebné tabuľky na odlišenie skupín vzhľadom na použitie metódy ž klobúkov. Zároveň žiaci majú možnosť

pracovať s digitálnymi technológiami (počítač, tablet, mobil pripojené na internet), kde vyhľadávajú potrebné informácie na splnenie jednotlivých aktivít, a tým zlepšovať digitálne zručnosti.

### **Prečo práve uhlík?**

Vyučovacia hodina nadväzuje na predstavenie organickej a Zelenej chémie z predchádzajúcej hodiny aktivitou o princípoch Zelenej chémie. Keďže aj Zelená chémia patrí medzi vedecké disciplíny, tak sa riadi určitými pravidlami. Ďalej sa učivo orientuje na postavenie a význam uhlíka v organickej chémii, na organické zlúčeniny a ich všeobecné vlastnosti.

Postupnosť vyučovacej hodiny:

- Motivačný rozhovor
- Aktivita – Dvanásťoro Zelenej chémie
- Expozícia učiva

V učebných pomôckach sa nachádza prezentácia vytvorená v aplikácii MS PowerPoint k priebehu celej vyučovacej hodiny, pracovný list ku aktivite a zoznam princípov Zelenej chémie so stručnou charakteristikou v aplikácii MS Word.

### **(Ne)Obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov:**

V prvej časti vyučovacej hodiny si žiaci spomínajú na poznatky o neobnoviteľných zdrojoch energie a uhl'ovodíkov – ropa, zemný plyn a uhlie a ich využití v bežnom živote. Druhá časť vyučovacej hodiny sa zaoberá obnoviteľnými zdrojmi energie a uhl'ovodíkov – biomasa.

Postupnosť vyučovacej hodiny:

- Aktualizácia učiva
- Motivačný rozhovor
- Aktivita – Čo vieš o fosílnych surovinách?
- Expozícia učiva

Berúc do úvahy radu od učiteľky na vyučovacej hodine sme sa venovali fosílnym palivám ako zdrojom energie a uhl'ovodíkov v menšej miere. S neobnoviteľnými zdrojmi sa žiaci dostatočne oboznámili už na základnej škole, či v bežnom živote. Ďalšou aktivizačnou metódou brainstormingového charakteru je metóda ABC a pojmové mapovanie, ktorá má zhrňujúci charakter a poskytuje žiakom rozvoj myslenia. Na vyučovacej hodine sú použité grafy koláčového typu v prezentácii (aplikácia MS PowerPoint) k učivu. Žiaci si precvičujú zručnosti čitateľskej a prírodovednej gramotnosti odpovedaním na otázky učiteľa k uvedeným grafom.



## **Biomasa a jej využitie:**

Hlavným cieľom vyučovacej hodiny je dozvedieť sa, čo je biomasa, druhy biomasy a jej zdroje, spôsob spracovania, využitie a dôvody používania biomasy v bežnom živote. Ďalší dôležitejší cieľ je využiť biomasu ako odrazový mostík pre sprístupňovanie uhľovodíkov v organickej chémii a nie ropu, či zemný plyn. Vyučovacia hodina pokračuje rozdelením organických zlúčenín, na ktorú je možné nadviazať ďalšie časti učiva organickej chémie na báze princípov zelenej chémie.

Postupnosť vyučovacej hodiny:

- Aktualizácia učiva
- Aktivita – Prečo by sme mali využívať biomasu?
- Expozícia nového učiva

Pripravená aktivita je založená na kooperácii žiakov s použitím pracovného listu v aplikácii MS Word, ku ktorému je vytvorený kľúč správnych odpovedí. V prvej fáze každý žiak pracuje samostatne s pomocou pripojenia na internet pri vyplňovaní informácií o určenom druhu palív z biomasy. Druhá fáza má frontálnu podobu, kedy sa žiaci vzájomne obohacujú o nadobudnuté poznatky pod dohľadom učiteľa ako moderátora. Expozíciu učiva učiteľ vedie prostredníctvom rozhovoru a kladenia otázok žiakov, pričom používa prezentáciu v aplikácii MS PowerPoint. K vyučovacej hodine patrí metodický materiál pre učiteľa o jednotlivých palivách z biomasy – tuhých, kvapalných a plynných.

## **(Bio)Plasty:**

Laboratórne cvičenie sa venuje zaujímavej problematike v dnešnej spoločnosti – problém s plastovým odpadom a jeho biodegradovateľnou a životnému prostrediu priateľskou náhradou. Na základe tvorby bioplastu vysvetliť podstatu polymérov, polymerizácie a porovnať priemyselnú výrobu polyetylénu s výrobou na laboratórnom cvičení z viacerých hľadísk.

Postupnosť vyučovacích hodín:

- Aktivita 1 – Najznámejšie plasty
- Aktivita 2 – Bolo by možné vyrobiť plast aj z niečoho iného?
- Žiacke pokusy
- Opakovanie a expozičia učiva

Žiaci počas laboratórneho cvičenia (2 vyučovacie hodiny) používajú pracovný list, ktorý slúži ako podklad na poznámky k učivu a zároveň ako návod k pokusom. Postupnosť úloh v pracovnom liste prezentuje postupnosť učiva na laboratórnom cvičení. Prvá vyučovacia hodina je zameraná hlavne na problematiku plastov využívaných v bežnom živote – druhy, ich vlastnosti, využitie, doba rozkladu. Na konci vyučovacej hodiny sa žiaci zamýšľajú, či je možné vytvoriť plast aj z iného materiálu, než z ropy. Čo ich navedie k obsahu druhej vyučovacej hodiny,



počas ktorej sa v skupinách realizujú žiacke pokusy s cieľom vyrobiť bioplast z rôznych materiálov.

<b>Téma</b> O čom to bude	<b>Ročník</b> Pre koho
<b>Priemyselné havárie a ich následky</b>	2.ročník, ISCED 3A
<b>Ciele</b> Čo sa žiak naučí	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pojmy: zdroj priemyselnej havárie, organické zlúčeniny, organická chémia, <b>Zelená chémia</b>.</li> <li>✓ pôvod názvu organickej chémie.</li> <li>✓ významné dielo vedca Fridricha Wöhlera pre chémiu.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Zhodnotiť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ vplyv priemyselnej výroby na životné prostredie,</li> <li>✓ príčinu a následky vybraných priemyselných havárií.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Zhrnúť</b> výsledky práce v skupinách o priemyselných haváriách a oboznámiť o nich spolužiakov v triede.</li> <li>■ <b>Uvedomiť si potrebu</b> prevencie nehôd a zvýšenie bezpečnosti pri práci v priemyselných závodoch s chemickými látkami, pri ich transporte, či využívaní.</li> </ul>	
<b>Pojmy</b> Čo má žiak ovládať po hodine	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>priemyselná havária, organické zlúčeniny, organická chémia, „Zelená chémia“</i></li> </ul>	
<b>Vstup</b> Čo vopred od žiaka očakávame	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať pojmy:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Učivo biológie ZŠ, SŠ – životné prostredie, znečistenie životného prostredia.</li> <li>✓ Učivo chémie ZŠ, SŠ – chemické procesy, reaktanty, produkty, organická chémia, organické látky, toxické látky, horľavé látky, výbušné látky.</li> <li>✓ Pojmy z bežného života, ktoré sa týkajú danej témy, napr.: výbuch, požiar, havária.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Základné digitálne zručnosti:</b> práca s počítačom/tabletom/mobilom pripojeným na internet na vyhľadanie informácií.</li> </ul>	
<b>Kľúčové kompetencie</b> Čo chceme u žiaka rozvíjať	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Komunikačné kompetencie:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>odpovedať</b> na otázky učiteľa stručne, zrozumiteľne a jasne, napr.: <i>Ako sa nazývajú chemické zlúčeniny, ktoré obsahujú uhlík?, Z čoho je odvodený názov organickej chémie? atď.</i></li> <li>✓ <b>vedieť</b> zdôvodniť, vysvetliť pojmy, odpovedať vlastnými slovami a obhájiť si svoju odpoveď pri riešení skupinových aktivít na vyučovacej hodine (získavanie potrebných informácií o svetových</li> </ul> </li> </ul>	

haváriách, **vymyslieť spôsob predchádzania nehôd a obhájiť svoj názor**),

- ✓ komunikovať so spolužiakmi ohľadom zadanej problematiky počas skupinovej práce,
- ✓ vedieť vypočítať názory spolužiakov na danú problematiku počas skupinovej práce a primerane na ne reagovať,
- ✓ ovládať cudzí jazyk (anglický jazyk) v prípade použitia zahraničných zdrojov literatúry.

■ **Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky:**

- ✓ vyhľadať nebezpečnú chemickú látku, ktorá spôsobila priemyselnú haváriu alebo mala negatívny vplyv na zdravie a životné prostredie vo vybraných zdrojoch,
- ✓ vyhľadať potrebné informácie v poskytnutom článku z časopisu SME.

■ **Digitálna kompetencia:**

- ✓ vyhľadávať informácie týkajúce sa jednotlivých svetových havárií pomocou internetu,
- ✓ vyhľadať dve známe priemyselné havárie na Slovensku pomocou internetu v rámci domácej úlohy.

■ **Naučiť sa učiť:**

- ✓ naučiť sa zodpovednosti za vlastnú prácu, samostatnosti a schopnosti organizovať vlastnú prácu a prácu skupiny počas navrhnutých aktivít zaoberajúcich sa priemyselnými haváriami a ich negatívnymi následkami na okolie,
- ✓ vedieť riešiť problémy, hľadať príčiny a argumenty k danému problému: **Ako predchádzať priemyselným haváriám?**
- ✓ vyhľadať informácie týkajúce sa domácej úlohy – vyhľadať dve závažné priemyselné havárie na Slovensku.

■ **Spoločenská a občianska kompetencia:**

- ✓ pracovať v skupinách, prijať názory ostatných, vedieť robiť kompromisy, naučiť sa tolerancii počas pripravených aktivít na vyučovacej hodine,
- ✓ prepojenie s bežným životom prostredníctvom článku z časopisu SME o priemyselnej havárii.

■ **Iniciatívnosť a podnikavosť:**

- ✓ samostatne viesť prácu v skupinách, bez zasahovania učiteľa, samostatne organizovať vlastné nápady a aktivity počas pripravených aktivít na vyučovacej hodine.

■ **Čitateľská gramotnosť:**

- ✓ čítať s porozumením vyhladané zdroje k jednotlivým nehodám vo svete a kriticky vyberať dôveryhodné informácie, ktoré sa

následne zaznamenajú do pracovného listu „Známe svetové havárie“,

- ✓ čítať s porozumením článok z časopisu SME a vyhľadať odpovede k článku v pracovnom liste „Je potrebné predchádzať priemyselným haváriam?“.

### **Vyučovacie formy a metódy**      **Ako to realizujeme**

- samostatná práca – použitá v AKTIVITE 1 a 2 pri vyplňovaní pracovných listov.
- skupinová práca – použitá v AKTIVITE 1, zameraná na problematiku priemyselných havárií a ich následkov na okolie a v AKTIVITE 2 zaoberajúcej sa potreby predchádzania priemyselných havárií.
- 6 klobúkov (typ brainstormingu) – použitá v AKTIVITE 2, ktorá aktivizuje žiakov a zabezpečuje ich aktívnu činnosť na vyučovacej hodine.
- rozhovor – expozícia nového učiva v závere vyučovacej hodiny, ktorá je založená na otázkach učiteľa žiakom.

### **Vyučovacie prostriedky**      **Čo použijeme**

- Počítač, tablet, mobil s pripojením na internet
- Pracovný list „Známe svetové havárie“, pero (AKTIVITA 1)
- Pracovný list „Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?“, pero (AKTIVITA 2)

### **Princípy Zelenej chémie**

- Bezpečnosť chemických procesov
- Navrhovanie bezpečnejších chemikálií
- Predchádzanie vzniku odpadu

Vyučovacia hodina je úvodnou hodinou do nového tematického celku zameraného na organickú chémiu, s ktorou sa už žiaci mali možnosť stretnúť počas základnej školy. Čiže môžeme predpokladať, že majú základné poznatky z organickej chémie. Vyučovacia hodina má prevažne motivačný charakter, ktorý má v žiakoch vyvolať záujem o nasledujúce učivo v prepojení s predstavením filozofie Zelenej chémie a jej princípov. Zelená chémia je jednou z aktuálnych problematík vo svete, ktorá by mohla vzbudiť pozornosť a zvedavosť žiakov, aby sa jej venovali a dokázali jej princípy zaviesť do bežného života alebo v budúcom štúdiu.

Pripravené aktivity rozvíjajú hlavne prácu v skupinách, spoluprácu, toleranciu žiakov a ich názorov medzi sebou, rozvíjajú komunikačné schopnosti žiakov. Poskytujú aj možnosť práce s textom a rozvoju kritického myslenia, čitateľskej a prírodovednej gramotnosti.

Zároveň žiaci majú možnosť pracovať s digitálnymi technológiami (počítač, tablet, mobil pripojené na internet), kde vyhľadávajú potrebné informácie na splnenie jednotlivých aktivít, a tým zlepšovať digitálne zručnosti.

## ÚVOD DO VYUČOVACEJ HODINY (5 minút)

Rozvoj priemyselnej výroby mal a naďalej má prevládajúce, pozitívne vplyvy na našu spoločnosť. Zabezpečuje výrobu základných potrieb, ktoré každý človek používa v bežnom živote. No zároveň si vyberá svoju daň, ktorú pociťujeme, nielen my v podobe ohrozenia na našich životoch, ale aj životné prostredie, ktorého sme súčasťou.

❓ *Čo získavame vďaka priemyselnej výrobe?*

❓ *Aká je negatívna stránka priemyselnej výroby?*

V minulosti dochádzalo k priemyselným haváriám, ktoré spôsobili mnohé úmrtia, poškodenia zdravia, či znečistenie životného prostredia. Boli spôsobené faktormi ako: zlyhanie ľudského faktora, chybné zariadenie, vznik nadbytku určitého produktu počas syntézy atď. Aj v súčasnosti sa dozvedáme zo správ o haváriách v priemyselných závodoch, ale sú ojedinelé a väčšinou s malými následkami.

❓ *Čo vplývalo na pozorovateľnú minimalizáciu týchto havárií?*

Možno ste počuli o niektorých veľkých haváriách, ktoré sa udiali vo svete v minulosti.

Na výber je AKTIVITA 1 alebo AKTIVITA 2. Učiteľ si môže vybrať jednu z ponúkaných aktivít podľa vlastného uváženia.

## AKTIVITA 1: ZNÁME PRIEMYSELNÉ HAVÁRIE SVETA (30 minút)

Vyučovacie formy a metódy: skupinová práca

Vyučovacie prostriedky a pomôcky: pracovný list „Známe svetové havárie“, počítač/tablet/mobil s pripojením na internet, pero

Postup práce:

1. Rozdelenie žiakov do 5 skupín.
2. Zadanie 5 najzávažnejších svetových havárií (pre každú skupinu jedna téma).
3. Skupinová práca žiakov pri hľadaní potrebných informácií na internete, ich spracovaní a zaznamenaní do pracovného listu. (20 minút)
4. Záverečné prezentovanie získaných informácií o jednotlivých haváriách frontálne pred celou triedou. (10 minút)

Známe svetové havárie:

- ❖ Flixborough, 1974, Veľká Británia
- ❖ Bhópal, 1984, India
- ❖ Mexico City, 1984, Mexiko
- ❖ Baia Mare, 2000, Rumunsko
- ❖ Doce, 2015, Brazília

## Pracovný list „Známe svetové havárie“

Meno a priezvisko:	Dátum:	Trieda:
<b>ZNÁME SVETOVÉ HAVÁRIE</b>		
MIESTO HAVÁRIE: ROK HAVÁRIE:		
PRÍČINA A ZDROJ HAVÁRIE		
NÁZOV NEBEZPEČNEJ LÁTKY A JEJ ŠKODLIVOSŤ		
DÔSLEDKY HAVÁRIE - NÁSLEDKY NA ŽIVOTOCH A ZDRAVÍ, ŽIVOTNOM PROSTREDÍ A MATERIÁLNE ŠKODY		
NÁVRH NA PREDCHÁDZANIE ĎALŠÍCH HAVÁRIÍ PODOBNÉHO CHARAKTERU		

### AKTIVITA 2: JE POTREBNÉ PREDCHÁDZAŤ PRIEMYSELNÝM HAVÁRIÁM? (30 minút)

Vyučovacie formy a metódy: skupinová práca, 6 klobúkov

Vyučovacie prostriedky a pomôcky: farebné, odlišovacie predmety (loptičky, klobúky, papiere, ...), počítač/tablet/mobil s pripojením na internet, pracovný list „Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?“, pero

Postup práce:

1. Rozdelenie žiakov do 5 skupín (v závislosti od počtu žiakov).
2. Úloha č.1 - Prečítanie článku časopisu SME na stránke, prípadne v papierovej podobe v pracovnom liste (5 - 10 minút):  
Článok: <<http://encyklopedia.sme.sk/c/1844288/vybuch-chemickej-tovarne-v-bhopale.html#ixzz4Z2zaorgE>>
3. Zameranie sa na vyhľadanie nasledovných informácií a doplnenie Úlohy č.2 v skupinách:
  - Zdroj a príčina havárie
  - Názov nebezpečnej látky
  - Dôsledky havárie na zdravie a životné prostredie
4. Kontrola odpovedí Úlohy č.2.
5. Vysvetlenie metódy (5 minút):

Žiaci rozoberajú v skupine problém „Prečo predchádzať priemyselným haváriám? Akým spôsobom by im bolo možné predchádzať?“ z určeného pohľadu podľa vybranej farby. Robia si poznámky, ktoré budú neskôr prezentovať pred ostatnými skupinami. Zameriavajú pozornosť len na jednu stránku riešenia problematiky, ktorej sa venujú. Učiteľ (modrý klobúk) dozerá na celkový priebeh aktivity, dohliada na to, aby každý mal možnosť vyjadriť sa.

- **Bielea** (prázdny papier) – symbolizuje neutrálnosť, objektivitu. Skupina poväčšine prezentuje informácie ako prvá z dôvodu predloženia základných informácií o danej problematike - všetky dostupné fakty, čísla, grafy, trendy.

- **Žltá** (slnko) – skupina sa zameriava na pozitívne aspekty a myšlienky projektu, výhody, pridanú hodnotu. Upriamuje sa na konštruktívne myslenie.
  - **Čierna** (sudca) – reprezentuje negativizmus, vyhľadáva negatívne aspekty, slabé stránky, chyby, potenciálne problémy, čím upozorňuje na tieto skutočnosti a vystríha k opatrnosti. Pozor, aby žiaci nehodnotili zistené informácie.
  - **Zelená** (tráva) – predstavuje tvorivé, provokatívne myslenie a nové myšlienky. Vymýšľajú alternatívy, nové prístupy, originálne riešenia, kreatívne nápady k problematike.
  - **Červená** (srdce, vášeň) – je symbol pocitov, emócií. Zahrňuje pocit intuície, šiesteho zmyslu a predkladá subjektívny názor na problematiku. Skupina prezentuje svoje pocity nakoniec, pričom sa dosiahne redukcia nápadov predchádzajúcich skupín a zameranie sa na dôležitejšie riešenia.
  - **Modrá** – učiteľ (žiak), koordinátor počas aktivity. Jeho úlohou je riadiť prácu skupín, moderovať diskusiu, určovať poradie skupín a klásť doplňujúce otázky.
1. Priradenie farieb skupinám.
  2. Skupinová práca (5 - 10 minút).
  3. Prezentácia skupín a záverečné zhrnutie aktivity (cca 10 minút): Každá skupina prezentuje informácie približne 2 – 3 minúty, okrem červenej, ktorá svoje pocity prezentuje kratší čas (30s).

Predchádzať priemyselným haváriám, ktoré môžu vzniknúť za akýchkoľvek nepredvídateľných podmienok, je naozaj potrebné. Biela skupina to podložila objektívnymi faktami a informáciami z danej problematiky. Žltá a čierna skupina spísali pozitívna a negatívna potreba predchádzania priemyselných havárií, no zaujímavé myšlienky priniesla práva **zelená skupina**, ktorej úlohou bolo vymyslieť nové, nápadité, originálne riešenia zadaného problému. Zástupcovia červenej skupiny vyjadrili svoje subjektívne názory a pocity týkajúce sa riešení problémov priemyselných havárií vo svete.

### Pracovný list „Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?“

Meno a priezvisko:	Dátum:	Trieda:			
<p><b>Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?</b></p> <p>Úloha 1: Pásmo a predložte nasledujúci text:</p> <p>Výskum chemické havárie v Bhopale          Asi päť minút po polnoci 3. 12. 1984 v Bhopale v štáte Madžar Pradon (India) sa v jednej z najväčších priemyselných komplexov v najväčšom továrni, ktorá sa do svojich činností zapája najmä pri výrobe 20 miliónov...          V období nec 18 mesiacov chemické továrne Union Carbide spravili bezpečnostný audit a do výsledku uviedli 40 tzv. závažných porúch, najmä v oblasti...          Úloha 2: Prečítajte si text „Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?“ a odpovedzte na otázky...          Úloha 3: Vyhľadajte informácie v predčítanom texte a zaznamenajte ich do tabuľky.</p> <table border="1"> <tr> <td>Zaujímavé informácie</td> </tr> <tr> <td>Názov nebezpečnej látky, ktorá mala negatívne následky na zdravie</td> </tr> <tr> <td>Odpovede na otázky a zhrnutie zistených poznatkov</td> </tr> </table>			Zaujímavé informácie	Názov nebezpečnej látky, ktorá mala negatívne následky na zdravie	Odpovede na otázky a zhrnutie zistených poznatkov
Zaujímavé informácie					
Názov nebezpečnej látky, ktorá mala negatívne následky na zdravie					
Odpovede na otázky a zhrnutie zistených poznatkov					
<p>Úloha 3: Napíšte výsledky vašej skupinovej práce, ktorú si môžete pozrieť.</p> <p>Pracovný list uverejnený v...</p>					



## ROZHOVOR

Upriamte pozornosť na chemické látky, ktoré spôsobili vážne následky na zdraví a životnom prostredí v jednotlivých prípadoch o haváriách.

V prípade druhej aktivity ide len o jednu látku – metylizokyanát, jedovatý plyn, ktorý patrí medzi organické zlúčeniny (vzorec metylizokyanátu –  $\text{CH}_3\text{-N=C=O}$ ).

**?** *Spája ich nejaká vlastnosť? O akú vlastnosť ide? Je medzi nimi určitý rozdiel?* (Nehody alebo následky spôsobili chemické látky, ktoré obsahujú uhlík. Ide hlavne o chemické látky organického charakteru. Rozdiel je v tom, že haváriou v Baia Mare unikli anorganické kyanidy v podobe kyanidového luhu, na čo žiaci nemusia dôjsť samostatne.)

**?** *Ako sa nazývajú chemické zlúčeniny, ktoré obsahujú uhlík?* Organické zlúčeniny – zlúčeniny uhlíka

**?** *Ktorá časť chémie sa venuje štúdiu organických zlúčenín?* **Organická chémia.**

**?** *Z čoho je odvodený názov organickej chémie?*

V minulosti delili zlúčeniny podľa pôvodu na anorganické a organické (súvisiace so živou prírodou). Ale to bolo vyvrátené vďaka chemikovi **Fridrichovi Wöhlerovi**, ktorý pripravil v laboratóriu organické zlúčeniny - kyselinu šťaveľovú a močovinu z anorganických látok (1824, 1828). Kyselinu šťaveľovú pripravil hydrolyzou dikyanidu a močovinu pripravil zahrievaním kyanatanu amónneho. No napriek tomu zostalo pomenovanie rovnaké. Pričom časť chémie, ktorá sa zaoberá konkrétne chemickými procesmi a látkami v živých organizmoch sa nazýva biochémia.

Hodinu sme začali v trochu negatívnom duchu, lebo sme sa bavili o priemyselných haváriách, ktoré mali negatívne dôsledky na život.

**?** *Dá sa to zmeniť?*

Často si spájame chémiu a chemické látky s niečím nepríjemným, toxickým a nebezpečným pre všetko živé, ale chémia nie je zlá, a o tom sa budeme baviť na ďalších hodinách. V súčasnosti sa snaží viacero organizácií, priemyselných závodov a aj vlády štátov upravovať zákony, smernice, pravidlá, ktoré majú za úlohu chrániť životné prostredie a znižovať množstvo odpadu, či nebezpečenstvo používaných alebo vyrobených chemických látok.

Jednou z ciest je napríklad pomerne nová vedná disciplína s názvom **Zelená chémia**, o ktorej sa dozvieme viac.

**?** *Čo si teraz predstavíte pod pojmom Zelená chémia? Čo to podľa vás môže byť?*

Pod pojmom Zelená chémia sa skrýva snaha o **synchronizáciu nárokov zo strany priemyselnej výroby a životného prostredia** ako reakcie na aktuálne problémy znečisťovania a využívania životného prostredia ľudskou populáciou. Ide o proces tvorby a vývoja **nových metód a technológií**, použitia vhodných chemických látok počas syntéz, ako aj **získanie, čo najväčšieho množstva produktu a minimalizácie množstva odpadu**.

## OBRAZ TABULE:

### Organická chémia

- organické zlúčeniny = zlúčeniny uhlíka

### Zelená chémia

- kompromis medzi potrebami priemyselnej výroby a potrebami životného prostredia

## DOMÁCA ÚLOHA:

Vyhľadať na internete aspoň dve závažné priemyselné havárie na Slovensku, ktoré sa stali v minulosti, prečítať si o nich a zistiť ich následky na okolie.

## POUŽITÁ LITERATÚRA:

1. GAVORA, P. a kol. b. *Ako rozvíjať porozumenie textu u žiaka*. Nitra: ENIGMA. 2008. 193 s. ISBN 978 – 80 – 89132 – 57 – 7
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2.ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. 2012. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA s.r.o. 184 s. ISBN 978-80-8091-271-0
3. MEČIAROVÁ, M. *Prednášky predmetu „Zelená chémia“*. 2013. Bratislava: UK.
4. SITNÁ, D. *Metody aktívneho vyučovania. Spolupráce žáků ve skupinách*. Praha: portál. 2013. 152 s. ISBN 978 – 80 – 262 – 0404 – 6
5. ZÁHRADNÍK, P., LISÁ, V. *Organická chémia I*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 2006. 111 s. ISBN 80-10-00708-0

### Elektronické zdroje:

1. KERNOVÁ, M. *Výbuch chemickej továrne v Bhopále*. In: SME Encyklopédia. 2004. [cit. 26.5.2014] Dostupné na internete: <<http://encyklopedia.sme.sk/c/1844288/vybuch-chemickej-tovarne-v-bhopale.html#ixzz4Z2zaorqE>>
2. MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA e. *Priemyselné havárie*. [cit. 26.5.2014]. Dostupné na internete: <<http://www.minzp.sk/skody-havarie/priemyselne-havarie/>>
3. ORAVEC., M. *Manažérstvo priemyselných havárií*. Nová Lesná, 2011. [cit. 17.11.2014] Dostupné na internete: <[https://www.sjf.tuke.sk/kbap/images/Subory/Manazerstvo\\_priemyselných\\_havarii.pdf](https://www.sjf.tuke.sk/kbap/images/Subory/Manazerstvo_priemyselných_havarii.pdf)> ISBN 978-80-553-0727-5
4. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV a. *Štátny vzdelávací program – Chémia*. 2008. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia\\_isced3a.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia_isced3a.pdf)>
5. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV c. *Chémia – gymnázium so 4-ročným a 5-ročným vzdelávacím programom*. 2015. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete:

- <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_g\\_4\\_5\\_r.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_g_4_5_r.pdf)>
6. ZELENÁ CHÉMIA. [cit. 26.5.2014]. Dostupné na internete: <<http://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/what-is-green-chemistry/definition.html>>

Zdroj obrázku:

1. Havária. [online]. [cit. 26.5.2014] Dostupné na internete: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/BP\\_PLANT\\_EXPLOSION-1\\_lowres2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/BP_PLANT_EXPLOSION-1_lowres2.jpg)>

Meno a priezvisko:

Dátum:

Trieda:

## ZNÁME SVETOVÉ HAVÁRIE

MIESTO HAVÁRIE:  
ROK HAVÁRIE:

PRÍČINA A ZDROJ HAVÁRIE

NÁZOV NEBEZPEČNEJ LÁTKY  
A JEJ ŠKODLIVOSŤ

DÔSLEDKY HAVÁRIE -  
NÁSLEDKY NA ŽIVOTOCH  
A ZDRAVÍ, ŽIVOTNOM  
PROSTREDÍ A MATERIÁLNE  
ŠKODY

NÁVRH NA PREDCHÁDZANIE  
ĎALŠÍCH HAVÁRIÍ PODOBNÉHO  
CHARAKTERU

Meno a priezvisko:

Dátum:

Trieda:

## ***Je potrebné predchádzať priemyselným haváriám?***

**Úloha č.1: Pozorne si prečítajte nasledovný text.**

### **Výbuch chemickej továrne v Bhopále**

Asi päť minút po polnoci z 2. na 3. decembra 1984 otriasol indickým mestom Bhopál výbuch. Väčšina obyvateľov stredoindického mesta spala a netušila, že došlo k jednej z najväčších priemyselných katastrof v dejinách ľudstva, ktorá si do dnešných dní vyžiadala najmenej 20-tisíc obetí. Odvtedy uplynulo 20 rokov.

V osudnú noc v nádrži amerického koncernu Union Carbide povolil bezpečnostný ventil a do ovzdušia uniklo 40 ton jedovatého plynu - metylizokyanatanu, ktorý sa používal na hubenie škodcov v poľnohospodárstve. Biely oblak dymu unikal z nádrže číslo 610 a vietor ho zavalil do najchudobnejšej časti mesta Džaj Prakaš Nagar.

Ľudia sa prebúdzali na to, že začali kašľať a štípali ich oči. "Po polnoci začal náš malý syn plakať. Mysleli sme si, že má hlad. Vstal som a prihrial som mu mlieko. Ukázalo sa však, že neplače od hladu. O chvíľu začali páliť oči aj nás a začali sme kašľať. Keď sme vyšli von, zistili sme, že ulice sú plné utekajúcich ľudí," spomína v dokumente Českej televízie na tragédiu zamestnanec továrne. Ulice sa zakrátko zaplnili ľuďmi s pľuzgiermi a opuchmi na tvári, zvíjajúcimi sa od bolesti. Jed rozleptával pľúca, oči, spôsoboval ochabnutie nervového systému. Keď sa ráno rozvidnelo, naskytol sa hrozný obraz. Na uliciach a v chatrčiach ostali stovky mŕtvych a v najbližších dňoch ich počet narástol na 7-tisíc.

Dnes sa počet obetí odhaduje na 20-tisíc. Tragédia však stále potichu pokračuje. Jej následky nesú vnuci tých, čo ju prežili, v podobe rakoviny a telesných i psychických defektov. Podľa dostupných informácií je zdravotne postihnutých asi 150- až 200-tisíc ľudí. Žiadateľov o odškodné je viac ako 600-tisíc.

Nemocnice sa zakrátko zaplnili, no lekári nevedeli, aké protilátky im podávať, pretože nepoznali zloženie plynu. To vedenie spoločnosti údajne odmietalo zverejniť a odvolávalo sa na obchodné tajomstvo.

Spoločnosť síce priznala morálnu zodpovednosť, obvinenia z nedostatočných bezpečnostných opatrení odmietla. Tvrdila, že išlo o zlyhanie pracovníka či o sabotáž. Únik plynu pritom spoločnosť zaznamenala niekoľkokrát už pred tragédiou, no napriek upozorneniam nič nezmenila.

Objavili sa aj informácie, že vedenie spoločnosti o bezpečnostných rizikách vedelo. Žiadne varovanie pred výbuchom, ale ani krátko po ňom nevyslalo. Na to, aby sa udalosť neskončila tragicky, stačilo pritom málo - utiesniť poriadne okná, prikryť si oči mokrou utierkou. Navyše sa nespustilo ani poplašné zariadenie v chemickom závode. Bolo vypnuté.

Spoločnosť Union Carbide krátko po tragédii z Indie odišla. Nasledovali zdĺhavé spory o odškodnenie. V najviac zasiahnutých bhopálskych chudobných štvrtiach dostalo do roku 1993 odškodnenie len 7-tisíc žiadateľov. Hoci indická vláda

požadovala náhradu škôd vo výške 3,3 miliardy dolárov, nakoniec sa po piatich rokoch koncern s indickou vládou dohodol na odškodnom 470 miliónov dolárov.

Takáto kompenzácia len vyvolala ďalšie rozhorčenie a kritiku. Na jedného poškodeného vychádzalo 300 až 500 dolárov. Ani tieto peniaze sa však nedostali priamo k poškodeným. Až v júli tohto roku Indický najvyšší súd rozhodol, ako a komu vyplatia zvyšnú časť odškodného vo výške 330 miliónov dolárov.

Za tragédiu dodnes nikoho nepotrestali. Bhopálčania na demonštráciách najčastejšie volajú po smrti vtedajšieho šéfa pobočky koncernu Warena Andersona. Tomu sa darí úspešne vyhýbať súdu. Spojené štáty ho 16 rokov odmietali vydať s odôvodnením, že nie je známe miesto jeho pobytu. Na "Ládina Západu," ako Andersona v Indii volajú, dokonca vydali aj medzinárodný zatykač. V roku 2002 ho aktivisti Greenpeace objavili v jeho honosnej vile v New Yorku a odovzdali mu predvolanie pred súd. Anderson však vyhlásil, že sa necíti vinný.

Greenpeace upozorňuje, že zamorený priestor dodnes nikto nevyčistil. Koncern Dow Chemicals, ktorý kúpil Union Carbide v roku 1999, odmieta zodpovednosť za tragédiu a odstraňovanie škôd.

**Úloha č.2: Vyhl'adajte informácie v prečítanom texte a zaznamenajte ich do tabuľky.**

<b>Zdroj a príčina havárie</b>
<b>Názov nebezpečnej látky, ktorá mala negatívne následky na okolie</b>
<b>Dôsledky havárie na zdravie a životné prostredie</b>

**Úloha č.3: Napíšte výsledky vašej skupinovej práce, ktorá sa riadila inštrukciami pre BIELU farbu.**

Symbolizuje neutrálnosť, objektivitu. Skupina podáva základné informácie o danej problematike - všetky dostupné fakty, čísla, grafy, trendy, prečo je potrebné predchádzať priemyselným haváriám.

Poznámky k aktivite:



**Úloha č.3: Napíšte výsledky vašej skupinovej práce, ktorá sa riadila inštrukciami pre ČERVENÚ farbu.**

Symbolizuje srdce - pocity a emócie. Zahrňuje pocit intuície, šiesteho zmyslu a predkladá subjektívny názor na riešenie problematiky predchádzania priemyselných havárií.

Poznámky k aktivite:

**Úloha č.3: Napíšte výsledky vašej skupinovej práce, ktorá sa riadila inštrukciami pre ŽLTÚ farbu.**

Žltá farba symbolizuje slnko - pozitívne myslenie. Skupina sa zameriava na pozitívne aspekty a myšlienky projektu, výhody, pridanú hodnotu potreby predchádzania priemyselných havárií.

Poznámky k aktivite:

**Úloha č.3: Napíšte výsledky vašej skupinovej práce, ktorá sa riadila inštrukciami pre ČIERNU farbu.**

Symbolizuje negativizmus. Skupina vyhl'adáva negatívne aspekty, slabé stránky, chyby, potenciálne problémy, čím upozorňuje na tieto skutočnosti a vystríha k opatrnosti pri predchádzaní priemyselných havárií.

Poznámky k aktivite:

**Úloha č.3: Napíšte výsledky vašej skupinovej práce, ktorá sa riadila inštrukciami pre ZELENÚ farbu.**

Symbolizuje život, rast. Skupina predstavuje tvorivé, provokatívne myslenie a nové myšlienky. Tvorí alternatívy, nové prístupy, originálne riešenia, kreatívne nápady k problematike predchádzania priemyselných havárií.

Poznámky k aktivite:

<b>Téma</b> O čom to bude	<b>Ročník</b> Pre koho
<b>Prečo práve uhlík?</b>	2.ročník, SŠ ISCED 3A
<b>Ciele</b> Čo sa žiak naučí	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pojmy: štvorväzbovosť uhlíka, jednoduché a násobné väzby, rozvetvené a nerozvetvené reťazce, vlastnosti organických zlúčenín.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Určiť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• chemické prvky, ktoré sa vyskytujú v organických zlúčeninách – C,H,N,O,S,P, halogény podľa konkrétnych príkladov organických zlúčenín.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Vedieť určiť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a vyvodiť vlastnosti zlúčenín obsahujúcich uhlík na základe konkrétnych príkladov organických zlúčenín na obrázku.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Vysvetliť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• výnimočné postavenie uhlíka v živote a v organickej chémii,</li> <li>• vlastnosti uhlíka, ktoré spôsobujú jeho výnimočnosť – chemické väzby, počet valenčných elektrónov, tvorba reťazcov, elektronegativita uhlíka,</li> <li>• rozdiel medzi anorganickými a organickými zlúčeninami.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Porovnať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vlastnosti anorganických a organických zlúčenín na konkrétnych príkladoch – kyselina octová a kyselina uhličitá.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Pojmy</b> Čo má žiak ovládať po hodine	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>princípy zelenej chémie, výnimočnosť uhlíka, štvorväzbovosť uhlíka, jednoduché a násobné väzby, rozvetvené a nerozvetvené reťazce, vlastnosti organických zlúčenín, rozdiel medzi anorganickými a organickými zlúčeninami</i></li> </ul>	
<b>Vstup</b> Čo vopred od žiaka očakávame	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať pojmy:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Učivo biológie ZŠ, SŠ – ochrana životného prostredia.</li> <li>✓ Učivo chémie ZŠ, SŠ – organická chémia, organické zlúčeniny, Zelená chémia, uhlík, kremík, kyslík, dusík, síra, fosfor, halogény, elektrónová konfigurácia, valenčné elektróny, kovalentná väzba, chemická väzba, jednoduchá väzba, elektronegativita, periodický tabuľka prvkov, anorganické zlúčeniny, kyselina uhličitá, oxidačné číslo, oxid uhličitý, oxid uhoľnatý, soli kyseliny uhličitej, karbidy, kyanidy, kyselina octová, štvorväzbovosť uhlíka, uhlíkový reťazec,</li> </ul> </li> </ul>	

jednoduchá, dvojitá a trojitá väzba, nasýtené a nenasýtené uhľovodíky.

### **Kľúčové kompetencie**    Čo chceme u žiaka rozvíjať

#### ■ Komunikačné kompetencie:

- ✓ odpovedať na otázky učiteľa stručne, zrozumiteľne a jasne, napr.:  
*Ktoré známe priemyselné havárie sa stali na Slovensku?, Koľko organických zlúčenín existuje?, Ktoré iné chemické prvky sú súčasťou organických látok?,*
- ✓ vedieť zdôvodniť, vysvetliť pojmy, odpovedať vlastnými slovami a obhájiť si svoju odpoveď pri odpovedaní na otázky učiteľa,
- ✓ komunikovať so spolužiakmi počas celej vyučovacej hodiny,
- ✓ vedieť vypočítať návrhy spolužiakov a primerane na ne reagovať.

#### ■ Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky:

- ✓ formulovať návrh princípu Zelenej chémie na základe obsahu a poznatkov z predchádzajúcej vyučovacej hodiny,
- ✓ pracovať s obrázkom z prezentácie, ktorá znázorňuje rôzne typy organických zlúčenín a odpovedať na otázky učiteľa,
- ✓ porovnať konkrétne príklady anorganickej a organickej zlúčeniny – kyselinu octovú a kyselinu uhličitú podľa otázok učiteľa,
- ✓ porovnať vlastnosti anorganických a organických zlúčenín do formy tabuľky na domácu úlohu.

#### ■ Digitálna kompetencia:

- ✓ vyhľadávať informácie týkajúce sa domácej úlohy aj prostredníctvom internetu.

#### ■ Naučiť sa učiť:

- ✓ naučiť sa zodpovednosti za vlastnú prácu, samostatnosti a schopnosti organizovať vlastnú,
- ❓ vedieť riešiť problémy, hľadať príčiny a argumenty k danému problému: *Akým pravidlom sa mohla riadiť predchádzajúca vyučovacia hodina vzhľadom na jej obsah?, Prečo práve uhlík a nie iný chemický prvok?,*
- ✓ vyhľadať na internete informácie týkajúce sa domácej úlohy – porovnanie vlastností anorganických a organických zlúčenín.

#### ■ Spoločenská a občianska kompetencia:

- ✓ pracovať s celou triedou a prijať názory ostatných, vedieť robiť kompromisy, naučiť sa tolerancii počas expozície nového učiva,
- ✓ prepojenie s bežným životom prostredníctvom videa **Televíznych novín o výbuchu v závode DUSLO, Šaľa.**

#### ■ Iniciatívnosť a podnikavosť:

- ✓ bez zasahovania učiteľa, samostatne organizovať vlastné nápady a návrhy počas otázok učiteľa.

<b>Vyučovacie formy a metódy</b>	<b>Ako to realizujeme</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>■ motivačný rozhovor – úvodná časť vyučovacej hodiny s cieľom zaujať pozornosť žiakov a vyvolať ich záujem o učivo.</li><li>■ frontálna práca</li><li>■ rozhovor – expozícia nového učiva na vyučovacej hodine, ktorá je založená na otázkach učiteľa a komunikácii žiak-učiteľ, ktorý je podporený prezentáciou obrázkov.</li></ul>
<b>Vyučovacie prostriedky</b>	<b>Čo použijeme</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Počítač, projektor, plátno/interaktívna tabuľa s pripojením na internet</li><li>■ Video (motivácia žiakov k hodine)</li><li>■ Pracovný list „Dvanásťoro Zelenej chémie“, pero</li><li>■ Prezentácia v aplikácii MS PowerPoint</li></ul>
<b>Princípy Zelenej chémie</b>	
	<ul style="list-style-type: none"><li>■ zhrnutie princípov z predchádzajúcej vyučovacej hodiny</li></ul>

### **MOTIVAČNÝ ROZHOVOR (10 minút):**

Nadviazanie na predchádzajúcu vyučovaciu hodinu:

- ❓ *Ktoré známe priemyselné havárie sa stali na Slovensku? (DUSLO v roku 2010, Novácke chemické závody v roku 2005)*
- ❓ *Aká bola ich príčina?*
- ❓ *Aké boli následky havárií?*
- ❓ *O akej vednej disciplíne sme sa rozprávali predchádzajúcu hodinu? (organická a zelená chémia)*
- ❓ *Čo skúmajú?*

Pozrieme si video z Televíznych novín o výbuchu v závode DUSLO, Šaľa [3:59]. Dostupné na: <<https://www.youtube.com/watch?v=cfD2q3zq4Fc>>, aby sme sa vžili do nasledujúcej aktivity.

- ❓ *Ako by bolo možné využiť filozofiu Zelenej chémie, aby sa nestala zvolená nehoda?*
- ❓ *Aké zmeny by ste navrhli?*

Tak ako iné vedné disciplíny, aj Zelená chémia sa riadi pravidlami - princípmi, na ktorých je založená jej filozofia a budeme si o nich hovoriť priebežne.

- ❓ *Akým pravidlom sa mohla riadiť predchádzajúca vyučovacia hodina vzhľadom na jej obsah?*

Zelenú chémiu je možné aplikovať v celej chémii. Rovnako by sme ju mohli použiť aj pri anorganickej chémii, či biochémií, lebo pre všetky platia rovnaké princípy a zákony chémie. To znamená, že vo všetkých častiach chémie sa realizujú



chemické reakcie, pri ktorých sa menia reaktanty na produkty a pod. My si o nej viac povieme v rámci organickej chémie.

### EXPOZÍCIA UČIVA (30 minút):

- ❓ *Ktorý chemický prvok je základom organických zlúčenín? Uhlík*
- ❓ *Kde by sme mohli nájsť uhlík? Čo podľa vás obsahuje uhlík v našej triede? Papier, učebnice, stôl, stoličky, nábytok, plasty, textil, ...*
- ❓ *Prečo práve uhlík a nie iný chemický prvok?*

- má **výnimočné postavenie** v periodickej sústave prvkov
- dokáže vytvárať **obrovské množstvo rozmanitých zlúčenín**, pretože atóm uhlíka dokáže takmer neobmedzene spájať sa a tvoriť stabilné reťazce

Obrázok č. 1:

- ❓ *Koľko organických zlúčenín existuje?*

Počet chemických zlúčenín na svete je uverejnený na stránke: <<http://www.cas.org/content/counter>>. Je to 67 028852. Organické zlúčeniny z toho tvoria približne 80%. Aký je počet organický zlúčenín? 53 623081

Database Counter

In addition to organic and inorganic substances, REGISTRY has:  
67,028,852 sequences

CAS RN 2074768-38-8 is the most recent CAS Registry Number

CAS also provides specialized databases of chemical reactions, regulated chemicals, commercially available chemicals and Markush substance information.

Specialized Substance Collections Count

- [CASREACT](#)<sup>(1)</sup> 95,927,108 Single and multi-step reactions, and synthetic preparations
- [CHEMLIST](#) 347,263 Inventoried/regulated substances
- [CHEMCATS](#) Commercially available chemicals
- [MARPAT](#) 1,152,319 Searchable Markush structures

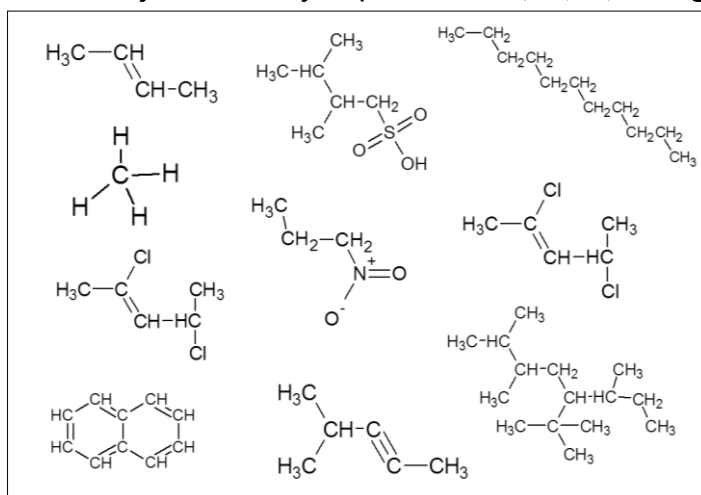
(1) More information on CASREACT statistics.

Obrázok č.2:

Učiteľ žiakom premietne štruktúrne vzorce rôznych organických zlúčenín, na základe ktorých si odvodí odpovede na otázku: *Prečo to dokáže práve uhlík?*

- ❓ *Aký typ chemickej väzby sa nachádza medzi dvoma atómami uhlíka?*
- Atómy uhlíka C-C medzi sebou vytvárajú **pevné kovalentné väzby**.
- ❓ *Aká je elektrónová konfigurácia uhlíka? Koľko valenčných elektrónov má?*
- Atómy uhlíka v zlúčeninách nemajú voľné elektrónové páry, ani orbitály. Uhlík je **štvorväzbový**.  $1s^2 2s^2 2p^2$  – **4 valenčné elektróny sa zapájajú do väzieb**.
- ❓ *4 valenčné elektróny má aj kremík, vytvára väzby Si-Si, veľké molekuly nazývané silikóny. Prečo by to nemohol byť kremík? Väzba Si-Si je o polovicu menej stabilná ako väzba C-C, takže nedokáže vytvárať reťazce.*
- ❓ *Aké väzby z hľadiska násobnosti tvorí uhlík?*
- Tvorí nielen **jednoduché väzby**, ale aj **násobné – dvojité a trojité**, čiže dokáže mať nielen 1 spoločný valenčný elektrón s iným atómom.

- ? Aké štruktúry dokáže vytvárať?
  - Vytvára nerozvetvené, ale aj rozvetvené **reťazce**.
  - ? Aká je elektronegativita uhlíka? Porovnajte ju s elektronegativitou ostatných chemických prvkov v tabuľke PSP.
  - Elektronegativita uhlíka (2,55)** – schopnosť tvoriť reťazce. Približne v strede, ani vysoká, ani nízka hodnota.
  - ? Ktoré iné chemické prvky sú súčasťou organických látok?
- Dokáže sa viazať aj s chemickými prvkami - **H, O, N, halogény, S, P**



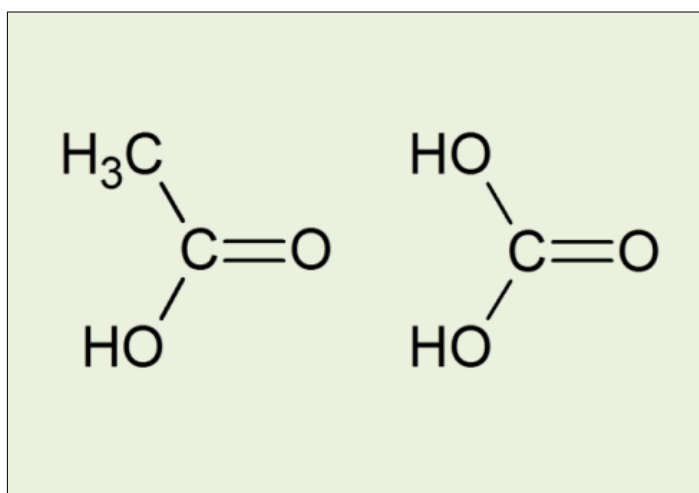
Obrázok č.3:

### Všeobecné vlastnosti organických zlúčenín:

Porovnanie kyseliny octovej a kyseliny uhličitej prostredníctvom ich štruktúrnych vzorcov zobrazených v prezentácii.

? Aký je rozdiel medzi anorganickými a organickými látkami?  
 V organických zlúčeninách sú prítomné väzby **C-H**, ktoré sa v anorganických zlúčeninách nevyskytujú. Výnimkou je napríklad HCN (kyanovodík), kde existuje jedna väzba C-H.

- ? Ako sa nazývajú chemické zlúčeniny na obrázku? Kyselina octová a kyselina uhličitá
- ? Aké chemické prvky obsahujú? Obe obsahujú C, H, O
- ? Sú organického alebo anorganického pôvodu? Kyselina octová je organická a kyselina uhličitá je anorganická zlúčenina.
- ? Akú sú oxidačné čísla uhlíka v nich? Kyselina octová –  $C^0$ , kyseliny uhličitá -  $C^{IV}$
- ? Existujú ďalšie chemické zlúčeniny uhlíka, ktoré nezodpovedajú charakteristike organických látok? ( $CO_2$ , CO, CS, soli kys. uhličitej, kyanidy, karbidy a pod.)



Obrázok č.4:

Zhrnutie výnimočnosti uhlíka.

❓ *Ktoré vlastnosti spôsobujú výnimočnosť uhlíka?*

### Prečo práve uhlík?

- C-C - pevné kovalentné väzby
- štvorväzbovosť uhlíka - atómy uhlíka môžu tvoriť jednoduché, dvojité a trojité väzby
- tvorí nerozvetvené a rozvetvené reťazce, aj cyklické štruktúry
- elektronegativita uhlíka - atóm uhlíka sa dokáže viazať aj s inými chemickými prvkami

## OBRAZ TABULE:

<b>Uhlík</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- výnimočné postavenie</li><li>- obrovské množstvo zlúčenín</li></ul>
<b>Prečo uhlík?</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- pevné kovalentné väzby</li><li>- 4-väzbovosť uhlíka – jednoduché a násobné väzby</li><li>- tvorba reťazcov</li><li>- elektronegativita uhlíka – schopnosť viazať sa s inými chem. prvkami – H,N,O,P,S,halogény</li></ul>
<b>Organické vs. Anorganické zlúčeniny uhlíka</b>

## DOMÁCA ÚLOHA:

1. Doplňte tabuľku, v ktorej porovnáte všeobecné vlastnosti organických a anorganických zlúčenín podľa vybraných kritérií.

Kritérium	Organické zlúčenina	Anorganická zlúčenina
Výskyt		
Zloženie (chemické prvky)		
Charakteristický typ chemickej väzby		
Rozpustnosť		
Elektrická vodivosť		
Teplota topenia a varu		

## POUŽITÁ LITERATÚRA:

1. HRNČIAR, P. *Organická chémia*. 1977. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 683 s.
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2.ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. 2012. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA s.r.o. 184 s. ISBN 978-80-8091-271-0
3. MEČIAROVÁ, M. 2013. *Prednášky predmetu „Zelená chémia“*. Bratislava: UK.
4. SITNÁ, D. 2013. *Metody aktívneho vyučovania. Spolupráce žáků ve skupinách*. Praha: portál. 152 s. ISBN 978 – 80 – 262 – 0404 – 6
5. ZÁHRADNÍK, P., LISÁ, V. 2006. *Organická chémia I*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 111 s. ISBN 80-10-00708-0

## Elektronické zdroje:

1. CAS - A division of the American Chemical Society. *Počítadlo chemických zlúčenín*. [cit. 15.1.2017] Dostupné na internete: <<http://www.cas.org/content/counter>>
2. *Silicon vs. Carbon*. [cit. 30.5.2016]. Dostupné na internete: <[http://thelivingcosmos.com/TheNatureofLife/SiliconVsCarbon\\_12May06.html](http://thelivingcosmos.com/TheNatureofLife/SiliconVsCarbon_12May06.html)>
3. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV a. *Štátny vzdelávací program – Chémia*. 2008. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia\\_isced3a.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia_isced3a.pdf)>
4. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV c. *Chémia – gymnázium so 4-ročným a 5-ročným vzdelávacím programom*. 2015. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_g\\_4\\_5\\_r.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_g_4_5_r.pdf)>

Zdroj videa:

1. TELEVÍZNE NOVINY. *Výbuch DUSLO, Šaľa*. [online]. [cit. 15.3.2015]. Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=cfD2q3zq4Fc>>

Štruktúrne vzorce chemických zlúčenín sú vytvorené v programe ChemSketch.

<b>Téma</b> O čom to bude	<b>Ročník</b> Pre koho
<b>(Ne)Obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov</b>	2.ročník, ISCED 3A
<b>Ciele</b> Čo sa žiak naučí	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Definovať pojmy: fosílna surovina, biomasa.</li> <li>■ Poznať: <ul style="list-style-type: none"> <li>• pojmy: fosílna surovina, fosílna palivá, neobnoviteľné a obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov, frakčná destilácia, petrolej, benzín, oktánové číslo, nafta, mazut, koks, odorizácia, petrochémia, alternatívne zdroje energie, biomasa,</li> <li>• základné charakteristiky jednotlivých fosílnych surovín – ropa, uhlie, zemný plyn,</li> <li>• produkty fosílnych palív a ich využitie v priemysle a v bežnom živote,</li> <li>• <b>stav a potenciál používania obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku.</b></li> </ul> </li> <li>■ Vysvetliť: <ul style="list-style-type: none"> <li>• princíp frakčnej destilácie,</li> <li>• význam fosílnych palív a <b>alternatívnych zdrojov energie pre život,</b></li> <li>• <b>proces tvorby biomasy na Zemi.</b></li> </ul> </li> <li>■ Uviest': <ul style="list-style-type: none"> <li>• príklady na neobnoviteľné zdroje energie - ropa, zemný plyn a uhlie a <b>obnoviteľné (alternatívne) zdroje energie - slnečná, veterná energia, energia vody, geotermálna energia, energia vln, morských prúdov, prílivu a odlivu a biomasa.</b></li> </ul> </li> <li>■ Opísať priebeh frakčnej destilácie v priemyselnom závode na základe obrázka.</li> <li>■ <b>Zhodnotiť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nevýhody fosílnych surovín.</b></li> </ul> </li> </ul>	
<b>Pojmy</b> Čo má žiak ovládať po hodine	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>fosílna surovina, fosílna palivá, neobnoviteľné a obnoviteľné zdroje energie a uhl'ovodíkov, alternatívne zdroje energie, ropa, frakčná destilácia, petroléter, benzín, oktánové číslo, petrolej, nafta, mazut, asfalt, uhlie, koks, zemný plyn, odorizácia, petrochémia, biomasa</i></li> </ul>	
<b>Vstup</b> Čo vopred od žiaka očakávame	

■ Poznať pojmy:

- ✓ Učivo biológie ZŠ, SŠ – baktérie, mikroorganizmy, prasličky, plavúne, obnoviteľné zdroje energie.
- ✓ Učivo chémie ZŠ, SŠ – alkány, alkény, alkíny, najjednoduchšie alkány – metán, etán, propán, bután, prirodzené zdroje uhl'ovodíkov – ropa, uhlie, zemný plyn a ich základné charakteristiky, uhl'ovodíky ako palivo.

**Kľúčové kompetencie**    **Čo chceme u žiaka rozvíjať**

■ Komunikačné kompetencie:

- ✓ odpovedať na otázky učiteľa stručne, zrozumiteľne a jasne, napr.: *Čo je fosílna surovina?, Čo je nevýhodou fosílnych palív? Ako vzniká biomasa?*
- ✓ vedieť zdôvodniť, vysvetliť pojmy, odpovedať vlastnými slovami a obhájiť si svoju odpoveď pri riešení úvodnej aktivity „Fosílna zdroje energie“ (formulovať otázky a odpovedať na otázky spolužiakov), ako aj počas expozície nového učiva na vyučovacej hodine,
- ✓ komunikovať so spolužiakmi ohľadom zadanej problematiky počas frontálnej práce,
- ✓ vedieť vypočúť názory spolužiakov na danú problematiku počas frontálnej práce a primerane na ne reagovať.

■ Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky:

- ✓ určiť podradenosť a podradenosť pojmov týkajúcich sa fosílnych zdrojov energie, ich vzájomné vzťahy a zaradiť ich do hierarchickej štruktúry,
- ✓ **vedieť vyčítať z grafov na obrázku odpovede učiteľa na položené otázky:** *Ktorý zdroj energie je najviac využívaný?, Ktorý zdroj energie je najmenej využívaný?, Aký je rozdiel medzi grafmi?, Ktorý zdroj energie z grafu sme nespomínali?*

■ Naučiť sa učiť:

- ✓ naučiť sa zodpovednosti za vlastnú prácu, samostatnosti a schopnosti organizovať vlastnú prácu a prácu triedy počas navrhutej aktivity zaoberajúcej sa fosílnymi zdrojmi energie – ropa, uhlie a zemný plyn,
- ✓ **vedieť riešiť problémy, hľadať príčiny a argumenty k danému problému:** *Čo je nevýhodou fosílnych palív?.*

■ Spoločenská a občianska kompetencia:

- ✓ pracovať v rámci celej triedy, prijať názory ostatných, vedieť robiť kompromisy, naučiť sa tolerancii počas pripravenej aktivity na vyučovacej hodine.

■ Čitateľská gramotnosť:



- ✓ pochopiť pravidlá metódy ABC, aplikovať ich na vyučovacej hodine a zapísať ich správne podľa abecedného poradia.

### **Vyučovacie formy a metódy**      Ako to realizujeme

- motivačný rozhovor – úvodná fáza vyučovacej hodiny s cieľom zaujať pozornosť žiakov a vyvolať ich záujem o učivo
- metóda ABC – aktualizácia učiva o fosílnych surovinách zo základnej školy brainstormingovou metódou
- pojmové mapovanie – hierarchické usporiadanie vybraných pojmov o fosílnych surovinách
- frontálna práca – počas pripravenej aktivity, kedy žiaci spolupracujú na dopĺňaní abecedného zoznamu pojmiami a usporiadaní vybraných pojmov do hierarchie
- rozhovor – expozícia nového učiva v závere vyučovacej hodiny, ktorá je založená na komunikácii učiteľa a žiaka

### **Vyučovacie prostriedky**      Čo použijeme

- Počítač, interaktívna tabuľa/tabuľa a krieda
- Prezentácia v aplikácii MS PowerPoint

### **Princípy Zelenej chémie**

- Použitie obnoviteľných zdrojov energie
- Predchádzanie vzniku odpadu
- Kompletná analýza

## AKTUALIZÁCIA UČIVA:

- ❓ *Prečo práve uhlík je základným chemickým prvkom organických zlúčenín?*
- ❓ *Aký je rozdiel medzi anorganickými a organickými zlúčeninami? Z akých hľadísk? (odvolanie sa na domácu úlohu)*

## MOTIVAČNÝ ROZHOVOR (5 minút):

Obrázok č.1:

Fosílna palivá a ich využitie:

- ❓ *Čo vidíte na obrázku? Ropa, zemný plyn, uhlie* (prípadne, ak má učiteľ možnosť, donesie reálne ukážky – zapaľovač, uhlie, ...)
- ❓ *Ako sa nazývajú všeobecne ropa, zemný plyn a uhlie? Fosílna suroviny, fosílna palivá*



## AKTIVITA: ČO VIEŠ O FOSÍLNYCH SUROVINÁCH? (20 minút):

Vyučovacie formy a metódy: metóda ABC, pojmové mapovanie prepojené s frontálnou prácou (učiteľ si môže vybrať len jednu aktivitu)

Vyučovacie prostriedky a pomôcky: tabuľa, krieda, interaktívna tabuľa

Postup práce:

1. Učiteľ napíše na tabuľu tému: Fosílna suroviny a pod seba písmená abecedy.
2. Žiaci pracujú frontálne, pričom sa snažia doplniť ku všetkým písmenám abecedy pojmy súvisiace so zadanou témou (5-10 minút).
3. Učiteľ podčiarkne najdôležitejšie pojmy učiva, v prípade potreby doplní niektoré pojmy.
4. Žiaci spoločne diskutujú a tvoria hierarchickú pojmovú mapu vybraných pojmov (podčiarknuté slová). Učiteľ má úlohu manažéra počas aktivity, kladie doplňujúce otázky žiakom (10 minút).

Návrh riešenia k metóde ABC:

A	<u>asfalt</u> , antracit	M	mazut, metán
B	bután, <u>benzín</u>	N	<u>neobnoviteľné zdroje</u> , <u>nafta</u>
C, Č	<u>čierne uhlie</u>	O	oktánové číslo, <u>odorizácia</u>
D	decht, destilácia	P	petrolej, petroléter, <u>petrochémia</u> , propán, palivá

E		R	rafinéria, <u>ropa</u>
F	frakcie, <u>frakčná destilácia</u> , fosílna suroviny	S, Š	suroviny,
G		T	teplota varu
H	hnedé uhlie	U	<u>Uhlie</u>
I		V	vyčerpateľné zdroje,
J		X	
K	kerozín, koks	Y	
L		Z, Ž	<u>zemný plyn</u>

Zhrnutie:

Fosílna surovina je **zmes látok organického pôvodu, ktorá vznikla pred miliónmi rokov z rastlinných (uhlie) a živočíšnych zvyškov (ropa, zemný plyn)**. Fosílna surovina patrí k **neobnoviteľným zdrojom energie**, ktoré sú v čase a priestore z pohľadu dĺžky ľudského života a potrieb spoločnosti **vyčerpateľné**. V priebehu miliónov rokov sa v zemskej kôre realizovala chemická premena odumretých zvyškov rastlín a živočíchov pod vysokým tlakom a bez prístupu vzduchu. Využívajú sa na výrobu palív – benzín, nafta, zemný plyn, na výrobu energie, tepla, výroba plastov, textilu a iných výrobkov, asfalt, ....

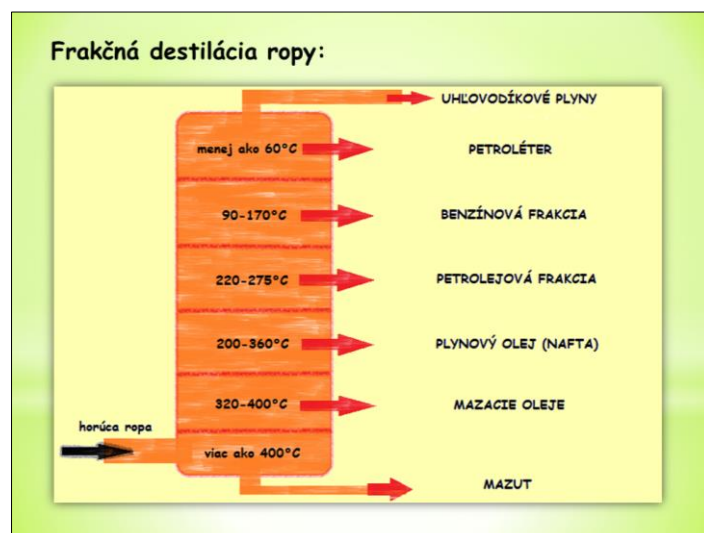
Obrázok č.2:

My využívame ropu a zemný plyn v bežnom živote v podobe rôznych produktov, o ktorých sme si už hovorili. Časť chémie, ktorá sa zaoberá premenou fosílnych palív na výrobky bežného života sa nazýva **petrochémia**.

Ropa sa spracováva prostredníctvom frakčnej destilácie. V rôznych častiach kolóny pri destilácii sa získavajú jednotlivé produkty – frakcie, ktoré vrú v určitom rozmedzí teplôt. Jednotlivé frakcie nie sú chemické látky, ale zmesi, zložené z menšieho počtu zložiek podobnými vlastnosťami. Pri postupne sa zvyšujúcej teplote varu možno destiláciou ropy získať frakcie.

❓ Aké produkty vznikajú počas frakčnej destilácie?

❓ Kde sa využívajú?



? Čo je ich základom? Uhlík – organické zlúčeniny, preto sú **zdrojom uhľovodíkov** – zlúčenín uhlíka a vodíka, ktorým sa budeme neskôr venovať.

? Čo je nevýhodou fosílnych palív?

- Tvorba veľkého množstva odpadu, emisných plynov
- Náročný spôsob získavania ťažbou
- Vyčerpatelnosť zdroja – neobnoviteľné zdroje, resp. obnovujú sa veľmi pomaly, keďže proces tvorby trvá milióny rokov
- Proces výroby je málo efektívny
- Znečisťovanie životného prostredia, zmena krajiny (ozónová vrstva, skleníkový efekt, kyslé dažde)

Preto je dôležité hľadať nové zdroje energie a uhľovodíkov pre celý svet. Budeme si hovoriť o možnostiach náhrady fosílnych surovín nielen v priemyselnej výrobe, ale aj v bežnom živote.

## EXPOZÍCIA UČIVA:

? *Používame v súčasnosti aj iné zdroje energie?*

Existujú viaceré možnosti alternatívnych zdrojov energie na svete, ktoré patria medzi **obnoviteľné** zdroje energie, ktoré sú nevyčerpatelné.

? *Ktoré obnoviteľné zdroje energie poznáte?* **Slničná, veterná energia, energia vody, geotermálna energia, energia vln, morských prúdov, prílivu a odlivu.**

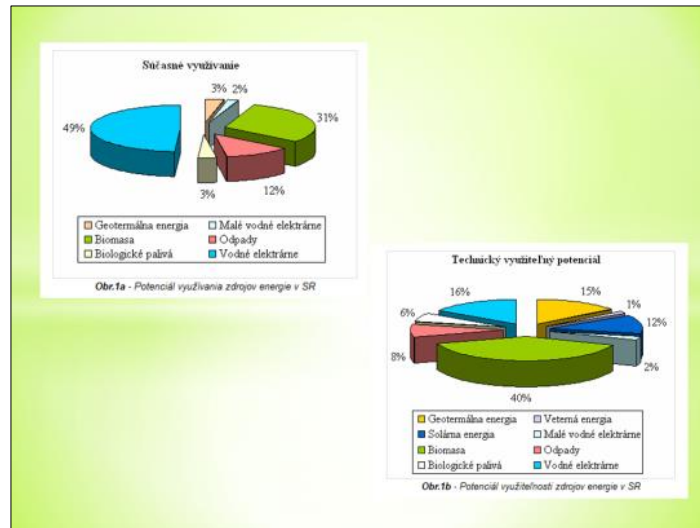
? *Akým spôsobom je získavaná?* Solárne panely, veterné vrtule, vodné elektrárne, geotermálne vrty. Ide o premenu prírodnej energie pomocou technických zariadení na elektrickú energiu, na pohon, ....

Obrázok č.3:

? *Ktorý zdroj energie bude podľa vás najviac využívaný na Slovensku? Svoju odpoveď zdôvodnite.*

Na obrázku je možné vidieť súčasný stav využívania obnoviteľných zdrojov energie na Slovensku.

- ❓ *Ktorý zdroj energie je najviac využívaný? Ktorý zdroj energie je najmenej využívaný? Na porovnanie na druhom obrázku je graf, ktorý znázorňuje technický využiteľný potenciál zdrojov energie na Slovensku. V čom je rozdiel medzi grafmi?*
- ❓ *Ktorý zdroj energie z grafu sme nespomínali? Jedným z obnoviteľných zdrojov energie je aj **biomasa**.*



- ❓ *Počuli ste už pojem biomasa? Čo je biomasa? Kde sa získava? Biomasa je **hmota organického pôvodu**, ktorá vzniká biologickým rozkladom častí výrobkov, odpadu, zvyšku z poľnohospodárstva, lesníctva, atď. Zahrňuje rastlinnú, ako aj živočíšnu biomasu a organický odpad.*
- ❓ *Ako vzniká biomasa? Je to **kolobeh látok** v prírode – rastliny vďaka fotosyntéze tvoria z oxidu uhličitého a vody uhľovodíky, ktoré sú súčasťou biomasy. Keď sa spaľuje biomasa, opäť sa tvorí oxid uhličité a voda.*
- ❓ *Počuli ste niekedy o využívaní biomasy?*
- Viac o biomase a jej využití sa dozvieme na nasledujúcej vyučovacej hodine.
- ❓ *Aký princíp Zelenej chémie bol prítomný na dnešnej hodine? Čo bolo jej hlavnou myšlienkou?*

## OBRAZ TABULE:

### Neobnoviteľné zdroje energie a uhľovodíkov

- fosílné suroviny – ropa, uhlie, zemný plyn

### Obnoviteľné/Alternatívne zdroje energie a uhľovodíkov

- slnečná, veterná energia, energia vody, geotermálna energia, energia vln, morských prúdov, prílivu a odlivu
- biomasa – hmota organického pôvodu

## POUŽITÁ LITERATÚRA:

1. HRNČIAR, P. *Organická chémia*. 1977. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 683 s.
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2.ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. 2012. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA s.r.o. 184 s. ISBN 978-80-8091-271-0
3. MEČIAROVÁ, M. 2013. *Prednášky predmetu „Zelená chémia“*. Bratislava: UK.
4. SEČKOVÁ, J.; GANAJOVÁ, M. *Energia a jej zdroje vo výučbe chémie*. 2012. Košice: Equilibria, s.r.o. 103 s. ISBN 978-80-8143-029-9
5. SITNÁ, D. 2013. *Metody aktívneho vyučovania. Spolupráce žáků ve skupinách*. Praha: portál. 152 s. ISBN 978 – 80 – 262 – 0404 – 6
6. ZÁHRADNÍK, P., LISÁ, V. 2006. *Organická chémia I*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 111 s. ISBN 80-10-00708-0

### Elektronické zdroje:

1. GREEN PROJEKT b. *Biomasa*. [cit. 15.6.2015] Dostupné na internete: <<http://www.greenprojekt.sk/biomasa.html>>
2. JANDAČKA, J.; MALCHO, M. *Biomasa ako zdroj energie*. 2007. Európsky fond regionálneho rozvoja. 77 s. ISBN 978-80-969161-4-6 Dostupné na internete: <<http://biomasa-info.sk/docs/PriruckaBiomasaZdrojEnergie.pdf>>
3. FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY. *Obnoviteľné zdroje energie*. [cit. 15.6.2015] Dostupné na internete: <<http://www.oze.stuba.sk/oze/energia-z-biomasy/>>
4. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. *Potenciál využitia biomasy na Slovensku*. [cit. 15.6.2015] Dostupné na internete: <<http://www.tzb-info.cz/3983-potencial-vyuzitia-biomasy-na-slovensku>>
5. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV a. *Štátny vzdelávací program – Chémia*. 2008. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia\\_isced3a.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia_isced3a.pdf)>
6. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV c. *Chémia – gymnázium so 4-ročným a 5-ročným vzdelávacím programom*. 2015. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_g\\_4\\_5\\_r.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_g_4_5_r.pdf)>

### Zdroje obrázkov:

1. Frakčná destilácia. Autor: Jana Cibulková
2. Ropa. [online]. [cit. 20.1.2017] Dostupné na internete: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oil\\_well.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oil_well.jpg)>
3. Súčasné využívanie biomasy na Slovensku. [online]. [cit. 20.1.2017] Dostupné na internete: <<http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0039/003983o1.gif>>

4. Technický využitelný potenciál biomasy na Slovensku. [online]. [cit. 20.1.2017]  
Dostupné na internete: <<http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0039/003983o2.gif>>
5. Zemný plyn. [online]. [cit. 20.1.2017] Dostupné na internete:  
<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cooking\\_with\\_gas.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cooking_with_gas.jpg)>
6. Uhlie. [online]. [cit. 20.1.2017] Dostupné na internete:  
<<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charcoal2.jpg>>



<b>Téma</b> O čom to bude	<b>Ročník</b> Pre koho
<b>Biomasa a jej využitie</b>	2.ročník, ISCED 3A
<b>Ciele</b> Čo sa žiak naučí	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pojmy – biomasa, bioetanol, bionafta, bioplyn, uhľovodíky, alifatické (acyklické) uhľovodíky, cyklické uhľovodíky, nasýtené a nenasýtené uhľovodíky, aromatické uhľovodíky (arény), alkány, alkény, alkíny, deriváty uhľovodíkov, halogénderiváty, nitrozlučeniny, amíny, hydroxyderiváty, étery, karbonylové zlúčeniny – aldehydy a ketóny, karboxylové kyselina, heterocykly</li> <li>• <b>produkty biomasy podľa skupenstva (tuhé, kvapalné a plynné),</b></li> <li>• <b>využitie jednotlivých produktov biomasy v reálnom živote,</b></li> <li>• <b>stav používania produktov biomasy na Slovensku,</b></li> <li>• základné alifatické uhľovodíky – alkány, alkény, alkíny.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Vysvetliť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rozdiel medzi uhľovodíkmi a derivátmi uhľovodíkov.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Zhodnotiť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>výhody a nevýhody biomasy.</b></li> </ul> </li> <li>■ <b>Určiť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• na základe štruktúrnych vzorcov príklady jednotlivých skupín uhľovodíkov.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Uviesť príklady:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>tuhých, kvapalných a plynných palív z biomasy,</b></li> <li>• konkrétnych uhľovodíkov a derivátov uhľovodíkov v rámci domácej úlohy.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Pojmy</b> Čo má žiak ovládať po hodine	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>biomasa, typy palív z biomasy, brikety, pelety, bioetanol, bionafta, bioplyn, alifatické (acyklické) uhľovodíky, cyklické uhľovodíky, nasýtené a nenasýtené uhľovodíky, aromatické uhľovodíky (arény), alkány, alkény, alkíny, deriváty uhľovodíkov, halogénderiváty, nitrozlučeniny, amíny, hydroxyderiváty, étery, karbonylové zlúčeniny – aldehydy a ketóny, karboxylové kyselina, heterocykly.</i></li> </ul>	
<b>Vstup</b> Čo vopred od žiaka očakávame	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať pojmy:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Učivo biológie ZŠ, SŠ – baktérie, mikroorganizmy, kvasenie, ekológia, obnoviteľné zdroje energie, skleníkový plyn.</li> </ul> </li> </ul>	

- ✓ Učivo chémie ZŠ, SŠ – alkány, najjednoduchšie alkány – metán, etán, propán, bután, uhľikový reťazec, nerozvetvený a rozvetvený reťazec, jednoduchá väzba, nasýtené uhľovodíky.
- Základné digitálne zručnosti: práca s počítačom/tabletom/mobilom pripojeným na internet na vyhľadanie informácií.

### **Kľúčové kompetencie**    Čo chceme u žiaka rozvíjať

#### ■ Komunikačné kompetencie:

- ✓ **odpovedať** na otázky učiteľa stručne, zrozumiteľne a jasne, napr.: *Ako sa nazývajú základné organické zlúčeniny obsahujúce uhlík a vodík?, Ako sa nazývajú základné alifatické acyklické uhľovodíky?, Ako sa nazýva alkyl, ktorý vznikne odtrhnutím vodíka z metánu?*
- ✓ **vedieť zdôvodniť, vysvetliť pojmy, odpovedať vlastnými slovami a obhájiť si svoju odpoveď pri riešení aktivity zameranej na využitie biomasy (formulovať otázky a odpovedať na otázky spolužiakov),** ako aj počas expozície nového učiva na vyučovacej hodine,
- ✓ **komunikovať** so spolužiakmi ohľadom zadanej problematiky počas frontálnej práce,
- ✓ **vypočítať** názory spolužiakov na danú problematiku počas frontálnej práce a primerane na ne reagovať,
- ✓ **ovládať cudzí jazyk (anglický jazyk) v prípade použitia zahraničných zdrojov literatúry.**

#### ■ Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky:

- ✓ **vyhľadať potrebné informácie (zloženie, výroba, využitie paliva) prostredníctvom internetu a doplniť zadanú časť pracovného listu zameraného na konkrétne využitie biomasy,**
- ✓ **vedieť pomenovať uhľovodíky na obrázku a odpovedať učiteľovi na položené otázky:** *Ako sa nazývajú uhľovodíky s uzatvoreným reťazcom?, Ako sa nazývajú základné alifatické acyklické uhľovodíky?*
- ✓ **vedieť doplniť pojmovú hierarchickú mapu predstavujúcu základné rozdelenie organických zlúčenín.**

#### ■ Naučiť sa učiť:

- ✓ **naučiť sa zodpovednosti za vlastnú prácu, samostatnosti a schopnosti organizovať vlastnú prácu počas navrhnutej aktivity zaoberajúcej sa konkrétnym typom využitia biomasy ako paliva,**
- ✓ **vedieť riešiť problémy, hľadať príčiny a argumenty k danému problému na domácu úlohu: Aké sú výhody a nevýhody biomasy?.**

#### ■ Spoločenská a občianska kompetencia:

- ✓ **priať názory ostatných, vedieť robiť kompromisy, naučiť sa tolerancii počas pripravenej aktivity na vyučovacej hodine,**
- ✓ **prepojenie problematiky biomasy s bežným životom prostredníctvom aktivity zameranej na využitie palív z biomasy.**

#### ■ Digitálna kompetencia:

- ✓ **vyhľadávať na internete potrebné informácie na vyplnenie zadanej časti pracovného listu o využití biomasy.**

- **Čitateľská gramotnosť:**

- ✓ čítať s porozumením vybrané elektronické zdroje na internete, spracovať ich a doplniť do pracovného listu.

### **Vyučovacie formy a metódy**      **Ako to realizujeme**

- rozhovor – úvod do vyučovacej hodiny prostredníctvom otázok
- samostatná práca – prvá časť aktivity s použitím pracovného listu a pripojením na internet
- frontálna práca – tretia časť aktivity, keď sa žiaci vzájomne obohacujú o novozískané poznatky
- rozhovor s prvkami problémového vyučovania – expozícia nového učiva, ktorá je založená na komunikácii učiteľa a žiakov

### **Vyučovacie prostriedky**      **Čo použijeme**

- Počítač, projektor/interaktívna tabuľa s pripojením na internet
- Mobily, tablety s pripojením na internet
- Prezentácia v aplikácii MS PowerPoint
- Pracovný list „Biomasa a jej využitie“, pero
- Kľúč správnych odpovedí k pracovnému listu „Biomasa a jej využitie“
- Metodický materiál pre učiteľa k aktivite „Prečo by sme mali využívať biomasu?“

### **Princípy Zelenej chémie**

- Použitie obnoviteľných zdrojov energie
- Predchádzanie vzniku odpadu
- Bezpečnosť chemických procesov

### **AKTUALIZÁCIA UČIVA:**

Predchádzajúcu hodinu sme sa bavili o zdrojoch energie a uhľovodíkov.

- ❓ *O ktorých zdrojoch energie sme sa rozprávali na predchádzajúcej hodine? Obnoviteľné a neobnoviteľné zdroje. Fosílné suroviny a alternatívne zdroje.*
- ❓ *Ako sa nazývajú? Fosílna palivá – ropa, zemný plyn, uhlie. Alternatívne zdroje – veterná, slnečná, geotermálna energia, energia vody, biomasa.*
- ❓ *Aký je rozdiel medzi nimi?*
- ❓ *Ktorý alternatívny zdroj energie je definovaný ako hmota organického pôvodu? Biomasa.*

### **AKTIVITA: PREČO BY SME MALI VYUŽÍVAŤ BIOMASU? (25 minút)**

Žiaci pracujú pomocou internetu na vypracovaní pracovného listu, ktorý sa zameriava na využitie biomasy v bežnom živote v úlohe č.1 a na výhody a nevýhody biomasy v úlohe č.2.

Vyučovacie formy a metódy: samostatná a frontálna práca

Vyučovacie prostriedky a pomôcky: pracovný list, pero, počítač/tablet/mobil s pripojením na internet

Postup práce:

1. Každý žiak dostane pracovný list so zadaním. Učiteľ rozdelí žiakov číslami 1, 2, 3, 4. Žiaci s číslom 1, každý samostatne, sa venujú pevným palivám. Žiaci s číslom 2, každý samostatne, sa venujú plynným palivám - bioplynu. Žiaci s číslom 3, každý samostatne, sa venujú kvapalným palivám - bioetanolu. Žiaci s číslom 4, každý samostatne, sa venujú kvapalným palivám - bionafte. Všetci zaznamenávajú získané informácie do určeného miesta v pracovnom liste (10 minút).
  2. Následne prebiehajú postupne rozhovory žiakov s rovnakými číslami na kontrolu správnych odpovedí v pracovnom liste. Zvyšok žiakov si zapisuje potrebné informácie do pracovného lista. Žiaci si vzájomne vysvetľujú novonadobudnuté poznatky a učiteľ ich dopĺňa, ak je potrebné (10-15 minút).
- ❓ Aké sú výhody a nevýhody biomasy? Žiaci píšú odpovede do pracovného listu najprv samostatne, neskôr v rámci celej triedy, pričom si môžu pomáhať aj vyhľadávaním na internete.

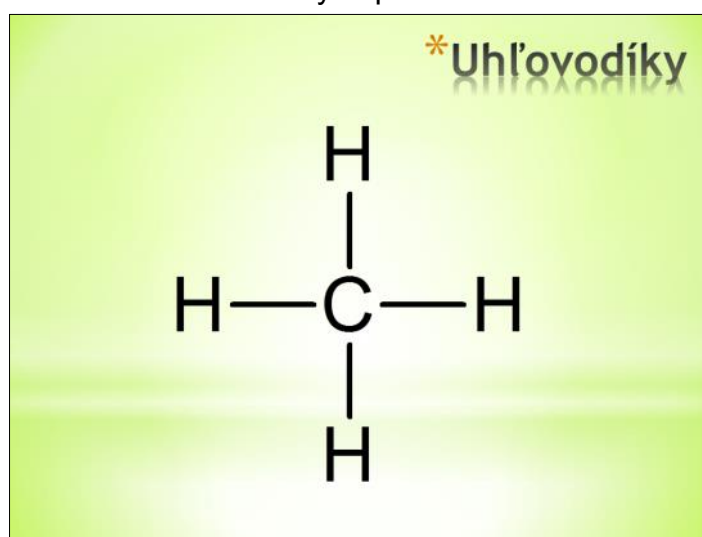
### EXPOZÍCIA NOVÉHO UČIVA (15 minút):

Obrázok č.1: Rozdelenie organických zlúčenín

- ❓ O ktorom princípe/princípoch Zelenej chémie budeme dnes hovoriť?
- ❓ Ktorá zložka je najviac zastúpená v bioplyne? Metán
- ❓ Z akých chemických prvkov je zložený metán? Uhlík a vodík
- ❓ Ako sa nazývajú základné organické zlúčeniny obsahujúce uhlík a vodík?

#### Uhl'ovodíky

Na základe týchto poznatkov o biomase sme sa dozvedeli, že **zdrojom nielen energie, ale aj uhl'ovodíkov je práve biomasa**. Prírodná hmota, ktorej je na zemi dostatok a je vhodnou náhradou fosílnych palív.



Obrázok č.2:

Uhl'ovodíky, ktoré majú otvorené reťazce sa nazývajú **alifatické** alebo **acyklické uhl'ovodíky**.

Alifatické uhľovodíky môžu byť nerozvetvené/lineárne a rozvetvené.

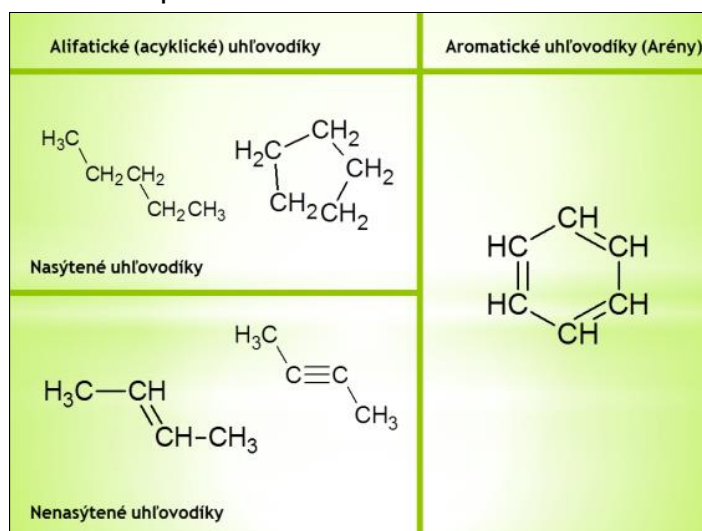
❓ *Ako sa nazývajú uhľovodíky s uzatvoreným reťazcom?* Uhľovodíky s uzatvorenými reťazcami sa nazývajú **cyklické uhľovodíky**.

❓ *Aké chemické väzby z hľadiska násobnosti sa môžu vyskytovať v reťazcoch uhľovodíkov?* Alifatické a cyklické uhľovodíky môžu obsahovať jednoduché a násobné väzby. Na základe toho rozdeľujeme uhľovodíky na **nasýtené a nenasýtené uhľovodíky**.

❓ *Aké uhľovodíky patria medzi nasýtené uhľovodíky?* alkány

❓ *Aké uhľovodíky patria medzi nenasýtené uhľovodíky?* alkény a alkíny

Špeciálnym typom uhľovodíkov sú **aromatické uhľovodíky** alebo **arény**, ktoré sú cyklické a majú zvláštne usporiadanie väzieb.



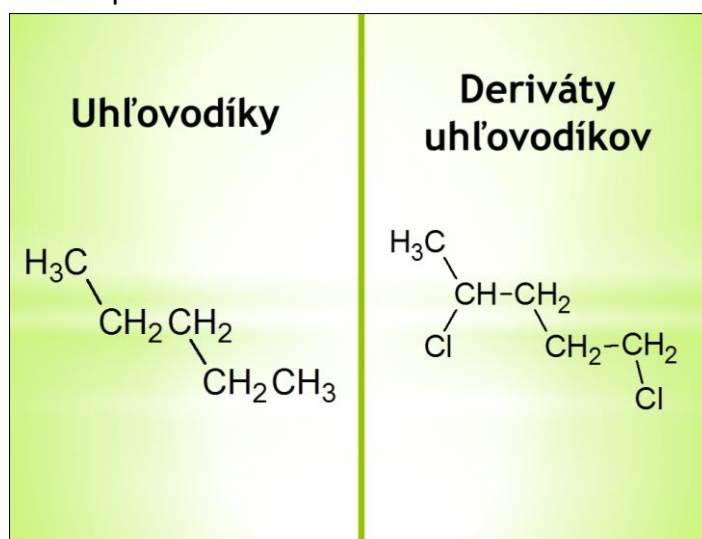
Medzi uhľovodíky zaraďujeme alkány, alkény, alkíny a arény.

Obrázok č.3:

❓ *Aké organické zlúčeniny sa nachádzajú na obrázku?*

❓ *Aký je rozdiel medzi nimi? prítomnosť chlóru*

**Deriváty uhľovodíkov** sú organické zlúčeniny, ktoré okrem C a H obsahujú aspoň jeden iný chemický prvok. Atóm vodíka alebo skupina atómov vodíka je nahradená iným atómom alebo skupinou atómov.

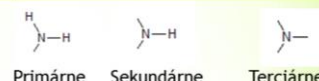




Obrázok č.4: Rozdelenie derivátov uhľovodíkov:

❓ Ktoré chemické prvky sú prítomné v derivátoch uhľovodíkov? O, N, halogény, S, P.

Rozdelenie:

- Halogénderiváty
- Dusíkaté zlúčeniny – nitrozlúčeniny a amíny (primárne, sekundárne, terciárne)
- Kyslíkaté zlúčeniny – hydroxyderiváty, étery, karbonylové zlúčeniny, karboxylové kyseliny
- Heterocykly – 5 a 6-článkové

* Deriváty uhľovodíkov	
Halogénderiváty	-X
Nitrozlúčeniny	-NO <sub>2</sub>
Amíny	 Primárne    Sekundárne    Terciárne
Hydroxyderiváty	-OH
Étery	-OR
Karbonylové zlúčeniny	 Aldehydy                      Ketóny
Karboxylové kyseliny	-COOH
Heterocykly	

### OBRAZ TABULE:

#### Biomasa a jej využitie

- palivá:
  - tuhé – pelety, brikety
  - kvapalné – bioetanol, bionafta
  - plynné – bioplyn (metán)

#### Rozdelenie organických zlúčenín

Uhľovodíky			Deriváty uhľovodíkov
Alifatické		cyklické	halogénderiváty
nasýtené	Nenasýtené	aromatické	nitrozlúčeniny
alkány	alkény    alkíny		amíny
			hydroxyderiváty
			étery
			karbonylové zlúčeniny
			karboxylové zlúčeniny
			heterocykly



### Domáca úloha:

1. Vypracujte úlohu č. 3 v pracovnom liste, ktorá zobrazuje základnú hierarchiu organických zlúčenín.

### POUŽITÁ LITERATÚRA:

1. HRNČIAR, P. *Organická chémia*. 1977. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 683 s.
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2.ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. 2012. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA s.r.o. 184 s. ISBN 978-80-8091-271-0
3. MEČIAROVÁ, M. 2013. *Prednášky predmetu „Zelená chémia“*. Bratislava: UK.
4. SEČKOVÁ, J.; GANAJOVÁ, M. *Energia a jej zdroje vo výučbe chémie*. 2012. Košice: Equilibria, s.r.o. 103 s. ISBN 978-80-8143-029-9
5. SITNÁ, D. 2013. *Metody aktívneho vyučovania. Spolupráce žáků ve skupinách*. Praha: portál. 152 s. ISBN 978 – 80 – 262 – 0404 – 6
6. ZÁHRADNÍK, P., LISÁ, V. 2006. *Organická chémia I*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 111 s. ISBN 80-10-00708-0

### Elektronické zdroje:

1. ENVIRAL. Bioetanol. 2017. [cit. 15.6.2016] Dostupné na internete: <<http://www.enviral.sk/sk/produkty/bioetanol>>
2. FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY. *Obnoviteľné zdroje energie*. [cit. 15.6.2015] Dostupné na internete: <<http://www.oze.stuba.sk/oze/energia-z-biomasy/>>
3. GREEN PROJEKT b. *Biomasa*. [cit. 15.6.2015] Dostupné na internete: <<http://www.greenprojekt.sk/biomasa.html>>
4. JANDAČKA, J.; MALCHO, M. *Biomasa ako zdroj energie*. 2007. Európsky fond regionálneho rozvoja. 77 s. ISBN 978-80-969161-4-6 Dostupné na internete: <<http://biomasa-info.sk/docs/PriruckaBiomasaZdrojEnergie.pdf> >
5. O ENERGETICE. *Biomasa – využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR*. [online] [cit. 10.2.2017] Dostupné na internete: <<http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody/> >
6. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV a. *Štátny vzdelávací program – Chémia*. 2008. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia\\_isced3a.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia_isced3a.pdf)>
7. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV c. *Chémia – gymnázium so 4-ročným a 5-ročným vzdelávacím programom*. 2015. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_g\\_4\\_5\\_r.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_g_4_5_r.pdf)>

Štruktúrne vzorce chemických zlúčenín sú vytvorené v programe ChemSketch.

# Biomasa a jej využitie

Meno a priezvisko:

Dátum:

Biomasa je hmota organického pôvodu, ktorá poskytuje mnohé spôsoby jej využitia v oblastiach ako poľnohospodárstvo, priemysel, doprava, či bežný život. Rôznym spracovaním biomasy sa produkujú viaceré typy palív, ktoré konkurujú fosílnym palivám. Na základe skupenstva produktov biomasy ich môžeme rozdeliť na pevné, kvapalné a plynné biopalivá, ktoré majú určité charakteristiky a spôsoby využitia nielen vo svete, ale aj na Slovensku.

## Prečo by sme mali využívať biomasu?

1. Pomocou internetu vyhľadajte potrebné informácie o vybraných produktoch biomasy a následne doplňte pripravené tabuľky.

### PEVNÉ PALIVÁ:

Z čoho sa vyrábajú?	Použitie pevných palív:
Typy pevných palív: <ul style="list-style-type: none"><li>■</li><li>■</li><li>■</li><li>■</li></ul>	Poznámky:

### PLYNNÉ PALIVÁ – BIOPLYN:

Proces vzniku bioplynu:	Použitie bioplynu:
Zloženie bioplynu: <ul style="list-style-type: none"><li>■</li><li>■</li></ul>	Poznámky:



### KVAPALNÉ PALIVÁ – BIOETANOL:

Výroba bioetanolu:	Použitie bioetanolu:
Poznámky:	

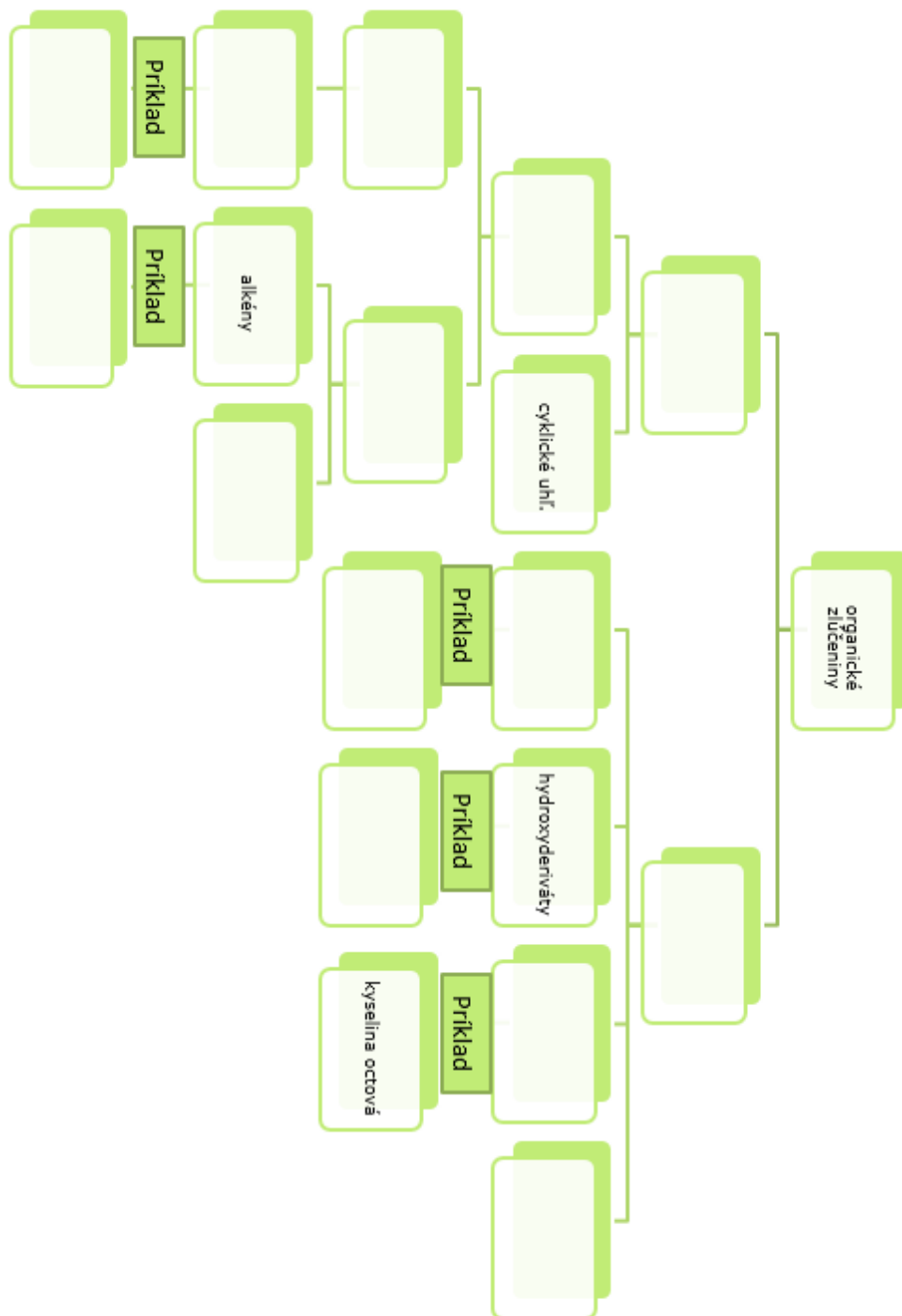
### KVAPALNÉ PALIVÁ – BIONAFTA/BIODIESEL:

Čo je bionafta?	Použitie bionafty:
Princíp výroby bionafty:	Poznámky:
Aký produkt vzniká esterifikáciou bionafty?	

2. Na základe získaných informácií napíšte výhody a nevýhody biomasy do tabuľky v porovnaní s fosílnymi palivami.

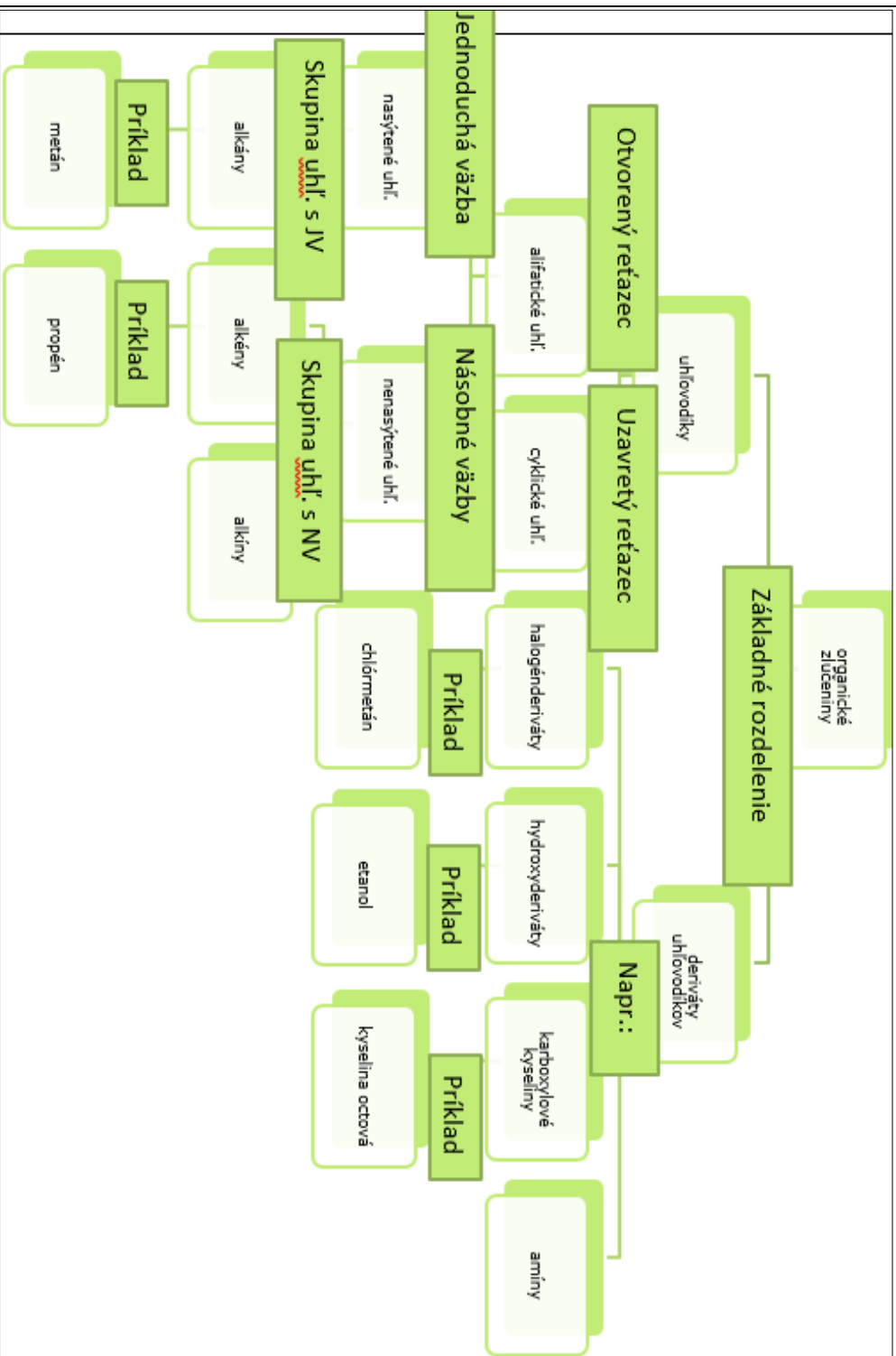
Výhody biomasy	Nevýhody biomasy

3. a) Doplňte hierarchiu znázorňujúce rozdelenie organických zlúčenín.  
 b) Nad spojnice napíšte charakteristiku spojenia medzi pojmami.  
 c) K vybraným typom organických zlúčenín napíšte konkrétny príklad.



## Kľúč správnych odpovedí k pracovnému listu „Biomasa a jej využitie“

2.	Výhody biomasy	Nevýhody biomasy
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obnoviteľný zdroj energie</li> <li>• množstvo vzniknutého CO<sub>2</sub> pri spaľovaní sa rovná približne množstvu spotrebovaného CO<sub>2</sub> pri raste biomasy – rovnováha množstva CO<sub>2</sub></li> <li>• nízky obsah síry</li> <li>• zvyšuje nezávislosť na dovoze primárnych zdrojov energie z ekonomického hľadiska</li> <li>• väčšinou je druhotnou surovinou – využitie odpadu</li> <li>• prispieva k ochrane životného prostredia a poľnohospodárskej pôdy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyššia cena ako cena fosílnych palív</li> <li>• menšia účinnosť, nižší výkon</li> <li>• problém so skladovaním, keďže ide o sezónne palivo</li> <li>• potreba úpravy paliva na používanie</li> <li>• nebezpečenstvo úniku škodlivých látok, emisií</li> <li>• náklady na dopravu a logistiku</li> <li>• potreba pôdy - ochrana životného prostredia, biodiverzity, vznik erózií</li> </ul>



3.

**Metodický materiál pre učiteľa** k aktivite „Prečo by sme mali využívať biomasu?“, ktorý obsahuje informácie o jednotlivých palivách z biomasy.

### **Pevné palivá:**

#### Charakteristika paliva:

Hlavným zdrojom pevných palív je odpadová biomasa z komunálneho odpadu a z odvetví ako poľnohospodárstvo, lesníctvo, či potravinársky priemysel. Využíva sa odpad dreva, čo priamo súvisí s problematikou lesníctva. Ďalej sa používa slama, ktorá má vysoký energetický potenciál. Pestujú sa rýchlorastúce dreviny ako repka olejná, vrby, trávy, ktoré majú vysoký ročný prírastok hmoty, a teda sú energeticky výhodné.

Ich mechanickou premenou (lisovaním, drtením, štiepením, mletím a pod.) sa vyrábajú brikety (valcovité telesá z odpadkov biomasy), štiepky (kúsky dreva), pelety (granuly kruhového prierezu z odpadu ako piliny, hobliny, ktoré sa zlisujú).

#### Využitie paliva v bežnom živote:

Spaľovaním brikiet, peliet, štiepok, slamy a slamy repky olejnej sa získava teplo na vykurovanie a ohrev vody.

#### Situácia na Slovensku:

Územie Slovenska pokrývajú veľké plochy lesov, čo zabezpečuje dostatok zdrojov pre pevné palivá. Už v minulosti bolo drevo využívané ako palivo v domácnostiach. Výroba peliet a brikiet sa realizuje vo viacerých firmách. Slama a odpad repky olejnej sa ako zdroj energie na Slovensku využíva len v malej miere na vykurovanie škôl a iných budov.

### **Plynné palivá – bioplyn:**

#### Charakteristika paliva:

Pri odumieraní a rozklade biomasy sa uvoľňuje bioplyn. Keďže hnitie je bežný proces v prírode, považuje sa za najekonomickejší spôsob zneškodňovania odpadkov ekologickou cestou. Získava sa hlavne zo skládok komunálneho a poľnohospodárskeho odpadu.

Princíp produkcie bioplynu: biomasa + mikroorganizmy----bioplyn + jednoduché zlúčeniny (N, S, ...).

Bioplyn je zložený hlavne z metánu (50-75%) a oxidu uhličitého (25-50%). V malých množstvách môže obsahovať sulfán, vodík a dusík (podľa druhu biomasy).

Vyrába sa metánovou fermentáciou (kvasením) z hnojovice alebo organických kalov v priestoroch, kde niekoľko dní hnije vďaka baktériám a vhodným podmienkam (teplota, bez prístupu kyslíka). Odtiaľ prúdi bioplyn do digestorov, z ktorých je odčerpávaný do zberných nádrží.

Jeho používanie má priaznivý účinok na znižovanie emisií skleníkových plynov, čiže je to vhodná náhrada fosílnych surovín. Zabezpečuje ochranu podzemných vôd v poľnohospodárskych oblastiach, keďže jeho využívaním nevniká do pôdy.

#### Využitie paliva v bežnom živote:

Bioplyn sa používa na vykurovanie a ohrev vody. Ďalej na pohon plynného motoru na výrobu elektrickej energie alebo ako palivo do spaľovacích motorov.

### Situácia na Slovensku:

Na Slovensku sa vyrába bioplyn vo viacerých bioplynových staniciach. Bioplyn sa používa hlavne na vykurovanie a na výrobu elektriny.

### **Kvapalné palivá – bioetanol:**

#### Charakteristika paliva:

Medzi najdôležitejšie kvapalné palivá patrí bioetanol a biometanol. Vyrábajú sa alkoholovou fermentáciou z obilia, kukurice, cukrovej trstiny a repy, zemiakov (vysoký obsah cukru). Pre životné prostredie je dôležité, že ich spaľovaním vzniká menej škodlivín, lebo majú jednoduchšiu štruktúru ako benzín alebo nafta a lepšie horia. Najväčší producent kvapalných biopalív je Brazília, potom USA. Nevýhodou je jeho veľkovýroba, ktorá by bola konkurenciou pre produkciu potravín a pestovanie monokultúr, ktoré narušujú biodiverzitu.

#### Využitie paliva v bežnom živote:

Používa sa ako kvalitné kvapalné palivo, náhrada benzínu, v spaľovacích motoroch alebo ako prísada do benzínu na zvýšenie kvality. Má vysoké oktanové číslo a zlepšuje kvalitu horenia paliva v motore, čím sa znižuje množstvo emisií. Nevýhodou je rýchlejšie spôsobovanie korózie kovových materiálov. Výpary môžu ovplyvniť vodičove schopnosti.

#### Situácia na Slovensku:

Bioetanol bol na Slovensku uznaný ako významný zdroj energie a obnoviteľné palivo. Existujú spoločnosti na výrobu bioetanolu, napr. Enviral.

### **Kvapalné palivá – bionafta/biodiesel:**

#### Charakteristika paliva:

Surovinou na výrobu bionafty alebo biodiesla sú rastlinné oleje z plodov a semien rastlín ako repka olejná, slnečnica, oliva, sója, alebo živočíšne tuky ako rybí tuk, hovädzí loj. Bionaftou sa označujú metylestery mastných kyselín. Vyrába sa lisovaním biomasy (triglyceridy), jej filtráciou a následnou esterifikáciou s alkoholom na metylestery a glycerol (ďalšie použitie v chemickom priemysle). Použitím repkového oleja vznikajú metylestery repkového oleja, čo sa nazýva MERO. Dôležitou vlastnosťou bionafty je jej čistota. Spaľovaním čistej bionafty sa uvoľňuje menšie množstvo emisií do ovzdušia, ako aj menej tuhých častíc a škodlivín, ale jej enormné pestovanie má výrazný podiel na produkcii skleníkových plynov. Bionafta nespôsobuje znečistenie pôdy, lebo je 100% prírodný produkt. Nevýhodou je opäť pestovanie rastlín na úkor produkcie potravín a biodiverzity životného prostredia.

#### Využitie paliva v bežnom živote:

Čistý rastlinný olej sa ako palivo do dieselových motorov používa minimálne, lebo spôsobuje upchávanie ventilov motora. Využíva sa v kombinácii s normálnou naftou do motorov. Na využitie bionafty ako paliva je potrebné upraviť motor, pričom jeho výkon sa zníži a zvýši sa spotreba, čo je neefektívne v praxi.

#### Situácia na Slovensku:

Bionafta sa na Slovensku vyrába z repky olejnej a využíva sa hlavne na pohon poľnohospodárskych vozidiel vo veľmi malej miere. Boli pokusy o jej zavedenie, ale neboli príliš úspešné.

<b>Téma</b> O čom to bude	<b>Ročník</b> Pre koho
<b>(Bio)Plasty (laboratórne cvičenie)</b>	2.ročník, ISCED 3A
<b>Ciele</b> Čo sa žiak naučí	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Poznať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pojmy: plast, monomér, polymér, polymerizačný stupeň, biopolymér, makromolekula, polyreakcie, polymerizácia, PE, PP, PVC, PS, biodegradovateľnosť, biodegradovateľný plast, syntetický plast, bioplast.</li> <li>✓ použitie syntetických plastov, prírodných polymérov a bioplastov v bežnom živote.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Vysvetliť:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ pojem plast, polymér, polymerizácia, makromolekula, biodegradovateľnosť,</li> <li>✓ rozdiel medzi polymérom a biopolymérom,</li> <li>✓ rozdiel medzi plastom a polymérom,</li> <li>✓ rozdiel medzi syntetickým a biodegradovateľným plastom,</li> <li>✓ princíp polymerizácie na základe realizovaných pokusov.</li> </ul> </li> <li>■ Aplikovať princíp polymerizácie na iných príkladoch (etén, vinylchlorid, styrén).</li> <li>■ Priradiť skratky PE, PP, PVC, PS k názvom makromolekulových látok.</li> <li>■ Porovnať: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ základné fyzikálne a chemické vlastnosti PE, PET, PVC, PS a spôsob ich využitia.</li> <li>✓ vlastnosti syntetických polymérov a biopolymérov z hľadiska ich pôsobenia na životné prostredie.</li> </ul> </li> <li>■ Vyhľadať na internete potrebné informácie (fyzikálne a chemické vlastnosti, priemyselnú výrobu, spôsob využitia) k jednotlivým plastom – PE, PET, PVC, PS, ...</li> <li>■ <b>Realizovať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ zadaný pokus na výrobu bioplastu podľa navrhnutého postupu práce.</li> </ul> </li> <li>■ <b>Pozorovať:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ vlastnosti produktu – bioplast hneď po výrobe a po odporúčanom počte dní a zaznamenať ich.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Pojmy</b> Čo má žiak ovládať po hodine	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>alkény, násobná väzba, dvojitá väzba, plasty, plasticita, polyméry a biopolyméry, monomér, makromolekula, polyreakcie, polymerizácia, polymerizačný stupeň, PVC, PS, PE, PP, biodegradácia, biodegradovateľnosť, biodegradovateľný plast</i></li> </ul>	



## Vstup Čo vopred od žiaka očakávame

- Poznať pojmy:
  - ✓ Učivo biológie ZŠ, SŠ – životné prostredie, znečistenie životného prostredia.
  - ✓ Učivo chémie ZŠ – chemická reakcia, reaktanty, produkty, alkény, etén, polymér, polymerizácia, plasty, polyetylén
  - ✓ Predchádzajúce učivo – alkény, násobná väzba, dvojitá väzba, elektrofilné a radikálové adície, hydrogenácia, sumárny vzorec alkénov.
  - ✓ Pojmy z bežného života, ktoré sa týkajú danej témy, napr.: recyklácia plastov.
- Základné zručnosti s laboratórnym sklom, chemickými látkami a práce v laboratóriu.

## Kľúčové kompetencie Čo chceme u žiaka rozvíjať

- Komunikačné kompetencie:
  - ✓ odpovedať na otázky učiteľa stručne, zrozumiteľne a jasne, napr.: *Čo majú spoločné všetky predmety na stole?, Viete mi povedať, čo je základnou hmotou pre výrobu syntetických plastov, ktoré sme si doteraz spomínali?, Z akých monomérov vznikli naše biopolyméry?, Čo je polymerizácia?.*
  - ✓ vedieť zdôvodniť, vysvetliť pojmy, odpovedať vlastnými slovami a obhájiť si svoju odpoveď pri riešení aktivity zameranej na najznámejšie plasty, či **návrh výroby plastov z iných materiálov ako z ropy** (formulovať otázky a odpovedať na otázky spolužiakov), ako aj počas expozície nového učiva na vyučovacej hodine,
  - ✓ komunikovať so spolužiakmi ohľadom zadanej problematiky plastov a **bioplastov** počas skupinovej a frontálnej práce,
  - ✓ vypočúť názory spolužiakov na danú problematiku počas skupinovej a frontálnej práce a primerane na ne reagovať.
- Matematická kompetencia a základné kompetencie v oblasti vedy a techniky:
  - ✓ **vyhľadať a overiť potrebné informácie (základná štruktúrna jednotka, spôsob využitia v živote, charakteristická vlastnosť, rozložitosť v prírode, priemyselná výroba) prostredníctvom internetu a doplniť zadanú časť pracovného listu zameraného na konkrétne druhy plastov,**
  - ✓ **vedieť odvodiť si princíp polymerizácie alkénov na základe konkrétneho príkladu biopolymérov (škrob).**
  - ✓ osvojiť si názvoslovie polymérov prostredníctvom predpony poly-

- ✓ zvoliť vhodné kritériá pri porovnaní vlastností pripravených bioplastov a synteticky pripravených plastov vo forme tabuľky,
- ✓ ovládať pravidlá práce v laboratóriu a používania laboratórneho skla a chemikálií, pracovať bezpečne počas realizácie pokusu pri výrobe bioplastu, formulovať cieľ pokusu, postup a záver práce, pozorovať vlastnosti produktu.
- **Naučiť sa učiť:**
  - ✓ naučiť sa zodpovednosti za vlastnú prácu, samostatnosti a schopnosti organizovať vlastnú prácu a prácu v skupine počas navrhnutých aktivít počas prvej vyučovacej hodiny zaoberajúcej sa konkrétnymi druhmi plastov a spôsobu ich náhrady,
  - ✓ vedieť riešiť problémy, hľadať príčiny a argumenty k danému problému na domácu úlohu: *Bolo by možné vyrobiť plasty aj z niečoho iného, aby neškodili životnému prostrediu? Máte nejaký nápad?, Aké sú rozdiely medzi výrobou našich bioplastov a polyetylénu?*
- **Spoločenská a občianska kompetencia:**
  - ✓ prijať názory ostatných, vedieť robiť kompromisy, naučiť sa tolerancii počas pripravených aktivítach na vyučovacích hodinách,
  - ✓ prepojenie problematiky odpadu plastových výrobkov a ich recyklácie s výrobou bioplastov a ich schopnosti biodegradovať sa.
- **Digitálna kompetencia:**
  - ✓ vyhľadávať na internete potrebné informácie k jednotlivým druhom plastov,
  - ✓ pozrieť video zamerané na problematiku vyučovacích hodín v rámci domácej úlohy.
- **Čitateľská gramotnosť:**
  - ✓ čítať s porozumením vybrané elektronické zdroje na internete na doplnenie pracovného listu na prvej vyučovacej hodine,
  - ✓ prečítať článok o slovenskom patente na plasty zo škrobu v rámci domácej úlohy.

### **Vyučovacie formy a metódy**

### **Ako to realizujeme**

- samostatná práca – prvá časť AKTIVITY 1 s použitím pracovného listu a s pripojením na internet
- skupinová práca a práca vo dvojiciach – pokračovanie AKTIVITY 1 s použitím pracovného listu, s pripojením na internet a priebeh AKTIVITY 2
- frontálna práca – záverečná časť AKTIVITY 1 a AKTIVITY 2, keď žiaci odpovedajú na otázky učiteľa
- žiacke pokusy a pozorovanie

- rozhovor s prvkami problémového vyučovania – expozícia nového učiva, ktorá je založená na komunikácii učiteľa a žiakov prostredníctvom otázok

### ***Vyučovacie prostriedky***      **Čo použijeme**

- Počítač, projektor/interaktívna tabuľa s pripojením na internet
- Mobily, tablety s pripojením na internet
- Laboratórne pomôcky a chemikálie
- Pracovný list „(Bio)Plasty“ (slúži aj ako návod k pokusom a poznámky k novému učivu), pero

### ***Princípy Zelenej chémie***

- Biodegradovateľnosť chemických produktov
- Použitie obnoviteľných zdrojov energie
- Predchádzanie vzniku odpadu
- Bezpečnosť chemických procesov
- Navrhovanie bezpečnejších chemikálií
- Minimalizovanie požiadaviek na energiu

Žiaci počas laboratórneho cvičenia (2 vyučovacie hodiny) používajú pracovný list „Polyméry a biopolyméry“, ktorý slúži ako podklad na poznámky k učivu a zároveň ako návod k pokusom. Postupnosť úloh v pracovnom liste je postupnosť učiva na laboratórnom cvičení.

1.vyučovacia hodina je zameraná hlavne na problematiku plastov využívaných v bežnom živote.

V každodennom živote používame veľké množstvo plastových výrobkov, čo si dostatočne neuvedomujeme. Rovnako ani ich „životný cyklus“ a vplyv na životné prostredie.

### **AKTIVITA 1: NAJZNÁMEJŠIE PLASTY (30 minút)**

Vyučovacie formy a metódy: snowballing (metóda snehovej gule), samostatná, skupinová a frontálna práca

Vyučovacie prostriedky a pomôcky: pracovný list, pero, počítač, tablet, mobil s pripojením na internet

Postup práce:

1. Ukážka plastových výrobkov z bežného života, ktoré sú vyrobené z rôznych látok – PE, PET, PVC, PS. Doniesť fľaše, plastový riad – poháre, taniere, príbor, igelitové tašky, nádoby, obaly, káble, trúbky, polystyrénové výrobky, ....
  - ❓ Čo majú spoločné všetky predmety na stole? Plastové výrobky
  - ❓ Aké ďalšie plastové výrobky používate v bežnom živote? (žiaci si pozrú aj ich vlastné veci)
  - ❓ Majú aj negatívne dôsledky na život?
2. Žiaci majú za úlohu nájsť na výrobku symbol, ktorý označuje, z akej látky sú vyrobené jednotlivé predmety. Zapišu ich do pripravenej tabuľky v pracovnom liste. Predpokladá sa, že to budú najznámejšie druhy – PE, PET, PVC, PS, PP, ...
3. Ďalšou úlohou je vyhľadať potrebné informácie k jednotlivým plastom a doplniť tabuľku v pracovnom liste. Najprv žiaci pracujú pomocou tabletu, mobilu pripojeného na internete samostatne a snažia sa vyplniť tie časti tabuľky, ktoré majú zadané (Základná štruktúrna jednotka plastu).
4. Potom vytvoria dvojice, v ktorých budú zároveň pracovať počas celého laboratórneho cvičenia a vzájomne si vysvetľujú a dopĺňajú časti tabuľky, ktoré zadá učiteľ (Spôsob využitia plastu v bežnom živote, charakteristická vlastnosť pre daný typ plastu).
5. Spojením dvoch dvojíc sa vytvoria štvorice, ktoré skonzultujú predchádzajúce informácie a spoločne sa venujú ďalšiemu bodu v tabuľke (Priemyselná výroba plastu – chemické látky a podmienky, časový údaj rozložiteľnosti v zemi).
6. V rámci celej triedy prevezme iniciatívu učiteľ, ktorý má pripravenú tabuľku zobrazenú na tabuli, kladie otázky žiakom na kontrolu zistených informácií a stručne ich zapisujú spoločne do tabuľky:

- ❓ *Z čoho vychádza názov plastov? Pretože majú vlastnosť, ktorá sa nazýva plasticita, čo znamená, že sú schopné tvarovať sa, formovať sa.*
- ❓ *Ako sa nazývajú jednotlivé plasty?*
- ❓ *Ako sa vyrábajú jednotlivé plasty? Aké chemické látky a podmienky sú k tomu potrebné?*
- ❓ *Aké sú vlastnosti jednotlivých plastov?*
- ❓ *Načo sa používajú?*
- ❓ *Aká je ich doba rozložiteľnosti v zemi?*

Obrázok č.1:

Najznámejšie plasty:					
Názvy plastov					

Učiteľ pokračuje v kladení otázok a nadväzuje tak na ďalšiu aktivitu na vyučovacej hodine.

- ❓ *Viete mi povedať, čo je základnou hmotou pre výrobu syntetických plastov, ktoré sme si doteraz spomínali? Ropa*
- ❓ *Prečo sa nazývajú syntetické? Umelo vyrobené látky*
- ❓ *Medzi aké zdroje surovín patrí ropa z hľadiska jej vyčerpatelnosti? Vyčerpatelný, neobnoviteľný zdroj*
- ❓ *Bolo by možné vyrobiť plasty aj z niečoho iného, aby neškodili životnému prostrediu? Máte nejaký nápad? Prípadne ste už o niečom počuli, čítali?*

## **AKTIVITA 2: BOLO BY MOŽNÉ VYROBIŤ PLAST AJ Z NIEČOHO INÉHO? (15 minút)**

Vyučovacie formy a metódy: skupinová a frontálna práca (Žiaci môžu zotrvať v skupinách z 8 žiakov, ktoré sa vytvorili v predchádzajúcej aktivite.)

Vyučovacie prostriedky a pomôcky: pracovný list, pero, počítač/tablet/mobil s pripojením na internet

Postup práce: Práca v skupinách bez použitia internetu. Učiteľ sa ich snaží naviesť na použitie iných surovín ako ropy, teda takého pôvodu, aby neškodili životnému prostrediu a mali určité vlastnosti, aby sa odlišovali od bežne používaných plastov. Svoje nápady si žiaci zapíšu do pracovného listu a potom sa o nich rozprávajú s učiteľom a celou triedou.

- ❓ *Ako by ste potom nazvali také plasty, ktoré by sa vyrábali z niečoho iného? prírodné plasty alebo bioplasty (je to ich predpoklad, neskôr to rozšíri učiteľ)*

2.vyučovacia hodina sa venuje realizácii pokusu a sprístupnenia nového učiva.

### ŽIACKE POKUSY (15-20 minút):

V pracovnom liste sa nachádza návod k pokusom s názvom „Výroba bioplastu“. Do protokolu žiaci majú dopísať úlohu pokusu, hlavnú použitú chemikáliu, pracovný postup, pozorovanie a záver. Učiteľ nabáda žiakov, aby skúsili na základe chemikálií a pomôcok samostatne vymyslieť pracovný postup vo dvojiciach, než začnú pracovať. Spoločne si povedia návrhy na postup práce pri jednotlivých pokusoch a učiteľ ich usmerní. Pracujú v pároch, učiteľ je k dispozícii v prípade potreby a otázok.

Zvolené 3 možnosti, ako budeme vyrábať bioplast na hodine laboratórnych cvičení:

- Zo škrobu
- Z mlieka
- Z agaru

Pre učiteľa:

### Výroba bioplastu

Úloha: Vyrobiť bioplast .....

<b>Pomôcky 1:</b>	Kahan, azbestová sieťka, zápalky, nízka kadička, sklená tyčinka, polievková lyžica, tvrdá podložka, formičky.
<b>Pomôcky 2:</b>	Kahan, azbestová sieťka, zápalky, kadička, sklená tyčinka, polievková lyžica, tvrdá podložka, formičky, teplomer, cedidlo.
<b>Pomôcky 3:</b>	Kahan, azbestová sieťka, zápalky, kadička, sklená tyčinka, polievková lyžica, tvrdá podložka, formičky.

<b>Chemikálie 1:</b>	<b>kukuričný škrob (2PL)</b> , ocot (1PL), glycerol/glycerín (1PL), voda (8PL), farbivo (pár kvapiek)
----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Chemikálie 2:</b>	<b>mlieko (500ml)</b> , ocot (2PL), farbivo (pár kvapiek)
<b>Chemikálie 3:</b>	<b>agar (2PL)</b> , glycerol (1/2ČL), voda (1/2pohára), farbivo (pár kvapiek)

### Pracovný postup 1:

1. Do kadičky nalejeme 8PL vody a lyžičkou pridáme 2PL škrobu. Zamiešame sklenou tyčinkou.
2. Do zmesi pridáme 1PL octu a zamiešame.
3. Pridáme 1PL glycerolu, pár kvapiek farbiva a zamiešame.
4. Kadičku položíme na kahan a varíme zmes, kým sa z nej nestane lepkavá hmota priesvitného charakteru.
5. Obsah kadičky rozotrieme na tvrdú podložku alebo vložíme do formičky.
6. Necháme cca 2 dni stuhnúť a vysušiť.

### Pracovný postup 2:

1. Do kadičky odmeriame 500 ml mlieka a pridáme 2PL octu. Zamiešame sklenou tyčinkou.
2. Pridáme pár kvapiek farbiva a zamiešame.
3. Kadičku položíme na kahan a zohrievame zmes.
4. Vložíme do kadičky teplomer a dávame pozor, aby sa zmes nevarila.
5. Pri teplote 70°C kadičku odstavíme.
6. Obsah kadičky precedíme pomocou cedidla a necháme odkvapkať.
7. Získaný produkt rozotrieme na tvrdú podložku alebo vložíme do formičky.
8. Necháme cca 2 dni stuhnúť a vysušiť.

### Pracovný postup 3:

1. Do kadičky nasypeme 2PL agaru.
2. Pridáme ½ ČL glycerolu do kadičky.
3. Pripravíme ½ pohára vody a nalejeme do kadičky. Zamiešame.
4. Pridáme pár kvapiek farbiva a zamiešame.
5. Kadičku položíme na kahan a zohrievame zmes na miernom ohni, pričom kadičku odstavíme pri prvých náznakoch varu.
6. Obsah kadičky rozotrieme na tvrdú podložku alebo vložíme do formičky.
7. Necháme cca 2 dni stuhnúť a vysušiť.

Pozorovanie 1:	Pri varení zmesi vzniká postupne priehľadná lepkavá hmota, ktorá je formovateľná za tepla. Po vyschnutí je priehľadná, tvrdá a drží tvar formy ako plast.
Pozorovanie 2:	Po varení vzniká biela hmota, pripomínajúca tvaroh, ktorá má tendenciu mrviť sa v rukách. Po vyschnutí je biela, tvrdá a drží tvar formy ako plast.
Pozorovanie 3:	Po varení vzniká priehľadná tekutá hmota, ktorú je možné za tepla liať. Po vyschnutí je priehľadná, tvrdá a drží tvar formy ako plast.

Záver: Vyrobili sme bioplast z danej látky a jeho vlastnosti sú nasledovné ..... Po dvoch dňoch boli vlastnosti bioplastu nasledovné .....

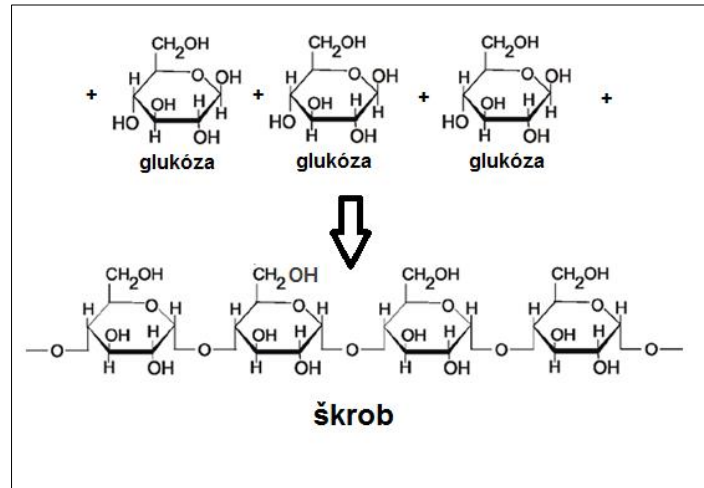
Didaktické poznámky pre učiteľa:

- Formičky sa odporúča trošku namazať prostriedkom na umývanie riadov, aby sa lepšie vyberal bioplast.
- Odporúča sa ovčie mlieko, lebo obsahuje väčší podiel sušiny, ktorú tvoria hlavne bielkoviny a teda kazeín. Vznikne viac produktu.
- Niekedy je potrebné nechať schnúť viac ako dva dni, podľa konzistencie.

#### OPAKOVANIE UČIVA (10 minút):

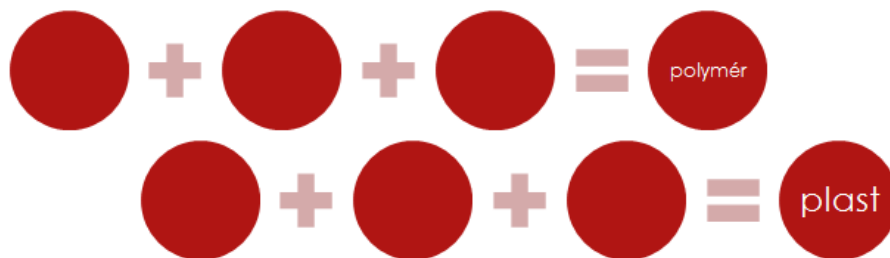
- ❓ Čo je produkt pokusov? **Bioplast**
- ❓ Ako sa nazývajú hlavné látky-polyméry, ktoré boli prítomné v jednotlivých pokusoch? Škrob, agar sú polysacharidy, mlieko tvorí voda a sušina, pričom hlavnú časť sušiny tvoria bielkoviny, proteíny, najviac zastúpený je kazeín. Polysacharidy, proteíny môžeme nazývať aj **biopolyméry**, lebo sa nachádzajú v živých organizmoch.
- ❓ Akými chemickými reakciami vznikajú polyméry? **Polyreakcie**, medzi ktoré patrí aj **polymerizácia**.
- ❓ Čo je princípom polyreakcií? Reakcie, pri ktorých z **monomérov** vznikajú **polyméry**.
- ❓ Z akých monomérov vznikli naše biopolyméry? Napr. glukóza, agaróza, AMK





Môžeme si to predstaviť ako perlový náhrdelník: pospájané monoméry=perly na retiazke, ktoré sa mnohonásobne opakujú, keď sa náhrdelník zapletie, vznikne kľbko=polymér/makromolekula.

- ❓ Aký je rozdiel medzi polymérom a plastom? **Polymér je zložený z monomérov, plast je zložený z polymérov**, plastifikátora a prídavných látok na úpravu ich vlastností.



- ❓ Akú úlohu zohrával glycerol v pokuse so škrobom a agarom? Zabezpečoval **plasticitu** hmoty.
- ❓ Čo urobil ocot s mliekom? Mlieko sa zrazilo, bola narušená štruktúra kazeínu a vznikla biela zrazenina.

Na vzniku biopolyméroch sme si vysvetlili princíp polyreakcií, medzi ktoré patrí aj polymerizácia.

- ❓ Čo je **polymerizácia**? **Chemická reakcia, pri ktorej sa molekuly zlúčenín s násobnou väzbou (monoméry) viažu do veľkých celkov – makromolekúl (polyméry).**
- ❓ Čo je **podmienkou pre realizáciu polymerizácie**? **Výskyt násobnej väzby**
- ❓ Pre ktoré **uhlíkovodíky** bude **typická polymerizácia**? Alkény, alkíny, dvojité a trojitú väzby – nadväzujeme na predchádzajúce vyučovacie hodiny.

Učiteľ zopakuje, že reaguje n množstvo molekúl etylénu v plynnom skupenstve, ktoré sa na seba napájajú vďaka existujúcej dvojitej väzbe do jednej veľkej makromolekuly, ktorú nazývame aj polymér. Proces vzniku syntetickej látky sa realizuje pri vysokom tlaku a teplote (100-300MPa, 100-300°C) za prítomnosti katalyzátorov ako organické zlúčeniny titánu, hliníka, oxid chrómový.

- ❓ Aké podmienky a chemické látky boli potrebné na výrobu syntetických plastov PVC, PE, PS?
- ❓ Čo sme potrebovali na výrobu našich bioplastov? Nájdem potrebné chemikálie aj doma?
- ❓ Aké sú rozdiely medzi výrobou našich bioplastov a polyetylénu? V celom výrobnom procese (podmienky, suroviny), bezpečnosti, škodlivosti životnému prostrediu, odstraňovaniu produktov.

Kritérium	Naše bioplasty	Polyetylén

Môžeme si uvedomiť, že je naozaj rozdiel vo výrobe syntetických plastov ako je polyetylén a **biodegradovateľných plastov**, ktoré sme dnes vyrobili na hodine, či to bolo z mlieka, agaru alebo škrobu.

- ❓ Čo je *biodegradovateľný plast*? plasty, ktoré sú úplne rozložiteľné na oxid uhličitý, metán, vodu, biomasu a anorganické zlúčeniny účinkom živých organizmov v prostredí

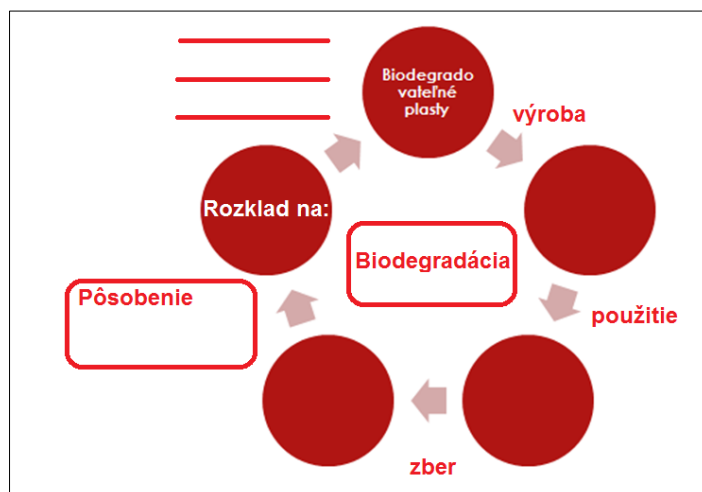
Upozornenie: Biodegradovateľný plast sa vyrába nielen z obnoviteľných, ale aj neobnoviteľných surovín (polyamidestery, polyestery, polyanhydridy, polyvinylalkohol). No je tendencia upustiť od toho a vyrábať hlavne z obnoviteľných zdrojov. Takéto plasty musia byť tvorené zo zložiek, ktoré sú biodegradovateľné. To neznamená, že sú aj kompostovateľné – rozkladajú sa biologicky v komposte.

- ❓ Aké vlastnosti by mohol mať bioplast v porovnaní s klasickým plastom? Menej škodlivý, rozložiteľný na jednoduchšie zložky, menej náročný na výrobu, menej nákladný na výrobu.

### EXPOZÍCIA UČIVA (10 minút):

Čo znamená pojem *biodegradovateľnosť*? Špecifická vlastnosť plastov alebo polymérov založená na schopnosti rozkladať sa v prítomnosti živých organizmov na jednoduché látky.

- ❓ Ako prebieha proces *biodegradácie plastov*? **Biologická degradácia.** Je to proces degradácie polymérneho materiálu účinkom živých (biotických) faktorov. Pôsobenie mikroorganizmov a ich enzýmov na biodegradovateľný plast, pričom sa rozkladá na vodu, oxid uhličitý a biomasu, prípadne metán, vodu a biomasu bez prítomnosti kyslíka.



- ❓ O čom bolo dnes laboratórne cvičenie? Čím je prepojené s filozofiou Zelenej chémie?

Vedeli ste, že....? Slováci si dali patentovať technológiu výroby bioplastov a biofólie zo škrobu. Viac na: <<http://www.plasticportal.sk/sk/nasi-vedci-budu-mat-patent-na-vyrobu-bioplastov-a-biofolie.html/c/1439>>

V továrni sa vyrábajú plastové výrobky zo škrobu nasledovne: <<https://www.youtube.com/watch?v=OmASWkroAzY>> [6:08]

### OBRAZ TABULE:

Syntetické plasty	
-	PE, PET, PVC, PS
Bioplasty	
-	škrob, agar, mlieko (biopolyméry)
-	polyreakcie – z monomérov vznikajú makromolekulové látky/polyméry
-	<b>polymerizácia</b> – výskyt násobnej väzby

- 
- **polymér** – zložený z monomérov
- **plast** – zložený z polymérov
- polymerizačný stupeň – n

#### Syntetické plasty vs. Bioplasty

- biodegradovateľnosť
- biologická biodegradácia

### DOMÁCA ÚLOHA:

1. Pozrieť si článok a video k problematike vyučovacej hodiny.
2. Napísať chemickú reakciu polymerizácie ľubovoľného druhu syntetického plastu okrem polyetylénu.

### POUŽITÁ LITERATÚRA:

1. HRNČIAR, P. *Organická chémia*. 1977. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 683 s.
2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2.ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. 2012. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA s.r.o. 184 s. ISBN 978-80-8091-271-0
3. MEČIAROVÁ, M. 2013. *Prednášky predmetu „Zelená chémia“*. Bratislava: UK.
4. SITNÁ, D. 2013. *Metody aktívneho vyučovania. Spolupráce žáků ve skupinách*. Praha: portál. 152 s. ISBN 978 – 80 – 262 – 0404 – 6
5. ZÁHRADNÍK, P., LISÁ, V. 2006. *Organická chémia I*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 111 s. ISBN 80-10-00708-0

### Elektronické zdroje:

1. BIOPLASTIC EXPERIMENT. [cit. 30.5.2015] Dostupné na internete: <<http://www.engineeringessentials.com/doeexperiments/bioplasic.html>>
2. KRŽAN, A. *Biodegradovateľné polyméry a plasty*. 2013. [cit. 30.5.2015] Dostupné na internete: <[http://www.plastice.org/fileadmin/files/SK\\_Biorazgradljiva\\_plastika\\_in\\_polimeri\\_Krzan.pdf](http://www.plastice.org/fileadmin/files/SK_Biorazgradljiva_plastika_in_polimeri_Krzan.pdf)>
3. PLASTICPORTAL. *Ekoplast zo Slovenska*. 2014. [cit. 6.2.2015] Dostupné na internete: <<http://www.eko-plasty.cz/bioplasty-pla/>>
4. PLASTICE. *Slovníček pojmov*. [30.5.2016] Dostupné na internete: <<http://www.plastice.org/sk/faq/plastice-glossary-of-terms/>>
5. ŠPRAJCAR, M., HORVAT, P., KRŽAN, A. *Biopolyméry a bioplasty*. 2012. Ljubljana: Institute of Chemistry. [cit. 30.5.2015] Dostupné na internete: <[http://www.plastice.org/fileadmin/files/Slovak\\_for\\_web\\_.pdf](http://www.plastice.org/fileadmin/files/Slovak_for_web_.pdf)>

6. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV a. *Štátny vzdelávací program – Chémia*. 2008. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia\\_isced3a.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/chemia_isced3a.pdf)>
7. ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV c. *Chémia – gymnázium so 4-ročným a 5-ročným vzdelávacím programom*. 2015. [cit. 25.7.2017] Dostupné na internete: <[http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia\\_g\\_4\\_5\\_r.pdf](http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/chemia_g_4_5_r.pdf)>

**Video:**

1. *Výroba plastových výrobkov zo škrobu v továrni*. [online] (23.05.2016) Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=OmASWkroAzY>>
2. *Výroba bioplastu z agaru*. [online] (23.05.2016) Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=bGDA2oaPURU>>

# (Bio)Plasty

Meno a priezvisko:

Dátum:

**Najznámejšie plasty:**

Názvy plastov					

Základná hmota na výrobu plastových predmetov:



**Bolo by možné vyrobiť plasty aj z niečoho iného, aby neškodili životnému prostrediu? Máte nejaký nápad?**

.....

.....

.....

## VÝROBA BIOPLASTU

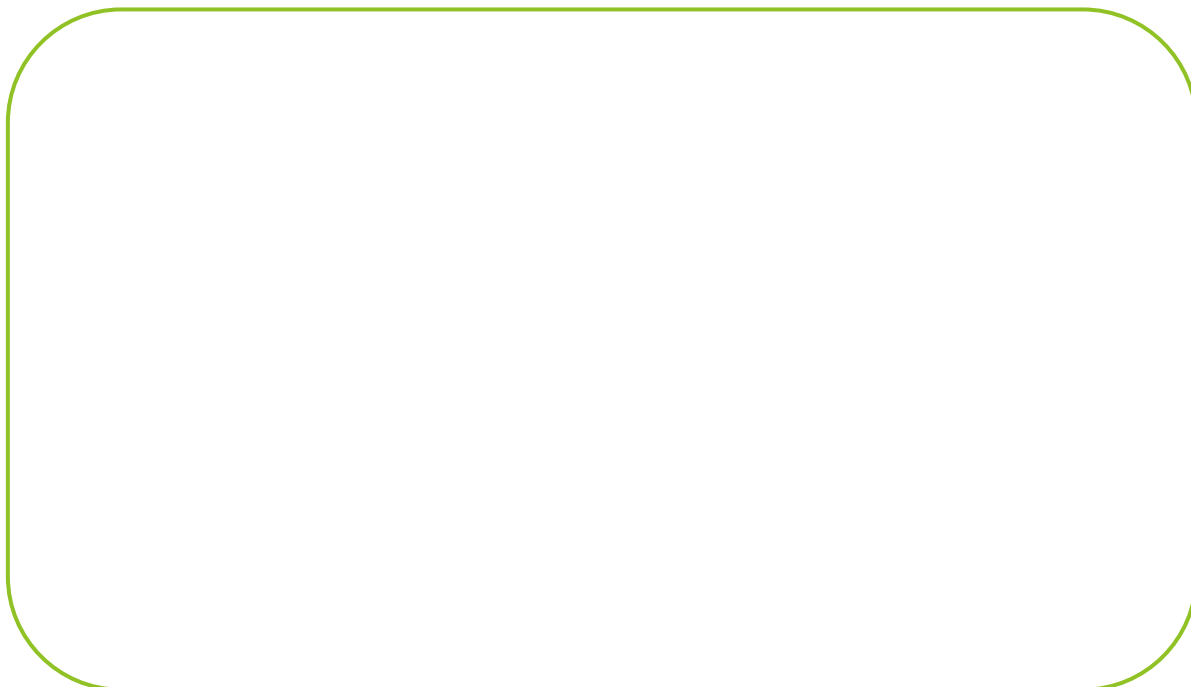
**Úloha:**

.....

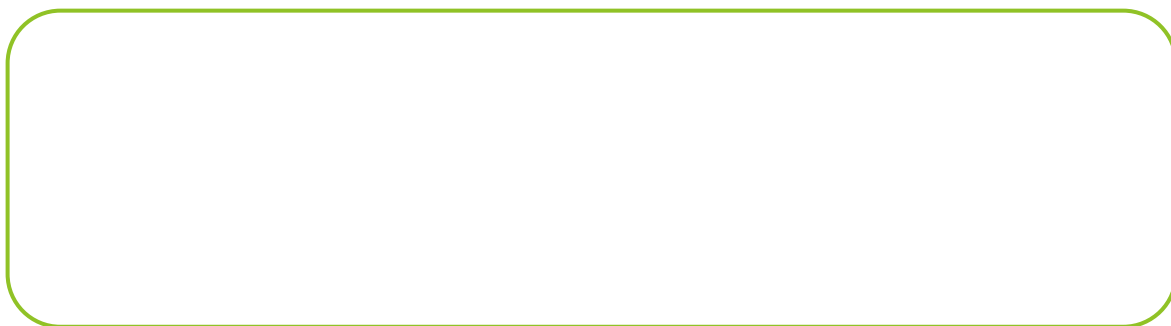
**Pomôcky:** Kahan, azbestová sieťka, zápalky, nízka kadička, sklená tyčinka, polievková lyžica, tvrdá podložka, formičky.

**Chemikálie:** .....(2PL), ocot (1PL), glycerol/glycerín (1PL), voda (8PL), farbivo (pár kvapiek)

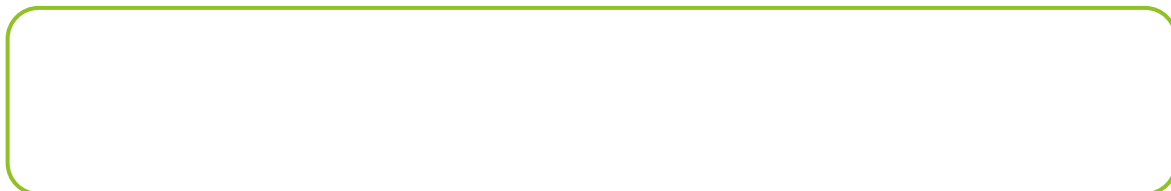
**Pracovný postup:**



**Pozorovanie:**



**Záver:**



## VÝROBA BIOPLASTU

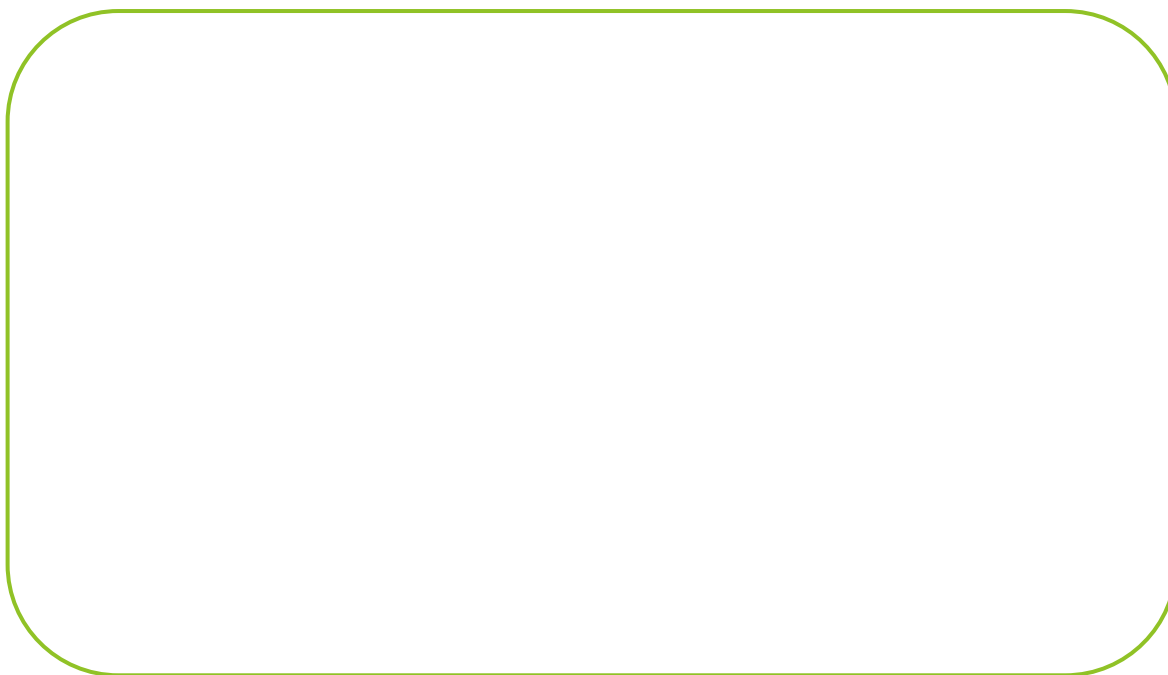
**Úloha:**

.....

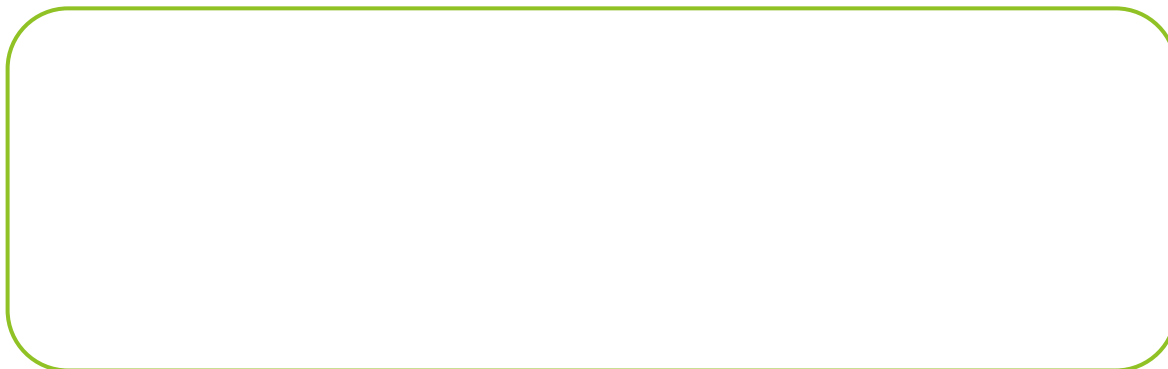
**Pomôcky:** Kahan, azbestová sieťka, zápalky, kadička, sklená tyčinka, polievková lyžica, tvrdá podložka, formičky.

**Chemikálie:** ..... (2PL), glycerol (1/2ČL), voda (1/2pohára), farbivo (pár kvapiek)

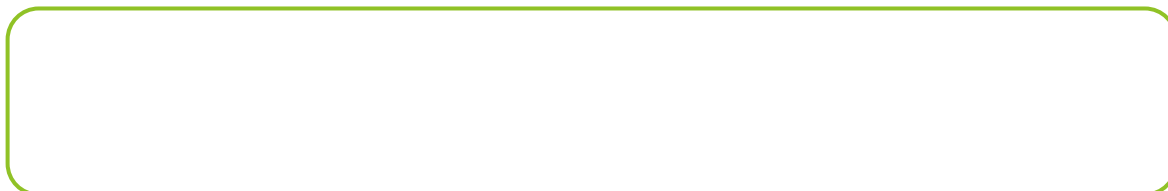
**Pracovný postup:**



**Pozorovanie:**



**Záver:**





## VÝROBA BIOPLASTU

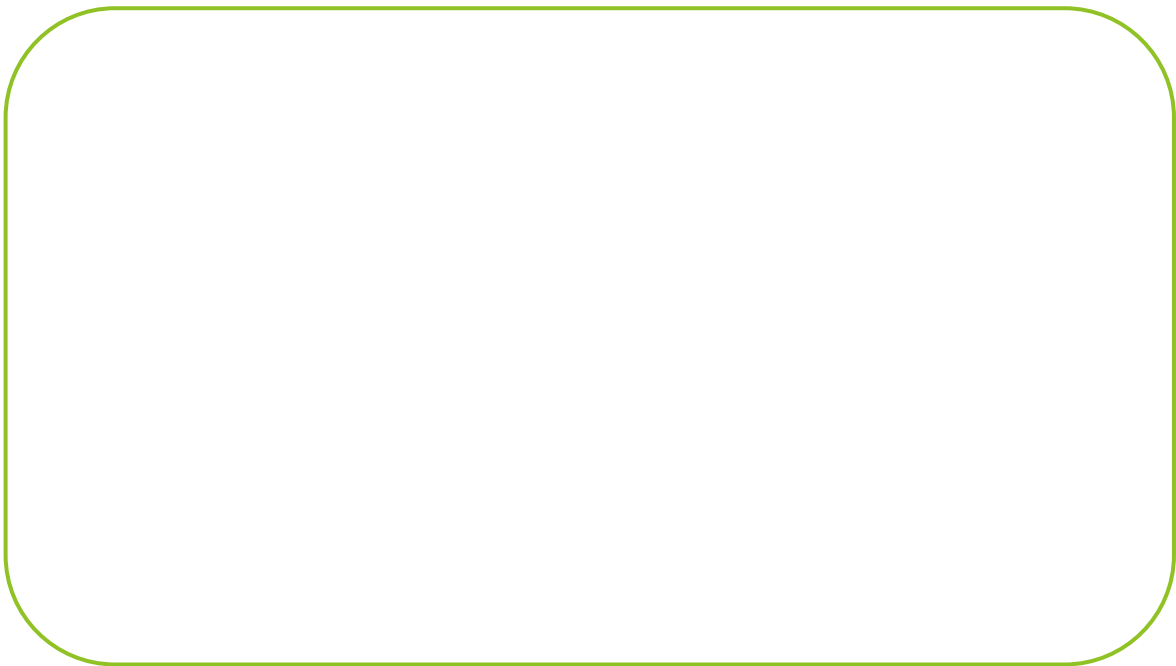
**Úloha:**

.....

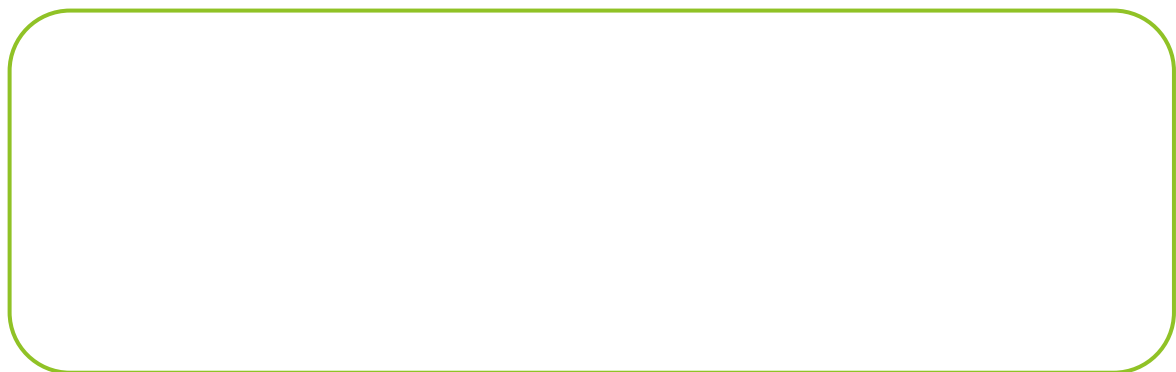
**Pomôcky:** Kahan, azbestová sieťka, zápalky, kadička, sklená tyčinka, polievková lyžica, tvrdá podložka, formičky, teplomer, cedidlo.

**Chemikálie:** ..... (500ml), ocot (2PL), farbivo (pár kvapiek)

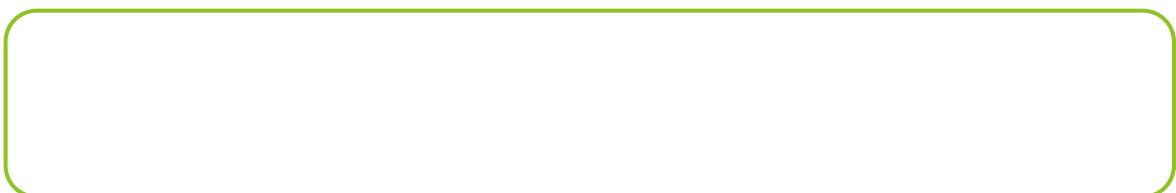
**Pracovný postup:**



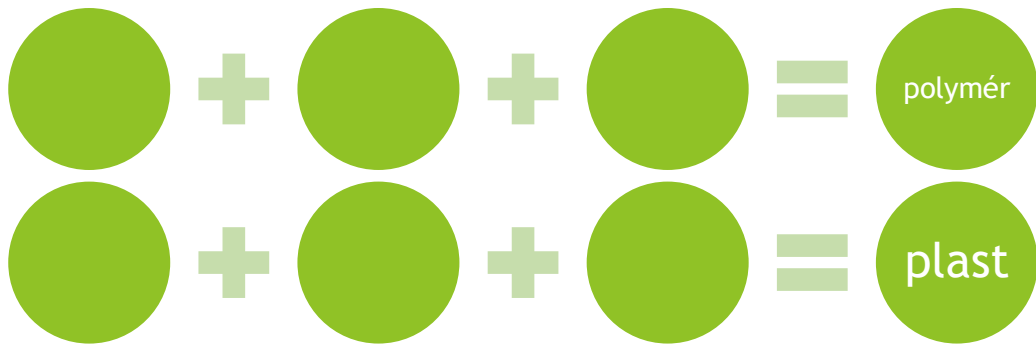
**Pozorovanie:**



**Záver:**



## Polymér vs. plast:



**Polymerizácia** je typická reakcie pre .....

**Definícia a podmienka:**

**Príklad:**

Aké sú rozdiely medzi výrobou našich **bioplastov** a **syntetického plastu** polyetylénu?

Kritérium	Naše bioplasty	Polyetylén

**Biodegradovateľný plast je**

.....

.....

.....

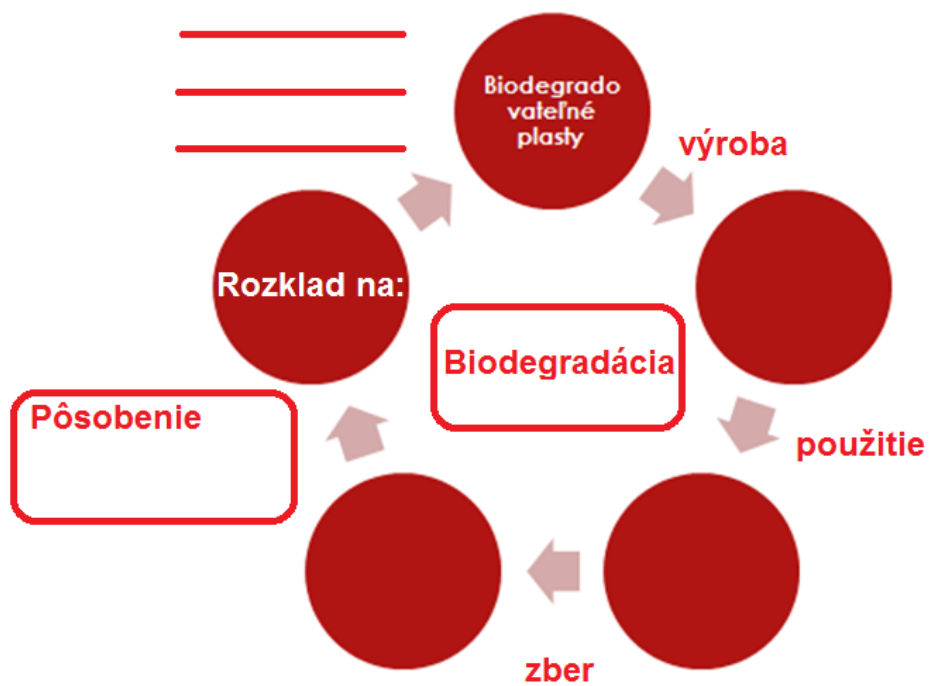
Jeho vlastnosti sú:

.....

.....

.....

**Biodegradácia plastov:**



**Domáca úloha:** Napísať chemickú reakciu polymerizácie ľubovoľného druhu syntetického plastu.