



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra Biologie

## **Testování žákovských znalostí fotosyntézy vodních rostlin**

Bakalářská práce

Vypracovala: Natálie Mouchová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Štěpánka Chmelová, Ph.D.

České Budějovice 2022

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá testováním žákovských znalostí fotosyntézy vodních rostlin. Práce je rozdělena na dvě hlavní části, a to teoretickou a praktickou.

Teoretická část práce je věnována rozdílům mezi fotosyntézou suchozemských rostlin a fotosyntézou vodních rostlin. V literární části je uveden i přehled vybraných učebnic přírodopisu a chemie vzhledem k obsahu tématu fotosyntézy. Literární přehled se na závěr zabývá i kritickými tématy ve výuce přírodopisu, mezi něž právě fotosyntéza patří.

Praktická část práce zahrnuje dotazníkové šetření u 157 žáků 8. a 9. tříd vybraných ZŠ. Dotazník vyplňovali i učitelé přírodopisu a chemie základních škol. Z výsledků tohoto výzkumu vyplývá, že žáci mají mylné představy o fotosyntéze vodních rostlin a v některých ohledech nejsou schopni na otázky z dotazníků vůbec odpovědět.

**Klíčová slova:** fotosyntéza, fotosyntéza vodních rostlin, dotazníkové šetření

## **Annotation**

This bachelor thesis is concerned with testing students' knowledge of photosynthesis in aquatic plants. The thesis is divided into two main parts, namely theoretical and practical.

The theoretical part of the thesis is devoted to the differences between photosynthesis of terrestrial plants and photosynthesis of aquatic plants. In the literature part, a review of selected textbooks of science and chemistry is also given with regard to the content of the topic of photosynthesis. The literature review concludes with a discussion of critical topics in the teaching of science, including photosynthesis.

The practical part of the thesis involves a questionnaire survey of 157 students in 8th and 9th grades of selected primary schools. The questionnaire was also completed by primary school science and chemistry teachers. The results of this research show that the pupils have misconceptions about photosynthesis of aquatic plants and in some respects are not able to answer the questions from the questionnaires at all.

Keywords: photosynthesis, photosynthesis of aquatic plants, questionnaire survey

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím dostupných pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne.....20.04.2022.....

Podpis:.....

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Štěpánce Chmelové, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce, za čas, který mi věnovala při odborných konzultacích, při zpracovávání a vyhodnocování výsledků, odborný dohled, cenné rady a ochotu pomoci.

Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a kamarádům, kteří mě při zpracovávání práce podporovali a pomáhali.

## Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Literární část</b> .....	<b>8</b>
2.1	Fotosyntéza .....	8
2.2	Fotosyntéza suchozemských rostlin .....	8
2.3	Fotosyntéza vodních rostlin .....	11
2.4	Analýza vybraných učebnic přírodopisu a chemie .....	16
2.4.1	Učebnice přírodopisu .....	16
2.4.2	Učebnice chemie .....	23
2.5	Kritická témata ve výuce přírodopisu .....	26
<b>3.</b>	<b>Metodika práce</b> .....	<b>28</b>
<b>4.</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>30</b>
4.1	Vyhodnocení dotazníkového šetření – žáci .....	30
4.2	Vyhodnocení dotazníkového šetření - učitelé .....	38
<b>5.</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>Seznam literatury</b> .....	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b>Přílohy</b> .....	<b>56</b>

# 1. Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zanalyzovat a vyhodnotit znalosti žáků základních škol v oblasti tématu fotosyntézy, zejména fotosyntézy vodních rostlin. Doplnkově byl zjišťován i vztah učitelů k tématu fotosyntézy vodních rostlin.

Dále jsou v této práci podrobně vysvětleny rozdíly fotosyntézy u suchozemských a vodních rostlin. Existence fotosyntézy je natolik důležitá, že učitelé s procesem fotosyntézy žáky seznamují již v 6. ročníku 2. stupně základních škol a nižších gymnáziích.

Většina žáků je tímto tématem dokonce frustrována, poněvadž úsek fotosyntézy, ať už v předmětu přírodopisu nebo chemie, bývá mnohdy velmi složitě anebo naopak velmi stručně vysvětlován a pro žáky je pak toto téma těžko uchopitelné. Je zřejmé, že mnoho příkladů cyklu fotosyntézy bývá pro snazší pojetí znázorněno kresleným schématem. Schéma ale bývá většinou doplněné pro žáky cizími pojmy, kterým je ale při čtení ze schématu již potřeba rozumět. Fotosyntéza je jedním z kritických témat. Je úskalím nejen pro žáky, ale i pro učitele (Vágnerová a kol., 2019).

Důvodem zvolení si tohoto tématu je podle mého názoru nenahraditelnost procesu přírodní fotosyntézy v existenci živého na této planetě, jako je např. vytváření kyslíkaté atmosféry nebo vytváření biomasy rostlin. Bohužel dnešní moderní doba nabízí i tzv. umělou fotosyntézu. Umělá fotosyntéza probíhá na stejném principu jako přírodní fotosyntéza. U umělé fotosyntézy je energetickým nosičem vodík, zatímco u přírodní fotosyntézy je nosičem vyroben cukr – glukóza. V druhé fázi umělé fotosyntézy je přeměna  $\text{CO}_2$  na karbohydráty, na rozdíl od přírodní fotosyntézy, kde dochází k přeměně  $\text{CO}_2$  pomocí enzymu RuBisCo. Americký chemik a profesor Daniel G. Nocera uvedl: „*Přírodu pohání fotosyntéza a já věřím, že do budoucna bude fotosyntéza pohánět celý svět,*“ (Hronek, 2012).

Tato bakalářská práce je zapojena do projektu TL05000150: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině. Projekt je řešen ve spolupráci PF JU v Českých Budějovicích, výzkumného ústavu ENKI, o.p.s. Třeboň a ČVUT Praha.

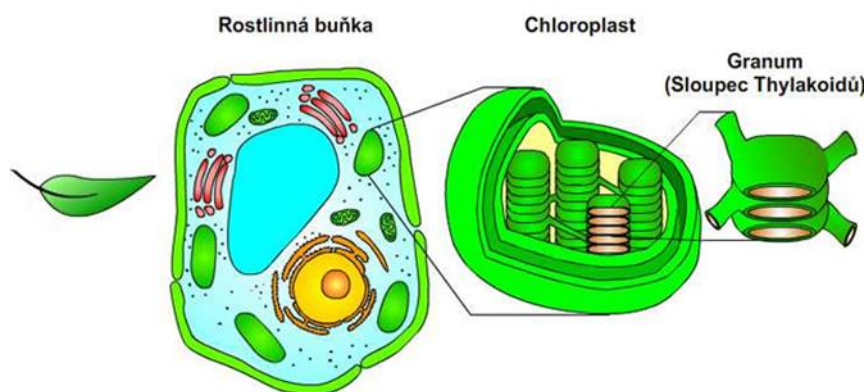
## 2. Literární část

### 2.1 Fotosyntéza

Jeden z nejdůležitějších anabolických dějů v přírodě je proces probíhající v zelených rostlinách, sinicích a anoxygenních fotosyntetických bakteriích. Tyto společenstva zachycují a ukládají sluneční energii. Jedná se o proces zvaný fotosyntéza (Hoganson a Babcock, 1997). Teplá (2020) ve své publikaci uvádí, že v průběhu fotosyntézy dochází k zachycení sluneční energie, fotonů, a k následné syntéze organických látek. Během fotosyntézy zelené rostliny využívají energie slunečního záření k tvorbě energeticky bohatých organických sloučenin (sacharidů) z jednoduchých anorganických látek, jako je oxid uhličitý a voda (Kincl a kol., 2006). Závodská (2006) uvádí, že rostliny mohou vytvořenou glukózu přeměňovat i na jiné organické látky, např. na tuky, bílkoviny nebo nukleové kyseliny. Podle Hohmanna-Marriotta a Blankenshipa (2011) energetická přeměna slunečního světla fotosyntetickými organismy změnila celou planetu Zemi a život na ní.

### 2.2 Fotosyntéza suchozemských rostlin

Celý proces fotosyntézy probíhá v buňkách obsahujících chloroplasty umístěné v semiautonomních organelách (Obrázek 1). Podle nejnovějších důkazů byla potvrzena teorie, že chloroplasty vznikají ze sinic, které se nachází v eukaryotických buňkách. Hostitelská buňka pohltila fotosyntetizující bakterii, a tím se přetvořila na organelu zvanou chloroplast. Takové chloroplasty se nazývají endosymbionti, kteří si vlivem evoluce zaměňovali genetické informace mezi hostitelskou buňkou (Martin a kol., 2002).

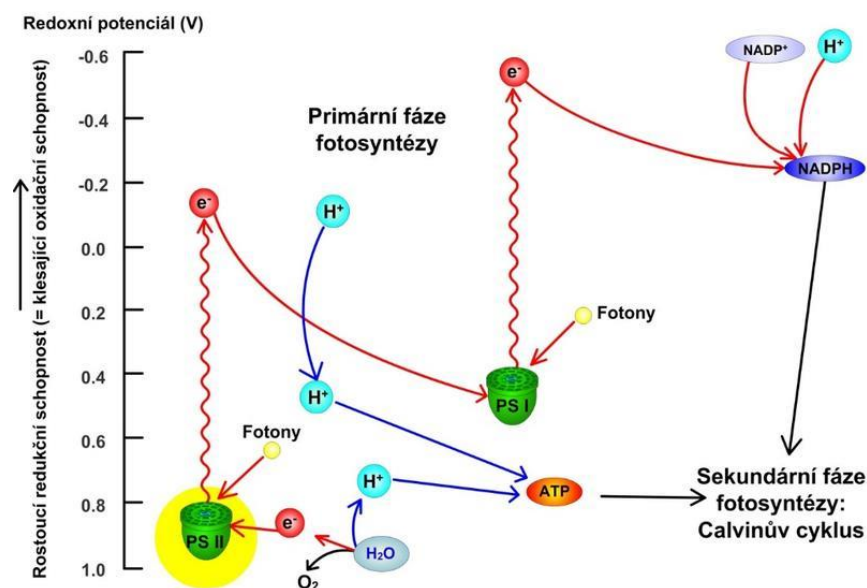


Obrázek 1 Lokalizace fotosyntetických dějů v rostlinné buňce (Teplá, 2013)



Fotosyntéza suchozemských rostlin je závislá na dostupnosti CO<sub>2</sub> v atmosféře, na dostupnosti vody, na vhodné teplotě, na dostatku světla a minerálů obsažené v půdě. Fotosyntéza probíhá u všech vyšších zelených rostlin, přesněji v jejich listech, dále v zelených a hnědých řasách, mechorostech a sinicích. Je to proces, při kterém se přijatá světelná energie sluneční nebo umělá mění na energii chemických vazeb adenosin trifosfátu (ATP). Jednoduché anorganické látky se přemění na látky energeticky bohatší (sacharidy). Jedná se o sloučeniny, které rostlina potřebuje k tomu, aby mohla vykonávat růstové pohyby. Závodská (2006) ve své publikaci uvádí, že fotosyntéza rostlin je řetězec mnoha biochemických reakcí, v jehož okamžiku reagují atomy vodíku pocházející z molekuly vody s oxidem uhličitým za vzniku glukózy. Jako vedlejší produkt vzniká při fotosyntéze kyslík, který pochází z vody a je uvolňován do atmosféry. Závodská (2006) popisuje fotosyntézu rostlin tak, že zelené rostliny mohou glukózu, kterou si vytvořily, přeměňovat na jiné organické látky – tuky, bílkoviny a nukleové kyseliny.

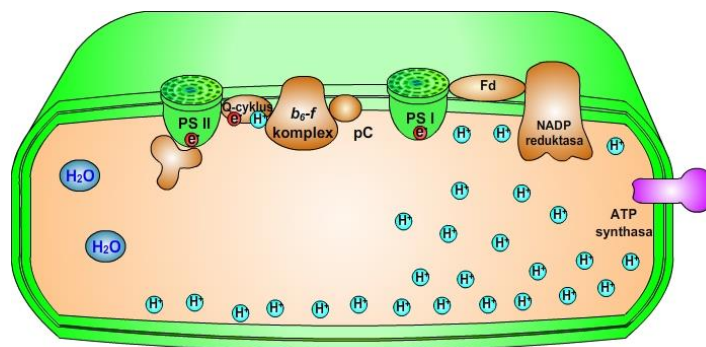
Fotosyntézu je možné vyjádřit pomocí rovnice:



Obrázek 2 Primární a sekundární fáze (Zdroj: <https://www.prirodovedci.cz/chemik/clanky/tajemstvi-fotosyntézy>)

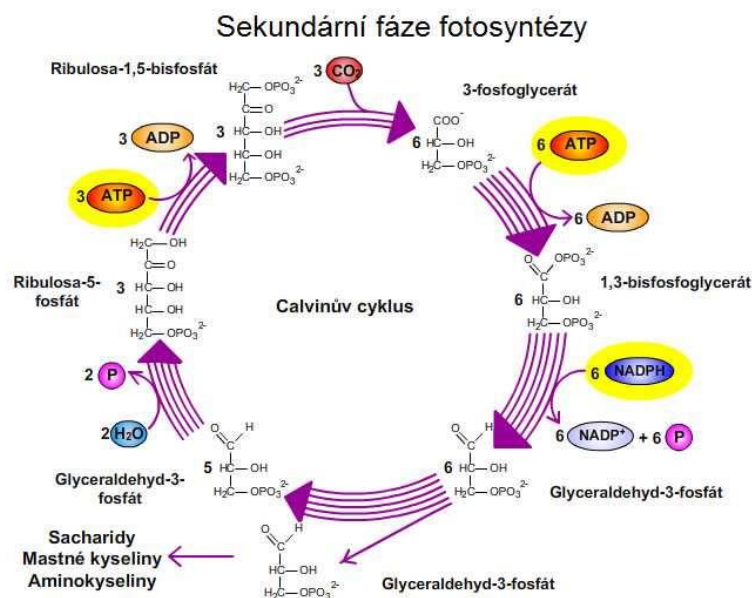
Pro zahájení fotosyntézy u suchozemských rostlin je nutný zdroj světelné energie (Obrázek 3), voda a oxid uhličitý (Hronková, 2015). Vodu a minerální látky rozvádí kořeny rostlin. Kořeny rozvádí živiny xylémem k listům po celé rostlině. Oxid uhličitý si listy obstarávají z atmosféry pomocí průduchů.

Fotosyntéza probíhá ve dvou fázích. Primární fáze (Obrázek 3) probíhá na thylakoidní membráně a dochází k rozkladu vody a uvolnění kyslíku. Kyslík následně rostlina využívá při dýchání za nedostatku světla. Konečnými produkty primární fáze je nikotinamidadeninukleotidfosfát (NADPH) a adenosin trifosfát (ATP). Tyto produkty se následně využijí v sekundární fázi fotosyntézy. Sekundární fáze probíhá ve stromatu chloroplastu. Využívá se zde redukční potenciál NADPH a ATP. V sekundární fázi dochází k fixaci  $\text{CO}_2$  do jednoduchých sacharidů. Tyto jednoduché sacharidy jsou následně využity pro výrobu polysacharidů, které se poté rozvádí po celé zelené rostlině (Hronková, 2015).



Obrázek 3 Primární fáze fotosyntézy (Teplá, 2013)

Závodská (2006) uvádí, že glukóza vznikající v sekundární fázi (Obrázek 4) se ukládá v rostlinných buňkách ve formě škrobu neboli polysacharidu, který je tvořen několika stovkami molekul glukózy. Zmíněná škrobová zrna se nacházejí v chloroplastech a dalších plastidech.



Obrázek 4 Sekundární fáze fotosyntézy (Teplá, 2013)

Teplá (2013) označuje fotorespiraci jako proces, kdy rostliny nemusí kyslík pouze produkovat, ale mohou ho vázat místo  $\text{CO}_2$ . Pouze některé druhy rostlin soustřeďují  $\text{CO}_2$  ve fotosyntetizujících buňkách, čímž se omezí ztráty vzniklé fotorespirací. Takové rostliny, které koncentrují  $\text{CO}_2$  se nazývají tzv. C4 rostliny. Mezi tyto rostliny patří tropické rostliny. Při bližším popisu, C4-rostliny obsahují 2 typy buněk. Jedná se o mezofylové buňky, které fixují  $\text{CO}_2$  a o buňky pochvy cévního svazku, které zapřičiňují uvolnění  $\text{CO}_2$  do Calvinova cyklu. U C4 rostlin chybí v chloroplastech mezofylových buněk enzym Rubisco. Mezofylové buňky přeměňují  $\text{CO}_2$  na  $\text{HCO}_3^-$ , který reaguje s fosfoenolpyruvátém za vzniku oxalacetátu. Oxalacetát je redukován na malát, který přechází do buněk cévních svazků, kde se dekarboxyluje na pyruvát. Vzniklý  $\text{CO}_2$  vstupuje do Calvinova cyklu. Důvodem, proč se označují rostliny C4 je, že oxalacetát a malát jsou čtyřuhlíkaté kyseliny. Fotosyntéza u C4 rostlin je energeticky více náročná než u C3 rostlin (Teplá, 2013).

Koblížek a Prášil (2002) ve své publikaci uvádí, že přeměna světelné energie na energii chemickou probíhá souběžně ve dvou typech pigment-proteinových komplexů (fotosystém I a fotosystém II). Dále popisují zachycení světla ve světlosběrných kanálcích obsahujících chlorofyl, a to je následně využito k rozdělení nábojů v reakčních centrech. Při osvětlení vytváří fotosyntetický aparát usměrněný tok elektronů. Fotosyntetický aparát slouží k syntéze  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  (nikotin adenin dinukleotid fosfát), a následně je využit k asimilaci oxidu uhličitého. Zároveň s elektronovým transportem se na fotosyntetických membránách vytvoří gradient protonů, který využívá enzymový komplex ATPáza. Výsledným produktem je tedy ATP (adenozintrifosfát).

### 2.3 Fotosyntéza vodních rostlin

Fotosyntéza vodních rostlin není zdaleka tak prozkoumaná, jako je fotosyntéza suchozemských rostlin. Je známo, že fotosyntéza probíhá u zelených a hnědých řas a u sinic. Gould a kol. (2008) uvádí, že předchůdci moderních sinic vynalezli fotosyntézu generující  $\text{O}_2$  asi před 3,6 miliardami let. Tvrdí, že přeměna vody a  $\text{CO}_2$  do energeticky bohatých cukrů pomalu transformovala planetu, a nakonec vytvořila živý obal Země – biosféru. Je známo, že první sinice, které uvolňovaly kyslíky štěpením vody, vznikly před 2 miliardami let. Proto polovina fotosyntetické fixace  $\text{CO}_2$  probíhá v mořích a oceánech. Rostlin v oligotrofních vodách (vody s nízkým obsahem živin) vydávají málo kyslíku. Ve vodách s vyšším obsahem

živin se koncentrace kyslíku ve vodě se přibližně rovná hladině nasycení vzduchem a nedochází k výrazným rozdílům mezi koncentracemi ve dne a v noci ani od hladiny ke dnu. Fotosyntetický příjem oxidu uhličitého jen málo ovlivňuje hodnoty pH – nedochází k výkyvům pH (Pokorný, 2014).

Ynalvez a kol. (2018) uvádí, že rozmanitou skupinou vodních fotosyntetických organismů jsou řasy. Řasy tvoří přibližně 50 % fotosyntézy probíhající na Zemi. Řasy obsahují širokou škálu pigmentů vhodných pro sběr světelné energie pro fotosyntézu, která jim poté dává charakteristickou barvu. Za vhodné pigmenty se považují chlorofyly, fykobiliproteiny a karotenoidy. Některé pigmenty jsou důležité pro zachytávání světelné energie. Řasy jsou přizpůsobené k zachycování sluneční energie, i když se některé druhy mohou nacházet v extrémních hloubkách. Dále Ynalvez a kol. (2018) ve své práci tvrdí, že procesy, které se dějí v zelených rostlinách, jsou podobné i u řas. Podle nich tvoří fotosyntéza řas až polovinu fotosyntetického uhlíku fixovaného každý rok.

Stejně jak u vyšších rostlin, tak i u zelených řas lze fotosyntézu rozdělit na primární – světelnou fázi a na sekundární – temnostní fázi. I zde je výsledkem redukováná forma NADPH a ATP, které pohánějí Calvin-Bensonův systém a dochází tak ke vzniku sacharidů (Vecchi a kol., 2020). Podle Megarda a kol. (1984) je produkce kyslíku řasami během fotosyntézy v ustáleném stavu a závisí spíše na slunečním záření.

Rychlost fotosyntézy u pobřežních mořských řas závisí na pH faktoru. Její rychlost značně klesá vlivem nadměrného množství zelených, hnědých a červených řas na velmi nízkou hodnotu pH. U dvou druhů červených řas – *Corallina* a *Bossea* přetrvává fotosyntéza až do vysokých hodnot pH. Dokonce i některé hnědé řasy vykazují známky trvalé fotosyntézy při vysokém pH. Fotosyntéza je tedy závislá převážně na dvou faktorech (Blinks, 1963).

Rozdíl mezi fotosyntézou vodních rostlin a fotosyntézou suchozemských rostlin se liší zejména rozpouštěním  $\text{CO}_2$  ve vodě, které je doprovázeno hydratací části molekul  $\text{CO}_2$  za vzniku kyseliny uhličité, jež disponuje na ionty  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{H}^+$  (Procházka a Macháčková, 1998). Tímto procesem dochází i ke změně pH vody. Procházka a Macháčková (1998) uvádí, že rovnováha mezi  $\text{CO}_2$  rozpuštěným ve vodě a hydrogenuhličitanovým iontem silně závisí na pH roztoku. V listech ponořených ve vodě dochází ke snížení absorpce  $\text{CO}_2$  v důsledku 10 000krát pomalejší rychlosti difuze. Zmínění autoři vysvětlují tento děj u vodních rostlin tím, že u vodních rostlin tzv. hydrofytů, se vyvinuly různé adaptace, díky kterým se mohou specifické vlastnosti vodního prostředí značně eliminovat. Jedním z příkladů podle autorů je růst na

lokality, kde je ve zvýšené míře produkován CO<sub>2</sub> organismy, které získávají energii z anorganických a organických látek ze dna vodní nádrže. Tyto organismy se řadí mezi chemotrofní (Procházka a Macháčková, 1998).

Dle Kaliny a Váni (2005) fotosyntéza probíhá v tylakoidech sinic. Tylakoidy jsou tvořené fotosyntetické membrány uložené v periferní plazmě nebo prorůstají celým protoplastem, kde jsou umístěny proteinové komplexy fotosystému I a fotosystému II, kde se sluneční energie mění na chemickou energii. Ve fotosystému II probíhá fotolýza vody, při které dochází k uvolnění kyslíku. Povrch tylakoidů pokrývají polokulovité fykobilizomy, které představují hlavní světlosběrnou anténu fotosyntetického aparátu sinic, která umožňuje využít pro fotosyntézu světlo různé vlnové délky.

Podle Koblížka a Prášila (2002) pokrývají oceány 70 % povrchu Země a ve vývoji života na naší planetě hrály velmi důležitou roli. Nejdůležitější roli v mořském ekosystému zauímají fotosyntetické mikroorganismy, nazývané fytoplankton. Fytoplankton využívá světelné záření jako základní zdroj energie, vážou oxid uhličitý do organických sloučenin a produkují kyslík. Za hlavní skupinu využívající sluneční energii jsou považovány oxygenní fotosyntetické organismy produkující kyslík. Do této skupiny se řadí zelené rostliny, zelené či hnědé řasy, ruduchy a prokaryotní sinice.

Hlavní autoregulačním mechanismem fotosyntézy jsou změny pH při vytváření gradientu pro tvorbu ATP. K autoregulaci přispívají enzymy Calvinova cyklu, které mohou vyvolat na základě růstu pH, zvýšenou spotřebu ATP. Celý systém je tedy citlivě regulován na vstupní a výstupní straně elektrotransportního řetězce. V elektrotransportním řetězci probíhá přenos elektronů na základě rozdílných hodnot redoxního potenciálu jednotlivých molekul. Jedná se o tendenci molekul přijímat elektrony. Na přirozené podněty v prostředí (světelné podmínky, teplota) okamžitě reaguje množství zpětných vazeb (Koblížek a Prášil, 2002).

Podle Adamové a kol. (2008) se intenzita pronikajícího světla v rybnících s hloubkou rychle snižuje. Vodní rostliny a jejich růst je tedy ovlivněn hloubkou a dopadem slunečního záření, které je důležité pro vytvoření více organických látek. Autorka dále zmiňuje, že fotosyntéza zajišťuje koloběh energie a plynů ve vodním prostředí. Hloubka, ve které dokáže rostlina fotosyntézou vyrovnat opačné dýchací procesy, se nazývá kompenzační bod. Kompenzační bod se většinou nachází i více než ve dvojnásobku průhlednosti. Jedná se o hloubku, do které dohlédne lidské oko. To dokládá fakt, že rostlinám stačí k procesu fotosyntézy méně světla. Množství obou těchto plynů ve vodě neustále kolísá v různých

cyklech. Kyslík, který vyrobí zelené rostliny, se spotřebovává u rozkládání odumřelých těl u dna, čímž se naopak produkuje oxid uhličitý. Rychlost proudění vzduchu je důležitá pro výměnu těchto dvou plynů s atmosférou.

Co se týká procesu fotosyntézy, tak se poměr oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a kyslíku ( $\text{O}_2$ ) mění v denních cyklech. U kyslíku převažuje ve dne produkce nad spotřebou. Nejvýše fotosyntetické aktivity nastává po poledni. Poté začne spotřeba kyslíku převažovat až do rána, kdy dosáhne ve vodě naprostého minima. Kolísání oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) má opačný průběh. V důsledku návaznosti na kolísání obsahu těchto dvou plynů se mění pH vody. V prvním případě vytváří oxid uhličitý slabou kyselinu  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (kys. dihydrogenuhlíčitá), která se dále štěpí na ionty a způsobuje tak okyselení, zatímco kyslík s vodou nereaguje. Výsledkem je vyšší obsah oxidu uhličitého, což způsobí nejnižší hodnoty pH vody (Adamová a kol., 2008).

Všechny řasy a sinice, stejně jako suchozemské cévnaté rostliny, uvolňují kyslík během světelných reakcí, které produkují redukční činidlo ( $\text{NADP}^+ \rightarrow \text{NADPH}$ ) a adenosin trifosfát (ATP). Tyto produkty světelných reakcí jsou následně spotřebovány při fixaci  $\text{CO}_2$  fotosyntetickým cyklem redukce uhlíku (PCRC). S fotosyntetickou redukcí uhlíku pro NADPH a ATP souvisí další procesy, včetně fotorespirace, redukce dusičnanů, zprostředkovaného transportu iontů a plynů mezi buňkou řas a prostředím, různé udržovací a syntetické procesy. Přestože fotosyntetickou fyziologii lze koncepčně izolovat od zbytku metabolismu řas a bylo dosaženo in vitro separace reakcí světla a tmy izolovaných chloroplastů, v praxi probíhá fotosyntéza současně a nelze ji oddělit od jiných procesů. Tato složitost může vést k určitému zmatku v operační definici rychlosti fotosyntézy. V praxi fotosyntéza probíhá současně se zbytkem růstu a udržovacích procesů řas a nemůže být od nich oddělena (Geider, 2013).

Rychlost fotosyntézy lze definovat jako rychlost evoluce  $\text{O}_2$  světelnými reakcemi fotosyntézy nebo rychlostí spotřeby  $\text{CO}_2$  nebo  $\text{HCO}_3^-$  reakcemi za tmy. Měření těchto rychlostí je komplikováno současným vývojem  $\text{O}_2$ , spotřeby a  $\text{CO}_2$  a v praxi lze snadno kvantifikovat pouze čistou výměnu plynu. Použití indikátorů, jako je  $\text{O}_2$  a C, umožňuje zkoumat rychlosti dílčích reakcí, ale může podléhat určité nejistotě spojené s isotopovou nerovnováhou pro měření fotosyntézy rostlin. Zůstává standardem, se kterým se často porovnávají ostatní měření. Změny koncentrace buď rozpuštěného kyslíku nebo celkového organického uhlíku (TCO) ve vodném vzorku nebo  $\text{CO}_2$  ve vzorku plynu se používají ke stanovení čistých rychlostí výměny plynu. Limity velikosti měřitelných rychlostí jsou dány koncentrací  $\text{O}_2$  a TCO ve vodě (Geider, 2013).

Fotosyntéza je proces, při kterém dochází k přeměně energie slunečního záření na chemické sloučeniny. Je to složitý proces, který probíhá v zelených v chloroplastech rostlin obsahující zelené barvivo chlorofyl. Jedná se o autotrofní výživu, která se dělí na světelnou fázi a na temnostní fázi. U světelné fáze, barevné pigmenty rostlin pohlcují sluneční záření, díky kterému získávají energii. Poté dochází k rozkladu vody a uvolnění kyslíku, který je využit jinými organismy k dýchání. U temnostní fáze je využívána energie, která byla získána díky slunečnímu záření ve světelné fázi. Dochází k sloučení oxidu uhličitého s molekulami cukrů, které slouží jako zásobárna a zdroj energie nebo k tvorbě složitějších molekul, např. polysacharidů, glykosidů aj. Průběh fotosyntézy závisí na následujících faktorech, jako je světlo, teplo, voda a koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu. U ponořených rostlin začíná fotosyntéza při velmi nízké intenzitě světelného záření (Ondrák, 2022).

## 2.4 Analýza vybraných učebnic přírodopisu a chemie

Cílem této části bakalářské práce je analýza vybraných učebnic přírodopisu a chemie obsahující téma fotosyntézy suchozemských rostlin a fotosyntézy vodních rostlin. Hrabí (2005) uvádí, že učebnice patří k nejstarším produktům lidské kultury a zůstávají tak nedílnou součástí pomůcek při výuce přírodopisu. Nejpoužívanější učebnice jsou klasicky zpracované textovou a grafickou formou. Učebnice byly vybrány z vypočtených hodnot podle celkové obtížnosti (Hrabí, 2005). Podle Hrabí (2007) byly podle učitelů v rámci dotazníkového šetření nejlépe vyhodnoceny učebnice od nakladatelství SCIENTIA a SPN. Za ukázkové učebnice přírodopisu a chemie byly zde zvoleny od nakladatelství: Nová škola, Tak tik, Fraus, SCIENTIA, SPN, PRODOS a Fortuna.

### 2.4.1 Učebnice přírodopisu

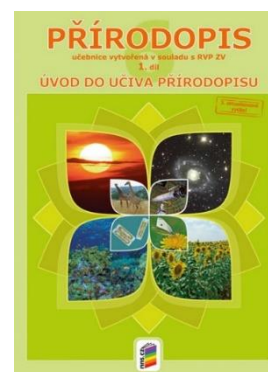
**Učebnice:** Přírodopis 6, Úvod do učiva přírodopisu

**Ročník:** 6.

**Nakladatelství:** Nová škola

**Autor:** Jedličková M. a kol.

Nová škola již od roku 1997 vydává učebnice a pracovní sešity po základní školy. Nová škola se snaží průběžně rozšiřovat nabídku učebnic a pracovních materiálů. Zaměřuje se na vybavení žáků teoretickými poznatky, řešení problémů, které vyplývají ze života a jejich okolí, dále se snaží o to, aby žáci dovedli logicky uvažovat. Učebnice přírodopisu jsou konstruovány v souladu s Rámcově vzdělávacím programem pro základní vzdělávání (RVP ZV, 2017 a 2021). Jednotlivé kapitoly kromě učiva obsahují také názorná schémata, grafy, fotografie a obrázky. Každá kapitola v učebnicích přírodopisu obsahuje také mezipředmětové vazby formou odkazů na navazující učivo v ostatních učebnicích z řady, skupinové úkoly, odborné názvy, průřezová témata a nynější novinkou je zahrnutí práce s internetem a s mapami.



Co se týká samotného tématu fotosyntézy suchozemských rostlin, najdeme kapitolu v učebnici Přírodopis 6 pouze na straně 11. Fotosyntéze suchozemských rostlin je věnována jedna celá strana učebnice. V učebnici je fotosyntéza vysvětlena velmi jednoduše a pro žáky



základních škol srozumitelně. Rovnice fotosyntézy, která se objevuje v této učebnici je popsána slovy, ne chemickými značkami. Fotosyntéza je vysvětlena podle obrázkové formy. Schéma ukazuje podle šipek příjem živin, příjem oxidu uhličitého, výdej kyslíku a příjem slunečního záření. Lze říci, že fotosyntéza suchozemských rostlin je popsána v učebnicích Nové školy přínosně.

Problematikou je fotosyntéza vodních rostlin. V učebnici není obsažena ani vysvětlena. V učebnicích jsou zmíněny pouze řasy, jejich výživa, růst a rozmnožování (<https://www.nns.cz>).

**FOTOSYNTÉZA**

Fotosyntéza je podmínkou existence života na Zemi. Probíhá v těle rostlin. Má dvě hlavní funkce:

- rostliny si při ní samy vytvářejí **organické látky** potřebné pro svůj život i pro život organismů, které se jimi žíví,
- díky ní rostliny vytvářejí **kyslík**, který potřebují k **dýchání** jak pro sebe, tak i pro všechny ostatní živé organismy.

K tomu, aby mohla v rostlině proběhnout fotosyntéza, musí být splněny **tři základní podmínky**:

Rostlina musí: 1) obsahovat **zelené barvivo – chlorofyl**,  
 2) přijímat **sluneční záření v podobě sluneční energie**,  
 3) čerpat **oxid uhličitý ze vzduchu a vodu s rozpuštěnými anorganickými látkami z půdy**.

Při fotosyntéze se **anorganické látky** (voda a oxid uhličitý) **přeměňují** za přítomnosti Slunce a chlorofylu na:

- 1) **organické látky – cukry**, které rostlina využívá pro svůj další růst a vývoj,
- 2) **kyslík**, který potřebují téměř všechny organismy k dýchání.

$$\text{VODA} + \text{OXID UHLÍČITÝ} \xrightarrow{\text{sluneční energie}} \text{CUKRY} + \text{KYSLÍK}$$

← anorganické látky
chlorofyl
→ organické látky

Nejdůležitější organickou látkou vznikající při fotosyntéze je **cukr**. Ten je obsažen i v potravě člověka v jednoduché

voda a živiny  
vznesena fotosyntézou

Obrázek 5 Ukázka strany 11 v učebnici Přírodopis 6, Nová škola (Zdroj: <https://www.nns.cz/blog/>)

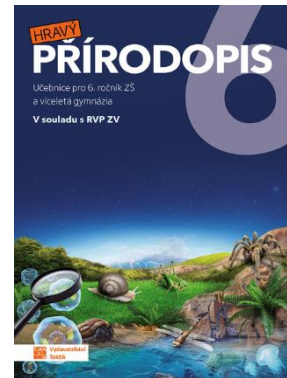
Učebnice: Hravý přírodopis 6

Ročník: 6

Nakladatelství: Tak Tik

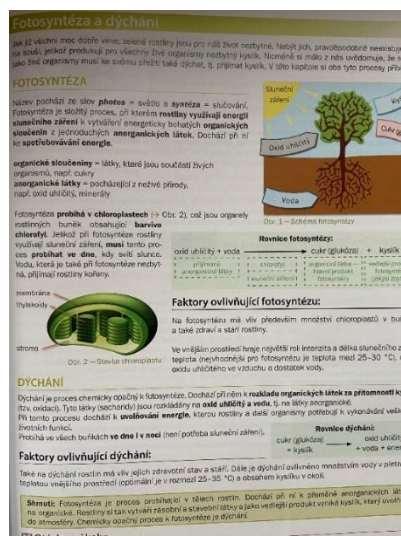
Autor: Žídková H. a kol.

Vydavatelství Tak Tik úspěšně působí v oblasti školství. Jejich působnost na českém trhu začala v roce 2008 a nyní působí na 3 600 školách v rámci celé České republiky. Jejich specializací jsou moderní učebnice a pracovní sešity zaměřené na tvorbu elektronických a interaktivních verzí. Učebnice usnadňují pedagogům přípravu na jejich vyučování. Produkty vydavatelství Tak Tik vytváří s českými specialisty, akademiky a zkušenými pedagogy z praxe.



Fotosyntéza suchozemských rostlin je popsána v učebnici Hravý přírodopis 6 výrazně podobně jako fotosyntéza v učebnici Přírodopis 6, Nová škola. Učebnice se věnuje popisu fotosyntézy suchozemských rostlin a její ovlivňující faktory. Jsou zde obsaženy obrázky, schémata a rovnice fotosyntézy. S tématem Fotosyntéza je na stejné straně vysvětleno i dýchání. Žáci se učí o rozdílech mezi dýcháním a fotosyntézou. Zjistí, že dýchání je opačný proces fotosyntézy. Schéma fotosyntézy je zde pojata a znázorněno spíše jednodušeji než v učebnici od nakladatelství Nová škola. Rovnice je vyjádřena opět slovy.

Fotosyntéza vodních rostlin není ani v této učebnici popsána. Následující kapitoly se zabývají jednotlivými řasami a jejich způsobem života (<https://www.etaktik.cz>).



Obrázek 6 Ukázka strany 31 v učebnici Hravý přírodopis 6, TakTik (<https://www.etaktik.cz/>)

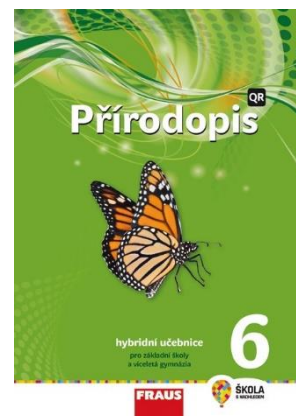
**Učebnice:** Přírodopis 6 – nová generace

**Ročník:** 6.

**Nakladatelství:** Fraus

**Autor:** Pelikánová I. a kol.

Nakladatelství Fraus je jedním z největších učebnicových vydavatelství v České republice. Pomáhá pedagogům již od roku 1991. Poskytuje profesionální a komplexní podporu vzdělávání na základních a středních školách. Nakladatelství podporuje zavádění nových výukových metod do českých škol. Patří mezi nejaktivnější propagátory smysluplného využití digitálních vzdělávacích materiálů ve výuce. Dříve než je učebnice dostanou na trh, musí projít doložkovým řízením Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky (MŠMT).



Fotosyntéza suchozemských rostlin je v této učebnici probraná stejně jako v předchozích výše zmíněných učebnicích. Obsaženy jsou veškeré informace k tématu o fotosyntéze. Zpracování je velmi podobné zpracování u učebnic, které jsou zmíněné výše (<https://ucebnice.fraus.cz/>).

Fotosyntéza vodních rostlin se v učebnici nevyskytuje ani okrajově.

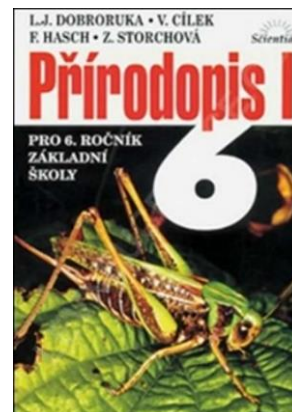
**Učebnice:** Přírodopis 1

**Ročník:** 6.

**Nakladatelství:** Scientia

**Autor:** Dobroruka L. J. a kol.

Nakladatelství Scientia je jedním z vydavatelství školních učebnic a pracovních sešitů pro základní školy. Vybraná učebnice přírodopisu je rozdělena do pěti základních kapitol, do kterých se řadí další podkapitoly. Hlavními kapitolami jsou: Země - živá planeta, Přehled organismů, Nižší rostliny, Prvoci a Bezobratlí živočichové. Do kapitoly Země - živá planeta spadá podkapitola Vznik a vývoj atmosféry. V této sekci se objevuje fotosyntéza jako hlavním zdrojem dnešní atmosféry. Fotosyntéze jsou v učebnici věnovány 2 stránky obdařené obrázkovými schémata.



Fotosyntézu učebnice rozděluje na slova „syntéza“ a „foto“. Syntézu popisují jako slučování – tvorbu látek a slovo foto vyjadřuje, že se vše děje za pomoci světla. Představují fotosyntézu jako postup, jak k provozu a stavbě svého těla využít sluneční záření. V poslední části první stránky v učebnici (str. 14) shrnují obrázkové schéma, které nastiňuje vznik rostlinné hmoty z vody, oxidu uhličitého a živin za pomoci fotosyntézy. Na straně 15 je uvedeno, že základní podmínkou fotosyntézy, kromě živých buněk se zeleným barvivem (chlorofyl) a světla, je voda a oxid uhličitý. Tyto dvě látky vytvářejí většinu organických sloučenin za spotřeby energie. Dalším případem jsou buňky, které obsahují ve svých chloroplastech zelené barvivo (chlorofyl) a jsou schopné využít sluneční energii a přeměnit vodu a oxid uhličitý na složené cukry. Při tvorbě cukru přebývá kyslík, který je vypouštěn do atmosféry jako odpadní produkt, který je pro život nesmírně důležitý.

Závěrem učebnice popisuje druhé obrázkové schéma o potravním řetězci. Uvádí, že život na Zemi je složen z fotosyntézy. Učebnice shrne všechny informace, které se žáci dozvěděli na první a druhé straně (str. 14-15) (Dobroruka a kol., 2016).

Fotosyntéza vodních rostlin je shrnuta v jednoduché větě, která poukazuje na vznik fotosyntézy u mořských organismů. Učebnice uvádí: „Fotosyntézu zpočátku zprostředkovávaly mikroskopické řasy a sinice, ale jejich roli postupně stále více přebíraly suchozemské zelené rostliny“ (Dobroruka a kol., 2016).

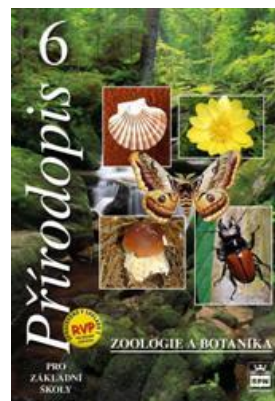
**Učebnice:** Přírodopis 6 – Zoologie a botanika

**Ročník:** 6.

**Nakladatelství:** SPN

**Autor:** Černík V. a kol.

Učebnice Přírodopis 6 pro základní školy je zpracována v souladu se záměry Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání. Učebnice je první částí ucelené řady učebnic přírodopisu pro výuku na 2. stupni základních škol a nižších ročnících víceletých gymnázií. Pro 6. a 7. ročník základní školy je učivo rozděleno do dvou částí s klasickým označením – zoologie a botanika. Učebnice je rozdělena do dvou částí. První část se obsahuje základy života a základní metody pozorování a zkoumání přírody. Následujícím učivem jsou jednotlivé skupiny týkající se o nejjednodušších organismech a o bezobratlých živočiších. Druhá část učebnice se zabývá učivem o organismech schopných fotosyntézy a o jejich postavení v přírodě. Závěr učebnice se zabývá botanikou obsahující převážně cévnaté rostliny.



Fotosyntéza suchozemských rostlin je shrnuta na stránce 74 a 75. Učebnice popisuje fotosyntézu jako schopnost přeměňovat anorganické látky na látky organické. Fotosyntéza je rozdělena do dvou částí. První část vysvětluje pojem fotosyntéza. Druhá část popisuje průběh fotosyntézy tak, že rostliny přijímají anorganické látky rozpuštěné ve vodě, ze vzduchu oxid uhličitý. Oxid uhličitý je přijímán průduchy v listech popisující první obrázkové schéma. Strana 75 zobrazuje schéma fotosyntézy. Vysvětluje fotosyntézu tak, že je jedním z nejdůležitějších dějů na naší planetě.

Fotosyntéza vodních rostlin je obsažena v kapitole o zelených řasách. Zelené řasy v chloroplastech obsahují zelené barvivo chlorofyl, který umožňuje fotosyntézu.

**Učebnice:** Přírodopis 6, Rostliny

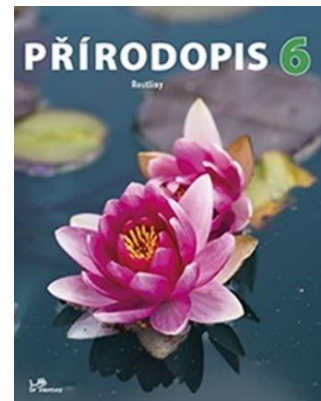
**Ročník:** 6.

**Nakladatelství:** PRODOS

**Autor:** Dančák M.

Učebnice umožňuje nahlédnout do systematické botaniky. Žáci se naučí třídit rostliny do základních skupin, jejich morfologii a anatomii. Učebnice zamíří i do fyziologie rostlin, životních dějů a mezi typické rostliny různých přírodních společenstev.

Jak fotosyntéza probíhá je popsáno na straně 10. V zelených rostlinách se vytvářejí za pomoci slunečního záření cukry z oxidu uhličitého při fotosyntéze. Opět je tu zmíněné, že celý tento proces probíhá v chloroplastech s využitím zeleného barviva chlorofylu za světla. Výsledkem fotosyntézy je vznik kyslíku uvolňující zpět do atmosféry. Na straně 11 je obrázkové schéma zobrazující fotosyntézu. Popisuje fotosyntézu jako proces, kterým rostliny za pomoci slunečního záření cukry z oxidu uhličitého a vody (<https://ucebnice.org/prodos>).



Fotosyntéza vodních rostlin je v učebnici zmíněna pouze jednou větou. V řasách se vyskytují chloroplasty, takže získávají energii převážně nebo zcela fotosyntézou.



## 2.4.2 Učebnice chemie

**Učebnice:** Chemie, učebnice pro základní školy a gymnázia

**Ročník:** 9.

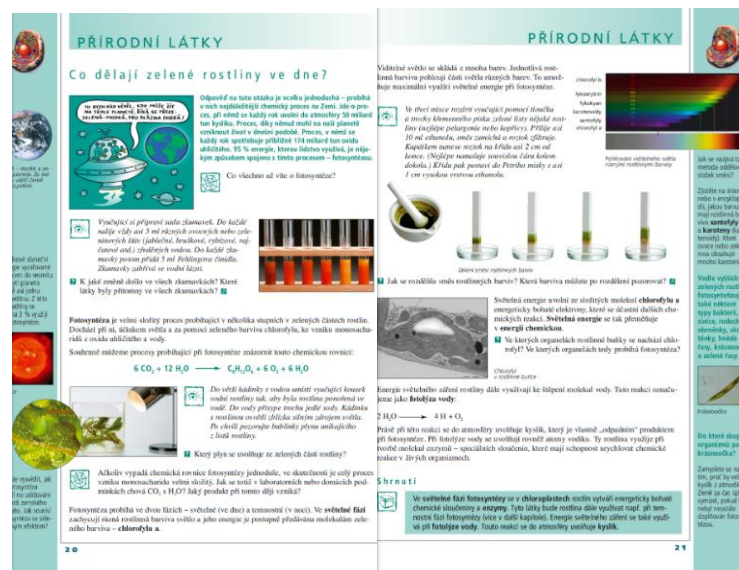
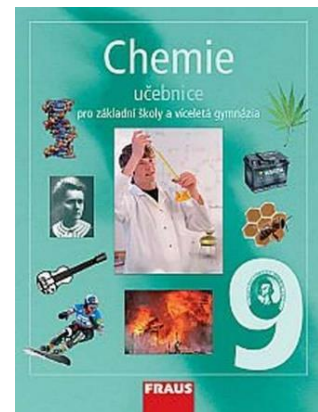
**Nakladatelství:** Fraus

**Autor:** Doulík P. a Škoda J.

Fotosyntéza suchozemských rostlin je v této učebnici popsána jako velmi složitý proces probíhající v několika stupních v zelených částech rostlin. Zmiňuje také, že při fotosyntéze dochází účinkem světla a za pomoci zeleného barviva chlorofylu, který je obsažený v chloroplastech. Dochází ke vzniku monosacharidů z oxidu uhličitého a vody. V učebnici je také znázorněna chemická rovnice. Na rozdíl od učebnic přírodopisu, tato učebnice chemie vysvětluje, že fotosyntéza probíhá ve dvou fázích, a to ve světelné a temnostní.

Dalším rozdílem od učebnic přírodopisu je ukázka pohlcování viditelného světla různými rostlinnými barvivy.

Mimo fotosyntézu suchozemských rostlin je velmi okrajově zmíněná fotosyntéza vodních rostlin. Učebnice udává, že fotosyntéza vodních rostlin probíhá v sinicích, ruduchách, obrněnkách, skrytěnkách, hnědých řasách, krásnoočkách a zelených řasách (<https://ucebnice.fraus.cz>).



Obrázek 7 Ukázka strany 20 a 21 v učebnici Chemie 9, Fraus (<https://ucebnice.fraus.cz>)

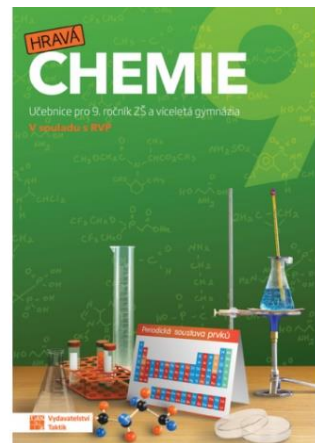
**Učebnice:** Hravá chemie 9

**Ročník:** 9.

**Nakladatelství:** Taktik

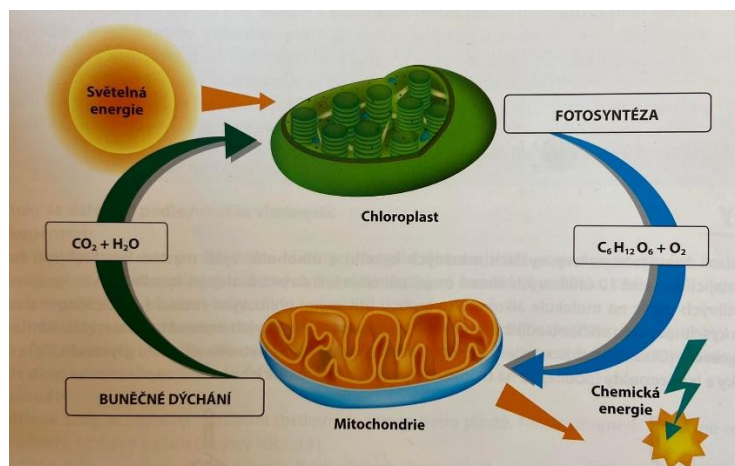
**Autor:** Budínská G. a kol.

Stranu 75 v učebnici lze rozdělit a dvě části. První část učebnice popisuje fotosyntézu v zelených rostlinách jako proces probíhající v zelených rostlinách, během kterého se za využití sluneční energie a zeleného rostlinného barviva chlorofylu zabudovává oxid uhličitý do organických látek a tvoří se sacharidy. Podle učebnice je fotosyntéza sled reakcí, které můžeme rozdělit na dvě základní procesy. Prvním procesem je získávání energie za využití slunečního světla a druhý proces je zabudování oxidu uhličitého do organických látek a tvorba různých sacharidů.



Druhá část učebnice se orientuje na využití sacharidů vzniklé v průběhu fotosyntézy. Rostlina sacharidy využívá jako zdroj energie, k růstu a k tvorbě ochranných látek. Vyrábějí ze sacharidů jednoduché cukry (glukóza), kterou buď ukládají do zásobních polysacharidů, nebo ji spotřebovávají v mitochondriích. V druhé části se objevuje i pojem dýchání, které úzce souvisí s fotosyntézou. Učebnice srovnává mezi těmito ději rozdíly v chemické rovnici a v obrázkovém schématu.

Fotosyntéza vodních rostlin se v této učebnici nevyskytuje.



Obrázek 8 Ukázka obrázku provázání fotosyntézy a buněčného dýchání v rostlinné buňce na straně 75, Taktik, Hravá chemie 9 (Zdroj: <https://www.etaktik.cz/hrava-chemie-9-ucebnice/>)



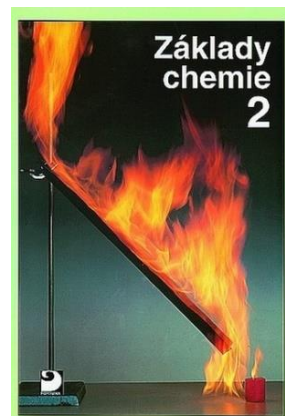
**Učebnice:** Základy chemie 2

**Ročník:** 9.

**Nakladatelství:** Fortuna

**Autor:** Beneš P. a kol

První kapitola učebnice se zabývá oxidačně redukčními reakcemi. V dalších kapitolách jsou obsaženy organické látky vyskytující se v přírodě, v živých organismech a uměle vytvořené látky. 14.kapitola žáky seznamuje s významnými látkami v organismech. Fotosyntézu popisuje jako nejvýznamnější reakci probíhající v přírodě a chemických laboratořích. Stejně jako v předchozích učebnicích je zde zmíněn průběh fotosyntézy, kde dochází v zelených rostlinách za působení slunečního záření k reakci oxidu uhličitého s vodou za vzniku glukózy.



Fotosyntézu vodních rostlin tato učebnice nezmiňuje.

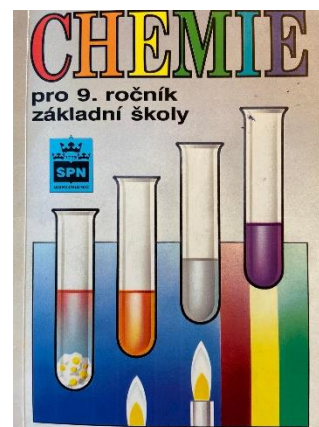
**Učebnice:** Chemie pro 9. ročník základní školy

**Ročník:** 9.

**Nakladatelství:** SPN

**Autor:** Novotný P.

Fotosyntéza suchozemských rostlin je v této učebnici popsána velmi stručně. Popisuje jí jako složitý oxidačně redukční děj. Jako jediná z vybraných učebnic nahlédla do historie, kde proces zkoumali fyzikové, chemici a další odborníci, při němž jim fotosyntéza odhalila dvě hlavní fáze: první závisí na světle, druhá redukuje vodík a oxid uhličitý a závislá na světle není. Chemická rovnice fotosyntézy je obsažena v podkapitole „Z oxidu uhličitého a vody glukosa“ (Novotný a kol., 2000).



Fotosyntéza vodních rostlin není obsažena.

## 2.5 Kritická témata ve výuce přírodopisu

Vágnerová a kol. (2019) uvádí ve své publikaci kritická místa a problémy s učivem, které pozorují dotazovaní učitelé u svých žáků. Podle některých učitelů žákům chybí abstraktní myšlení a představivost. Žáci nezvládají složitější učivo na druhém stupni. Na základě těchto potíží bylo předloženo pět vytipovaných kritických míst: Vznik a vývoj života, buňka a její funkce, mikroorganismy, fotosyntéza a systematika bezobratlých. Tato témata byla definována z pohledu učitelů a z kritického pohledu žáků (Vágnerová, 2019).

Podle Rokose a kol. (2019) se jedná o abstraktní a obtížně představitelná témata, která mohou být velmi obsáhlá. Na základě témat bylo uspořádáno diskusní setkání s učiteli přírodopisu, biologie a geologie. Diskusního setkání se zúčastnilo celkem 28 účastníků, kteří odpovídali na pět otázek, týkající se progresivních přístupů k výuce přírodopisu, biologie geologie. Dotazovaní učitelé požadovali o zdůrazňování vazeb na reálný svět dětí, výuku v terénu, praktické pozorování přírody související s rozvojem dovedností a kompetencí na úkor předávání informací. V diskusi uvedli, že je důležité hledat ta témata, která budou propojená s využitelností v životě a budou navazovat na zkušenosti žáků. Největší úskalí u žáků 2. stupně základních škol (ZŠ) jsou témata buňky, genetiky, vznik života, který úzce souvisí s fotosyntézou, výuka řas, desková tektonika a krystalografie.

Podle Vágnerové a kol. (2019) je tedy fotosyntéza považována za kritické místo ve výuce přírodopisu. Většinou se hovoří o fotosyntéze ve zjednodušeném principu s významem pro rostliny a další živé organismy. Největším úskalím je to, že je fotosyntéza jako biochemický proces obtížně představitelná a pochopitelná pro žáky 6. ročníku bez znalostí chemie. Právě v učebnicích přírodopisu pro 6. ročník je již zmíněna výroba glukosy (výroba cukru) (Pavlátová a Kroufek, 2018). Fotosyntéza je podle učitelů pouze v učebnicích zmiňována a stručně vysvětlena. Žáci si nedokážou představit chemické reakce, které se dějí ve fotosyntéze. Vědí pouze to, že fotosyntéza je proces, který se děje v rostlinách a vyrábí kyslík. Za vhodný postup se jeví zdůraznění významu fotosyntézy pro život na Zemi, že díky fotosyntéze rostliny mohou růst a následně sloužit jako potrava dalším živočichům (Vágnerová, 2019). Dle Barkera a Carra (2007) jsou tři strategie pro výuku a učení fotosyntézy, ale žádná z nich neodporuje chápání fotosyntézy jako procesu tvorby sacharidů.

Fotosyntéza je považována za kritické téma nejen v českém školství, ale i v zahraničí. Dokládá to jeden z mnoha pohledů od Marmarotiho a Galapouloua (2007), kteří ve své studii vyvinuli uzavřený dotazník zkoumající všechny aspekty fotosyntézy současně. Dotazník byl

zadán 290 řeckým žákům 2. stupně základních škol. Po celkovém zhodnocení dotazníkového šetření u žáků bylo prokázáno, že žáci nejsou schopni pojmout fotosyntézu jako chemickou reakci a nedoceňují úlohu chlorofylu. Dále bylo zjištěno, že žáci nechápou energetický koncept týkající se formy potřebné energie a také představy o využití sluneční energie. Žáci mají mylnou představu, že rostliny přijímají všechny živiny z prostředí a následně si pletou fotosyntézu s dýcháním a chybně se domnívají, že k dýchání dochází pouze tehdy, když fotosyntéza neprobíhá.

Köse a Uşak (2006) z turecké univerzity popisují, že žáci mají potíže s pochopením vztahu mezi základními zdroji energie, fotosyntézou a dýcháním. Zmiňovaná studie se zaměřovala většinou na žáky základních škol a středních škol.

Fotosyntéza, jako jedno hlavních kritických témat ve výuce přírodopisu, se vyskytuje jak u žáků základních škol, tak i u budoucích učitelů biologie. Výzkum Akçaya (2017) se zabýval analyzováním pochopení fotosyntézy a buněčného dýchání. Studie dotazovaných 74 budoucích učitelů ukázala, že jejich představy o fotosyntéze, buněčném dýchání, energetickém toku a koloběhu hmoty je navzájem velmi odlišná. Dále studie prokázala slabé pochopení toku energie a hmoty, koncepty buněčného dýchání a souvislosti mezi makrobiologickými a mikrobiologickými systémy.

### 3. Metodika práce

Tato bakalářská práce byla řešena v rámci projektu podporovaného Technologickou agenturou ČR (TAČR). Jedná se o projekt TAČR TL05000150 s názvem Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině. Projekt je řešen ve spolupráci s PF JU v Českých Budějovicích, výzkumného ústavu ENKI, o.p.s. Třeboň a ČVUT Praha.

Cílem výzkumu bylo zjistit úroveň znalostí žáků z fotosyntézy vodních rostlin. Cílová skupina byli žáci 2. stupně základních škol. Další částí práce bylo pomocí dotazníkového šetření zjistit názory učitelů na výuku fotosyntézy a její obtížnost.

Jako výzkumný nástroj byl zvolen dotazník pro žáky a učitele základních škol, jehož konstrukce a pilotáž byla provedena v rámci řešení projektu výše zmíněného. Dotazníky tedy podléhají autorským právům a jejich tvorba nebyla součástí řešení této bakalářské práce. Dotazník pro žáky tvořilo celkem 12 otázek buď s otevřenou nebo s uzavřenou odpovědí. Dotazník pro žáky je uveden jako příloha č.1. Dotazník cílil především na zjištění úrovně znalostí žáků na téma fotosyntéza jak suchozemských, tak v této práci zejména vodních rostlin. Dotazník pro učitele byl rozeslán online formou v Microsoft Forms (MS Forms) a je uveden jako příloha č.2. Učitelé měli vyjádřit především svoje názory na výuku fotosyntézy na základních školách.

Sběr dat na vybraných pěti základních školách ve Středočeském kraji probíhal v průběhu měsíců červen a září v roce 2021. Školy byly zvoleny dle dostupného výběru (Chrásková, 2016). Dotazovaných žáků bylo celkem 157 z 8. ročníku a 9. ročníku základních škol (Tabulka 1). Žáci vyplňovali věk a pohlaví. Chlapců bylo celkově 89 a jejich věk se pohyboval od 14 let do 16 let. Dívek bylo 68 a jejich věk se pohyboval od 13 let do 16 let. Časová dotace k vyplnění byla jedna vyučovací jednotka (45 min.) Učitelů dotazník vyplnilo celkem 10 učitelů z těchto pěti základních škol. Obě formy dotazníků byly anonymní a rovněž výsledky jsou prezentovány anonymně v této práci.

<b>Základní škola</b>	<b>Učitelé</b>	<b>Žáci</b>
1.	2	17
2.	2	20
3.	2	60
4.	2	31
5.	2	29
<b>Celkem</b>	<b>10</b>	<b>157</b>

Tabulka 1 Počet dotazovaných žáků a učitelů základních škol (Zdroj: vlastní zpracování)

Vyhodnocení dotazníků probíhalo utříděním dat a následným zpracováním do tabulek a grafů. Byly použity běžné základní statistické metody za použití programu MS Excel a Microsoft Forms.

V rámci řešení práce byly položeny tyto výzkumné otázky:

1. Mají žáci základních škol dostatečné znalosti z fotosyntézy vodních rostlin?
2. Které otázky dělali žákům největší problémy?
3. Jaká je náročnost tématu fotosyntéza podle učitelů?
4. Seznamují učitelé žáky s fotosyntézou vodních rostlin?

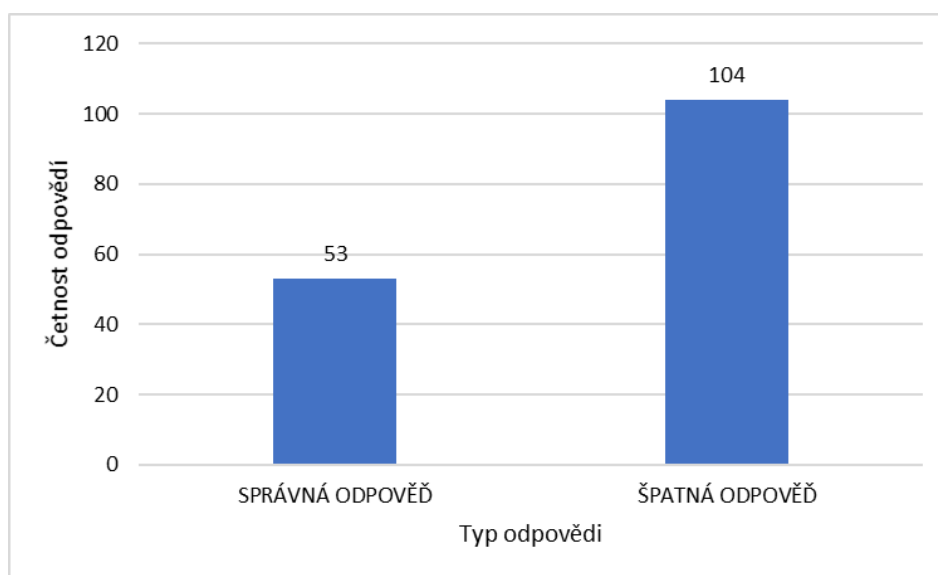
## 4. Výsledky

### 4.1 Vyhodnocení dotazníkového šetření – žáci

Dotazovaných žáků bylo celkem 157 převážně z 8. a 9. třídy základních škol. Ze základní školy 1. bylo dotazováno 17 žáků z 9. ročníku. Ze základní školy č.2 bylo dotazováno 20 žáků z 9.A, 18 žáků z 8.A a 22 žáků z 8.B. Základní škola č.3 poskytla 20 žáků z 9. ročníku k vyplnění dotazníků. Celkem 29 žáků 8. ročníku vyplnilo dotazníky ze základní školy č.4. Ze základní školy č.5 vyplnilo dotazníkové šetření 31 žáků z 9. ročníku.

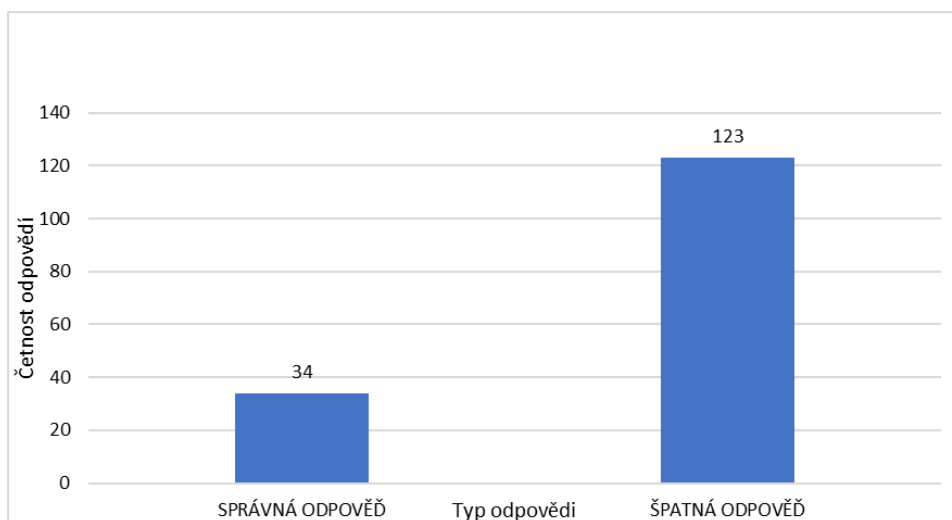
Výsledky jsou zobrazeny v grafech (Obrázek 1-13) na základě zjištěných údajů z dotazníků, na které odpovídalo celkem 157 žáků (respondentů) 2. stupně z pěti vybraných základních škol Středočeského kraje. Jednalo se o základní školy běžného typu. Cílem výzkumu nebylo zjistit rozdíly v úspěšnosti mezi jednotlivými školami a třídami, ale souhrnně zjistit znalosti žáků na téma fotosyntéza vodních rostlin. Dotazník pro žáky tvořilo celkem 12 otázek (dotazník je uveden jako Příloha 1).

Z obrázku 9 (viz níže) je patrné, že pouze 53 respondentů odpovědělo správně na otázku č.1: Co je to rostlinná biomasa? Úspěšnost u této otázky činila 34%. Mezi správné odpovědi lze zařadit - souhrn všech organických látek z rostlin, nebo z živých organismů, organické látky z rostlin, biopalivo/palivo, obnovitelný zdroj energie/energie. Zbylé odpovědi byly buď špatně zodpovězeny, nebo nebyly zodpovězeny vůbec. Špatné odpovědi žáků se od sebe značně lišily. Mezi nejčastěji používanou správnou odpověď žáků byla – energie, palivo a souhrn látek tvořící těla organismů.



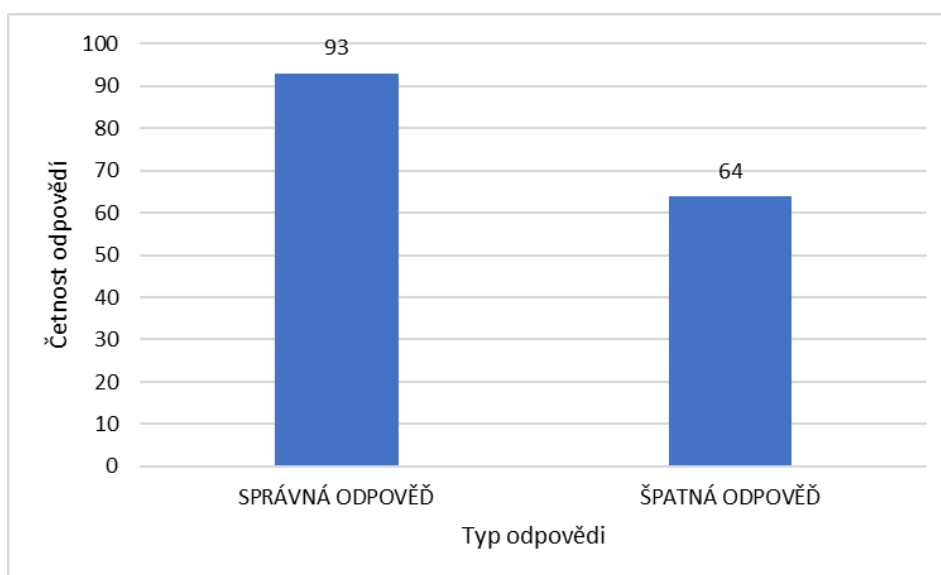
Obrázek 9 Vyhodnocení otázky č.1 (N=157) (Zdroj: vlastní)

Na otázku č. 2: Odkud přichází sluneční energie, která je v biomase skryta, odpovědělo správně pouze 34 respondentů (úspěšnost 22%). Za správné odpovědi se považovaly odpovědi typu – ze Slunce, sluneční energie, sluneční záření. Nejčastější špatné odpovědi byly tyto: z kořenů těl rostlin a z vody. Z výsledků je patrné, že žáci nedokážou porozumět otázce a nepřemýšlí nad odpovědí. Výsledky této otázky ukazuje graf na Obrázku 10.



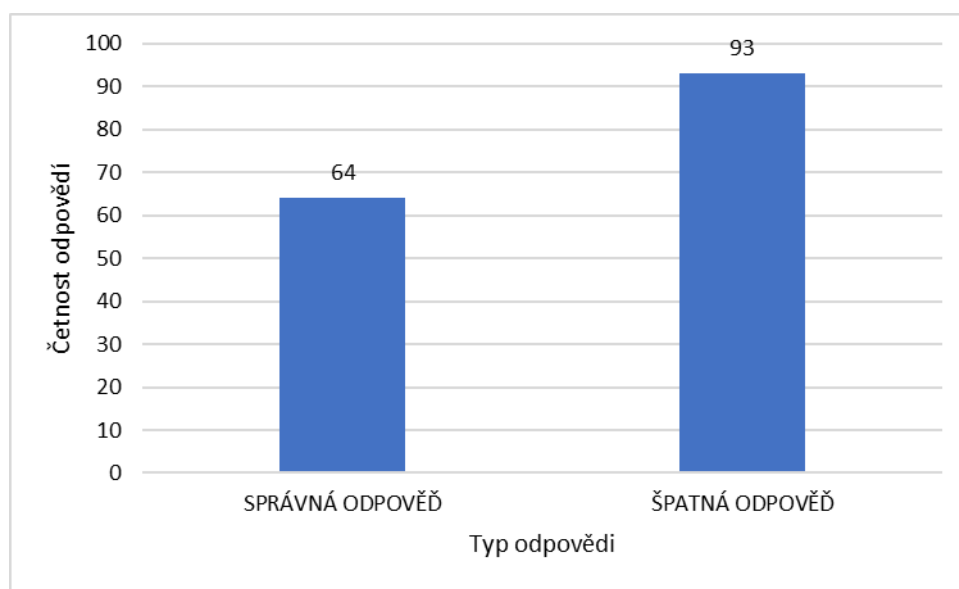
Obrázek 10 Vyhodnocení otázky č.2 (N=157) (Zdroj: vlastní)

Z obrázku 11 vyplývá, že na otázku č.3 správnou odpověď určilo o 29 respondentů více než respondentů se špatnou odpovědí. U této otázky (Jaký je podíl biomasy na obnovitelných zdrojích energie?) si měli žáci vybrat ze třech možností. Až 93 žáků vybralo správnou odpověď (úspěšnost byla tedy 59%).



Obrázek 11 Vyhodnocení otázky č.3 (N=157) (Zdroj: vlastní)

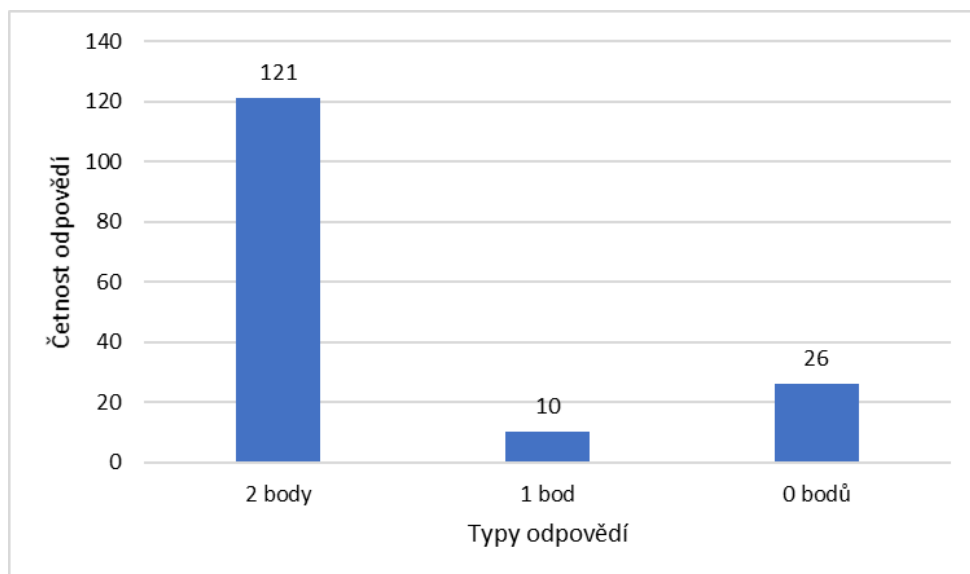
Na otázku č. 4 o nejdůležitějším procesu pro tvorbu biomasy odpovědělo 64 respondentů správně (úspěšnost 41%). Za správné odpovědi se považovaly tyto odpovědi – fotosyntéza a růst. Téměř polovina respondentů uvedla za správnou odpověď pojem fotosyntéza. Nejčastější špatná odpověď byla formulována jako příjem živin a přirozený rozklad. Výsledky zobrazuje Obrázek 12.



Obrázek 12 Vyhodnocení otázky č.4 (N=157) (Zdroj: vlastní)

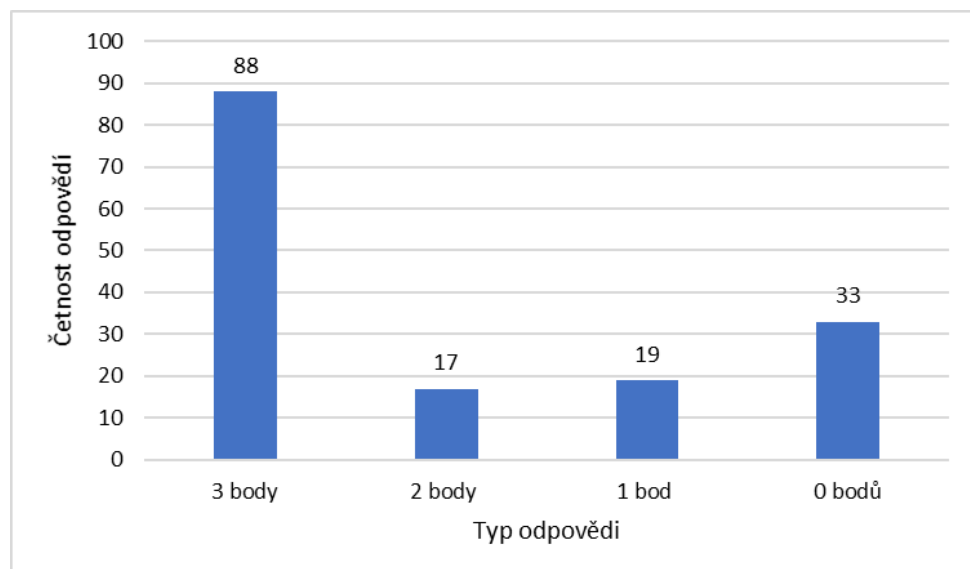
U otázky č. 5 měli žáci srovnat výživu rostlin a živočichů. Vzhledem k tomu, že otázka byla rozdělena na dvě části, byla hodnocena 2 body, tedy maximálním počtem. Pokud měl žák pouze jednu část otázky, byl mu udělen jeden bod. Pokud nebyl schopen odpovědět ani na jednu část, nebyl mu udělen žádný bod. Byl hodnocen bodem 0. Z Obrázku 13 je patrné, že převážná většina žáků odpověděla na obě části otázky správně. Žáků, kteří neodpověděli ani na jednu část bylo o 16 více než žáků, kteří odpověděli aspoň na jednu otázku správně. Celková úspěšnost (2 body) u této otázky tvořila 77%.





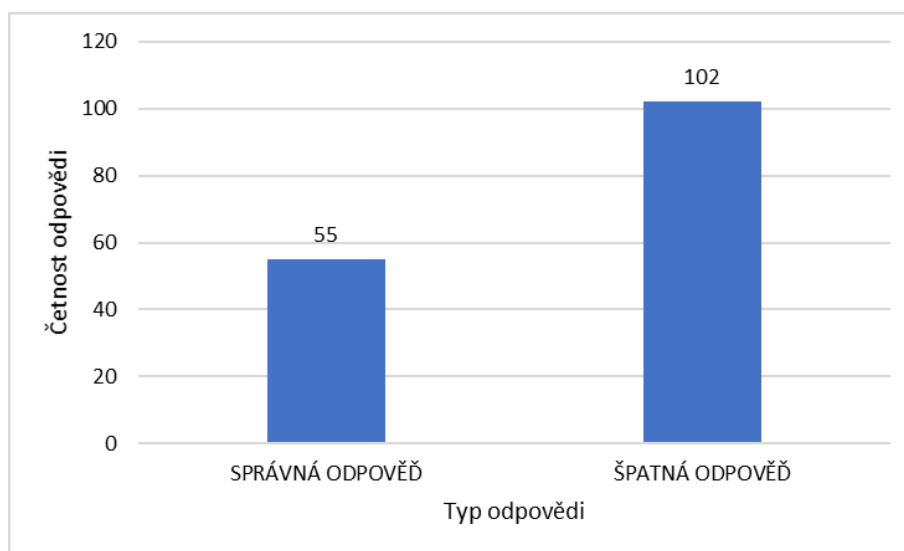
Obrázek 13 Vyhodnocení otázky č.5 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

Otázka č. 6 se skládala ze třech různých podotázek, které byly bodovány každá po 1 bodě. Maximální počet bodů, kterého žáci mohli v této otázce dosáhnout, byly celkem tři body. Až 88 žáků odpovědělo na všechny tři podotázky správně, získali tak maximální počet bodů. Nejčastějšími odpověďmi byly – světlo, teplo, živiny, země. Jen 33 respondentů neodpovědělo ani na jednu část, získali tedy 0 bodů. Téměř stejný počet žáků byl u podotázky I a podotázky II, kde se počet lišil pouze o 2 žáky. Celková úspěšnost (celkem získané 3 body) u této otázky tvořila 56% (viz Obrázek 14).



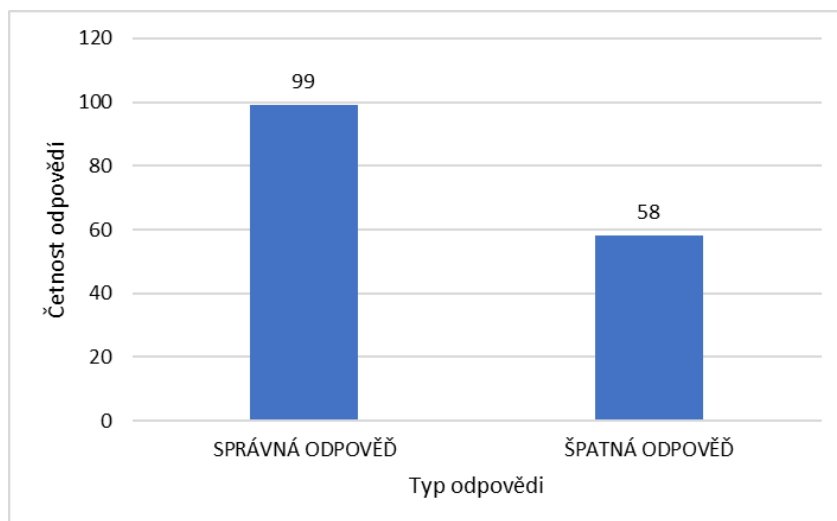
Obrázek 14 Vyhodnocení otázky č. 6 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

Otázka č.7 byla rozdělena do dvou částí. První část otázky se zabývala příjmem plyných látek rostlinami z atmosféry ve dne a v noci. Druhá část otázky se zabývala výdejem plyných látek rostlinami do atmosféry. Otázka byla hodnocena jedním bodem. Správná odpověď zněla v pořadí – oxid uhličitý, kyslík, kyslík, oxid uhličitý. Pouze 55 žáků odpovědělo správně, úspěšnost u této otázky tedy byla 35%. Až 102 žáků odpovědělo špatně. Obrázek 15 zobrazuje výsledky u této otázky.



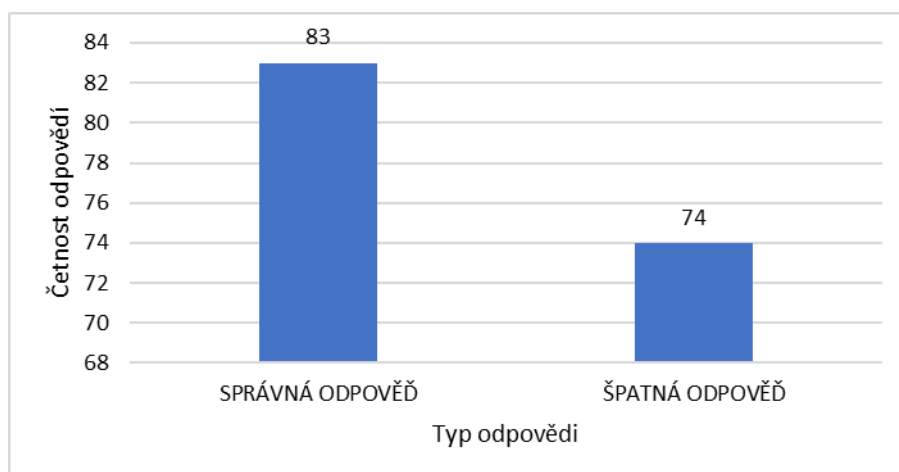
Obrázek 15 Vyhodnocení otázky č. 7 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

Na otázku č.8 (Kolik spotřebovaných kilogramů dřeva je přibližným ekvivalentem pro 40 kWh elektrické energie?), odpovědělo správnou odpovědí celkem 99 respondentů (63%). Jen 58 respondentů odpovědělo špatně. Otázka č. 8 se skládala z výběru tří možností odpovědí (1, 10, 100). Správná odpověď bylo 10 kilogramů (kg). Výsledky zobrazuje graf na Obrázku 16.



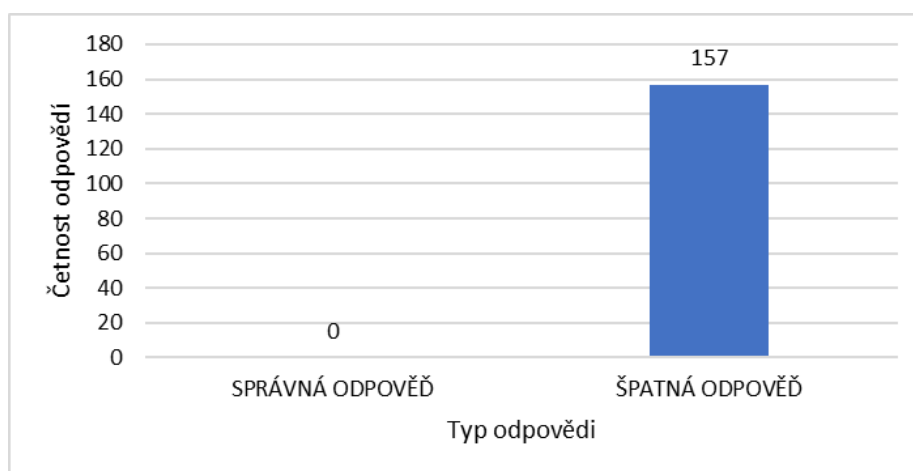
Obrázek 16 Vyhodnocení otázky č. 8 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

U této otázky č. 9 měli respondenti označit pravdivé tvrzení. Správné tvrzení označilo celkem 83 respondentů (53%). Až 74 respondentů odpovědělo špatně. Tato otázka se skládala ze dvou částí. U první části měli žáci vybrat správnou odpověď ze tří možností. V druhé části měli žáci vybrat opět ze tří možností. Otázka se bodovala souhrnně jedním bodem. Pokud žák odpověděl pouze na jednu část otázky, byl hodnocen bodem 0 (viz Obrázek 17).



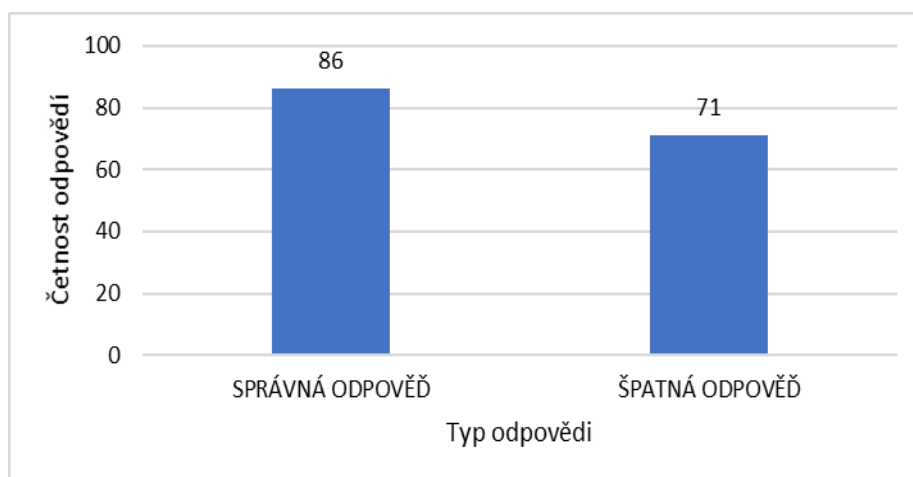
Obrázek 17 Vyhodnocení otázky č. 9 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

Z obrázku 18 je patrné, že u otázky č.10 označilo přesně 157 respondentů špatnou odpověď. Žáci měli zodpovědět, pro jaký proces se nejvíce spotřebuje energie. Všichni respondenti odpověděli na otázku pojmem fotosyntéza. Tato odpověď se nebere za správnou. Za správnou odpověď se považovala transpirace, evapotranspirace či výpar.



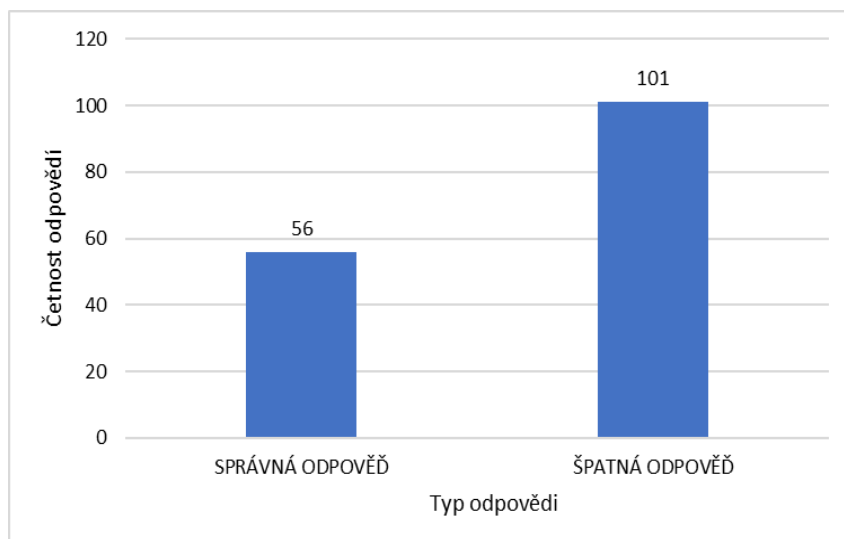
Obrázek 18 Vyhodnocení otázky č. 10 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

U otázky č. 11 měli respondenti vysvětlit pojem vodní květ. Za správné odpovědi se považovalo – sinice, nadměrné množství živin apod. Celkem 86 respondentů odpovědělo správně. Úspěšnost této otázky byla tedy 55%. Zbylých 71 žáků odpovědělo špatně nebo neuvedli žádnou odpověď (viz Obrázek 19).



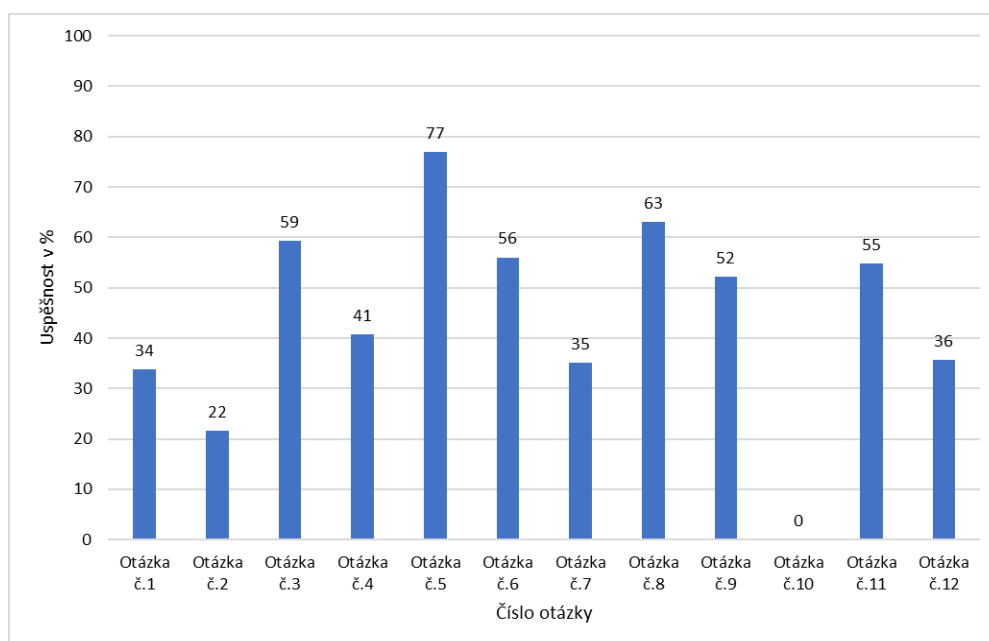
Obrázek 19 Vyhodnocení otázky č. 11 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

Otázka č. 12 byla rozdělena na dvě části. První část obsahovala tři tvrzení, kde měli respondenti označit pouze jedno pravdivé tvrzení (a nebo b). Druhá část udávala důvod označení předchozí odpovědi. Celkem 56 respondentů (36%) označilo správné tvrzení (a, ii nebo b, ii). Až 101 respondentů označilo chybná tvrzení nebo je neoznačila vůbec. Výsledky zobrazuje graf na Obrázku 20.



Obrázek 20 Vyhodnocení otázky č. 12 (N = 157) (Zdroj: vlastní)

Obrázek 21 zobrazuje souhrn správných odpovědí žáku v dotazníkovém šetření. Z grafu je patrné, že nejhůře dopadla otázka č.10, jejíž výsledek dosáhl hodnoty úspěšnosti 0 %. U této otázky udalo všech 157 respondentů špatnou odpověď. Největší úspěšnost vykazovala otázka č. 5, která obdržela 77%.



Obrázek 21 Celkový souhrn úspěšnosti žáků v jednotlivých otázkách (N = 157) (Zdroj: vlastní)

#### 4.2 Vyhodnocení dotazníkového šetření - učitelé

Pro zjišťování názorů na téma fotosyntéza bylo zapojeno 10 učitelů z pěti základních škol. Z každé školy byli dotazováni 2 učitelé. Jednalo se výlučně o 10 žen různého věku, v této práci však budou nazýváni obecně jako respondenti či učitelé. Věk respondentů se pohybuje od 35 do 60 let. Odpovědi respondentů se velmi liší. Záleží na zkušenostech získaných během pedagogické kariéry, využívání nových výukových materiálů, využívání pomocných technologických zařízení a obnovování nových informací.

U otázky č.1 měli učitelé uvést názor na náročnost tématu fotosyntéza pro jejich žáky. Svůj názor měli vyjádřit hodnocením na bodové škále od 1 do 5, kdy 1 vyjadřovala nejmenší náročnost tématu a stupeň 5 ukazoval velmi náročné. Pouze čtyři učitelé vyjádřili náročnost stupněm 5, zbytek odpovědí se pohyboval mezi stupni 3 a 4. Pouze jednou byla označena fotosyntéza jako nejméně náročné téma. Žádný učitel nevyužil stupeň č. 2 (viz Tabulka 2).

<b>Respondent</b>	<b>Náročnost</b>
1	5
2	4
3	3
4	3
5	5
6	4
7	5
8	5
9	4
10	1

Tabulka 2 Náročnost tématu fotosyntéza u učitelů (N=10) (Zdroj: vlastní zpracování)

U otázky č.2 měli učitelé vyjádřit, co považují za největší problém při výuce tématu fotosyntéza. Tato otázka byla formou otevřené odpovědi. Odpovědi se výrazně liší. Dvě respondentky ze základní školy č.1 považují za největší úskalí neznalost rovnice a celý proces fotosyntézy u žáků 6. a 7. třídy základní školy. Dále uvádějí, že žáci s předmětem chemie nemají žádné zkušenosti, proto je jim rovnice a celkový proces fotosyntézy vysvětlován velmi jednoduše. Předmět chemie podle RVP ZV je vyučován od 8. třídy do 9. třídy. Za další úskalí se dá považovat nepochopitelnost a abstraktnost fotosyntézy. Žákům dělá podle učitelů také NADPH, ATP a fotosystémy I. a II. Žáci se také neuvědomují rozdíl mezi dýcháním a fotosyntézou, temnostní a světelnou fází. Dýchání a fotosyntézu berou žáci jako jeden ten samý děj v rostlině (viz Tabulka č. 3).

Respondent	Úskalí
1	Propojení znalostí předmětů - biologie, chemie, ekologie
2	Žáci 6. a 7. ročníku ZŠ, které učím, ještě nemají žádné znalosti z chemie, téma je pro ně příliš abstraktní
3	Probírá se již v 6. ročníku, kdy žáci nemají zkušenosti s chemií a je obtížné jim vysvětlit rovnici; přestože to není v šesté třídě nutné a stačí hovořit spíše obecně, žáky to zajímá a je škoda toho nevyužít
4	Aby žáci pochopili rozdíl mezi dýcháním a fotosyntézou, světelnou a temnostní fází
5	Neuchopitelnost a abstraktnost fotosyntézy
6	Velmi abstraktní
7	NADPH a ATP, děti to nechápou
8	Nic
9	Fotosystémy
10	Celá fotosyntéza je pro žáky obtížná

Tabulka 3 Výpovědi učitelů k úskalí tématu fotosyntéza (N=10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

U otázky č. 3 měli respondenti uvést, zda ve své výuce zmiňují fotosyntézu vodních rostlin. Fotosyntéza vodních rostlin je značně problematické téma. Žádná z vybraných učebnic (viz podkapitola 2.4.) neobsahuje toto téma. Z tabulky 3 je patrné, že 6 respondentů téma nezmiňuje. Dva respondenti uvedli, že téma vysvětlují buď okrajovou část tématu a vysvětluje význam fotosyntézy vodních rostlin, nebo téma zmiňují pro bystřejší a rychlejší žáky. Jeden respondent odmítl odpovědět (viz. Tabulka č.4).

<b>Respondent</b>	<b>Fotosyntéza vodních rostlin</b>
1	Ne
2	Nespecifikuji
3	Ano, okrajově, spíše vyzdvihuji význam
4	Nezmiňuji. Jen říkám, že to tam mají jinak.
5	Ano, jen jako vyhledání pro bystřejší žáky
6	Bohužel ne, ráda bych, ale je málo zdrojů
7	Ano, vše umím perfektně
8	Ne
9	Ne, nevím o tom nic
10	Bez odpovědi

Tabulka 4 Výuka tématu fotosyntézy vodních rostlin (N=10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

U otázky č. 4 měli učitelé uvést, jestli považují v současné době za důležité seznámit žáky s významem rostlin pro vodní ekosystémy. Pro šest učitelů je důležité seznámit žáky s významem rostlin pro vodní ekosystémy. Zbytek dotazovaných učitelů odpovědělo záporně (viz Tabulka č. 5).



<b>Respondent</b>	<b>Význam rostlin pro vodní ekosystémy</b>
1	Ano
2	Z pohledu environmentální osvěty to určitě důležité je, ale jen málo žáků na ZŠ má o taková témata zájem
3	Rozhodně, není možné probírat ekosystém bez uvedení souvislostí
4	Ano, vodní ekosystémy a význam zadržování vody v krajině, žáci musí znát zástupce přirozených i umělých ekosystémů
5	V této době, kdy se z RVP vytracují všechny možné obtížnější věci, tak ne.
6	Ne na základní škole
7	Určitě. Planeta je velmi zamořená
8	Určitě! Je to důležité
9	Ne
10	Ne

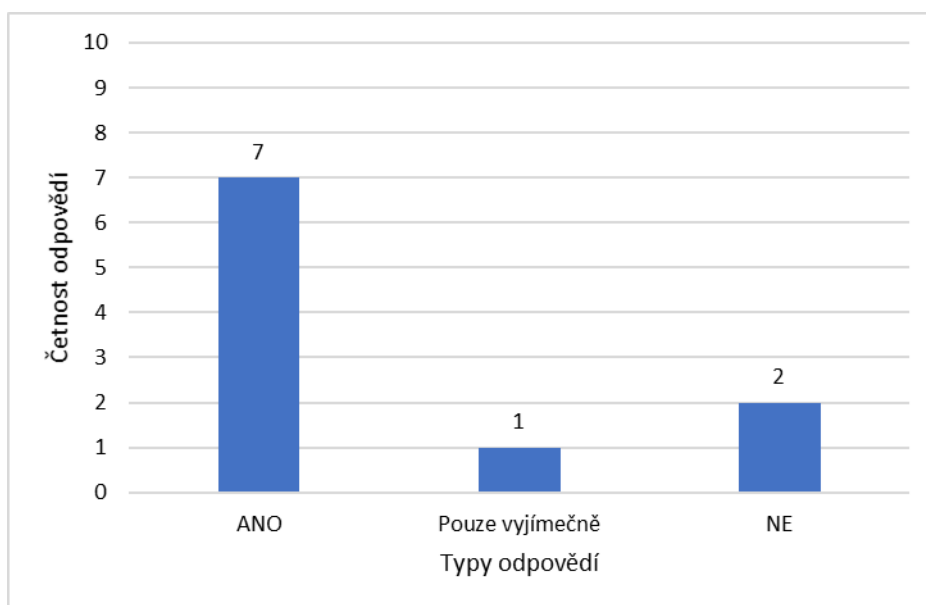
Tabulka 5 Význam rostlin pro vodní ekosystémy (N=10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

U otázky č.5 měli respondenti uvést, zda používají při výuce tématu fotosyntéza digitální výukové zdroje. Pokud byla odpověď ano, měli uvést, jaké digitální zdroje konkrétně používají. Téměř polovina učitelů uvedla, že používá k výuce tématu výuková videa, moderní techniku – tablety, dokonce i Digitální učebnicové materiály (DUMY) dostupné z portálu RVP ZV. Druhá polovina digitální zdroje nepoužívá (viz Tabulka č. 6).

<b>Respondent</b>	<b>Použití digitálních zdrojů ve výuce</b>
1	Ano výuková videa
2	Ano, výuková videa, DUMY dostupné na portálu RVP, wordwall.netatd.
3	Ne
4	Dýchání rostlin a fotosyntéza pro ZŠ"
5	Nepoužívám.
6	Ano, YouTube
7	Ano, tablety
8	Ne
9	Ne
10	Ne

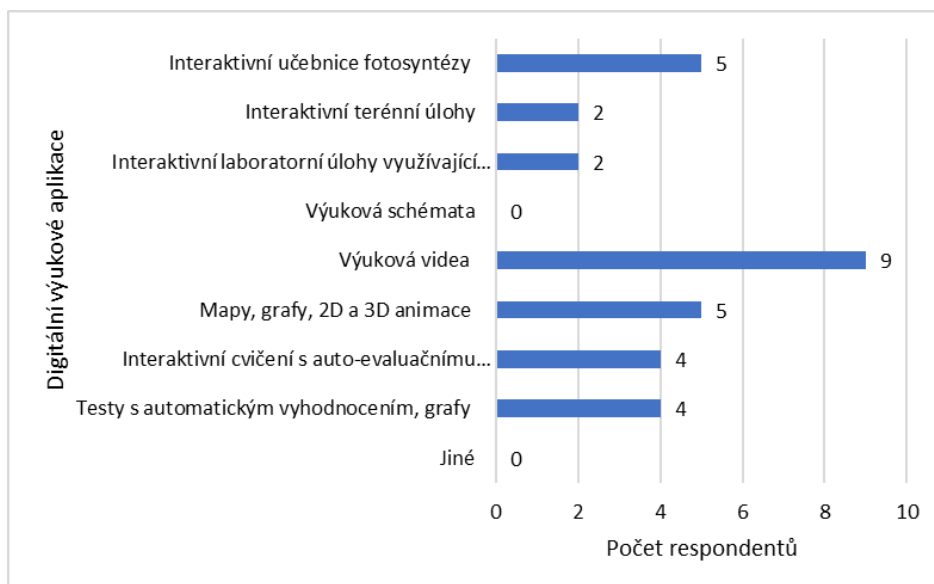
Tabulka 6 Využívání digitálních zdrojů (N=10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

U otázky č. 6 (Pokud by byla k dispozici kvalitní digitální aplikace pro výuku fotosyntézy, používal/a byste ji ve své praxi?) odpovědělo 7 učitelů ANO, znamená to tedy, že by učitelé využívali kvalitní digitální aplikaci, která by dopomohla k lepší představě a pochopení tématu fotosyntéza u žáků. Učitelé by aplikaci využívali ve své praxi. Pouze jeden respondent by aplikaci používal výjimečně. Zbylí respondenti by aplikaci nevyužívali (viz Obrázek 22).



Obrázek 22 Využití digitální aplikace (N = 10) (Zdroj: vlastní zpracování)

U otázky č. 7 (Co by měla obsahovat digitální výuková aplikace, kterou byste ve výuce používal/a - vyberte vše, co se Vám zdá vhodné) měli učitelé označit, co by měla zahrnovat digitální výuková aplikace. Mohli vybírat z více možností. Z tabulky č.5 je patrné, že celkem 9 učitelů označilo výuková videa, na rozdíl od výukových schémat, které nevybral žádný respondent. Přehled odpovědí je patrné i z Obrázku 23.



Obrázek 23 Obsah digitální aplikace (N = 10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

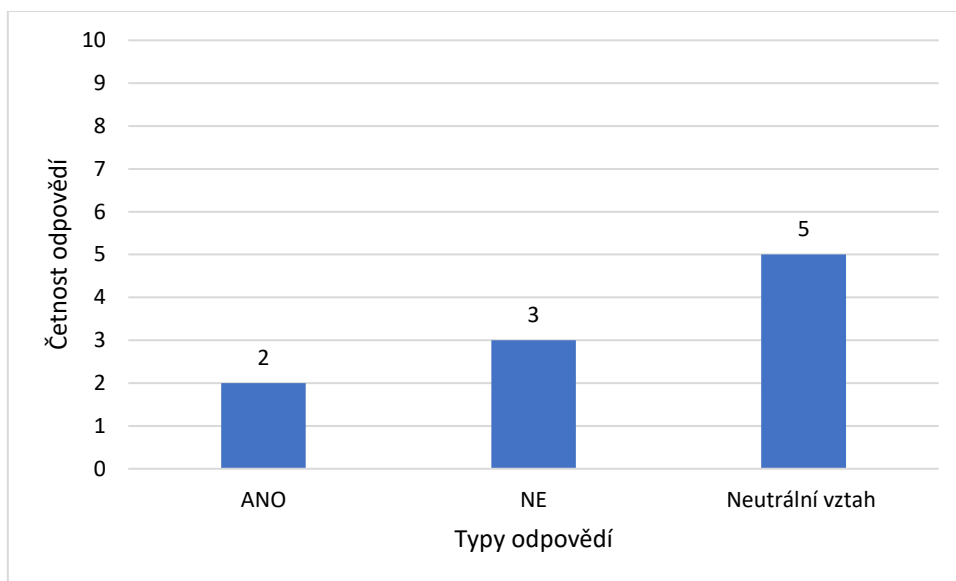
Otázka č.8 v dotazníkovém šetření navazovala na otázku č.7. Pokud v předchozí otázce vybrali respondenti možnost Jiné, uvedli by, jaké další součásti podle jejich názoru měla výuková aplikace obsahovat. U této otázky nejsou žádné odpovědi.

U otázky č.9 měli učitelé zavzpomínat na svá vysokoškolská studia a podle stupnice ohodnotit, jak obtížné bylo téma fotosyntéza během jejich studia. Stupnice byla od 1 do 5, kde 1 znamenala, že téma nebylo vůbec náročné a 5 měla vyjadřovat téma velmi obtížné. Průměrné číslo ze všech odpovědí bylo 3,40. Z tabulky č.7 je patrné, že tři učitelé označili odpověď 4. Stejně tak označili odpověď 3. Pouze pro jednoho respondenta téma fotosyntéza nebyla vůbec náročná.

<b>Respondent</b>	<b>Obtížnost</b>
1	4
2	4
3	3
4	2
5	3
6	3
7	5
8	1
9	4
10	5

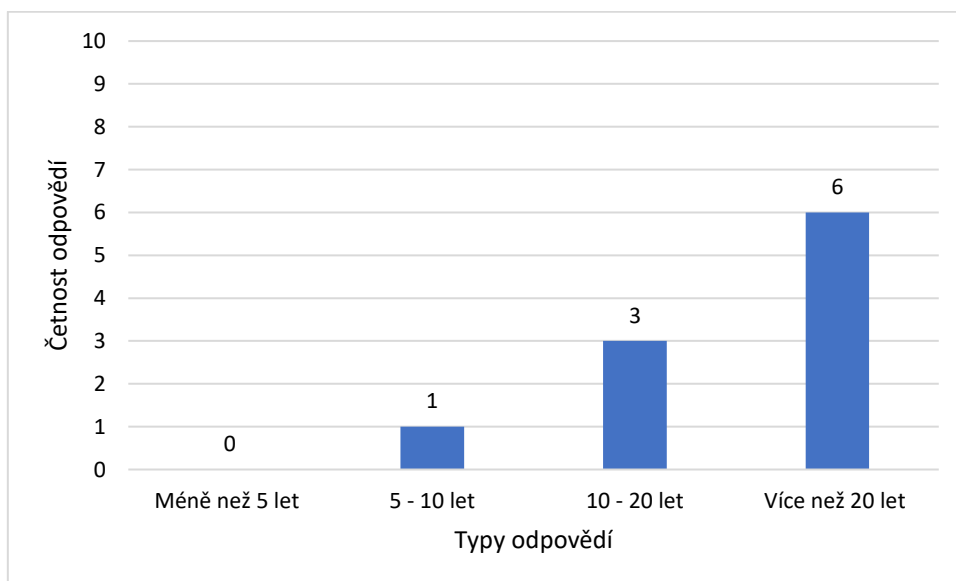
Tabulka 7 Obtížnost tématu fotosyntéza při vysokoškolských studiích učitelů (N = 10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

Otázka č. 10 vyjadřovala oblíbenost tématu fotosyntéza v praxi učitelů. Celkem 50% učitelů má k výuce neutrální vztah, 20% má vztah k tématu a předává o tématu informace žákům rád, zbylých 30% učitelů nemá k tématu vztah žádný a rád ho nemá (viz Obrázek 24).



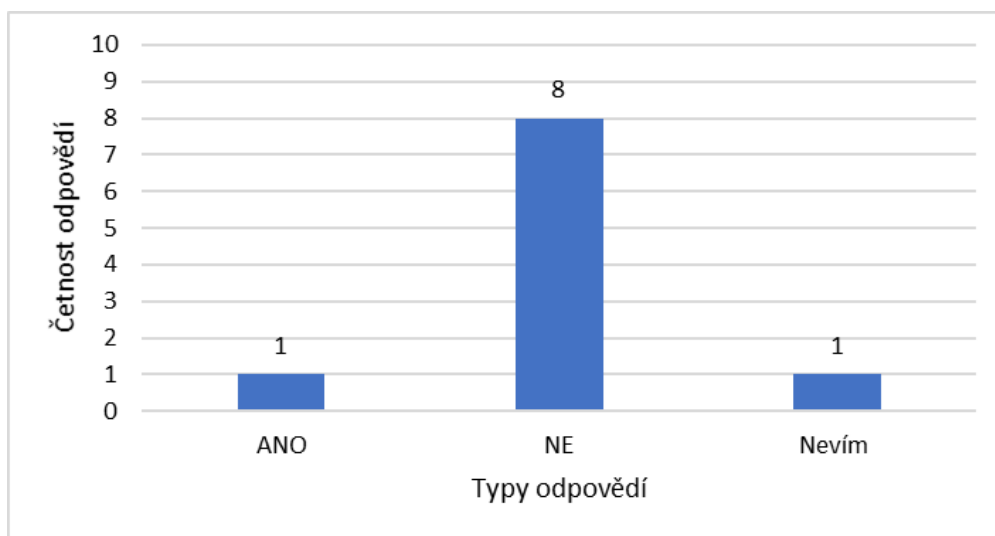
Obrázek 24 Grafické znázornění oblíbenosti tématu fotosyntéza (N = 10) (Zdroj: vlastní zpracování)

Otázka č.11 vyjadřovala délku pedagogické praxe učitelů. Učitelé měli na výběr z více možností (méně než 5 let, 5 – 10 let, 10 – 20 let a více než 20 let). Z obrázku 25 je tedy patrné, že první odpověď (méně než 5 let) neoznačil žádný respondent. Celkem 6 učitelů (60%) označilo, že jejich délka pedagogické je více než 20 let, 30% učitelů má délku pedagogické praxe 10 – 20 let a zbylých 10% učitelů uvedlo délku pedagogické praxe 5 – 10 let.



Obrázek 25 Délka pedagogické praxe (N = 10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

Na otázku č.12 (Pozorujete u svých žáků zájem o poznání významu rostlin v krajině) odpovědělo 8 učitelů (80%) NE. Pouze 1 respondent využil odpověď nevím a odpověď ANO. Výsledky lze pozorovat na obrázku č.26.



Obrázek 26 Pozorování zájmu žáků o poznání významu rostlin (N = 10) (Zdroj: MS Forms, vlastní zpracování)

## 5. Diskuze

Bakalářská práce se týká žákovských znalostí k tématu fotosyntézy vodních rostlin. Dotazníkové šetření poskytuje zajímavá zjištění o znalostech žáků ve výuce přírodopisu na úrovni fotosyntézy vodních rostlin. Pro analyzování dat byl využit nízký počet respondentů, proto k testování vědomostí nelze uvedené výsledky paušalizovat pro celou cílovou skupinu, tedy pro žáky 2. stupně základních škol a nižšího gymnázia. To je jeden z hlavních limitů tohoto výzkumu.

Fotosyntéza je velmi složité téma, které žáci, bez znalostí chemie, nedokážou pochopit a představit si chemické reakce, které při ději probíhají (Rokos a kol., 2019). Vágnerová (2019) uvádí, že se jedná o kritické místo ve výuce přírodopisu. O fotosyntéze se ve výuce přírodopisu mluví velmi jednoduše a stručně, nebo se od tématu téměř ustupuje. Žáci si dokážou pouze uvědomit to, že fotosyntéza je pouze proces, který probíhá v rostlinách za produkce kyslíku. Tento problém dokázal i Marmaroti a Galanopoulou (2007), kteří podle dotazníkového šetření zjistili u žáků mylnou představu o dýchání a fotosyntéze. Žáci se domnívají, že k dýchání dochází pouze tehdy, když fotosyntéza neprobíhá.

Analýza dotazníkového šetření v této práci spočívala zejména v zjištění úrovně znalostí žáků k tématu fotosyntéza. Analýza byla zaměřena na žáky základních škol nebo nižších gymnáziích v 8. a 9. ročníku ZŠ. Analýza umožnila zaměřit se na problematiku tohoto tématu a byly díky ní zodpovězeny čtyři výzkumné otázky formulované v metodice práce. Dotazovaní byli i učitelé základních škol (celkem 10 učitelů), kteří byli rovněž součástí dotazníkového šetření.

Na základě tohoto výzkumu můžeme konstatovat, že znalosti žáků fotosyntézy jako takové a znalosti fotosyntézy vodních rostlin jsou nedostatečné. Proto odpověď na 1. výzkumnou otázku (Mají žáci základních škol dostatečné znalosti z fotosyntézy vodních rostlin?) tedy zní: Žáci nemají dostatečné znalosti z tohoto tématu. Důvodem je absence tématu ve vybraných učebnicích přírodopisu a chemie. V učebnicích je popsána pouze obecná fotosyntéza (viz podkapitola 2.4.) Proces fotosyntézy vodních rostlin je zcela vynechán a žáci se stávají závislími na učitelích a jejich výkladu. Učitelé uvedli, že téma o fotosyntéze vodních rostlin buď neprobírají, nebo zadají téma na samostatnou výuku bystřejším žákům, nebo žákům pouze sdělí, že je mezi fotosyntézou suchozemských rostlin a fotosyntézou vodních rostlin rozdíl. To je rovněž odpověď na 4. výzkumnou otázku (Seznamují učitelé žáky s fotosyntézou vodních rostlin?). Učitelé také uvedli, že náročnost tohoto tématu je opravdu vysoká.

Téma fotosyntézy vodních rostlin chybí v učebnicích přírodopisu i chemie základních škol. Žáci jsou pouze závislí na výkladu učitelů, kteří zmiňují téma buď pouze okrajově, nebo vůbec. S tím souvisí otázka, jestli mají učitelé znalosti o fotosyntéze vodních rostlin. Učitel by nejprve měl sám porozumět vyučované látce a přemýšlet o způsobu předání poznatků žákům pomocí různých aktivit, nebo si látku vyhledat v odborných článcích a žákům předat jednodušeji, jak zmiňuje Píšová (2020).

Výzkumná otázka č.2 se zabývala otázkami dělajícím žákům největší problémy v dotazníkovém šetření. Největší úskalí u žáků bylo patrné u otázek týkající se biomasy a u procesu, který nejvíce spotřebuje sluneční energii u rostlin. Proto odpověď na 2. výzkumnou otázku zní: Žáci mají velký problém u otázek č. 2 a č.10. Žáci nejsou schopni pracovat s pojmy biomasa a transpirace. Biomasa je definována jako hmota organického původu, která je nezbytnou součástí lidského života. Každá rostlina se dá považovat jako budoucí zdroj energie. Biomasa má pozitivní vliv na globální ekosystém. Téměř veškerá biomasa vzniká fotosyntézou ze vzdušného oxidu uhličitého (Cejlak, 2008). Jedním z procesů, u kterého rostlina spotřebovává největší část dopadající sluneční energie, je transpirace. Rostliny jsou fyziologicky vybaveny tak, že přepouštějí vodu z listů do atmosféry ve formě vodní páry. Primárním zdrojem transpirace je teplo dosažené díky slunečnímu záření. Transpirace je tedy proces, kde dochází k vypařování vody z listů rostlin (Šír a kol., 2002).

Výzkumná otázka č.3 se zabývala náročností tématu fotosyntézy podle učitelů. Náročnost tématu fotosyntéza se objevuje u žáků jako jeden z hlavních problémů ve výuce přírodopisu. Největším úskalím je neznalost chemie u žáků 6. ročníků. Chemie na některých školách se vyučuje až od 8. třídy. Žákům je představena chemická rovnice fotosyntézy, která je obsažena ve všech zmíněných učebnicích přírodopisu i chemie. Rovnice není žákům vysvětlena důkladně a žáci nemají představu o jejím fungování. Podle učitelů je fotosyntéza náročná a někteří od vysvětlení fungování procesu zcela ustupují - a to je rovněž odpověď na 3. výzkumnou otázku (Jaká je náročnost tématu fotosyntéza podle učitelů?). Učitelé vidí největší úskalí v nepropojenosti znalostí přírodovědných předmětů u žáků, v abstraktnosti tématu a nepochopitelností rozdílu mezi dýcháním a samotnou fotosyntézou. Fotosyntéza jako samotný proces, není oblíbeným tématem u žáků, ale ani u učitelů. U učitelů je důležitá pedagogická praxe, která souvisí se zvládnutím tématu fotosyntéza.

Někteří učitelé nezmiňují ve své výuce fotosyntézu vodních rostlin z několika důvodů. Jedním z důvodů je málo zdrojů, které by se dotýkaly kritického tématu. Učebnice neuvádí fotosyntézu vodních rostlin. Učitelé jsou odkázáni na odborné články v cizím jazyce. Učitelé



by požadovali i kvalitní digitální aplikaci, která by žákům pomohla k pochopení fotosyntézy vodních rostlin, a rádi by jí zahrnuli do své výuky. Usnadnila by učitelům celou práci ve vysvětlování a žákům by pomohla k lepšímu pochopení rozdílu mezi fotosyntézou vodních rostlin a fotosyntézou suchozemských rostlin. Podle učitelů by měla digitální aplikace obsahovat především výuková videa, která by se zabývala fotosyntézou vodních rostlin. Aplikace by měla obsahovat i výuková videa nebo animace, grafy nebo mapy. Za hlavní výukovou pomůcku se dá zatím považovat popularizačně-vzdělávací cyklus Akademie věd České republiky, který se specializuje na krátká animovaná videa tematicky zaměřená na vědu a poznání edukační a zábavnou formou. Jedná se o Nezkreslenou vědu, která obsahuje i video o fotosyntéze (Akademie věd ČR, 2022). Pomocníkem pro výuku je i největší portál vzdělávacích videí v České republice ČT edu. Jako pomoc při výuce slouží i Metodický portál RVP, který poskytuje pracovní listy, prezentace, nebo testy obsahující fotosyntézu.

Fotosyntéza bývá zpravidla zahrnuta v učivu o rostlinách. Učitelé měli v dotaznících uvést, zda pozorují zájem o rostliny a jejich významu v krajině u svých žáků. Celkem 8 učitelů uvedlo, že u svých žáků nepozorují zájem o poznání významu rostlin v krajině. Ryplová (2019) uvádí, že pro děti a mládež jsou atraktivnější živočichové, než rostliny botanická témata ve výuce je zajímají mnohem méně než zoologická, botanika bývá označována za obtížnou a nudnou. Příčiny negativního přístupu žáků k rostlinám se mohou skrývat například v tom, že žáci se častěji setkávají se živočišnými organismy než s rostlinnými v samotné výuce přírodopisu. Dokonce i učitelé sami často znají lépe živočichy než rostliny. Obecné biologické jevy častěji popisují na zvířatech než na rostlinách. S tím souvisí i Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání, který žákům předepisuje znalost morfologie a anatomie rostlin a zařazení rostlin do příslušných skupin. Tato témata tak vyžadují pamětní učení a znalost poměrně značnou část odborných termínů. Není divu, že jsou rostliny u žáků vnímány jako statické organismy bez životních projevů. S tímto souvisí i znalost principů fotosyntézy, která se označuje jako nutný předpoklad pochopení řady dalších biologických dějů. Právě fotosyntéza a dýchání patří podle zahraničních i českých studií k vůbec nejtěžším tématům v rámci přírodních věd. Žáci mají evidentně velké problémy s pochopením fotosyntetické výměny plynů, fotosyntéza může být pro žáky pouhým okem neviditelná a její průběh obtížně na úrovni základní školy prokazatelný (Ryplová, 2019).

## 6. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala hlavně testováním žákovských znalostí fotosyntézy vodních rostlin. Jako výzkumný nástroj byl zvolen dotazník. Dotazník byl rovněž aplikován i učitelům z praxe. Cílem práce bylo zanalyzování žákovských znalostí o fotosyntéze vodních rostlin. Pro tuto práci byly položeny 4 výzkumné otázky. Otázky se týkaly znalostí a náročností tématu fotosyntézy vodních rostlin jak u žáků, tak u učitelů.

V první části práce je uveden literární přehled vztahující se na srovnání fotosyntézy suchozemských a vodních rostlin. Literární část práce se věnovala také analýzám vybraných učebnic přírodopisu a chemie pro základní školy, kde se zjišťoval rozsah a obsah tématu fotosyntézy suchozemských a vodních rostlin. Poslední část teoretického základu se zabývala kritickými tématy ve výuce přírodopisu. Kritických míst ve výuce přírodopisu je několik. Žáci si nedokážou představit rozdíl mezi dýcháním a samotným procesem fotosyntézy, dále si neuvědomují a nepředstaví chemické děje při fotosyntéze bez znalostí chemie. Téma fotosyntéza je značně obtížné i pro některé učitele. U učitelů hrají důležitou roli znalosti tématu, aktualizace znalostí a pedagogická praxe. Největší úskalí u žáků 2. stupně základních škol (ZŠ) jsou především témata buňky, genetiky, vznik života, který úzce souvisí s fotosyntézou.

Samotný výzkum byl zaměřen na testování žákovských znalostí pomocí dotazníkového šetření. Dotazovaných žáků bylo 157 (8. a 9. třída) z pěti základních škol ze Středočeského kraje. Dotazníkové šetření bylo zcela anonymní, žáci uvedli pouze pohlaví a svůj věk. Dotazník obsahoval 12 otázek s otevřenou nebo uzavřenou odpovědí. Z výsledků je patrné, že téma fotosyntéza a pojmy s ní související, jsou pro žáky velmi obtížné. Největší úskalí pro žáky se vyskytlo u otázek č.2 a č.10. Jednalo se právě o otázky s odbornými termíny. Téma fotosyntézy u žáků není oblíbeným. Vyžadují se znalosti chemie u žáků už s příchodem na druhý stupeň v 6. třídě, což vzhledem k nástupu výuky chemie v pozdějších ročnících není vhodné řešení.

Dotazovaní byli i učitelé formou on-line dotazníku, který se od žákovského dotazníku lišil skladbou otázek. Dotazníkové šetření pro učitele se zabývalo také tématem fotosyntézy. Učitelé měli zodpovědět 12 otázek dotýkající se jejich názorů na výuku, náročnost tohoto tématu, důležitost významu rostlin pro vodní ekosystémy atd. Dotazník vyplnilo celkem 10 učitelů. Z výsledků je patrné, že i pro některé učitele je téma opravdu náročné. O tématu fotosyntéza vodních rostlin je velmi málo zdrojů a učitelé jsou odkázáni na cizojazyčné články, které jsou někdy až moc složité. Pro svou pedagogickou činnost by rádi využívali kvalitní

digitální aplikaci, která by dopomohla k pochopení tématu fotosyntéza u žáků. Digitální aplikace by měla podle nich obsahovat výuková videa, animace, grafy nebo mapy.

Kubásek (2011) pro časopis Vesmír uvedl, že rostliny a jejich fotosyntéza nám poskytují potravu, kyslík k dýchání a pocit krásna. Fotosyntéza je nedílnou součástí planety Země. Žáci by se měli vzdělávat a zajímat se o tento proces, protože zásadní je uvědomování si, že fotosyntéza je jedním z nejvýznamnějších procesů, které jsou spjaté s bytím na planetě Zemi.

## 7. Seznam literatury

Adamová, I., Růženecká, M., Staňková, J., Tesařová, M., Tomešková, L., & Vyletová, P. (2008). Rybník Olšovec, voda a znečištění. Dostupné z: <https://www.gvid.cz/wp-content/uploads/2012/07/6f-projekt-olsovec-rybnik.pdf>

Akademie věd ČR (2022). Nezkreslená věda. Dostupné z: <https://www.avcr.cz/cs/pro-verejnost/vyukova-videa/>

Akçay, S. (2017). Prospective elementary science teachers' understanding of photosynthesis and cellular respiration in the context of multiple biological levels as nested systems. *Journal of Biological Education*, 51(1), 52-65.

Barker, M., Carr, M. (1989). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), 49-56.

Beneš, P., Banýr, J., Pumpr, V., (2004). *Základy chemie 2*. Praha: Fortuna.

Blinks, L. R. (1963). The effect of pH upon the photosynthesis of littoral marine algae. *Protoplasma*, 57(1), 126-136.

Budínská G., Krizanová A., Nývltová V., Toman, P. (2019). *Hravá chemie 9*. Praha TakTik. Dostupné z: <https://www.etaktik.cz>

Hronková, M. (2015). Co je fotosyntéza. Nezkreslená věda. AV ČR. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=zxhgNmaCVAM>.

Celjak, I. (2008). Biomasa je nezbytná součást lidského života. *Biom.cz* [online]. 2008-12-22 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>.

Černík, V., Hamerská, M., Martinec, Z., Vaněk, J., (2020). *Přírodopis 6: Zoologie a botanika pro základní školy. 2*. Praha: SPN.

Dančák, M. (2019). *Přírodopis 6 – Rostliny*. Olomouc Prodos. Dostupné z: <https://ucebnice.org/prodos>

Dobroruka, J., L., Cílek, V., Hasch, F., a Storchová, Z., (2016). *Přírodopis 6: Pro 6. ročník základní školy. 3*. Praha: Scientia. ISBN 978-80-86960-59-3

Geider, R. (2013). *Algal photosynthesis*. Springer Science & Business Media.

Gould, S. B., Waller, R. F., & McFadden, G. I. (2008). Plastid evolution. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 491-517.

Hoganson, C. W., Babcock, G. T. (1997). A metalloradical mechanism for the generation of oxygen from water in photosynthesis. *Science*, 277(5334), 1953-1956.

- Hohmann-Marriott, M. F., Blankenship, R. E. (2011). Evolution of photosynthesis. *Annual review of plant biology*, 62, 515-548.
- Hrabí, L. (2005). Učebnice přírodopisu a jejich obtížnost. *Pedagogická orientace*, 15(3), 118-122.
- Hrabí, L. (2007). Názory žáků a učitelů na učebnice přírodopisu. *Pedagogická orientace*, 17(4), 28-34.
- Hronek, L., (2012). Vývoj solárních systémů. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická.
- Chráska, M. (2016). *Metody pedagogického výzkumu*. Praha: Grada.
- Jedličková, M., Krupka, P. a Nechvátalová, J. (2019). *Přírodopis 6, Úvod do studia přírodopisu*. Brno: Nová škola. Dostupné z: <https://www.nns.cz>
- Kalina, T., Váňa, J. (2005). *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum.
- Kincl, L., Jakrlová, J., & Kincl, M. (1999). *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií*. Praha: Fortuna.
- Koblížek, M., & Prášil, O. (2002). Fototrofní bakterie: Nově objevené metabolické strategie v oceánech. *Vesmír* 81 (132), 508.
- Köse, S., Uşak, M. (2006). Photosynthesis and Respiration in Plants. *International Journal of Environmental and Science Education*. Pamikkale. Turkey.
- Kubásek, J. (2011). Je fotosyntéza z nouze ctnost? *Vesmír* 90 (141), 201-202.
- Marmaroti, P., Galanopoulou, D. (2006). Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403.
- Martin, W., Rujan, T., Richly, E., Hansen, A., Cornelsen, S., Lins, T., Penny, D. (2002). Evolutionary analysis of Arabidopsis, cyanobacterial, and chloroplast genomes reveals plastid phylogeny and thousands of cyanobacterial genes in the nucleus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(19), 12246-12251.
- Megard, R. O., Tonkyn, D. W. & Senft, W. H. (1984). Kinetics of oxygenic photosynthesis in planktonic algae. *Journal of Plankton Research*, 6(2), 325-337.
- Novotný, P., Sejbál, J., Zemánek, F., Svobodová, M., Čtrnáctová H., Dušek, B. (2000). *Chemie pro 9. ročník základní školy*. Praha: SPN.
- Ondrák, I., (2022). Funkce vodního ekosystému. *Small Lake*. Dostupné z: <https://www.zahradnitezirka.net/clanek/28/funkce-vodniho-ekosystemu/>.

Pavlátová, V., Kroufek, R. (2018). Pohled učitelů na obtížnost vybraných environmentálních pojmů v učebnicích pro základní školy. *Scientia in education*, 9(2), 57-79.

Pelikánová I., Čabradová V., Hasch F., Sejpka J., Šimonová P. (2021). Přírodopis 6 nová generace. Plzeň: Fraus. Dostupné z: <https://ucebnice.fraus.cz/>

Píšová, B. M. (2020). Profesní vidění studentů učitelství přírodopisu a biologie. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta.

Pokorný, J. (2014). Hospodaření s vodou v krajině-funkce ekosystémů. Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.

Procházka, S., Macháčková, I., (1998). Fyziologie rostlin. Praha: Academia.

Příbyl, K. (2021). Problematická místa učiva ekologie na základní škole z pohledu učitelů. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.

Rokos, L., Pokorná, V. & Petr, J. (2019). Kritická místa ve výuce přírodovědy, přírodopisu a biologie. In A. Nohavová & I. Stuchlíková (Eds.), *Kritická místa kurikula ve vybraných vzdělávacích oborech*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (2017). Praha: MŠMT. Dostupné z: [https://www.nuv.cz/uploads/RVP\\_ZV\\_2017.pdf](https://www.nuv.cz/uploads/RVP_ZV_2017.pdf)

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (2021). Praha: MŠMT. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/file/56005/>

Ryplová, R. (2019). Možné příčiny "plant blindness" v českém přírodovědném kurikulu. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/331374894\\_Mozne\\_priciny\\_plant\\_blindness\\_v\\_cekem\\_prirodovednem\\_kurikulu](https://www.researchgate.net/publication/331374894_Mozne_priciny_plant_blindness_v_cekem_prirodovednem_kurikulu)

Šír, M., Lichner, L., Tesař, M. (2005). Transpirace rostlin a autoregulace hydrologického cyklu. In: Šír, M. – Lichner, L. – Tesař, M. – Holko, L.: *Hydrologie malého povodí 2005*. Vydal ÚH AVČR, Praha, 299–306.

Škoda J., Doulík, P. (2012). Chemie 9 pro ZŠ a víceletá gymnázia. Plzeň: Fraus. Dostupné z: <https://ucebnice.fraus.cz/>

Teplá, M. (2013). Biochemie-základní kapitoly. Fotosyntéza. PpF UK v Praze. Dostupné z: (<http://www.studiumbiochemie.cz/fotosynteza.html>)

Teplá, M. (2020). Fotosyntéza. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha.

Vágnerová, P., Benediktová, L., Kout, J. (2019). Kritická místa ve výuce přírodopisu – jejich identifikace a příčiny. *Arnica*, 9(1), 39–50. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.

Vecchi, V., Barera, S., Bassi, R., & Dall'Osto, L. (2020). Potential and challenges of improving photosynthesis in algae. *Plants*, 9(1), 67.

Ynalvez, R. A., Dinamarca, J., & Moroney, J. V. (2018). Algal Photosynthesis. eLS, 1-9.

Závodská, R. (2006). Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie. Praha: Scientia.

Žídková, H., Knůrová, K., Karešová, P., Medková E., Sidlová, D. Štovíčková, K. Váchová, J., Višňáková, M., Zimplová, K. (2017). Hravý přírodopis 6: pro 6. ročník ZŠ a víceletá. Praha: TakTik.

### **Internetové zdroje obrázků:**

<https://www.prirodovedci.cz/chemik/clanky/tajemstvi-fotosyntezy>

<https://www.nns.cz/blog>

<https://www.etaktik.cz/hravy-prirodopis-6-ucebnice/>

<https://ucebnice.fraus.cz/catalog/cs/ii-stupen-prirodopis-nova-generace-prirodopis-6-nova-generace/p100349ick2spngick2spick2s.html>

<http://w.scientia.cz/prirodopis/4514-prirodopis-i-pro-6-rocnik-zs.html>

<https://www.abcucebnice.cz/Prirodopis-6-roc-Zoologie-a-botanika-SPN-a-s-d652.htm>

<https://ucebnice.org/prirodopis/prirodopis6-rostliny>

<https://ucebnice.fraus.cz/catalog/cs/p3623.html>

<https://www.etaktik.cz/hrava-chemie-9-ucebnice/>

<https://www.knihydobrovsky.cz/ucebnice/zaklady-chemie-2-ucebnice-12745>

## 8. Přílohy

Seznam příloh:

Příloha č.1: Dotazník pro žáky

Příloha č.2: Dotazník pro učitele

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Lokalizace fotosyntetických dějů v rostlinné buňce .....	8
Obrázek 2 Primární a sekundární fáze.....	9
Obrázek 3 Primární fáze fotosyntézy .....	10
Obrázek 4 Sekundární fáze fotosyntézy .....	10
Obrázek 5 Ukázka strany 11 v učebnici Přírodopis 6, Nová škola .....	17
Obrázek 6 Ukázka strany 31 v učebnici Hravý přírodopis 6, TakTik.....	18
Obrázek 7 Ukázka strany 20 a 21 v učebnici Chemie 9, Fraus .....	23
Obrázek 8 Ukázka obrázku provázání fotosyntézy a buněčného dýchání v rostlinné buňce na straně 75, Taktik, Hravá chemie 9 .....	24
Obrázek 9 Vyhodnocení otázky č.1.....	30
Obrázek 10 Vyhodnocení otázky č.2.....	31
Obrázek 11 Vyhodnocení otázky č.3.....	31
Obrázek 12 Vyhodnocení otázky č.4.....	32
Obrázek 13 Vyhodnocení otázky č.5.....	33
Obrázek 14 Vyhodnocení otázky č. 6.....	33
Obrázek 15 Vyhodnocení otázky č. 7.....	34
Obrázek 16 Vyhodnocení otázky č. 8.....	35
Obrázek 17 Vyhodnocení otázky č. 9.....	35
Obrázek 18 Vyhodnocení otázky č. 10.....	36
Obrázek 19 Vyhodnocení otázky č. 11.....	36
Obrázek 20 Vyhodnocení otázky č. 12.....	37
Obrázek 21 Celkový souhrn úspěšnosti žáků v jednotlivých otázkách.....	37
Obrázek 22 Využití digitální aplikace .....	43
Obrázek 23 Obsah digitální aplikace.....	43
Obrázek 24 Grafické znázornění oblíbenosti tématu fotosyntéza .....	45
Obrázek 25 Délka pedagogické praxe .....	45
Obrázek 26 Pozorování zájmu žáků o poznání významu rostlin .....	46



Seznam tabulek:

Tabulka 1 Počet dotazovaných žáků a učitelů základních škol.....	29
Tabulka 2 Náročnost tématu fotosyntéza u učitelů .....	38
Tabulka 3 Výpovědi učitelů k úskalí tématu fotosyntéza .....	39
Tabulka 4 Výuka tématu fotosyntézy vodních rostlin.....	40
Tabulka 5 Význam rostlin pro vodní ekosystémy .....	41
Tabulka 6 Využívání digitálních zdrojů .....	42
Tabulka 7 Obtížnost tématu fotosyntéza při vysokoškolských studiích učitelů.....	44

**Dotazníkové šetření pro žáky – téma fotosyntéza**

V současné době se hodně mluví o rostlinné biomase a jejím využívání, rozumíme tomu, co je to biomasa, jak vzniká a proč ji lze využívat? Odpověz prosím na několik následujících otázek:

Pohlaví       muž       žena                      prosím, uveď svůj věk: .....let

**1. Co je to rostlinná biomasa?**

.....

.....

.....

.....

**2. Biomasa je považována za obnovitelný zdroj energie. Odkud pochází energie, která je v biomase skryta?**

.....

.....

.....

.....

**3. Česká republika využívá k výrobě energie uhlí ze 45 %, jádro ze 43 % a obnovitelné zdroje (vodní energie, větrná energie, sluneční energie biomasa) ze 12 %. Jaký je podíl biomasy na obnovitelných zdrojích? (vyber jednu z následujících možností)**

Podíl biomasy na obnovitelných zdrojích energie v ČR je:

a) 25 %

b) 50 %

c) 80 %

**4. Jaký proces v rostlinném těle je nejdůležitější pro tvorbu biomasy?**

.....

**5. Srovnej výživu rostlin a výživu živočichů – doplň následující věty**

a. živočichové získávají živiny z

.....

.....

b. rostliny získávají živiny z

c.

.....

.....

**6. Do následující tabulky doplň, co všechno rostlina potřebuje ke svému růstu a odkud to získává. Vyjmenuj vše, co je podle Tebe pro růst nezbytné**

Co rostlina k růstu potřebuje?	Odkud to získává suchozemská rostlina	Odkud to získává vodní rostlina?

**7. Do následující tabulky doplň, jaké plynné látky rostliny přijímají z atmosféry a jaké do ní uvolňují ve dne a jaké v noci?**

	Ve dne	V noci
Jaké plynné látky přijímají rostliny z atmosféry		
Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry		

**8. Jestliže v zimě spotřebujeme na otop v domácnosti za den např. 40 kWh elektrické energie, dokážete si představit, jaké množství dřeva na to přibližně spotřebujeme?**

- a) Přibližně 1 kg dřeva
- b) Přibližně 10 kg dřeva
- c) Přibližně 100 kg dřeva

**9. Vyberte z následujících tvrzení jedno pravdivé a následně vyberte jeden z důvodů, proč jste toto tvrzení vybrali:**

- a) Odstraníme-li živou biomasu (např. les) z velké plochy, má to příznivý vliv na naše životní prostředí
- b) Odstraníme-li živou biomasu (např. les) z velké plochy, nemá to žádný vliv na naše životní prostředí
- c) Odstraníme-li živou biomasu (např. les) z velké plochy, má to negativní vliv na naše životní prostředí

Toto tvrzení považuji za pravdivé, protože:

- i) rostliny, hlavně lesy, vypařují mnoho vody a způsobují tak sucho
- ii) se sníží se množství oxidu uhličitého v atmosféře a sníží se globální oteplování
- iii) se oteplí okolní vzduch, v krajině ubude voda a způsobí to erozi půdy

**10. Pro jaký proces rostlina spotřebovává největší část sluneční energie, která na ni dopadá?**

.....

**11. V létě se na vodních nádržích vytváří tzv. vodní květ. Jaké organismy ho tvoří a jak vzniká?**

.....

.....

**12. Vyberte z následujících tvrzení jedno pravdivé a následně vyberte jeden z důvodů, proč jste toto tvrzení vybrali:**

- a) Během dne je ve vodě rybníka s vodními rostlinami více kyslíku a méně oxidu uhličitého než v noci
- b) V noci je ve vodě rybníka s vodními rostlinami méně kyslíku a více oxidu uhličitého než ve dne
- c) Ve dne a v noci je množství kyslíku a oxidu uhličitého ve vodě rybníka s vodními rostlinami vyrovnané

***Toto tvrzení považuji za pravdivé, protože:***

- i) Vodní rostliny ve dne pouze fotosyntetizují, kdežto v noci pouze dýchají, ve dne tedy uvolňují díky fotosyntéze kyslík a v noci ho při dýchání spotřebovávají
- ii) Vodní rostliny dýchají ve dne i v noci, ale ve dne zároveň při fotosyntéze také uvolňují kyslík a spotřebovávají oxid uhličitý
- iii) Rostliny ve vodě nemohou růst, protože je tam málo světla, po většinu roku chladno a plyny (kyslík, oxid uhličitý) se pohybují velmi pomalu
- iv) Vodní rostliny množství kyslíku ani oxidu uhličitého ve vodě neovlivňují, protože pod vodou nemohou dýchat

---

*Výzkum probíhá v rámci projektu TL 05000150: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině*

*Projekt je řešen s podporou TAČR*

## Dotazníkové šetření pro učitele - téma fotosyntéza

1. Jaká je dle vašeho názoru náročnost tématu fotosyntéza pro vaše žáky? Svůj názor vyjádřete hodnocením na škále od 1 do 5 , stupeň 1 = téma je nenáročné, stupeň 5 = téma je velmi náročné. \*

fotosyntéza je téma nenáročné    1    2    3    4    5    Fotosyntéza je téma velmi náročné

2. Co považujete za největší problém při výuce tématu fotosyntéza? \*

Zadejte svoji odpověď.

3. Zmiňujete ve své výuce také fotosyntézu vodních rostlin? Pokud ano, specifikujte prosím, v jakém smyslu. Povinná odpověď. Víceřádkový text.

\*

Zadejte svoji odpověď.

4. Považujete v současné době za důležité seznámit žáky s významem rostlin pro vodní ekosystémy? Svou odpověď prosím zdůvodněte. \*

Zadejte svoji odpověď.

5. Používáte při výuce tématu fotosyntéza digitální výukové zdroje? Pokud ano, uveďte prosím, jaké.

\*

Zadejte svoji odpověď.

6. Pokud by byla k dispozici kvalitní digitální aplikace pro výuku fotosyntézy, používal/a byste ji ve své praxi? \*

- ANO
- Pouze vyjíměčně
- NE

7. Co by měla obsahovat digitální výuková aplikace, kterou byste ve výuce používal/a - vyberte vše, co se Vám zdá vhodné \*

- a) Interaktivní učebnice fotosyntézy
- b) Interaktivní terénní úlohy
- c) Interaktivní laboratorní úlohy využívající žákovská měření cenově dostupnými moderními měřicími přístroji
- d) Výuková videa
- e) schémaVýuková ta
- f) Mapy, grafy, 2D a 3D animace
- g) Interaktivní cvičení s auto-evaluačnímu vyhodnoceními
- h) testy s automatickým vyhodnocením, grafy
- Jiné

8. Pokud jste v předcházející otázce vybral/a možnost jiné, uveďte zde prosím, jaké další součásti by podle Vašeho názoru měla výuková aplikace obsahovat.

---

9. Pokud si vzpomenete na vlastní vysokoškolská studia, jak obtížné bylo téma fotosyntéza pro Vás během Vašeho vysokoškolského studia? Ohodnoťte na stupnici od 1 do 5, kde 1 = nebylo vůbec obtížné, 5 = bylo velmi obtížné \*

nebylo vůbec obtížné    1    2    3    4    5    bylo velmi obtížné

10. Patří téma fotosyntéza k oblíbeným ve Vaší praxi, tzn. učíte o fotosyntéze rád/ a? \*

- ANO
- NE
- Mám k výuce tohoto tématu neutrální vztah

11. Jaká je délka Vaší pedagogické praxe? \*

- Méně než 5 let
- 5 - 10 let
- 10 - 20 let
- Více než 20 let

12. Pozorujete u svých žáků zájem o poznání významu rostlin v krajině? \*

- ANO
- NE
- Nevím

---

*Výzkum probíhá v rámci projektu TL 05000150: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině*