



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

Bakalářská práce

Fotosyntéza terestrických rostlin jako téma
na 2. stupni základních škol

Vypracovala: Nikola Boháčová

Vedoucí práce: PhDr. Zbyněk Vácha, Ph.D.

České Budějovice 2023

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

.....

Nikola Boháčová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce PhDr. Zbyňku Váchovi, Ph.D., za odborný dohled, milý přístup, čas a cenné rady, které mi v průběhu předával. Dále bych ráda poděkovala ředitelům škol, kteří mi dotazníkové šetření umožnili a všem respondentům, kteří vyplněním dotazníků poskytli informace pro zpracování kvalifikační práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na žákovské znalosti fotosyntézy a dalších souvisejících procesů u terestrických rostlin. Obsah práce poukazuje na mylné představy u žáků 9. ročníků základních škol a nižšího gymnázia. Dále se zabývá postoji učitelů přírodopisu k náročnosti a realizaci výuky fotosyntézy. V rámci teoretické části jsou představeny fyziologické procesy rostlin a jejich případné miskoncepce, jejichž výskyt je častý v českých i zahraničních výzkumech.

Studie byla realizována na čtyřech základních školách a nižším gymnáziu pomocí dotazníkového šetření. Výsledky šetření deklarují, že mezi žáky panují mylné předpoklady a nedostatečné znalosti z fyziologie rostlin. Responze učitelů přírodopisu poukazují na náročnost výuky biochemických procesů v nižších ročnících základní školy.

Klíčová slova: biomasa, fotosyntéza, respirace, miskoncepce, základní školy, učitelé, dotazníkové šetření

Abstract

This bachelor's thesis focuses on pupil's knowledge about photosynthesis and the other related processes in the terrestrial plants. The aim of the thesis was to find out misconceptions of the ninth grade pupils of elementary schools and lower grammar schools. It also deals with attitudes of teachers about teaching photosynthesis. Theoretical part of this thesis mentions physiological processes of plants and their possible misconceptions. These misconceptions are common in Czech and foreign studies.

The study was realized in four elementary schools and lower grammar school using a questionnaire survey. The results of the survey declare that there are misconceptions and insufficient knowledge of plant physiology. Answers from biology teachers state that teaching biochemical processes in lower grades of primary school is difficult.

Key words: biomass, photosynthesis, respiration, misconception, primary schools, teachers, questionnaire survey

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Literární přehled	8
2.1	Energetický metabolismus	8
2.2	Základní informace o fotosyntéze	8
2.2.1	Fotosyntetické struktury	9
2.3	Průběh fotosyntézy	10
2.3.1	Fotochemická fáze (světelná)	10
2.3.2	Syntetická fáze (temnostní)	12
2.4	Biomasa.....	14
2.5	Základní principy respirace a transpirace	15
2.5.1	Respirace.....	15
2.5.2	Transpirace.....	15
2.6	Žákovské vnímání předmětu biologie.....	16
2.7	Postavení fotosyntézy v RVP ZV	17
2.8	Postavení fotosyntézy v ŠVP dotazovaných škol	18
2.9	Problémy ve výuce fotosyntézy	18
2.9.1	Prekoncepce a miskoncepce	20
2.9.2	Příklady miskonceptí při výuce fotosyntézy	21
3	Metodika	25
3.1	Žákovský a učitelský dotazník	26
3.2	Průběh vyhodnocování získaných dat	26
4	Výsledky	27
4.1	Vyhodnocení dotazníků – žáci	27
4.2	Vyhodnocení dotazníků – učitelé.....	41
5	Diskuse.....	47
6	Závěr	51
7	Seznam literatury	52
8	Seznam obrázků a tabulek	57
9	Přílohy.....	58

1 Úvod

Rostliny jsou po tisíciletí součástí našich životů. Byly na planetě Zemi mnohem dříve než lidé. Podíváme-li se na jednotlivé fyziologické procesy, které v každé rostlině probíhají, tak mezi ty nejdůležitější řadíme fotosyntézu. Je jediným procesem, při kterém dochází k fixaci oxidu uhličitého z ovzduší.

Ačkoli se jedná o velmi důležitý proces nejen pro rostliny, žáci o něm příliš mnoho neví. Jedním z důvodů může být nepříliš vysoká atraktivita výuky botaniky na školách, která na 2. stupni obsahuje i výuku fotosyntézy a dalších fyziologických procesů (buněčné dýchání, transpirace). K této skutečnosti může přispívat velké množství odborné terminologie a náročnost celého procesu. Zároveň i samotní učitelé shledávají své nedostatky v dané oblasti (Vágnerová, Benediktová & Kout, 2019).

V teoretickém úvodu je vymezen pojem metabolismus a následně vysvětlena a popsána fotosyntéza. Zdůrazněny jsou nezbytné struktury k její realizaci a fáze jejího průběhu. Další část je věnována procesu s fotosyntézou úzce svázaným – tvorba a význam biomasy. Na ní navazují další známé fyziologické procesy (buněčné dýchání, transpirace), které jsou okrajově vysvětleny.

Navazující část poukazuje na obecný vztah žáků k výuce přírodních věd, postavení tématu fotosyntéza v systému kurikulárních dokumentů a na mylné předpoklady neboli miskoncepce vzniklé během vzdělávacího procesu žáků. V poslední části jsou uvedeny konkrétní studie zabývající se mylnými předpoklady.

Cílem práce je popsat problematiku spojenou s výukou fotosyntézy. Hlavním pilířem je následné ověřování znalostí žáků 9. ročníků pomocí dotazníkového šetření. Součástí práce je i snaha o vysvětlení, proč je pro žáky téma tak složité. Bakalářská práce je součástí projektu *TL 05000150: Biomasa v trvale udržitelné krajině: digitální platforma pro výuku fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině*. Dalším cílem je zjištění názorů a postojů vyučujících přírodopisu k výuce fotosyntézy na základních školách. Tato bakalářská práce není jediná svého druhu. V minulém akademickém roce 2021/2022 téma zpracovávali studenti Pedagogické fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (PF JČU). Výsledky dotazníků budou sloužit jako informační zdroj pro vývoj výukové aplikace zabývající se tímto kritickým místem ve výuce přírodopisu.

2 Literární přehled

2.1 Energetický metabolismus

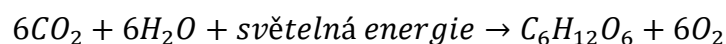
Metabolismus neboli přeměna látek a energií je dělen na primární a sekundární, přičemž produkty jako sacharidy, bílkoviny, lipidy, nukleové kyseliny a aminokyseliny vznikají během primárního metabolismu pomocí známých fyziologických dějů, respirace a fotosyntézy (Ryplová, 2014).

Např. alkaloidy, isoprenoidy nebo fenolické látky následně vznikají z produktů fotosyntézy nebo meziproduktů metabolismu při respiraci. Během druhotného metabolismu se tvoří odpadní produkty, které se hromadí ve vakuolách, buněčných stěnách či ve speciálních typech buněk. Současně se ale syntetizují nezbytně důležité složky pro život rostliny. Přívlastek sekundární by mohl být proto zavádějící. Vhodnějším slovním spojením je označení látky speciální (Luštinec & Žárský, 2005).

2.2 Základní informace o fotosyntéze

Termín fotosyntéza doslovně znamená sestavování či budování světlem (Hall & Rao, 1999). Jde o jeden z nejdůležitějších anabolických dějů probíhající ve fotosyntetických bakteriích, sinicích a zelených rostlinách (Hoganson & Babcock, 1997). Tato společenstva ukládají do chemických vazeb světelnou energii a vytvářejí z anorganických látek, vody a oxidu uhličitého, organické sloučeniny – sacharidy (Klouda, 2000). Odpadním produktem je kyslík, který vzniká během štěpení molekuly vody. Zjednodušeně se dá říci, že organismy schopné fotosyntézy vytváří sacharidy pomocí sluneční energie a fixace CO₂ (*oxid uhličitý*) z atmosféry (Ryplová, 2014). Závodská (2006) zmiňuje, že celý proces je závislý nejen na dostatku světla a CO₂ v atmosféře, ale i na vhodné teplotě, dostupnosti vody a minerálů obsažených v půdě.

Obecná rovnice fotosyntézy



Rostliny převážně patří mezi organismy fotoautotrofní, u nichž je energetickým zdrojem záření. Základní jednotkou je foton, který se chová jako částice nebo jako vlna. Pomocí fixace energie slunečního záření rostliny zpřístupňují nejen energii pro vlastní metabolismus, ale zároveň i pro všechny organismy na celém světě (Procházka, Macháčková, Krekule & Šebánek, a kol., 1998). Proces fotosyntézy se rozděluje na dvě na sebe navazující fáze – světelnou a temnostní (Vodrážka, 1996).

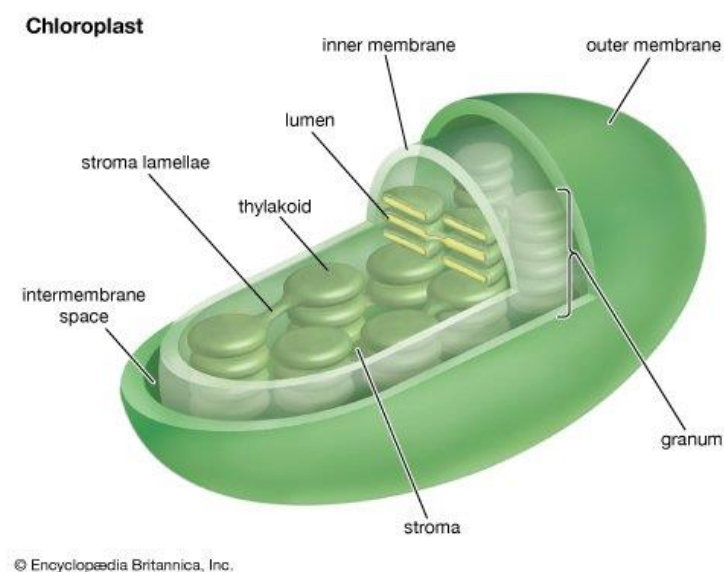
2.2.1 Fotosyntetické struktury

2.2.1.1 List

Jednou z nejdůležitějších částí rostliny v souvislosti s fotosyntézou je list. Je to tenký, plochý útvar přizpůsobený k maximálnímu vstřebávání slunečního záření. Dále obsahuje transportní dráhy, které zajišťují výměnu plynů mezi vnitřním prostředím listu a okolní atmosférou (Luštinec & Žárský, 2005). Během fotosyntézy se uplatňuje vnější i vnitřní povrch listu. Přičemž vnitřním povrchem se rozumí povrch buněk mezofylu (základní pletivo) na hranici s mezibuněčnými prostory a je 10 až 20krát větší než povrch vnější. Listy nejlépe pohlcují modré, červené a žluté záření. Přibližně 90–95 % vstřebané sluneční energie se ztratí v podobě tepla (Procházka et al., 1998).

2.2.1.2 Chloroplast

Chloroplasty jsou vnitrobuněčné oválné organely, které obsahují nezbytné články k realizaci fotosyntézy (Obr. 1). Účastní se ale také biosyntézy aminokyselin, nukleotidů, lipidů a škrobu (Sugiura, 1992). Povrch organely je tvořen vnější propustnou a vnitřní částečně propustnou membránou. Vnitřní prostor je vyplněn bílkovinnou tekutinou, jíž se říká stroma. Tekutina je prostoupena systémem tylakoidů, na něž jsou vázána fotosyntetická barviva s proteiny a společně vytvářejí fotosystémy (Votrubová, 2017). Tylakoidy, struktury měchýřkovitého tvaru s vlastní membránou, se skládají na sebe a tvoří pomyslné sloupečky zvané grana. Ve stromatu se nachází ale i volně ležící tylakoidy – ne všechny totiž grana vytvářejí (Ryplová, 2014).



Obr. 1 – Struktura chloroplastu (Encyclopaedia Britannica, 2022)

2.2.1.3 Fotosyntetické pigmenty

Součástí membrány tylakoidů jsou barviva vázaná na bílkoviny. Takový komplex se označuje jako pigment (Luštinec & Žárský, 2005). Nejdůležitějšími asimilačními pigmenty u rostlin jsou chlorofyly. Je známo celkem 7 typů – chlorofyl a, b, c, d, e, bakteriochlorofyl a bakterioviridin. Při fotosyntéze jsou dominantními pigmenty modrozelený chlorofyl a společně se žlutozeleným chlorofylem b. Kromě bakterií se vyskytují ve všech autotrofních organismech (Nováček, 2008). Chlorofyl a je nejpodstatnějším asimilačním pigmentem. Nejlépe absorbuje část denního světla o vlnové délce 430–670 nm, což odpovídá modrofialové a červené části světelného spektra. Naopak odráží část zelenou, proto vidíme rostliny a jejich listy zeleně (Nobel, 2005).

Součástí chloroplastů jsou žlutooranžové až červené karotenoidy. Dělí se na dvě hlavní skupiny – bezkyslíkaté karoteny a kyslíkaté xantofyly. Jejich absorpční spektrum je odlišné od chlorofylů (Nováček, 2008). Pohlcují energii, kterou následně přemístí na chlorofyly, kde se dále využije. Karotenoidy jsou schopny zachytit i spektrum, které chlorofyly odrážejí – modré o vlnové délce 425–490 nm a zelené o vlnové délce 490–560 nm. Dále dokážou přebytečnou energii přeměnit na teplo, a to z důvodu ochrany chlorofylu před nežádoucí fotooxidací (Nobel, 2005).

Mezi další důležité pigmenty se řadí fykobiliny. Vyskytují se ve vysoké koncentraci u sinic a ruduch. Příznačná je pro ně pevná vazba s bílkovinou. Za dva nejdůležitější jsou považovány červený fykoerythrin a modrý fykocyanin (Nobel, 2005).

2.3 Průběh fotosyntézy

Průběh fotosyntézy má dvě základní fáze. V první fázi, označované jako fotochemická, jsou vytvářeny ATP (*adenosintrifosfát*) a NADPH (*nikotinamidadeninnukleotidfosfát*). Tvorba produktů závisí na oxidaci vody, kterou pohání světelná energie, a současně se uvolňuje kyslík. V sekundárním procesu, tzv. syntetické fázi, dochází k asimilaci oxidu uhličitého a k syntéze sacharidů. Současně se spotřebovávají produkty první fáze – ATP a NADPH (Luštinec & Žárský, 2005).

2.3.1 Fotochemická fáze (světelná)

Fotochemické procesy probíhají za přítomnosti světla. Zapojují se do nich dva systémy pigmentů – fotosystém I a II. Každý z nich má pomyslnou anténu, která dokáže zachytit energii fotonů (Špička, 2004). Převládající složkou v reakčním centru fotosystému I

je chlorofyl a absorbující záření o maximální vlnové délce 700 nm. Na základě zmíněné vlastnosti se fotosystém označuje jako P700. Ve fotosystému II je větší podíl chlorofylu b a absorbuje světlo o vlnové délce 680 nm. Ze stejného důvodu jako předchozí fotosystém se tento označuje jako P680. Obě struktury obsahují doplňkové pigmenty – karotenoidy (Larcher, 1988).

Světelná reakce začíná absorpcí fotonů slunečního záření. Energie zachycena anténními pigmenty fotosystémů I a II je následně přenášena do jejich reakčních center. Zde dochází k excitaci elektronů – elektrony přecházejí do vyšší energetické hladiny, než je jejich základní stav. Excitace elektronů je klíčovým krokem pro přeměnu sluneční energie na energii chemickou. Bohatě energicky nabitě elektrony putují řetězcem a odevzdávají svou potenciální energii v cyklickém a necyklickém transportu, vedoucím k tvorbě ATP a NADPH (Vodrážka, 1998).

2.3.1.1 Cyklický transport elektronů

Cyklického transportu elektronů se účastní pouze fotosystém I. Excitovaný elektron uvolněný z fotosystému je předáván na ferredoxin, dále cestuje na plastochinon. Vrací se zpět do fotosystému I přes cytochrom b, cytochrom f a plastochinon. Tento děj je označován jako cyklický transport, protože se elektron vrací na místo, ze kterého byl uvolněn. Za vzniku membránového gradientu při přenosu elektronů může docházet ke tvorbě ATP (Ryplová, 2014). Děj, při kterém je část energie excitovaných elektronů využita k výrobě ATP, se nazývá fotofosforylace – v tomto případě cyklická fotofosforylace (Vodrážka, 1998). Zmíněný děj zvyšuje množství energie v podobě ATP. Produkt je následně využit při temnostní fázi fotosyntézy. NADPH se během cyklického toku nevytváří (Závodská, 2006).

2.3.1.2 Fotofosforylace (tvorba ATP)

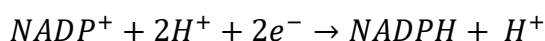
Součástí tylakoidové membrány je komplex ATP-syntáza, jenž umožňuje vlastní tvorbu ATP. Na molekulu ADP (*adenosindifosfát*) se naváže fosfátová skupina. Na vnější straně membrány se vlivem cyklického transportu nachází přebytek protonů, a vzniká tak protonový gradient. Ten pohání ATP-syntázu, a dochází tak k poklesu gradientu na vnější i vnitřní straně membrány (Vodrážka, 1996). Průběh fotofosforylace vysvětlil a popsal P. Mitchell v roce 1961.

2.3.1.3 Necyklický transport elektronů

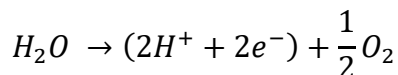
Z fotosystému II se uvolní excitovaný elektron s vysokým energetickým potenciálem. Prostřednictvím přenašečů je elektron transportován na plastochinon. Následně jej předá cytochromovému komplexu – cytochromu b a cytochromu f. Dále putuje na bílkovinu obsahující měď – plastocyanin (Luštinec & Žárský, 2005). Dostane se až do reakčního centra fotosystému I, kde může zaujmout místo excitovaného elektronu. Chybějící elektrony jsou do fotosystému II zpátky doplněny z fotolýzy vody (Ryplová, 2014).

Ve své publikaci Luštinec & Žárský (2005) zmiňují, že fotosystém I pohlcuje energii, uvolňuje elektron a přijímá jiný od plastocyaninu. Elektrony jsou dále přeneseny na protein ferredoxin, ze kterého jsou společně s protony ze stromatu následně přeneseny na konečný akceptor NADP^+ . S využitím protonů dochází k redukci NADP^+ na $\text{NADPH} + \text{H}^+$.

Fotoredukci NADP^+ vyjadřuje rovnice:



Protony na redukci poskytuje fotolýza vody (Hillova reakce), kterou vyjadřuje rovnice:

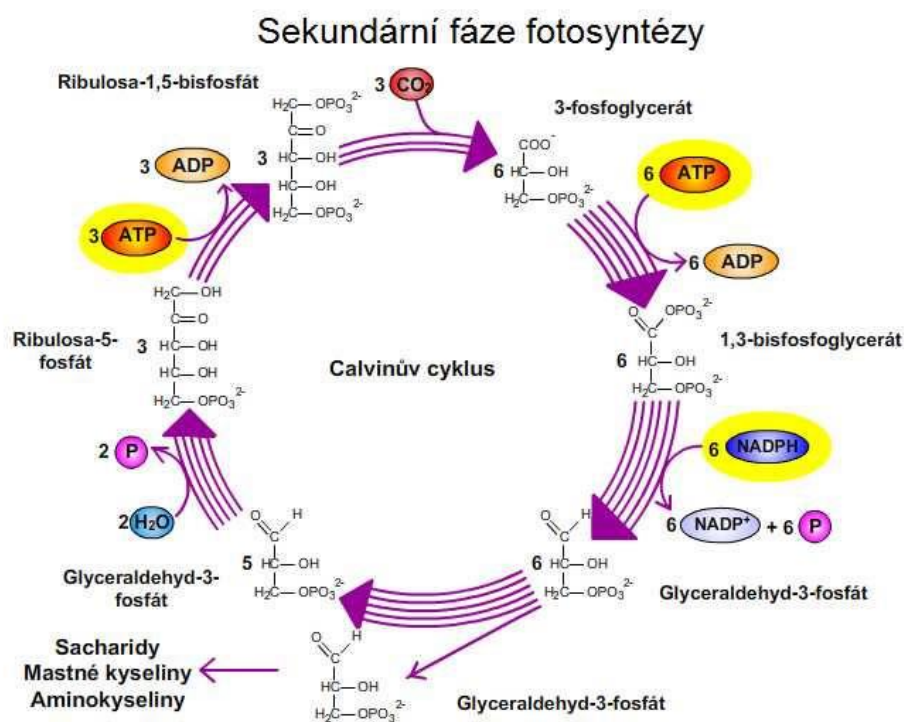


Elektrony využitě při fotoredukci NADP^+ nepocházejí z fotolýzy vody, ale z procesu fotochemické excitace fotoreceptoru.

2.3.2 Syntetická fáze (temnostní)

Probíhá ve stromatu chloroplastů a zjednodušeně dochází k biosyntéze sacharidů z oxidu uhličitého pomocí produktů ze světelné fáze. Nemusí probíhat za přítomnosti světla (Závodská, 2006). V letech 1946–1953 objevili M. Calvin, J. Bassham a A. Benson tuto metabolickou dráhu, známou jako Calvinův cyklus (Špička, 2004). ATP svým rozkladem dodává energii pro vznik uhlikatých struktur. NADPH zde má funkci redukčního činidla. Anorganický uhlík, který je součástí oxidu uhličitého, se mění na uhlík organický. Důležitý enzym, jenž umožňuje navázat oxid uhličitý do Calvinova cyklu, je *ribulosabifosfátkarboxylasa* (zkráceně RuBisCO) (Teplá, 2013). Na základě vytváření prvních tříuhlíkatých látek je proces asimilace označován jako C_3 cyklus a rostliny, u nichž je první stabilní složkou právě tříuhlíkatá molekula, jako C_3 -rostliny (Ryplová, 2014).

Vodrážka (1996) rozděluje Calvinův cyklus na tři základní části – fixaci CO₂ v organické formě, redukci aktivovaného CO₂ a regeneraci akceptoru CO₂. V první fázi dojde k navázání CO₂ do pětiuhlíkaté *ribulosa-1,5-bisfosfátu* s pomocí enzymu RuBisCo. Z nestabilního šestiuhlíkatého meziproductu vznikají tříuhlíkaté molekuly *3-fosfoglycerátu*. Následně se v redukční fázi využívá NADPH a ATP. Po několika reakcích dojde ke vzniku *glukosa-6-fosfátu*. K výrobě šestiuhlíkaté sloučeniny z molekul CO₂ je potřeba, aby cyklus proběhl šestkrát. V poslední fázi se složitým procesem ribulosa regeneruje a cyklus se opakuje. Všechny rostliny nemají stejný metabolický cyklus fixace CO₂. Například kukuřice se řadí mezi rostliny C₄. Marshall Hatch a Robert Slack společně objasnili cyklus těchto rostlin. Příjemcem CO₂ je *fosfoenolpyruvát*, a vzniká tak čtyřuhlíkatá molekula *oxalacetátu*. Rostliny C₄ se vyskytují nejčastěji v teplých oblastech, protože mají vyšší energetickou spotřebu při fosforylaci pyruvátu (Špička, 2004).



Obr. 2 – Calvinův cyklus (Teplá, 2013)

2.4 Biomasa

Veškerá organická hmota na Zemi je označována jako biomasa. Pokud je rostlinného původu a vytvářena během procesu fotosyntézy, je uváděna pod pojmem fytomasa. Je buď cíleně získávána pěstováním různých rostlinných druhů, nebo se jedná o odpady zemědělské či potravinářské produkce. Zahrnuje širokou škálu materiálů, včetně rostlinných zbytků, dřeva, biologických odpadů, energetických plodin, krmiv, zbytků lesní produkce a dalších rozložitelných organických materiálů (Šnobl & Pulkrábek, 2005). Během fotosyntézy se přeměňuje necelé 1 % dostupného slunečního světla na energii uloženou v chemických vazbách (Ryplová, 2014). Z anorganických látek se vytvoří glukóza, která je základním stavebním prvkem fytomasy a energetickým zdrojem pro živočichy. Primární produkty fotosyntézy jsou výchozí složkou pro organické sloučeniny, jež nalezneme ve všech organismech (Škorpík, 2006).

Fytomasa je považována za jeden z obnovitelných zdrojů energie, jelikož rostliny mohou být pravidelně pěstovány, sklizeny a obnovovány – na rozdíl od fosilních paliv, která jsou omezená dostupností. Spotřeba černého uhlí je výrazně rychlejší než následná obnova (Sánchez, Curt, Robert & Fernández, 2019). Z fytomasy mohou přímou i nepřímou formou vznikat biopaliva, jež mají pevný, kapalný nebo plynný charakter. Nejvýznamnějším zdrojem dřevěných (pevných) paliv jsou lesy. Buď dochází ke kácení stromů na účelových plantážích, nebo v lesích, které vyrostly přirozeně. Na plantážích se pěstují zejména rychle rostoucí druhy, jako jsou topol, akát nebo vrba. V oblastech nedostatku dřeva hrají důležitou roli rostlinné zbytky (Keles, Bilgen & Kaygusuz, 2017).

Šnobl & Pulkrábek (2005) ve své publikaci uvádějí, že využíváním rostlinné biomasy pro energetické účely se zabývá fytoenergetika. Jedním ze způsobů získávání energie z fytomasy je spalování, přičemž spalování fosilních paliv uvolňuje do vzduchu emise poškozující životní prostředí (zejména oxidy síry a dusíku). Zvyšuje se koncentrace CO₂, který přispívá ke globálnímu oteplování. Celjak (2012) zmiňuje, že využití fytomasy může pomoci uvedenou zátěž snížit. Při spalování rostlinné biomasy dochází k uvolňování pouze CO₂, který byl přijat rostlinami během fotosyntézy. Z celkového hlediska lze říci, že využití energie z rostlin má nižší uhlíkovou stopu než fosilní paliva. To je hlavním důvodem, proč mnoho průmyslových zemí zahájilo politiku zvyšování podílu biomasy na celkové národní spotřebě energie.

Někteří lidé se domnívají, že kácení palivového dřeva představuje pro tropické deštné pralesy velkou hrozbu. To je jedním z aspektů, které brání rozvoji „zdravé“ energetické politiky (Keles et al., 2017). V rozvojových zemích se fytomasa využívá jako zdroj energie pro vaření a vytápění. Nabízejí její obnovitelnost v krátkém časovém měřítku. Předpokládá se, že do budoucna bude využívání energetického potenciálu v rostlinné biomase narůstat i ve vyspělých zemích. Za předpokladu dostatečného uznání, by se biomasa mohla stát šetrným palivem budoucnosti (Keles et al., 2017).

Mnoho vědeckých článků a publikací se zabývá negativními vlivy na životní prostředí spojené s odstraněním velkého množství biomasy. Fytomasa obvykle pomáhá zadržovat vodu a regulovat hydrologický cyklus. Pokud se odstraní, může dojít k narušení rovnováhy a zvýšení rizika sucha. Dalšími negativními vlivy jsou eroze a degradace půdy. To ovlivní schopnost půdy zadržovat vodu, živiny a podporovat rostlinný růst. V neposlední řadě rostlinná společenstva slouží jako potrava nebo úkryt pro mnoho živočichů. Likvidace lesních a lučních společenstev rostlin tedy ovlivňuje biodiverzitu živočichů, vodu v krajině a půdní vlastnosti (Smith & Torn, 2013).

2.5 Základní principy respirace a transpirace

2.5.1 Respirace

Buněčné dýchání neboli respirace je na rozdíl od fotosyntézy dějem katabolickým. Organické látky jsou rozkládány na látky anorganické, přičemž dochází k uvolňování energie. Rostlina získanou energii využije pro další životně důležité procesy. Během respirace je kyslík spotřebováván, a naopak oxid uhličitý uvolňován. Odehrává se v mitochondriích eukaryotických buněk za světla i ve tmě (Ryplová, 2014).

2.5.2 Transpirace

Opomíjeným fyziologickým procesem, kterým rostliny významně ovlivňují své prostředí, je transpirace (Ryplová & Pokorný, 2019). Tento pojem vyjadřuje mechanismus v rostlině, při němž kapalná fáze vody přechází v plynnou. Voda se z rostlinného těla dostane ven pomocí průduchů v listu (Procházka et al., 1998). Fotosyntetický děj spotřebovává necelé 1 % dopadající energie. V porovnání s ním využívá transpirace až 80 % energie ze Slunce. Jedná se o proces, při kterém rostliny využívají největší množství dopadající sluneční energie. Transpirace má v přírodě termoregulační význam, protože rostliny ochlazují sebe i své okolí (Ryplová, 2014).

2.6 Žákovské vnímání předmětu biologie

Informace o zájmech žáků mohou do budoucna pedagogům pomoci se zvýšením popularity přírodovědných předmětů. Ebenezer & Zoller (1993) zmiňují, že „věda“ je pro mnoho žáků obtížná a nudná. Tvrzení ale nelze zobecnit na veškeré vědní obory. Existují významné rozdíly v žákovských postojích mezi vědami fyzikálními a biologickými. Dle Ramsdena (1998) jsou biologické vědy vnímány kladněji než vědy fyzikální.

Prokop, Prokop & Tunnicliffe (2007) provedli studii na Slovensku zabývající se vztahem žáků k biologii napříč všemi ročníky základní školy. Všichni participanté byli tázáni na svůj nejoblíbenější předmět. Přírodopis dominoval ve 4. a 6. ročníku. Naopak u nejmladších a nejstarších žáků dosahoval nižších čísel. Ve studii nepozorovali významný rozdíl v popularitě biologie mezi děvčaty a chlapci. Vzhledem k ostatním vědeckým předmětům obsazoval přírodopis vyšší příčky než chemie, matematika nebo fyzika. Podobné výsledky (porovnání s ostatními předměty) získali ve své zahraniční studii Sencar & Eryilmaz (2004), jejichž vzorek tvořili žáci 9. ročníku základní školy v Turecku.

Několik výzkumů potvrdilo (Keeves & Kotte, 1992; Jones, Howe & Rua, 2000; Baram-Tsabari, Sethi, Bry & Yarden, 2006), že biologie je oblíbenější u děvčat. Fančovičová & Kubiátko (2015) podobné výsledky odůvodňují tím, že chlapce spíše lákají technicky zaměřené předměty.

Ramsden (1998) zastává přesvědčení, že žáci nevidí souvislosti učiva s každodenním životem, a tak zájem o přírodovědné předměty plynule klesá s rostoucím věkem. S tvrzením sympatizuje Kubiátko (2014). V České republice se ale popularita přírodopisu nezhoršuje s narůstajícím věkem kontinuálně. Oblíbenost přírodovědného předmětu na 2. stupni převládá u žáků 6. ročníku. Zároveň byl zaznamenán zlepšený postoj i u žáků 9. ročníků (Kubiátko, 2011). Celkové výsledky ze studie Kubiátko (2011) ukázaly, že přírodopis je u českých žáků 2. stupně základní školy považován za relativně oblíbený předmět.

Učitel hraje důležitou roli při utváření žákovských postojů k vyučovaným předmětům. Vztah vyučujícího s žáky je důležitým faktorem, který ovlivňuje popularitu předmětů na základních školách (Johnson, 2017). Na základě vztahu s pedagogem mohou mít žáci předmět rádi či nikoli. Pozitivní a negativní postoj jedinců k vyučovanému předmětu se nadále přenáší do vyšších ročníků a navazujícího studia. Může dokonce ovlivnit i volbu zaměstnání (Chetty, Friedman & Rockoff, 2012).

Malcová & Janštová (2018) realizovaly výzkum na 2. stupni základních škol a nižších gymnáziích v českých školách. Zabývaly se oblíbeností témat v přírodopisu napříč všemi čtyřmi ročníky. Z výsledků studie plynulo, že nejoblíbenějšími tematickými celky byly zoologie a biologie člověka. Výsledky se shodovaly i se zahraničními studii (Jones et al., 2000; Prokop, Prokop et al., 2007). Okruhy z biologie člověka a živočichů řadili i čeští pedagogové ke svým oblíbeným přednášeným tématům. Nejhůře dopadla mezi žáky geologie společně s mykologií. Botanika a fyziologické procesy nepatřily mezi nejoblíbenější témata, ale zároveň nebyly považovány za nejhorší. Výsledky žákovského hodnocení ovlivnilo pohlaví žáků, ročník, druh školy a konkrétní učitelé. Např. žáci na základní škole hodnotili botaniku lépe než žáci nižšího gymnázia. Autorky dochází k závěru, že významným faktorem na hodnocení oblíbenosti tematických celků v přírodopisu jsou učitelé a jejich vlastní postoje k tématům.

2.7 Postavení fotosyntézy v RVP ZV

Rámcový vzdělávací program (dále jen RVP) se řadí mezi kurikulární dokumenty. Ty slouží jako základní zdroj informací pro vzdělávací pracovníky, jako jsou např. učitelé, a poskytují rámec pro realizaci vzdělávacího procesu. Kurikulární dokumenty se rozdělují na dvě základní úrovně – státní (RVP) a školní, kam spadá školní vzdělávací program (dále jen ŠVP). Státní úroveň vymezuje rámce vzdělávání pro jednotlivé etapy výukového procesu – předškolní, základní, základní umělecké, jazykové a střední (MŠMT, 2023).

V RVP základního vzdělávání (dále jen RVP ZV) jsou uvedena pojetí a cíle základního vzdělávání, klíčové kompetence, vzdělávací oblasti, průřezová témata, rámcový učební plán a dále i vzdělávání žáků se speciálními vzdělávacími potřebami, vzdělávání mimořádně nadaných žáků a další. Přírodopis se nachází společně s chemií, fyzikou a zeměpisem ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda. V roce 2021 byla verze RVP ZV upravena. Došlo ke snížení týdenní časové dotace hodin právě v oblasti Člověk a příroda na úkor rozvoje digitálních kompetencí. V předchozím vydání RVP ZV z roku 2017 se žáci s fotosyntézou potkávali nejen během výuky přírodopisu, ale i v hodinách chemie. Dle aktuálně platného RVP ZV se s ní žáci setkají pouze při výuce biologie rostlin, protože byla z témat organické chemie vyřazena. Každá škola si dle RVP vytváří svůj vlastní ŠVP, který se může mezi jednotlivými vzdělávacími institucemi mírně lišit. Někteří žáci se tak mohou v chemii s fotosyntézou nadále potkávat (EDU, 2021).

Na základě cílů se často formulují očekávané výstupy. To jsou zaměřené výsledky, které se očekávají, že žáci dosáhnou na závěr daného vzdělávacího programu nebo předmětu. Součástí učiva biologie rostlin je jejich anatomie, morfologie, fyziologie, systém, význam a ochrana. Jedním z očekávaných výstupů je vysvětlení základních rostlinných fyziologických procesů (fotosyntéza, dýchání, růst, rozmnožování) a jejich využití při pěstování rostlin (EDU, 2021)

2.8 Postavení fotosyntézy v ŠVP dotazovaných škol

ŠVP zúčastněných škol se v mnohém shodují, ale přesto se v některých oblastech přírodopisu liší. Součástí všech ŠVP je oblast fyziologie rostlin, ve které se vysvětluje fotosyntéza a buněčné dýchání. Tři školy navíc k tématu přidávají růst a pohyby rostlin. Ve čtyřech školách se v rámci 2. stupně začíná fotosyntéza zmiňovat v 6. ročníku a na jedné škole až v 7. ročníku. Pouze ve dvou školách se v 6. ročníku probírá fotosyntéza současně s anatomii a morfologií rostlin. Jinak se vyučuje v rámci obecné biologie společně se stavbou rostlinné buňky. Další zmínka přichází až v 9. ročníku, kdy se v rámci ekologie klade důraz na potravní řetězce a ochranu přírody. V jedné škole učitelé s žáky probírají oběh prvků a toky energie. V ostatních školách se žáci dozvědí alespoň o koloběhu vody a skleníkovém efektu. Všechny školy seznamují žáky s environmentálními problémy. Témata jako využitelnost obnovitelných zdrojů a produkce biomasy se prolínají s učivem v zeměpisu. Organická chemie, probíraná v 9. ročnících dotazovaných škol, obsahuje kapitolu s přírodními látkami. V té je uvedena fotosyntéza v souvislosti se sacharidy. Ve třech školách se uvádí také při zavádění chemických rovnic.

2.9 Problémy ve výuce fotosyntézy

Dle Vágnerové, Benediktové & Kouta (2018) není pojem kritická místa v přírodopisu úplně zaveden. Místa např. ve výuce matematiky, která dělají žákům problémy a v nichž chybují, jsou označována jako kritická místa. Kvůli chybování, selhávání a nepochopení mohou vznikat u žáků mylné předpoklady (Rendl & Vondrová, 2014). Základní místa daného oboru v kurikulu jsou označována jako klíčové oblasti. Nastanou-li nesrovnalosti a problémy, stanou se místy kritickými. Což může mít za následek potíže v následujících podkapitolách (Vágnerová et al., 2018).

Ve výzkumu se Vágnerová et al. (2018) tázali učitelů přírodopisu, kde vidí problematická místa jednak ze své strany a jednak ze strany žáků. Stanovili tři hlediska potenciálních příčin vzniku kritických míst. Jedním z nich byla náročnost probíraného učiva. Z ontogenetického

hlediska se abstraktní myšlení začíná rozvíjet na 2. stupni základní školy v období staršího školního věku (Piaget & Inhelder, 1997). Z toho vyplývá, že komplexnější a těžko představitelná témata (např. fotosyntéza, mikroorganismy) způsobí žákům 6. ročníku problém, protože jejich rozvoj abstraktního myšlení je teprve v počátcích. Učitelé jsou často vystavováni časové tísní vlivem prázdnin, školních výletů nebo nedostatečné časové dotaci pro předmět. Často před nimi stojí nelehké rozhodnutí. Buď s žáky bude probráno učivo adekvátním způsobem s následkem, že se vše nestihne, nebo bude dodržen časový harmonogram. Nedostatek času nebo nadměrné množství nových pojmů může být další příčinou vzniku problematických míst. Poslední hledisko, které autoři uvádějí, je využívání výukových metod. Způsob předávání probírané látky je neméně důležitým aspektem při tvorbě kritických míst. Pasch, Gardner, Sparks-Langerová, Starková, & Moodyová (1998) doporučují během přírodopisu výuku induktivní. Učitel vypráví dostatečné množství reálných příkladů, ze kterých si žáci utváří znalosti ohledně zákonitostí přírodních procesů a pojmů. Naopak při deduktivní metódách jsou žáci obeznámeni o obecnými fakty, jež následně aplikují na konkrétní příklady. Takové metody jsou vhodné např. pro výuku matematiky. Sanders (1993) poukázal na důležitou roli učitele při formování žákovských miskoncepcí, protože mohou vznikat při nesprávné a nepřesné prezentaci daného konceptu.

Pavlátová & Kroufek (2018) ve své publikaci popisují, že pro tvůrce učebních materiálů je důležitá znalost problematických míst. Mohou se lépe na fenomény zaměřit. Mezi fenomény autoři řadí např. krajinu, potravní řetězec, biomasu, fotosyntézu a buněčné dýchání. Chemické procesy a vzniklé sloučeniny během fotosyntézy jsou podrobněji probírány v 9. ročníku v organické chemii. V 6. ročníku je zjednodušeně popsána v souvislosti se vznikem kyslíku a v 7. ročníku v souvislosti se stavbou listu. Žáci pojem fotosyntéza znají, ale neumějí si ho představit, či ho správně vyjádřit.

Vágnerová et al. (2019) navázali na studii kritických míst (Vágnerová et al., 2018) se zaměřením na výuku přírodopisu 6. ročníku základních škol. Učitelé vidí své mezery ve výuce vzniku života na Zemi, buňky a její funkce, bakterií, sinic a také fotosyntézy. Fotosyntéza je biochemickým procesem, který je pro žáky 6. ročníku těžce pochopitelný, protože nemají znalosti z chemie. Je pro žáky nepředstavitelná, tudíž je ve výuce pouze zmiňována a okrajově vysvětlena. Na 1. stupni se žáci s pojmem fotosyntéza neseťkali a poprvé ho slyšeli až na 2. stupni. Pro lepší pochopení pedagogové doporučují animace a výuková videa dostupná na internetu. Autoři došli k závěru, že s ohledem na složitost

biochemického pochodu a náročnou představivost by měla být výuka fyziologie rostlin doporučena pro vyšší ročníky.

2.9.1 Prekoncepce a miskoncepce

Děti se snaží předvídat svět okolo sebe a přírodní jevy si odůvodnit. Tím jsou vytvořeny teorie o tom, jak svět funguje. Nedokonalé a předcházející vědomosti jsou nazývány prekoncepty. Vznikají tedy ještě před vstupem žáka do vzdělávacího procesu (Coley & Tanner, 2012). Žáci s procesem poznávání postupně obohacují vědeckými poznatky své znalosti a od původních představ upouštějí. Pokud ale nesprávně pochopí i vědecké teorie, dochází ke vzniku miskonceptů (Rendl & Vondrová, 2014).

Miskoncepce jsou definovány jako studentské představy, které neodpovídají pojetí vědců. Koncepce jsou dětmi konstruované intuitivně ve snaze dát světu smysl (Saputra, Setiawan & Rusdiana, 2019). Skelly (1993) definuje miskoncepce jako mentální reprezentace pojmů a konceptů, jež neodpovídají vědeckým teoriím. Jsou považovány za mylné představy, které u žáků přetrvávají i po probrání daného učiva.

Badenhorst, Mamede, Hartman & Schmidt, (2015) dále uvádějí, že se nejedná o nedostatek informací. Ve své publikaci Pavlátová & Kroufek (2018) kategorizují dle Rady pro Undergraduate Science Education (1997) miskoncepce do 4 skupin:

- Předpojatosti – představují miskoncepce, které žáci získají z jiných než vědeckých zdrojů, jako jsou např. náboženství a vlastní přesvědčení
- Koncepční nedorozumění – ty vznikající při výuce určitého tématu, ale dochází zde k nedokonalému vysvětlení dané problematiky
- Nářeční (dialektové) – miskoncepce pramení z používání nevhodných slovních spojení, a to buď využíváním velice odborných pojmů, nebo zastaralých výrazů
- Věcné miskoncepce – mylné představy jsou vytvořeny v raném věku a doprovází žáka až do dospělosti

2.9.2 Příklady miskoncepcí při výuce fotosyntézy

Fyziologické procesy (fotosyntéza a respirace) se řadí mezi kritická místa, která jsou pro žáky velmi složitá a nepředstavitelná kvůli své komplexitě (Pavlátová & Kroufek, 2018). Tato kapitola se věnuje českým, ale i zahraničním výzkumům, jež se zabývaly mylnými předpoklady o výživě rostlin, fotosyntéze a buněčném dýchání ve školách. Snažili se o vysvětlení příčin jejich vzniku a v některých případech i o jejich nápravu.

„Fotosyntéza a buněčné dýchání je stejný proces.“ To je jedna z miskoncepcí, kterou se zabývali ve svém výzkumu Amir & Tamir (1990). Poukázali ve své zahraniční studii na žákovské vnímání fotosyntézy a buněčného dýchání jako procesů, při nichž dochází pouze k výměně plynů mezi rostlinou a okolním prostředím. Na základě této informace si žáci mysleli, že se jedná o stejný děj, a zaměňovali pojem fotosyntéza s buněčným dýcháním. Neuvažují nad nimi jako nad komplexními biochemickými procesy. Podobných výsledků dosáhli ve svém šetření slovenští pedagogové Čipková, Karolčík & Vörösová (2017). Mylný předpoklad mohl vzniknout na základě spojitosti s předsudky a mýty. V rodinách i školách přetrvává několik generací tvrzení, že fotosyntéza a dýchání jsou synonyma (Pavlátová & Kroufek, 2018).

Jeden z dalších miskoncepcí, kterými se ve své studii zabýval např. Cañal (1999), je: „Rostliny vůbec nedýchají.“ Mladší žáci odůvodňují tvrzení tím, že rostliny nevykonávají pohyb jako živočichové. Někteří si myslí, že dýchají, ale jinak než my (lidé). Zmíněného omylu žáci nabývají tím, že v učebnicích je dýchání často spojeno s „dýchací soustavou“ živočichů a člověka. Dále uvedl, že vlivem pedagogů a zjednodušených učebních textů žáci chápou buněčné dýchání rostlin jako vdechování oxidu uhličitého a vydechování kyslíku.

Keles & Kefeli (2010) realizovali výzkum na turecké základní škole ve školním roce 2008/2009. Výzkum se zabýval miskoncepcemi fotosyntézy a dýchání s pokusem o jejich následnou opravu. Celkem se studie účastnili 3 žáci z 6. ročníku a 3 žáci ze 7. ročníku. Třídní učitelé měli za úkol vybrat z každé třídy žáky s výbornými, průměrnými a horšími výsledky. Autoři se žáky uskutečnili rozhovory a k nápravě zkusili využít animace a obrázkové kartičky. Během výzkumu se objevily níže zmíněné miskoncepce, které se objevily i v jiných studiích:

- „Fotosyntéza je dýchání rostlin.“
- „Dýchání u rostlin probíhá pouze v noci, když není světlo.“
- „Slunce je potrava pro rostliny a díky němu mají rostliny krásnější barvu.“

- „CO₂ je zdrojem výživy rostlin.“
- „CO₂ se během fotosyntézy mění na kyslík.“
- „Během fotosyntézy se sluneční světlo přeměňuje na potravu.“
- „Rostliny přijímají potravu (vodu, minerály) z půdy.“
- „CO₂ je pro rostliny škodlivý.“

Jeden ze žáků dokonce uvedl, že oxid uhličitý je pro rostliny škodlivý a zvyšující se obsah uhlíku rostlinnému tělu ubližuje. Využití animací a kartiček s obrázky vedlo k vymizení několika uvedených tvrzení. Přetrvávající mylné představy se týkaly výživy a dýchání rostlin. Problematické a přetrvávající miskoncepce jsou označovány jako robustní (Çepni & Keleş, 2006). Keleş & Kefeli (2010) předkládají skutečnost, že žáci nevidí fotosyntézu a dýchání jako odlišné fyziologické děje, které probíhají současně. Autoři dospěli k závěru, že pomocí adekvátních výukových prostředků je možné mylné předpoklady eliminovat.

Švandová (2014) se zabírala problematikou miskonceptů v oblasti fyziologie rostlin u nižších ročníků gymnázia v České republice. Zkoumala zároveň vliv pohlaví, ročníku studia nebo oblíbenosti předmětu na výskyt mylných předpokladů. Primárně se soustředila na fotosyntézu a dýchání. Věk respondentů se pohyboval v rozmezí 11–16 let. Následně byli žáci rozděleni do dvou skupin podle oblíbenosti předmětů. Jednu skupinu tvořili respondenti, kteří mají rádi přírodovědné vědy (biologie, chemie, fyzika, zeměpis), a druhou žáci, kteří mají v oblíbenosti jiné předměty. Výsledky obou skupin byly srovnatelné, tudíž oblíbenost předmětu neměla dle studie na znalosti fyziologie rostlin vliv. Dále bylo autorkou zjištěno, že ani věk nemá vliv na výskyt miskonceptů. Z tohoto zjištění vyplývá, že s vyšším ročníkem mylné žákovské předpoklady přetrvávají. Chlapci na rozdíl od děvčat dosahovali mírně lepších výsledků. Autorka souhlasí se zjištěními ze zahraničních výzkumů a uvádí, že si žáci pletou fotosyntézu s dýcháním. Žáci si myslí, že rostliny nedýchají kyslík jako živočichové, ale místo něj vdechují oxid uhličitý. Dále žáci nižšího gymnázia považují vodu s rozpuštěnými minerálními látkami za hlavní zdroj živin pro rostlinu, což je další z miskonceptů. Příčinou vzniku mylných předpokladů může být časové rozvržení učiva a učebnice. Fyziologie rostlin se probírá napříč celým 2. stupněm nejen v přírodopisu, ale i v chemii. Déle jsou pojmy související s fyziologií rostlin pro žáky základních škol abstraktní a těžko představitelné, jak uvedli ve svém výzkumu i Vágnerová et al. (2018).

S nejedním miskoncepsem se setkali ve výzkumu i Galvin., Simmie M., & O'Grady (2015). Uskutečnili dotazníkové šetření na základní a vysoké škole v Irsku. Dotazování nebyli pouze žáci, ale i budoucí učitelé, studenti pedagogické fakulty. Dotazník pro žáky 2. stupně měl papírovou podobu a skládal se z uzavřených otázek s tematikou fotosyntézy a dýchání. Autoři zjistili u žáků uvedené miskoncepce: „Rostliny získávají potravu z půdy“, „voda a minerály přijaté z půdy jsou potravou pro rostlinu“, „fotosyntéza = dýchání rostlin“, „fotosyntéza probíhá za bílého dne, zatímco buněčné dýchání pouze v noci“ a „rostliny dýchají pouze průduchy v listech“. Pilířem studie bylo poukázat na výskyt miskoncepcí nejen mezi žáky 2. stupně základní školy, ale právě i u budoucích učitelů přírodopisu. Z výzkumu sestavili několik otázek pro vyučující, které doporučují předložit žákům před probíráním daného celku, aby odhalili případné miskoncepce. Po odhalení mylných předpokladů mohou učitelé přizpůsobit své vyučovací metody.

Čipková et al. (2017) se zaměřili na výskyt miskoncepcí u slovenských žáků. Obdobně jako v jiných studiích žáci vnímali dýchání a fotosyntézu pouze z pohledu výměny plynů mezi okolím a rostlinou. Dále že oba procesy jsou k sobě inverzní a probíhají odděleně. Ve své studii uvádějí, že učitelé kladou důraz na vstupní a výstupní produkty fyziologických procesů v rostlině, a tak podporují mylné žakovské předpoklady. S tím souvisí další miskoncepce: „Fotosyntéza probíhá za světla přes den a dýchání v noci, když je tma“ nebo „hlavním produktem fotosyntézy je kyslík.“ K redukci mylných představ by, dle slovenských pedagogů, mohlo vést badatelsky orientované vyučování.

Další zajímavou studii provedli Anwar, Ali, Qadeer & Zada (2022) na soukromé škole v Pákistánu. Pro sběr dat využili polostrukturované rozhovory a zároveň se přímo účastnili výuky přírodopisu. Pozorovali výskyt mylných představ během vyučování a následně se snažili odhalit jejich příčiny. Šetření týkající se fotosyntézy a dýchání dosahovalo podobných výsledků jako v předchozích zahraničních výzkumech (Amir & Tamir, 1990; Keles & Kefeli, 2010; Galvin et al., 2015). Někteří žáci se domnívali, že fotosyntéza probíhá pouze u vyšších rostlin. Naopak dle nich neprobíhá u bakterií, řas a sinic. Další uvedenou miskoncepcí bylo, že v noci má rostlina ideální podmínky pro provedení temnostní fáze fotosyntézy a během dne ne. Myslí si, že temnostní reakce probíhá pouze v noci a světelná ve dne. Autoři ve své studii dospěli k závěru, že žáci si pod danou terminologií jednotlivých fází nedokážou představit chemické procesy. Význam a vlastnosti si odůvodňují na základě podobnosti s pojmem. Vzhledem k překrývání tématu fotosyntézy s dýcháním si žáci potřebují ujasnit rozdíly a souvislosti mezi procesy. Během pozorování bylo zjištěno, že je

velmi důležité, aby vyučující používal správnou terminologii. Další možnou příčinou přetrvávajících miskonceptů mohlo být nedostatečné vzdělání pedagogů účastnících se této studie.

Utami, Anam, Anwar, Kusumaningrum, & Dewi (2023) se ve svém výzkumu v Indonésii zabývali napravováním miskonceptů spojených s fotosyntézou pomocí animačních videí. Ve školním roce 2022/2023 byl proveden výzkum u žáků 6. ročníku základní školy, který opět ukázal vysokou míru miskonceptů. Šetření probíhalo pomocí rozhovorů a dotazníků týkajících se domácí přípravy žáků i učitelů na výuku. Autoři zjistili, že se žáci na přírodní vědy doma nepřipravují. Dále uvádějí, že učitelé při výuce fotosyntézy nevyužívají média. Pouze přednášení ztěžuje žákům porozumění složitějších procesů, což vede k tomu, že se žáci naučí informace o fotosyntéze nazpaměť. Použití animovaných videí v této studii ukázalo opět snížení mylných představ, podobně jako animační prostředky ve studii, kterou provedli Keles & Kefeli (2010). Animovaná videa jsou pro žáky zajímavější než poslouchání učitele nebo čtení učebnic. Z výsledků studie plyne, že vyučování obohacené o animace nemusí pouze eliminovat miskoncepce, ale může též zvýšit i celkovou motivaci žáků zapojit se do probíhající výuky.

3 Metodika

Metodologie popisuje celkový rámec výzkumu – v jakém prostředí, čase a rozsahu se výzkum odehrával. Dále metody sběru dat, které byly využity, a v neposlední řadě definuje cílovou skupinu. Metodu výzkumu můžeme brát jako popis cesty prováděného výzkumu. Jednou z technik sběru dat, která dokáže pokrýt velký počet respondentů a jež byla využita při zpracování této práce, je dotazníkové šetření (Vojtíšek, 2012). Giddens (2005) ve své publikaci uvádí, že nevýhodou využití dotazníků je anonymita respondentů. Dotazník nám často ukazuje, jaký by dotazovaný chtěl být, a ne jaký ve skutečnosti je.

Pomocí e-mailové adresy bylo osloveno deset ředitelů základních škol a gymnázií ve Středočeském kraji. Pět škol poskytlo možnost výzkum realizovat. Po dohodě s vyučujícími přírodopisu probíhalo dotazníkové šetření na podzim roku 2022, v měsících říjnu a listopadu. Dotazování byli pouze žáci 9. ročníků nebo 4. ročníku nižšího gymnázia (kvarty). Záměrně byly domluveny návštěvy škol během pátečního dopoledne a v období, kdy respondenty nečekal test z přírodopisu. Žáci byli předem informováni od vyučujících, že budou dotazováni. Dále byli obeznámeni s tím, že práce nebude klasifikována, a tudíž aby pracovali samostatně. Na vyplnění dotazníku měli respondenti stanoveny 30 minut, ale většina to zvládla vyplnit dříve. Dotazníky byly respondentům předloženy v papírové formě autorkou práce, která se veškerého šetření účastnila. Učitelská forma dotazníku byla přetvořena do on-line podoby pomocí platformy Google Forms. Po domluvě s vyučujícími došlo k jeho zaslání na e-mailovou adresou konkrétním pedagogům ze zúčastněných škol. Z každé školy vyplnili dotazník dva zástupci. Celkem se tedy výzkumu zúčastnilo 10 učitelů a 195 žáků ze čtyř základních škol a jednoho nižšího gymnázia.

Vypracování otázek žakovského a učitelského dotazníku není součástí této bakalářské práce. Oba výzkumné nástroje vytvořil řešitelský tým 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*. Jednotlivé otázky jsou v kapitole Výsledky uváděny v originálním znění.

3.1 Žákovský a učitelský dotazník

Žákovská verze dotazníku byla anonymní, přičemž respondenti uváděli alespoň svůj věk a pohlaví. Obsahuje uzavřené otázky s možností výběru, otevřené otázky a hodnocení na škále Likertova typu (Likert, 1932). Dotazníky s otevřenými otázkami poskytují rozmanitější informace, tudíž jsou i hůře srovnatelné (Giddens, 2005). Celkem se výzkumný nástroj skládá ze 17 otázek týkajících se tvorby biomasy, fotosyntézy vodních i suchozemských rostlin a názoru na současnou výuku přírodopisu, případně jejího zlepšení. Při vyhodnocování došlo k vyřazení položek týkajících se fotosyntézy vodních rostlin. Dotazník je součástí kapitoly Přílohy (příloha č. 1).

Učitelský dotazník byl taktéž anonymní, neuvažuje ani jména škol, ve kterých pedagogové vyučovali. Je kratší a tvoří ho 12 otázek, jež jsou orientovány na vztah k výuce fotosyntézy a délku pedagogické praxe. Dotazník pro učitele přírodopisu je sestaven opět z uzavřených otázek s možností výběru, dále otevřených otázek a uzavřených otázek na Likertově škále. Vizualní podoba dotazníku pro pedagogy je v kapitole Přílohy (příloha č. 2)

3.2 Průběh vyhodnocování získaných dat

Před samotným vyhodnocením dotazníků došlo ke kategorizaci odpovědí na stanovené otázky. U uzavřených otázek byla kategorizace již provedena, ale přesto došlo k doplnění o možnost „nezodpovězeno“. Otevřené otázky měly předem stanovené varianty, které by dotazovaní mohli uvést. Během vyhodnocování byly některé kategorie doplněny (Chrásky, 2016).

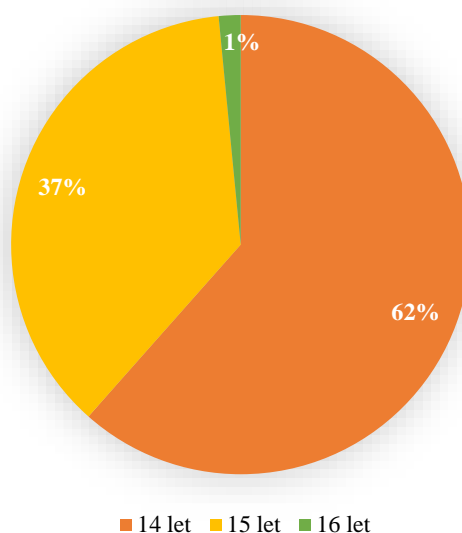
Vyhodnocování dotazníků probíhalo dle Chrásky (2016): Postup při analýze dat získaných dotazníkem. Microsoft Excel byl využit jako nástroj pro zapsání odpovědí dle předem stanovených kategorií a také pro výpočty relativních četností či směrodatných odchylek. Pomocí zmíněného programu byla vytvořena i grafická znázornění, ze kterých lze učinit základní představu o výběrovém souboru. Relativní četnosti v procentech jsou v kapitole Výsledky zaokrouhleny na celá procenta pro větší přehlednost. Dále aritmetické průměry a směrodatné odchylky jsou uváděny s přesností na dvě desetinná místa.

4 Výsledky

4.1 Vyhodnocení dotazníků – žáci

Otázky týkající se vodních rostlinných organismů nebyly vyhodnocovány. Jedná se tak o položky č. 11 a 12. Dále byla vyhodnocena pouze druhá část páté otázky, proto nese číslování 5b (uvedené položky jsou součástí jiné kvalifikační práce). Dotazníkového šetření se účastnilo celkem 195 participantů na úrovni 9. ročníku. Pohlaví dotazovaných respondentů bylo v rovnováze. Zúčastnilo se 97 žen a 98 mužů.

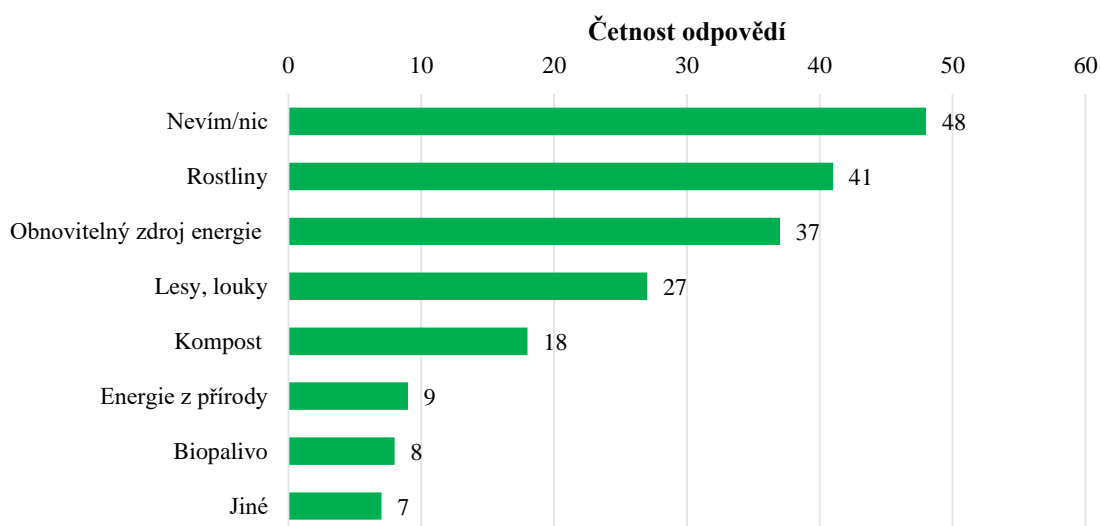
Věkové rozmezí účastníků se pohybovalo mezi 14 a 16 lety. Na obr. je vizualizována skutečnost, že nadpoloviční většina žáků dosahovala věku 14 let (120 žáků, 62 %). Věk 15 let uvedlo 72 žáků (37 %) a věk 16 let pouze 3 žáci (1 %).



Obr. 3 – Věk dotazovaných žáků

Otázka č. 1 - Co je to rostlinná biomasa?

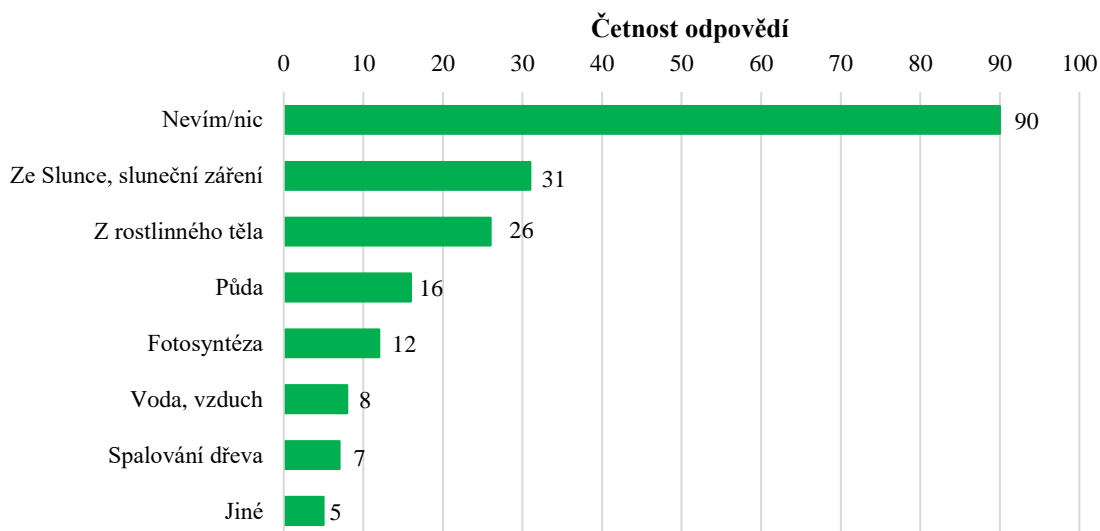
Úvodní otázka byla 48 žáky (25 %) ponechána bez odpovědi nebo vyplněna slovem „nevím“. Další nejčastější možností byly rostliny, které zmínilo 41 žáků (21 %). Z obr. 4 je zjevné, že biomasa je 37 žáky (19 %) považována za obnovitelný zdroj energie. 27 participantů (14 %) si s biomasou spojilo lesy nebo louky a 18 žáků (9 %) kompost. Další méně časté odpovědi byly energie pocházející z přírody (9 žáků, 5 %) a biopalivo, které uvedlo 8 žáků (4 %). Nejmenší procento zastoupily jiné responze. 7 žáků (3 %) se domnívalo, že biomasa je přírodnější, „zdravější“ maso, mikroorganismy či živočichové.



Obr. 4 – Vyhodnocení otázky č. 1 žákovského dotazníku

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

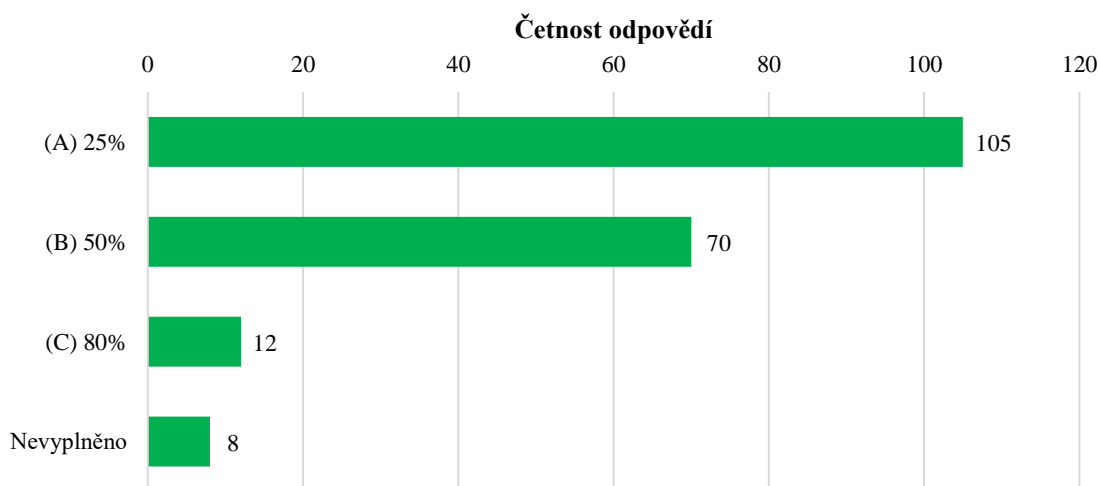
Respondenti v navazující otázce přemýšleli nad skutečností, odkud energie z biomasy pochází. Na obr. 5 je zobrazena početná skupina žáků, jež nedokázala na otázku odpovědět. 90 žáků (46 %) pole nevyplnilo nebo nevědělo. 31 žáků (16 %) se domnívalo, že energie pochází ze Slunce, ze slunečního záření. Že energie pochází z rostlin (odumřelých těl), napsalo 26 žáků (13 %). Dalších 16 žáků (8 %) zmiňovalo půdu a 8 žáků (4 %) uvedlo vzduch či vodu. Pouze 12 účastníků (6 %) si vzpomnělo na fotosyntézu. Dále se vyskytla u 7 žáků (4 %) odpověď spalování dřeva a u 5 žáků (3 %) jiná možnost (např. hnůj nebo maso). Žádný z účastníků nevedl kombinaci fotosyntézy se slunečním zářením.



Obr. 5 – Vyhodnocení otázky č. 2 žákovského dotazníku

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

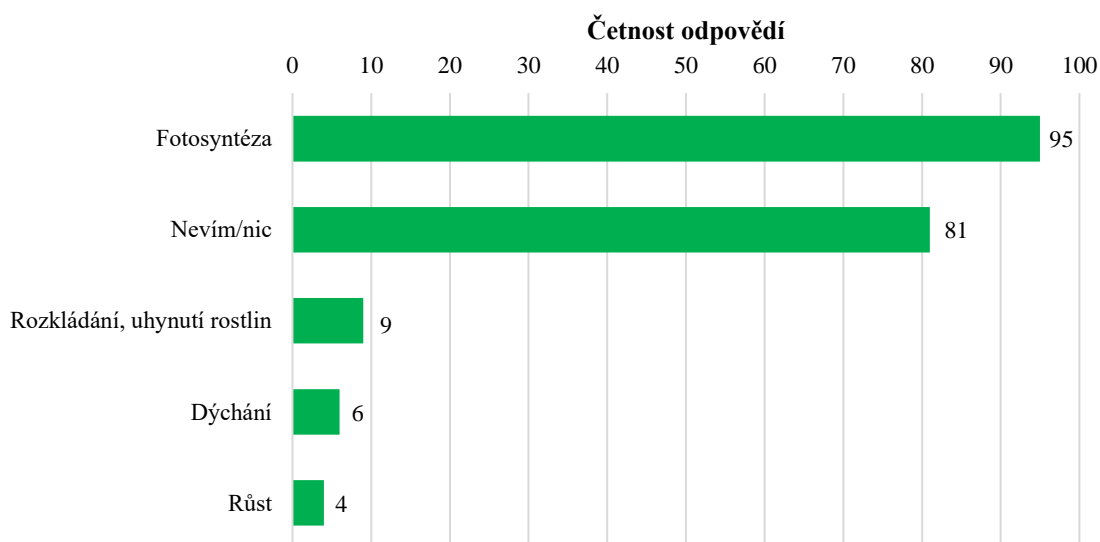
Ve třetí otázce žáci vybírali mezi třemi možnostmi. Správně zakroužkovalo odpověď A) 105 žáků (54 %). Dle 70 žáků (50 %) je v České republice až polovina obnovitelných zdrojů tvořena biomasou. Odpověď C) zvolilo 12 žáků (6 %). 8 žáků (4 %) otázku vynechalo (Obr. 6).



Obr. 6 – Vyhodnocení otázky č. 3 žákovského dotazníku

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

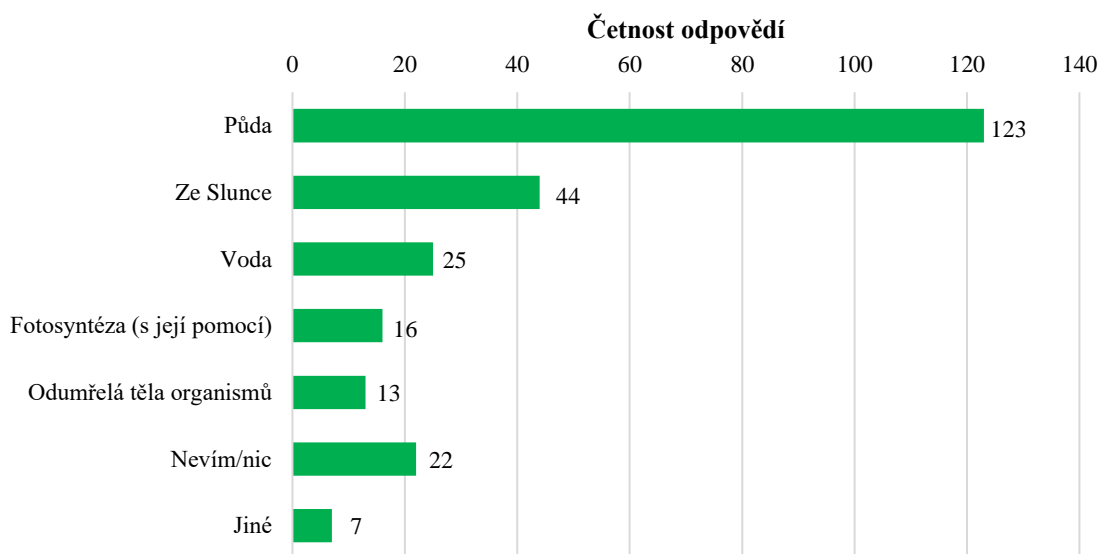
Správné odpovědi ve čtvrté otázce byly fotosyntéza a růst. Z obr. 7 je zřejmé, že 95 žáků (49 %) napsalo správnou odpověď, fotosyntézu. 81 žáků (41 %) otázku vynechalo nebo napsalo, že neví. Rozkládání či uhynutí rostlin uvedlo celkem 9 žáků (5 %). Další procesy, které žáci napsali, bylo dýchání a růst. Dýchání napadlo 6 žáků (3 %) a růst, tedy jednu ze správných variant odpovědí, zmínili 4 žáci (2 %).



Obr. 7 – Vyhodnocení otázky č.4 žákovského dotazníku

Otázka č. 5b – *Doplň následující větu: Rostliny získávají živiny z...*

S ohledem na rozličnost žákovských odpovědí páté otázky nejsou kategorie uvedeny jako výčet několika složek, odkud rostliny přijímají živiny, nýbrž jako jedna konkrétní možnost. Finální součet odpovědí tedy neodpovídá celkovému počtu dotazovaných žáků. Jestliže žák odpověděl, že rostliny získávají živiny z půdy a ze Slunce, v příloženém grafu se skutečnost promítne jako dvě různé varianty odpovědí. Z obr. 8 vidíme četnost variant doplnění výchozí věty. Nejvíce ve svých výčtech žáci zmiňovali půdu (123 žáků). V kategorii jiné se vyskytly odpovědi jako hnojivo, vzduch či okolní prostředí. Mezi další odpovědi patřilo Slunce a voda. Z půdy rostliny sice přijímají látky, avšak anorganické. Rostlina si dotvoří složitější látky pomocí fotosyntézy. Tuto variantu uvedlo celkem 16 žáků.



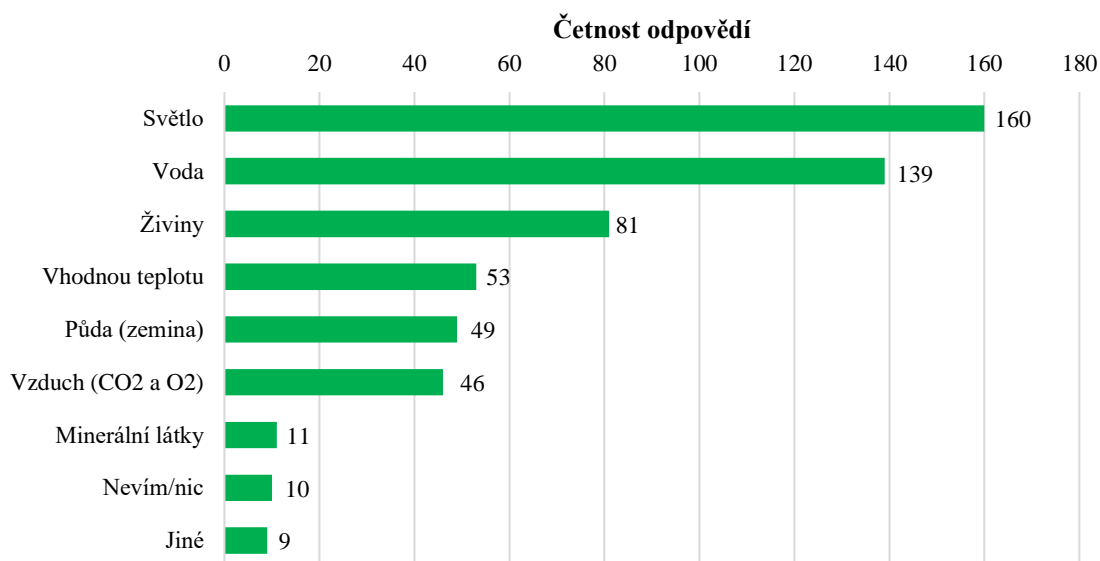
Obr. 8 – Vyhodnocení otázky č. 5b žákovského dotazníku

Otázka č. 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.

Pro šestou otázku byla sestavena tabulka se třemi sloupci. V prvním sloupci respondenti uváděli, co rostlina potřebuje ke svému růstu. V následujícím sloupci doplňovali místo, odkud danou složku získává terestrická rostlina, a v posledním, odkud ji získává vodní rostlina. S ohledem na téma bakalářské práce nebyl třetí sloupec vyhodnocován. Obdobně jako v otázce č. 5 byly odpovědi velmi rozličné. Kategorie v obr. 9 a v obr. 10 jsou uvedeny znovu jako jednotlivé složky, které žáci postupně vypisovali. Výsledný počet responzí neodpovídá celkovému počtu dotazovaných žáků, ale počtu všech vypsanych odpovědí.

a) Co rostlina k růstu potřebuje?

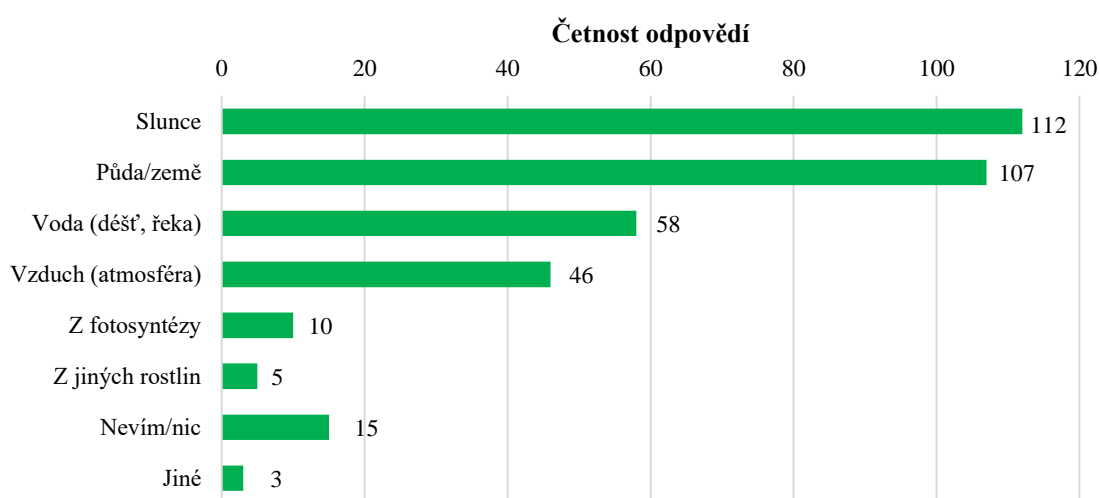
Do prvního sloupce respondenti vypisovali potřeby rostliny, které ovlivňují její růst. Na obr. 9 je patrné, že světlo označilo celkem 160 žáků z původních 195. Druhou nejčastější odpovědí byla voda a obsažené látky v ní. Následovaly živiny, vhodná teplota, zemina, vzduch a v něm obsažené plyny – oxid uhličitý a kyslík. 11 žáků si vzpomnělo na minerální látky a 10 žáků ponechalo první sloupec prázdný. V nejméně početné kategorii jiné se objevily odpovědi hnojivo, glukóza či dostatečný prostor.



Obr. 9 – Vyhodnocení otázky č. 6a žákovského dotazníku

b) Odkud to získává suchozemská rostlina?

Nejčetnější odpovědí ve druhém sloupci bylo Slunce. Z obr. 10 je zřejmé, že 112 žáků zmínilo jako zdroj světla či tepla právě Slunce. Rostliny podle 107 žáků přijímají minerální látky či vodu svými kořeny, které mají schované v půdě. Mimo podzemní vodu uvedlo 58 žáků i povrchovou vodu, která je získávána ze srážek. Zdrojem plyných látek, jež rostlina využívá pro chemické procesy, je dle 46 respondentů vzduch. Další odpovědí bylo, že zdrojem složek ovlivňujících růst, jsou fotosyntetické procesy nebo přejímání látek z jiných rostlin. 15 žáků neví, odkud rostlina složky z předchozí podotázky (a) získává. Vyskytly se i 3 jiné odpovědi, např. hnojiva.



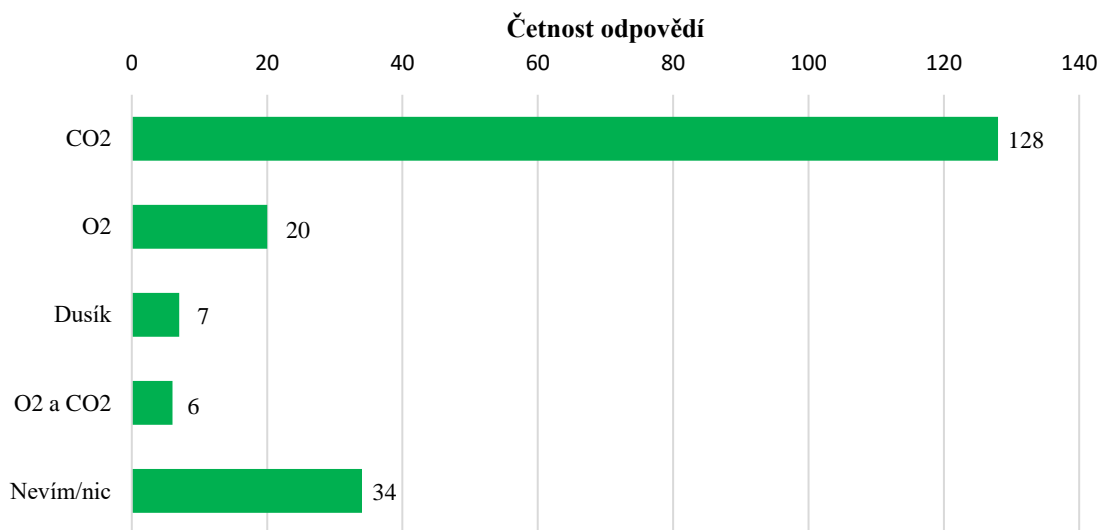
Obr. 10 – Vyhodnocení otázky č. 6b žákovského dotazníku

Otázka č. 7 – Do následující tabulky doplňte, jaké plynné látky rostliny přijímají z atmosféry a jaké do ní uvolňují ve dne a jaké v noci?

Následné vyhodnocení výsledků je rozděleno na čtyři menší podotázky. První se ptá, jaké plynné látky přijímají rostliny z okolního prostředí ve dne (obr. 11). Z obr. 12 vidíme vyhodnocení druhé otázky, která se znovu ptala na příjem látek, ale tentokrát v noci. Třetí otázka byla položena podobným způsobem, ale zjišťovala výdej plynných látek rostlinou do atmosféry ve dne. Poslední otázka se zaměřovala opět na výdej, ale v noci.

a) Jaké plynné látky přijímají rostliny z atmosféry ve dne?

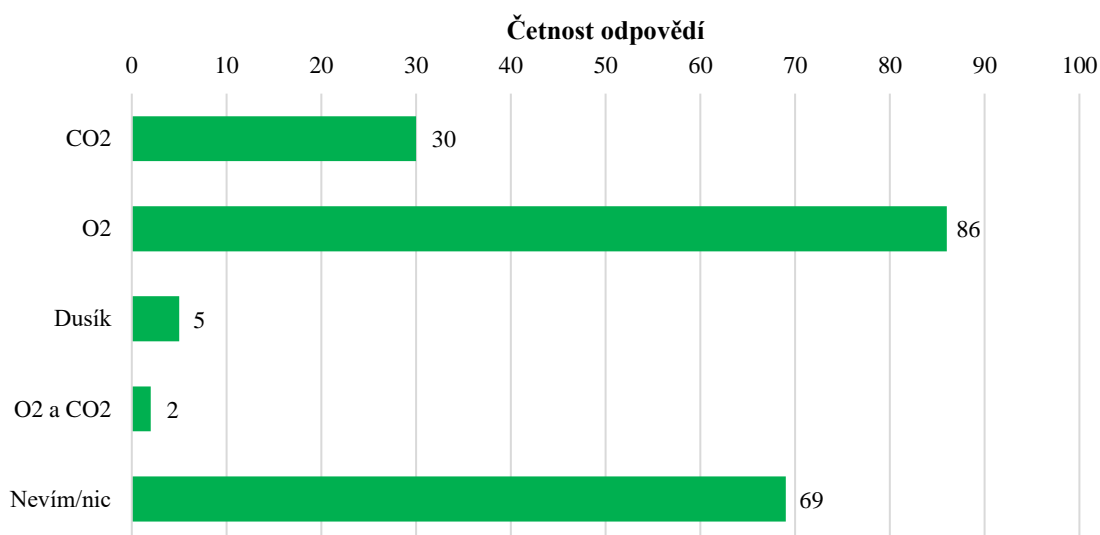
Na obr. 11 vidíme nejčastější plynné látky, které žáci napsali. Nejčtenější zmiňovanou odpovědí byl oxid uhličitý, který uvedlo 128 žáků (66 %). Otázku nevědělo 34 žáků (17 %). Dále se u 20 žáků (10 %) vyskytla odpověď kyslík a u 7 žáků (4 %) dusík. Zcela správnou variantu, že rostlina přes den přijímá oxid uhličitý a kyslík, zmínilo 6 žáků (3 %).



Obr. 11 – Vyhodnocení otázky č. 7a žakovského dotazníku

b) Jaké plynné látky rostliny přijímají v noci?

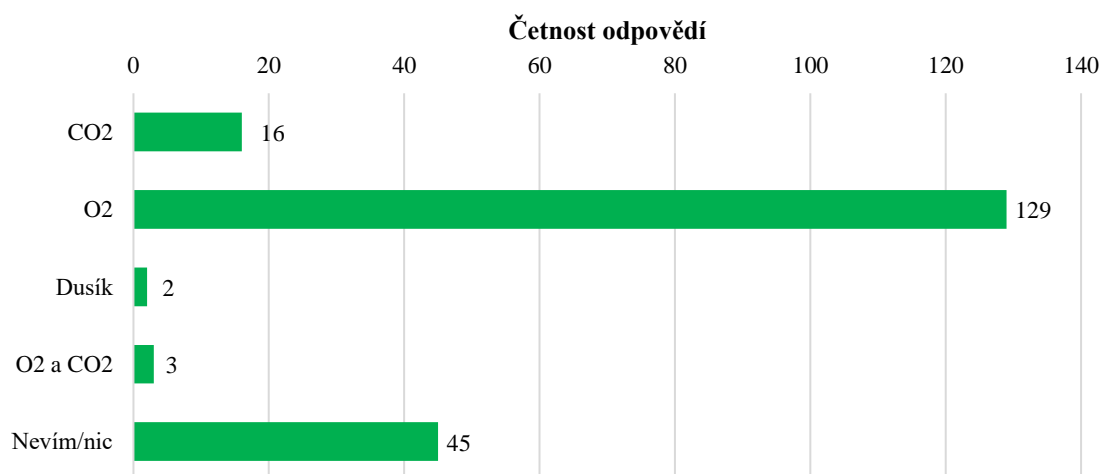
Z obr. 12 je zřejmé, že správně napsalo kyslík 86 žáků (45 %). 69 žáků (36 %) si nevědělo rady a pole ponechali prázdné. Že rostliny přijímají v noci oxid uhličitý, uvedlo 30 žáků (16 %), a dalších 5 žáků (2 %) doplnilo dusík. 2 žáci se domnívají, že rostliny v noci současně přijímají kyslík a oxid uhličitý.



Obr. 12 – Vyhodnocení otázky č. 7b žákovského dotazníku

c) Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry ve dne?

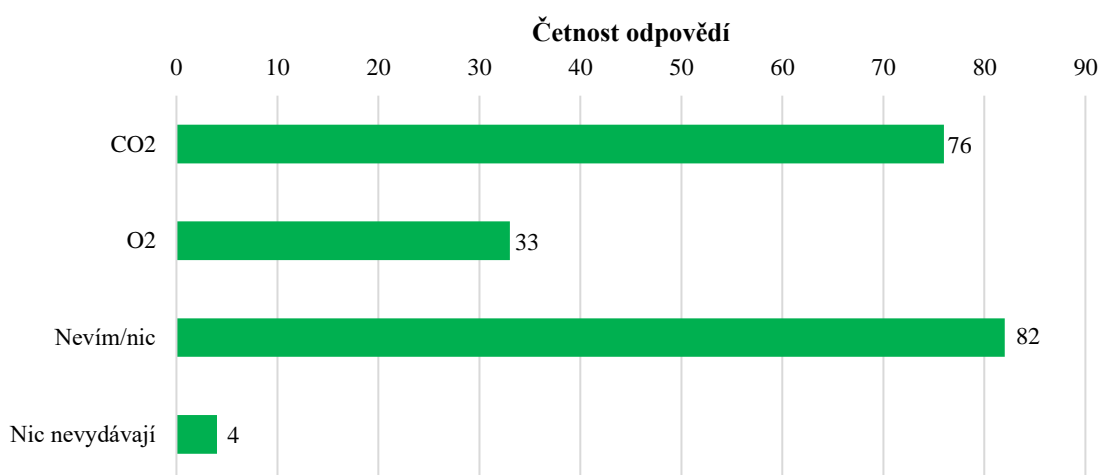
Ve dne vydávají do ovzduší i vodní páru. Tuto odpověď ale nikdo z žáků nenapsal. Nadpoloviční většina (129 žáků, 66 %) určila, že ve dne rostliny vydávají do atmosféry kyslík. 45 žáků (23 %) pole přeskočilo nebo nevědělo. Na obr. 13 je vizualizována skutečnost, že 16 žáků (8 %) uvedlo oxid uhličitý a 2 žáci (1 %) dusík. Správnou odpověď, současný výdej kyslíku a oxidu uhličitého, napsali pouze 3 žáci (2 %).



Obr. 13 – Vyhodnocení otázky 7c žákovského dotazníku

d) Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry v noci?

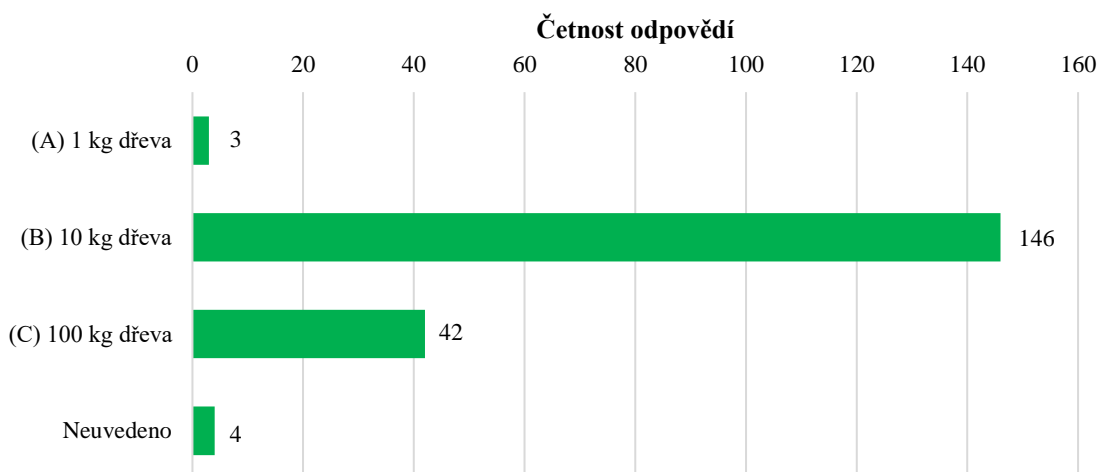
Z obr. 14 je patrné, že tahle otázka byla zřejmě složitá. Dotazovaní otázku nejčastěji nevěděli nebo přeskočili (82 žáků, 42 %). Druhou nejčtenější odpovědí byl oxid uhličitý, což byla správná odpověď a zvolilo ji 76 žáků (39 %). 33 žáků (17 %) si myslí, že rostlina v noci vydává do atmosféry kyslík. Že rostliny nevydávají žádné plyny napsali 4 žáci (2 %).



Obr. 14 – Vyhodnocení otázky 7d žakovského dotazníku

Otázka č. 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?

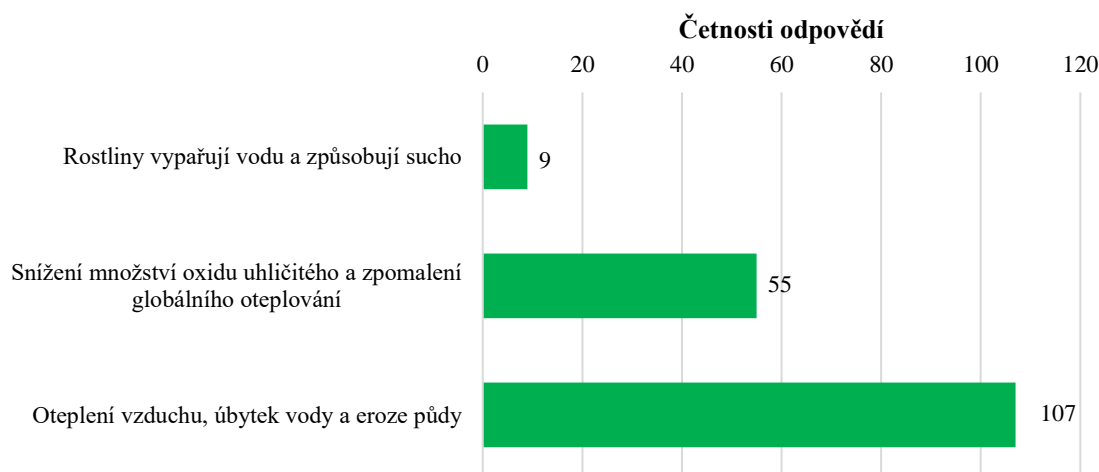
V osmé otázce měli respondenti možnost zvolit si jednu ze tří variant odpovědí. Jedinou korektní možností byla varianta B, kterou zvolila většina žáků (Obr. 15). 146 žáků (75 %) se správně domnívá, že bychom spotřebovali 10 kg dřeva. Variantu C, až 100 kg dřeva, vybralo 42 žáků (22 %). Pouze 3 žáci (1 %) zakroužkovali první možnost, 1 kg dřeva. Otázku ponechali prázdnou 4 žáci (2 %).



Obr. 15 – Vyhodnocení otázky č. 8 žakovského dotazníku

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

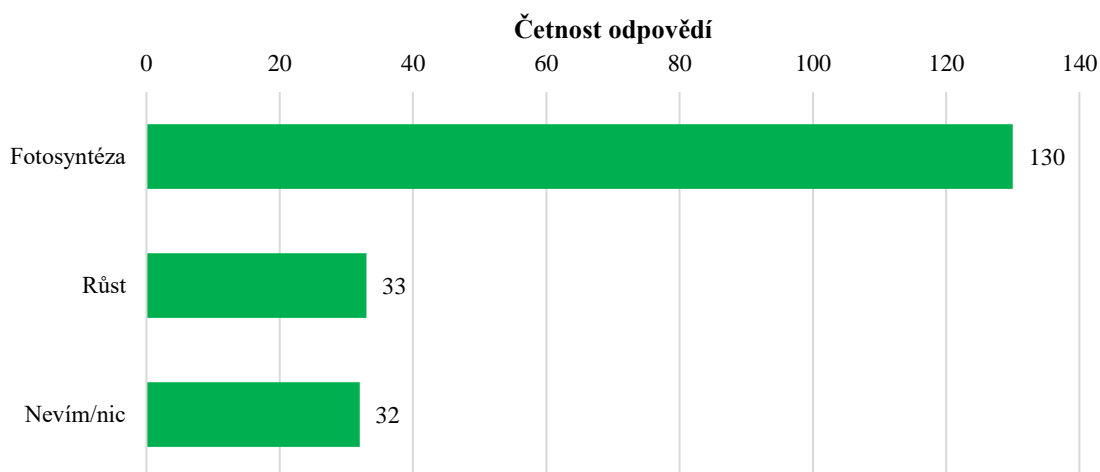
Devátá otázka byla složena ze dvou na sebe navazujících částí. Žáci si měli pozorně přečíst tři tvrzení a vybrat jedno pravdivé. Následně volili mezi třemi variantami různých odůvodnění, proč tomu tak je. 3 žáci (1 %) celou otázku vynechali. Dle 5 žáků (3 %) nemá odstranění velké plochy biomasy žádný vliv na životní prostředí. 16 žáků (8 %) považovalo odstranění lesa za pozitivní skutečnost. Většina respondentů (171 žáků, 88 %) správně zvolila, že likvidace velké plochy živých rostlin má negativní dopad. Z toho se 9 žáků domnívá, že negativní vliv způsobují rostliny, které vypařují mnoho vody. 55 žáků je názoru, že vykácení většího rostlinného porostu má za následek snížení oxidu uhličitého v atmosféře, a tudíž snížení globálního oteplování. Přibližně polovina (107 žáků, 55 %) zdůvodňuje správně svou původní odpověď oteplením okolního vzduchu, úbytkem vody a erozí půdy. Z obr. 16 je patrné, že pouze 107 žáků z původních 171 s variantou negativního vlivu uvedlo pravdivé zdůvodnění. Graf níže neznázorňuje responze původních 195 žáků, nýbrž pouze odpovědi vázané na správné vyplnění první části otázky.



Obr. 16 – Vyhodnocení druhé části otázky č. 9 s ohledem na správnost odpovědi v první části

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

Desátá otázka vedla žáky k zamyšlení nad tím, který proces v rostlině spotřebovává nejvíce sluneční energie. Rostlina spotřebovává největší část zmíněné energie na výpar vody z listů. Otázka nebyla ani jednou zodpovězena správně. Z obr. 17 je zřejmé, že nadpoloviční většina (130 žáků, 67 %) se mylně domnívá, že se jedná o fotosyntézu. Druhým procesem byl růst, na který si vzpomnělo 33 žáků (17 %). Odpověď vynechalo nebo nevědělo 32 žáků (16 %).



Obr. 17 – Vyhodnocení otázky č. 10 žakovského dotazníku

V poslední části dotazníku bylo žákům předloženo několik subjektivních podotázek, které zkoumaly jejich postoj k výuce a využívání vzdělávacích pomůcek. Otázka č. 13 byla rozdělena na sedm dílčích částí. U každé z nich žáci hodnotili na stupnici od 1 do 5 návrhy na výuku. Vyhodnocení otázek bylo provedeno pomocí aritmetického průměru známek, které žáci uváděli, a směrodatné odchylky.

Otázka č. 13 – *Jaká výuka o rostlinách by Tě bavila?*

U každé z následujících otázek zaškrtni stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje Tvůj názor (známkuj jako ve škole, 1= líbilo by se Ti nejvíce, 5= vůbec by se Ti nelíbilo)

a) *Klasická výuka s výkladem učitele ve škole*

S tímto druhem výuky se žáci nejspíše běžně setkávají. S klasickou výukou není příliš spokojena většina žáků, protože průměrná známka je $2,96 \pm 1,09$.

b) *Pomocí interaktivní výukové aplikace v mobilu nebo tabletu*

Výuku o rostlinách s využitím výukové aplikace ohodnotili žáci průměrně $2,28 \pm 1,16$.

c) *Pomocí interaktivní výukové aplikace v počítači*

Žáci hodnotili podobnou otázku, a i výsledky vyšly podobné – se známkou $2,30 \pm 1,08$.

d) *Terénní úlohy, kde bychom měřili s chytrými přístroji*

Terénní úlohy, při nichž by se využívaly chytré přístroje k měření, ohodnotili žáci známkou $2,17 \pm 1,26$.

e) *Laboratorní úlohy, kde bychom měřili s chytrými přístroji*

Nejlépe žáci hodnotili známkou $2,07 \pm 1,16$ laboratorní úlohy s využitím chytrých měřících přístrojů.

f) *Výukové video*

Výukové video mělo průměrnou hodnotu $2,55 \pm 1,16$.

g) *Kvízy na PC, tabletu, mobilu*

Hodnocení kvízů v PC, tabletu a mobilu obdrželo známku $2,18 \pm 1,17$.

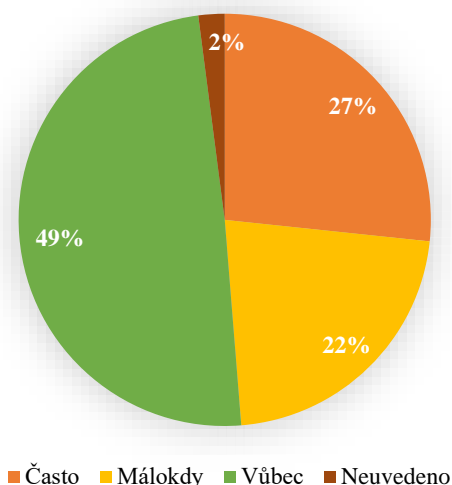
Na základě vyhodnocení podotázek by se žákům nejvíce líbila výuka v tomto pořadí:

1. Laboratorní úlohy, kde bychom měřili s chytrými přístroji (2,07)
2. Terénní úlohy, kde bychom měřili s chytrými přístroji (2,17)
3. Kvízy na PC, tabletu, mobilu (2,18)
4. Pomocí interaktivní výukové aplikace v mobilu nebo tabletu (2,28)
5. Pomocí interaktivní výukové aplikace v počítači (2,30)
6. Výukové video (2,55)
7. Klasická výuka s výkladem učitele ve škole (2,96)

Poslední čtyři otázky se týkaly využívání počítače, tabletu či mobilu při výuce ve škole nebo při domácí přípravě. Dotazovaní měli možnost výběru mezi třemi variantami odpovědi. Zda využívají zmíněné pomůcky často, málokdy, anebo je nepoužívají.

Otázka č. 14 – Ve škole se v hodinách přírodopisu učíme s pomocí počítače.

Čtrnáctá otázka byla žáky pochopena více způsoby. Někteří chápali používání počítače z hlediska učitele, který ho využívá při pouštění výukových videí či vlastní prezentace. Jiní to uvažovali ze svého pohledu, kdy se oni sami dostanou skutečně k počítači. Že se s počítačem při výuce pracuje hojně, uvedlo celkem 52 žáků (27 %). Varianta s méně častým využíváním počítače byla zvolena 43 žáky (22 %). Doposud počítač nevyužívalo 96 dotazovaných (49 %), což dle obr. 18 byla nejčastější volba odpovědi. 4 žáci (2 %) ponechali otázku nevyplněnou.



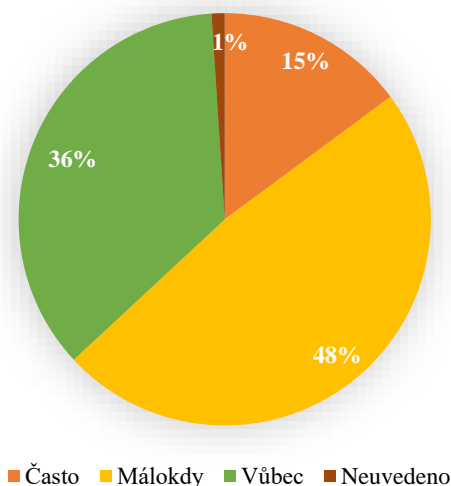
Obr. 18 – Procentuální vyjádření využití počítače při výuce

Otázka č. 15 – Ve škole se v hodinách přírodopisu učíme pomocí tabletů.

Z výsledků patnácté otázky jednoznačně vyplývá nevyužívání tabletů při výuce, protože žádná ze škol nevlastní tablety, které by mohla žákům vypůjčit. Pokud si žáci nepřinesou svůj osobní tablet, nemají možnost tuto variantu využít. 193 žáků (99 %) tedy zvolilo, že tablety nepoužívají, a 2 žáci (1 %) ponechali otázku bez odpovědi.

Otázka č. 16 – Když se doma učím na přírodopis, používám k tomu počítač.

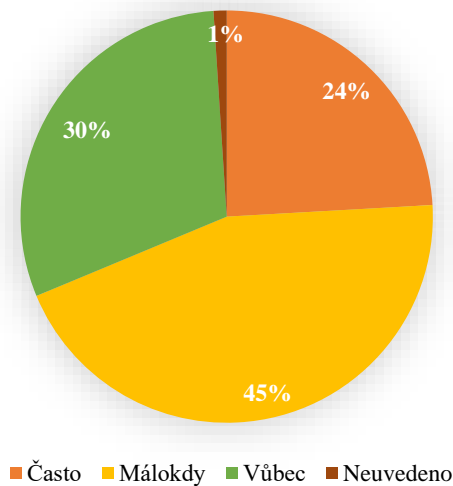
Další položka byla zaměřena opět na využívání techniky, ale při domácí přípravě. Hojně využívá počítač 29 respondentů (15 %). Z obr. 19 vyplývá, že nejčastěji uváděnou odpovědí bylo občasné použití počítače (94 žáků, 48 %). Druhé největší procento (70 žáků, 36 %) počítač při domácí přípravě vůbec nevyužívá. 2 žáci (1 %) otázku vynechali.



Obr. 19 – Procentuální vyjádření využití počítače při domácí přípravě

Otázka č. 17 – Když se doma učím na přírodopis, používám k tomu mobil nebo tablet.

Poslední, sedmnáctá otázka se tázala opět na využívání techniky při domácí přípravě, ale tentokrát se zaměřením na mobilní telefon či tablet. Obr. 20 ukazuje skutečnost, že hojně používá tyto přístroje 47 žáků (24 %). Příležitostně využije mobil či tablet 87 žáků (45 %). Při domácím studiu nepoužívá ani jednu ze zmiňovaných možností 59 respondentů (30 %). 2 žáci (1 %) ponechali položku prázdnou.



Obr. 20 – Procentuální vyjádření využití tabletu nebo mobilu při domácí přípravě

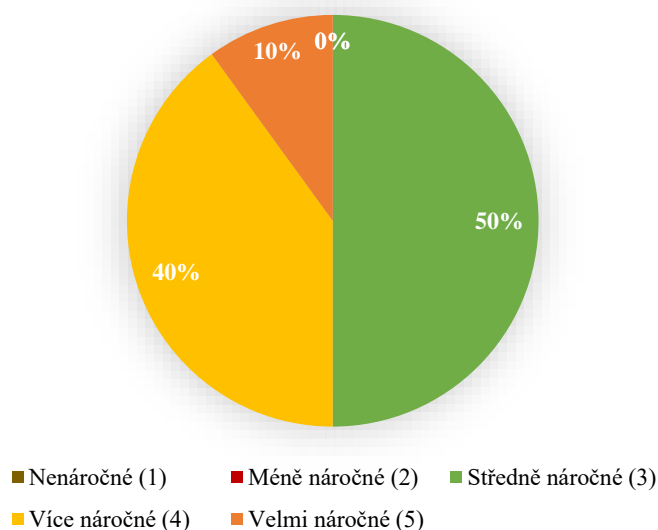
4.2 Vyhodnocení dotazníků – učitelé

Dotazníkového šetření se účastnilo celkem 10 učitelů, kteří byli osloveni buď osobně, nebo pomocí e-mailové adresy. Po domluvě byl zaslán on-line dotazník vytvořený na platformě Google Forms. Jedná se o učitele, kteří vyučovali na školách, kde probíhalo současně dotazníkové šetření žáků. Z každé školy vyplnili učitelský dotazník 2 zástupci. Celkové věkové rozmezí respondentů je poměrně velké a pohybuje se od 25 do 60 let. V následujícím vyhodnocování jsou rozličné odpovědi ovlivněny délkou pedagogické praxe, zkušenostmi s technologickými zařízeními a také možnostmi, které poskytuje konkrétní škola.

Dotazník nebyl vyhodnocen celý, pouze otázky 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12. Otázky týkající se fotosyntézy vodních rostlin (otázka č. 3 a 4) byly záměrně vynechány (jsou součástí jiné kvalifikační práce). Položka č. 8 také nebyla vyhodnocena. Žádný z respondentů nevybral v předchozí sedmé otázce možnost „jiné“, tudíž nebyla získána potřebná data pro její vyhodnocení.

Otázka č. 1 – Jaká je dle Vašeho názoru náročnost tématu fotosyntéza pro Vaše žáky? Svůj názor vyjádřete na škále od 1 do 5, stupeň 1 = nenáročný, stupeň 5 = velmi náročný.

V první otázce učitelé vyjadřovali svůj názor k náročnosti tématu fotosyntéza na stupnici od 1 do 5. Téma se 5 respondentům (50 %) jeví jako středně náročný. 4 pedagogové (40 %) vidí fotosyntézu jako složitější téma v porovnání s ostatními okruhy z přírodopisu. Pouze 1 učitel (10 %) uvedl krajní hodnotu, která zastupovala odpověď velmi náročný. Varianty nenáročný a méně náročný nebyly označeny. Na obr. 21 je tedy patrné, že pedagogové vnímají toto téma za středně až velmi náročný učivo pro žáky na základní škole.



Obr. 21 – Procentuální vyjádření názoru na náročnost tématu fotosyntézy pro žáky z pohledu učitelů

Otázka č. 2 – Co považujete za největší problém při výuce tohoto tématu?

Tato otázka byla otevřená a odpovědi se rozcházel. Polovina dotazovaných ve svých odpovědích uvedla problematiku neznalosti chemie (sled chemických reakcí, rovnice a její vyčíslení, NADPH, ATP). Fotosyntéza se začíná vyučovat v hodinách přírodopisu již v 6. ročníku, na rozdíl od chemie, kterou mají žáci až ve vyšších ročnících. 2 pedagogové zmínili nepochopení rozdílu mezi fotosyntézou a buněčným dýcháním. Další odpovědi bylo nesprávné a tradiční vnímání, že nám rostliny pomocí fotosyntézy dávají kyslík. Respondenti také uvedli provázání fotosyntézy s ostatními živočichy a její podstatu jako autotrofního způsobu výživy. Dále považují tento proces z celkového hlediska za náročný a pro žáky těžko představitelný. V tab. 1 jsou uvedeny odpovědi v původním znění.

Tab. 1 – Přehled konkrétních výpovědí učitelů v problematickém tématu fotosyntéza

Respondent	Odpověď
1	Subjektivní pohled dětí, že rostliny provádí fotosyntézu, aby nám daly kyslík. Uniká jim podstata fotosyntézy jako unikátního autotrofního způsobu výživy.
2	Odlišení fotosyntézy od dýchání.
3	V 6. ročníku žákům nic chemická reakce neříká, v 9. ročníku je to již lepší.
4	Zápis chemické rovnice a její vyčíslení, kterému žáci nerozumí.
5	Provázání s potravními vztahy s dalšími organismy (producenti, konzumenti, destruenti). Porovnání fotosyntézy a dýchání. Význam využití glukózy pro rostlinný organismus.
6	Složitost procesu
7	Začíná se brát v 6. ročníku, kdy žáci ještě nemají chemii.
8	Je to pro žáky, kteří si nedokážou představit bez dostatečných znalostí (např. chemie).
9	Množství cyklů, které je třeba pochopit, světelná a temnostní fáze.
10	Celá fotosyntéza je pro žáky obtížná, nevědí a nedokážou si představit, co je to ATP, NADPH, nechápou chemické reakce.

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

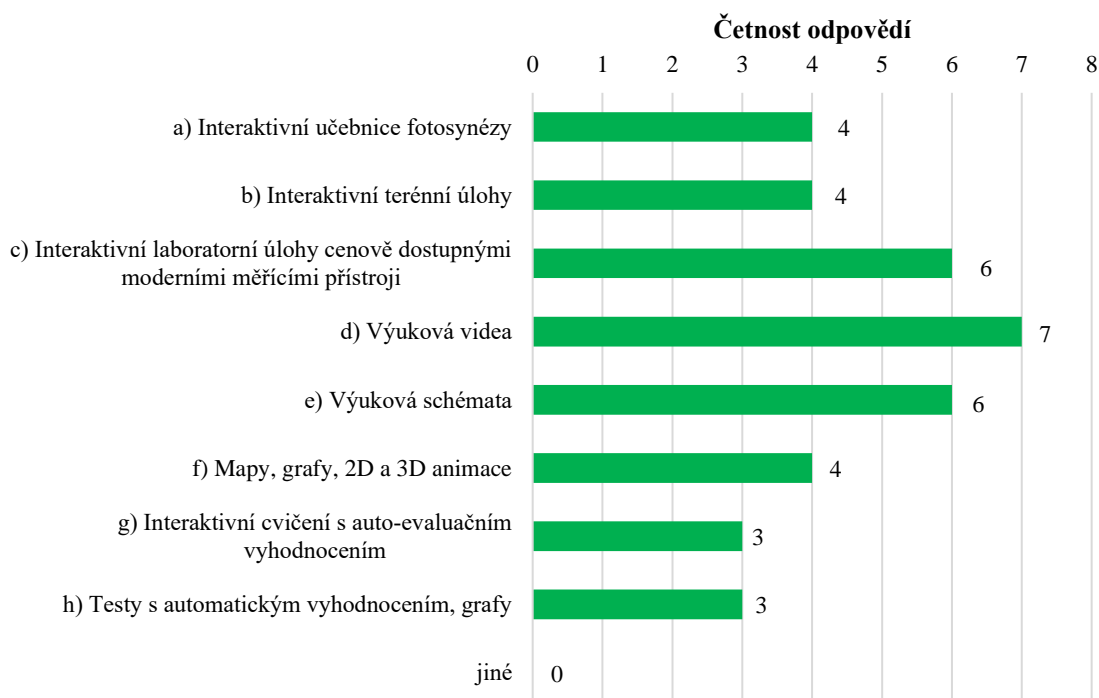
V páté otázce uváděli pedagogové digitální výukové zdroje, které během výuky fotosyntézy využívají. Někteří učitelé mají vytvořena vlastní zjednodušená schémata, jež následně žákům promítají pomocí dataprojektoru. Polovina dotazovaných zmínila výuková videa z internetu (Nezkreslená věda nebo cizojazyčná videa, ke kterým poskytují vlastní komentář). Dále využívají volně dostupné webové portály, obrázky či vlastní prezentace.

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

V následující šesté otázce byla učitelům položena uzavřená otázka. Celkem měli na výběr mezi třemi možnostmi. Zda by digitální aplikaci jednoznačně používali k výuce, nebo pouze výjimečně, či by ji nevyužili vůbec. 9 pedagogů (90 %) by při vyučování aplikaci využilo. Variantu používání v ojedinělých případech zvolil 1 respondent (10 %). Poslední, třetí možnost žádný z pedagogů neurčil.

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

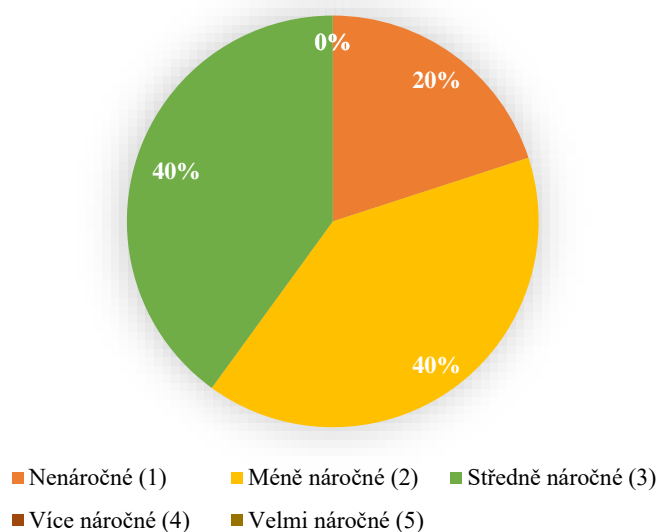
Respondenti v sedmé otázce vybírali položky, které by měla digitální aplikace obsahovat. Z obr. 22 je zřejmé, že nejčtenější responzí byla výuková videa, již zvolilo 7 učitelů (70 %). Výuková schémata a interaktivní laboratorní úlohy cenově dostupnými přístroji považuje nadpoloviční většina (6 respondentů, 60 %) za nedílnou součást aplikace. Vzhledem ke skutečnosti, že variantu jiné žádný z dotazovaných neuvedl, nebyla otázka č. 8 vyhodnocena.



Obr. 22 – Vyhodnocení otázky č. 8 učitelského dotazníku

Otázka č. 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.

Během svého vysokoškolského studia nejvíce učitelů (8 respondentů, 80 %) vnímalo téma fotosyntéza za méně až středně náročné (obr. 23). 2 pedagogové (20 %) vzpomínali na vysokou školu s přesvědčením, že během studia neměli s tímto tématem problém. Žádným z dotazovaných není fotosyntéza považována za velmi náročné téma.



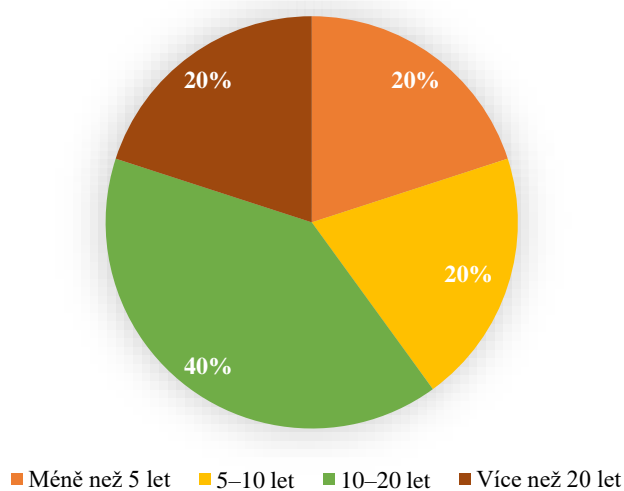
Obr. 23 – Procentuální vyjádření názoru učitelů na náročnost tématu fotosyntéza během jejich vysokoškolského studia

Otázka č. 10 – Patří téma fotosyntéza k oblíbeným ve Vaší praxi, tzn. učíte o fotosyntéze rád/a?

Zda fotosyntéza patří k oblíbeným tématům, o které dotazovaní učí, zkoumala desátá otázka. 5 učitelům (50 %) se chemický proces zamlouvá a učí o něm rádi. Druhá polovina pedagogů (5 dotazovaných, 50 %) má k výuce fotosyntézy spíše neutrální vztah. Položka, vyjadřující negativní nebo žádný vztah, byla respondenty vynechána.

Otázka č. 11 – *Jaká je délka Vaší pedagogické praxe?*

Jedenáctá otázka se netýkala výuky fyziologie rostlin, nýbrž délky působení pedagogů ve škole. Pedagogická praxe dotazovaných je značně různorodá (Obr. 24). Ve školách, účastnících se dotazníkového šetření, jsou nejvíce zastoupeni učitelé (4 respondenti, 40 %), již působí ve vzdělávání v rozmezí 10–20 let. Šetření se účastnili 2 vyučující (20 %), jejichž praxe dosahuje více než 20 let, ale zároveň i taci (2 pedagogové, 20 %), kteří ve školství působí méně než 5 let.



Obr. 24 – Procentuální vyjádření délky pedagogické praxe oslovených pedagogů

Otázka č. 12 – *Pozorujete u svých žáků zájem o poznání významu rostlin v krajině?*

Poslední otázka v učitelském dotazníku byla uzavřená se třemi variantami odpovědí. Nezájem žáků o poznání významu rostlin v krajině pozoruje nadpoloviční většina dotazovaných (6 učitelů, 60 %). Pouze 1 vyučující (10 %) vidí u žáků zájem o uvedené téma. Zbylí 3 respondenti (30 %) využili odpověď „nevím“.

5 Diskuse

Cílem bakalářské práce bylo poukázat na problematiku žákovských znalostí ohledně fotosyntézy suchozemských rostlin a procesů s ní spojených. Dalším cílem bylo zjištění postojů vyučujících přírodopisu ke zmíněnému tématu. Do výzkumu se zapojilo pět škol ze Středočeského kraje. Výzkumný vzorek tvořilo 10 učitelů a 195 žáků. V minulém akademickém roce 2021/2022 uskutečnili studenti PF JČU podobné dotazníkové šetření v kraji Vysočina, v Jihočeském a Středočeském kraji (odlišné oblasti než v této práci).

Dotazníkové šetření se zaměřovalo na žáky 9. ročníku základní školy a nižšího gymnázia (kvarta). Dotazníky byly žákům předloženy v papírové podobě. Současně byli dotazováni i učitelé ze základních škol (celkem 10 učitelů), pro které byl po domluvě výzkumný nástroj zaslán v on-line formě.

Úvodní otázky byly pro žáky problematické. 25 % žáků na otázku č. 1 nedokázalo odpovědět. Součástí znění položky č. 2 bylo, že biomasa je považována za obnovitelný zdroj energie, což byla v otázce č. 1 třetí nejčtenější varianta odpovědi. Na základě souvislosti obou otázek mohli žáci využít originální znění druhé položky jako svou odpověď. Z výsledků tedy nelze konstatovat, zda pojem opravdu znají. Občas u žáků dochází k záměně s pojmem „zdravé maso“ z farmy (Pavlátová & Kroufek, 2018). V odpovědích tohoto výzkumu se uvedené slovní spojení vyskytlo pouze v ojedinělých případech. Žáci z velké části nedokázali napsat, co si pod biomasou představují, natož odkud se v ní uložená energie bere. Proto největší procento respondentů (46 %) v druhé otázce svou odpověď neuvedlo nebo napsalo „nevím“. 19 % žáků uvedlo, že energie pochází ze Slunce (sluneční záření), ale žádný neuvedl kombinaci slunečního záření s fotosyntézou. Dle dosažených výsledků může žákům unikat význam fotosyntézy jako procesu přeměny sluneční energie na energii uloženou v chemických vazbách (Čipková et al., 2017).

Nadpoloviční většina dotazovaných (54 %) si dokázala představit procentuální zastoupení podílu biomasy na obnovitelných zdrojích a v uzavřené třetí otázce zakroužkovala správnou odpověď A. V otázce č. 4 se 49 % žáků správně domnívalo, že nejdůležitějším procesem pro tvorbu biomasy je fotosyntéza. Nabízela se ještě další korektní možnost odpovědi, kterou byl růst. Ten ale uvedla pouhá 2 % respondentů. 41 % žáků odpovědět nedokázalo, k čemuž mohla vést skutečnost, že žáci stále nevěděli, co to biomasa je.

Pátá otázka se orientovala na rostlinnou výživu. 123 ze 195 žáků se mylně domnívá, že rostliny získávají živiny z půdy. Tím byla potvrzena miskoncepce ze zahraničních výzkumů

(Keles & Kefeli 2010; Galvin et al., 2015). Pouhých 16 žáků uvedlo fotosyntézu jako správnou odpověď. Dle výsledků si žáci neuvědomují význam fotosyntézy jako autotrofního způsobu výživy rostlin. Tento problém zmínil ve své výpovědi jeden z dotazovaných pedagogů.

Poněkud časově náročnější byla položka č. 6 obsahující tabulku se třemi sloupci. Do prvního sloupce respondenti vpisovali potřeby rostlin, které ovlivňují jejich růst. Výrazná většina žáků (160 ze 195) napsala světlo. Dalšími četnými položkami byly voda, živiny, vhodná teplota a zemina. V druhém sloupci respondenti v návaznosti na první sloupec uváděli zdroje zmíněných faktorů pro suchozemskou rostlinu. Nejčastěji se vyskytovaly odpovědi Slunce, půda, vodní zdroje (řeky, déšť) a vzduch.

Výsledky série podotázek 7. položky potvrzují známé miskoncepce porovnávající fotosyntézu s respirací. Nadpoloviční většina žáků (66 %) uvedla, že za bílého dne přijímají rostliny pouze CO_2 . Pouhá 3 % procenta napsala správnou odpověď, tudíž CO_2 a O_2 . Během tmy (noci) dle 45 % žáků přijímá rostlina O_2 . Ačkoli nejvíce zastoupenou položkou byl správně O_2 , 36 % žáků nedokázalo na položku odpovědět. Druhá polovina sedmé otázky se ptala na výdej plyných látek rostlinou. 66 % žáků napsalo, že během dne rostlina vydává do ovzduší O_2 . Správnou odpověď, že rostliny vydávají ve dne CO_2 i O_2 , uvedla pouze 2 % respondentů. Nejproblematičtější byla pro žáky poslední část otázky, kterou 42 % participantů přeskočilo nebo nevědělo. Nicméně 39 % respondentů uvedlo CO_2 jako plyn, jež rostliny vydávají během noci. Dle získaných dat žáci mylně uvažují o fotosyntéze a respiraci jako o dvou inverzních procesech na úrovni výměny dýchacích plynů (Galvin et al., 2015; Čipková et al., 2017).

V uzavřené otázce č.8 si žáci měli za úkol představit množství dřeva, které v zimě spotřebuje domácnost při průměrné spotřebě 40 kWh na den. Správný výsledek 10 kg zakroužkoval nadstandardní počet žáků (146, 75 %). Úvaha o spotřebě většího množství dřeva (100 kg) dominovala (22 %) nad variantou 1 kg dřeva (2 %).

V první části následující otázky č. 9 dokonce 171 (88 %) respondentů zakroužkovalo správné tvrzení, že odstranění velkého množství rostlinné plochy má negativní dopad na životní prostředí. Následující část obsahovala jedinou správnou možnost odpovědi a to, že následkem uvedené skutečnosti je oteplení vzduchu, úbytek vody a eroze půdy. Ačkoli nadpoloviční většina žáků (107 ze 195) dokázala vyřešit obě dílčí části položky správně, 64 žáků nedokázalo najít souvislost mezi tvrzeními. Dle výsledku je zřejmé, že žáci

dostatečně nechápou ekologický význam biomasy. Vymýcení lesních a lučních společenstev rostlin negativně ovlivňuje biodiverzitu živočichů, vodu v krajině, půdní vlastnosti a složení okolního vzduchu (Smith & Torn, 2013).

Další z mylných předpokladů byl prokázán v desáté otázce. 67 % žáků zastávalo názor, že rostlina spotřebovává největší množství dopadající sluneční energie během fotosyntézy. Žákům se otázka nemusela jevit složitě, ale žádný z nich nevedl správnou odpověď – transpiraci. Pro procesy transpirace se využije 80 % sluneční energie, na rozdíl od fotosyntézy, kde se využije pouze 1 % (Ryplová, 2014). Podobných výsledků dosáhli ve svých výzkumech studenti PF JČU. Důvodem je pravděpodobně nezahrnutí nebo velké zjednodušení tématu transpirace v kurikulárních dokumentech pro základní školy (Ryplová & Pokorný, 2019).

Možnost vyjádření svého názoru k formě výuky rostlin měli žáci v třinácté otázce. Nejvíce respondenty zaujaly laboratorní úlohy, v nichž by probíhalo měření chytrými přístroji, dále terénní úlohy nebo kvízy na elektronických zařízeních. Poslední příčku obsadil klasický výklad učitele. Poslední část žakovského dotazníku tvořily 4 položky ověřující využívání technologií (počítač, tablet, mobil) ve škole a při domácí přípravě na přírodopis. Výsledky otázky, zda žáci využívají počítač během výuky, byly vyrovnané. Alespoň polovina žáků se s počítačem při přírodopisu setkala. Otázkou je, zda počítač používal pouze učitel, nebo samotní žáci. Tvoření závěrů ohledně využívání počítačů samotnými žáky je tedy zavádějící, protože někteří žáci pochopili otázku více způsoby. Ve školách neprobíhá výuka přírodopisu pomocí tabletu. Naopak při domácí přípravě nadpoloviční většina žáků (134) využívá tablety společně s mobily. Při přípravě na hodiny přírodopisu využívá 123 respondentů počítač. Někteří k otázce dokonce připsali, že se na přírodopis neučí.

Učitelské dotazníky se zaměřovaly na problematiku výuky fotosyntézy z pohledu pedagogů. Šetření se účastnili učitelé s rozličnou délkou pedagogické praxe. Respondentům se toto téma s ohledem na jejich žáky jeví jako středně až velmi náročné. Největší problém pedagogové spatřují v nedostatečných znalostech chemie. Žáci 6. ročníku se nedokážou orientovat v chemických rovnicích a procesech. Tato tvrzení se shodují s názory ve studii Vágnerové et al (2019). Dále se učitelé potýkají s miskoncepcí, že fotosyntéza a buněčné dýchání je stejný proces. Ta se vyskytovala v různých studiích (Amir & Tamir, 1990; Keles & Kefeli, 2010; Galvin et al., 2015). Důvodem, proč žáci základních škol žijící v různých zemích mají podobné mylné předpoklady, mohou být podobné zkušenosti

z každodenního života (Keles & Kefeli, 2010). Jeden z pedagogů uvedl, že pro jeho žáky je náročné si uvědomit provázanost fotosyntézy s potravními vztahy. Dle Škorpíka (2006) jsou právě produkty vzniklé během fotosyntézy základní složkou pro složitější organické sloučeniny, které nalezneme ve všech organismech. Žáci si neuvědomují její důležitost. Učitelům se v době jejich studia nejevilo téma fotosyntéza jako náročné, proto pravděpodobně nemají k výuce fotosyntézy negativní vztah. Dokonce polovina řadí toto téma mezi své oblíbené vyučované oblasti. Pokud učitelé učí o tématu rádi, má to pozitivní vliv na oblíbenost učiva u žáků (Malcová & Janštová, 2018). Poněkud smutný je fakt, že 6 pedagogů (60 %) nepozoruje žádný zájem o význam rostlin v krajině u žáků základních škol. Pouze 1 respondent (10 %) pozoruje zájem a zbylí nevědí, zda u žáků takový zájem je.

Dále byl u učitelů zjišťován zájem o digitální aplikaci pro výuku fotosyntézy. Všech 10 respondentů by alespoň částečně aplikaci využilo. Jednoznačně by měla obsahovat interaktivní laboratorní úlohy, výuková videa a schémata pro lepší představu žáků. Animace a výuková videa jsou vhodným prostředkem k nápravě žakovských miskoncepí, což se promítlo v zahraničních studiích (Keles & Kefeli, 2010; Utami et al., 2023).

Získaná data korespondují s výsledky dotazníkových šetření provedených studenty PF JČU a také se zahraničními studiemi. Znalosti žáků z oblasti fyziologie rostlin jsou nedostatečné. O fotosyntéze se ve výuce mluví velmi stručně a jednoduše. Pro žáky bez znalosti chemie je velmi obtížným tématem, protože si chemické reakce nedokážou představit (Vágnerová et al., 2019).

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo poukázat na znalosti fotosyntézy terestrických rostlin u žáků 9. ročníků základních škol a nižšího gymnázia. Dále se obsah práce zaměřoval na problematiku výuky a výskyt miskonceptů spojených s fyziologickými procesy v rostlině, zejména s fotosyntézou a dýcháním. Posledním cílem bylo odhalení názorů učitelů na náročnost výuky fotosyntézy na základních školách. Veškeré cíle kvalifikační práce byly naplněny a jsou podrobněji rozepsány a diskutovány v kapitolách Výsledky a Diskuse.

Žákovské znalosti fyziologie rostlin jsou dle získaných dat nedostatečné. Z výsledků dále vyplývá, že mylné předpoklady vycházející z několika českých a zahraničních studií popsané v teoretické části této práce se stále na základních školách vyskytují v hojné míře. Miskoncepce mohou vznikat nejasnou terminologií a nepřiměřenou náročností tématu. Volba výukových metod a učitelské postoje k výuce biologie rostlin mohou taktéž přispívat k mylným žakovským představám.

Dle názoru učitelů se pro žáky jedná o poměrně náročné téma, ale ze svého pohledu ho tak nevnímají. Problém spatřují v nedostatečných žakovských znalostech z chemie, v souvislostech s dalšími fyziologickými procesy a v celkové náročnosti tématu. Na řešení by se mohla podílet výuková aplikace, která by dokázala abstraktní procesy žákům podat interaktivní a zábavnou formou. Učitelé již během své výuky moderní technologie využívají a pouštějí žákům výuková videa, ale aplikaci zaměřenou na fyziologické procesy v rostlinách by přivítali.

Závěrem je nutné podotknout, že rostliny představují klíčovou složku ekosystému. Jsou základním kamenem potravních řetězců a energetických toků. Pomocí procesu fotosyntézy rostlina přemění sluneční energii na chemickou a ta se v rámci potravního řetězce přenáší z jednoho organismu na druhý.

7 Seznam literatury

- Amir, R., & Tamir, P. (1990). *Detailed Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis*. Dostupné z: (<https://eric.ed.gov/?id=ED319635>)
- Anwar, K., Ali, R., Qadeer, A., & Zada, K. (2022). *Exploring Students' Misconceptions and their Causes in Photosynthesis and Respiration: A Case Study of a Private Sector School of Sukkur, Sindh, Pakistan*. *Sukkur IBA Journal of Educational Sciences and Technologies*, 2(2), 11–25.
- Badenhorst, E., Mamede, S., Hartman, N., & Schmidt, H. G. (2015). *Exploring lecturers' views of first-year health science students' misconceptions in biomedical domains*. *Advances in Health Sciences Education*, 20, 403–420.
- Baram-Tsabari, A., Sethi, R. J., Bry, L., & Yarden, A. (2006). *Using questions sent to an Ask-A-Scientist site to identify children's interests in science*. *Science Education*, 90(6), 1050–1072.
- Cañal, P. (1999). *Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception?*. *International Journal of Science Education*, 21(4), 363–371.
- Celjak, I. (2012). *Rostlinná biomasa slouží k uskladnění sluneční energie*. *Biom.cz*. Dostupné z (<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/rostlinna-biomasa-slouzi-k-uskladneni-slunecni-energie>.)
- Çepni, S., & Keleş, E. (2006). *Turkish students' conceptions about the simple electric circuits*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(2), 269–291.
- Coley, J. D., & Tanner, K. D. (2012). *Common origins of diverse misconceptions: Cognitive principles and the development of biology thinking*. *CBE-Life Sciences Education*, 11(3), 209-215.
- Čipková, E., Karolčík, Š., & Vörösová, N. (2017). *Korekcia miskonceptí žiakov o fotosyntéze a dýchaní rastlín prostredníctvom bádateľsky orientovaného vyučovania*. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 26(3), 24–34.
- Ebenezer, J. V., & Zoller, U. (1993). *Grade 10 students' perceptions of and attitudes toward science teaching and school science*. *Journal of research in science teaching*, 30(2), 175–186.

- EDU. (2021). *RVP ZV 2021 s vyznačenými změnami*. Dostupné z: (<https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>)
- Fančovičová, J., & Kubiátko, M. (2015). *Záujem žiakov nižšieho sekundárneho vzdelávania o biologické vedy*. *Scientia in educatione*, 6(1), 2–13.
- Galvin, E., Simmie, G. M., & O'Grady, A. (2015). *Identification of misconceptions in the teaching of biology: A pedagogical cycle of recognition, reduction and removal*. *Higher Education of Social Science*, 8(2), 1–8.
- Giddens, A. (2005). *Sociologie*. Argo.
- Hall, D. O., & Rao, K. (1999). *Photosynthesis*. Cambridge University Press.
- Hoganson, C. W., & Babcock, G. T. (1997). *A metalloradical mechanism for the generation of oxygen from water in photosynthesis*. *Science*, 277(5334), 1953–1956.
- Chetty, R., Friedman, J. N. & Rockoff, J. E. (2012). *The Long-Term Impacts of Teachers: Teacher Value – Added and Student Outcomes in Adulthood*. NBER Working Paper No. 17699, (I2, J24).
- Chráska, M. (2016). *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu* (2., aktualizované vydání). Grada.
- Johnson, D. (2017). *The Role of Teachers in Motivating Students to Learn*. *BU Journal of Graduate studies in education*, 9(1), 46–49
- Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. (2000). *Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists*. *Science education*, 84(2), 180–192.
- Keeves J., & Kotte D. (1992) *Disparities between the sexes in science education*. The IEA study of science III. New York: Pergamon.
- Keles, S., Bilgen, S., & Kaygusuz, K. (2017). *Biomass energy source in developing countries*. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 6(1), 566–576.
- Klouda, P. (2005). *Základy biochemie* (2., přeprac. vyd). Pavel Klouda.
- Kubiátko, M. (2011). *Bez prírodopisu to nejde alebo ako ho vnímajú žiaci základných škôl*. *Studia paedagogica*, 16(2), 75–88.

- Kubiatko, M. (2014). *Vplyv rôznych faktorov na postoje žiakov základných škôl k prírodovedným predmetom*. Brno: Masarykova univerzita.
- Malcová, K., & Janštová, V. (2018). *Jak jsou hodnoceny jednotlivé obory biologie žáky 2. stupně ZŠ a nižšího gymnázia?*. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 27(1), 23–34.
- Larcher, W. (1988). *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia.
- Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. *Archives of psychology*.
- Luštinec, J., & Žárský, V. (2005). *Úvod do fyziologie vyšších rostlin* (První). Karolinum.
- MŠMT. (2023). *Rámcové vzdělávací programy*. Dostupné z: (<https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/skolskareforma/ramcove-vzdelavaci-programy>)
- Nobel, P. (2005). *Physicochemical and Environmental Plant Physiology*. Academic Press.
- Nováček, F. (2008). *Fytochemické základy botaniky* (2., přeprac. vyd). Fontána.
- Pavlátová, V., & Kroufek, R. (2018). *Pohled učitelů na obtížnost vybraných environmentálních pojmů v učebnicích pro základní školy*. *Scientia in educatione*, 9(2), 57–79.
- Piaget, J & Inhelder, B. (1997) *Psychologie dítěte*. Praha. Portál.
- Pasch, M., Gardner, T. G., Sparks-Langerová, G., Starková, A. J., & Moodyová, C. D. (1998). *Od vzdělávacího programu k vyučovací hodině*. Portál.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., & Šebánek, J. a kol. (1998): *Fyziologie rostlin*. Praha. Academia. 484.
- Prokop, P., Prokop, M., & Tunnicliffe, S. D. (2007). *Is biology boring? Student attitudes toward biology*. *Journal of biological education*, 42(1), 36–39.
- Ramsden, J. M. (1998). *Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science?*. *International Journal of Science Education*, 20(2), 125–137.
- Rendl, M., & Vondrová, N. (2014). *Kritická místa v matematice u českých žáků na základě výsledků šetření TIMSS 2007*. *Pedagogická orientace*, 24(1), 22–57.
- Ryplová, R. (2014). *Fyziologie rostlin: Skriptum pro studující Učitelství přírodopisu pro 2. stupeň ZŠ*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

- Ryplová, R., & Pokorný, J. (2019). *Opomíjená úloha vegetace v distribuci sluneční energie a utváření klimatu – sonda znalostí začínajících studentů učitelství přírodopisu*. *Envigogika*, 14(1).
- Sanders, M. (1993). *Erroneous ideas about respiration: The teacher factor*. *Journal of research in science teaching*, 30(8), 919–934.
- Saputra, O., Setiawan, A., & Rusdiana, D. (2019). *Identification of student misconception about static fluid*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1157, No. 3, p. 032069). IOP Publishing.
- Sánchez, J., Curt, M. D., Robert, N., & Fernández, J. (2019). Biomass resources. In *The role of bioenergy in the bioeconomy*. Academic Press. 25–111.
- Sencar, S., & Eryilmaz, A. (2004). *Factors mediating the effect of gender on ninth-grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits*. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(6), 603–616.
- Smith, L. J., & Torn, M. S. (2013). *Ecological limits to terrestrial biological carbon dioxide removal*. *Climatic Change*, 118, 89–103.
- Sugiura, M. (1992). *The chloroplast genome*. *10 Years plant molecular biology*, 149–168.
- Škorpík, J. (2006). *Biomasa jako zdroj energie. Transformační technologie*. Jiří Škorpík
Dostupné z: (<http://www.transformacni-technologie.cz/03.html>.)
- Šnobl, J., & Pulkrábek, J. (2005). *Základy rostlinné produkce* (Vyd. 2., přeprac). Česká zemědělská univerzita.
- Špička, J. (2004). *Biochemie*. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.
- Teplá, M. (2013). *Biochemie-základní kapitoly. Fotosyntéza*. PřF UK v Praze. Dostupné z: (<http://www.studiumbiochemie.cz/fotosynteza.html>)
- Utami, R. P., Anam, M. S., Anwar, C., Kusumaningrum, S. R., & Dewi, R. S. I. (2023). *Correcting correcting the misconceptions of 6th grade elementary school students about photosynthetic materials with the help of animated videos*. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 2(1), 1–8.

Vágnerová, P., Benediktová, L., & Kout, J. (2018). *Kritická místa ve výuce přírodopisu na základní škole*.

Vágnerová, P., Benediktová, L., & Kout, J. (2019). *Kritická místa ve výuce přírodopisu: jejich identifikace a příčiny*.

Vodrážka, Z. (1996). *Biochemie* (2., přeprac. vyd). Academia.

Vodrážka, Z. (1998). *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. Scientia.

Vojtíšek, P. (2012). *Výzkumné metody*. Vyšší odborná škola sociálně právní, Praha.

Votrubová, O. (2017). *Anatomie rostlin*. Karlova univerzita, Praha. Karolinum.

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

Zdroje obrázků

Obr. č. 1 - Encyclopaedia Britannica (2022). *Struktura chloroplastu*. Encyclopædia Britannica. (<https://www.britannica.com/science/chloroplast#/media/1/113761/45552>)

Obr. č. 2 - Teplá, M. (2023). *Calvinův cyklus*. KUDCH, PřF UK v Praze. (http://www.studiumbiochemie.cz/materialy/zakladni_kapitoly/fotosynteza/12.jpg)

8 Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 – Struktura chloroplastu

Obr. 2 – Calvinův cyklus

Obr. 3 – Věk dotazovaných žáků

Obr. 4 – Vyhodnocení otázky č. 1 žákovského dotazníku

Obr. 5 – Vyhodnocení otázky č. 2 žákovského dotazníku

Obr. 6 – Vyhodnocení otázky č. 3 žákovského dotazníku

Obr. 7 – Vyhodnocení otázky č.4 žákovského dotazníku

Obr. 8 – Vyhodnocení otázky č. 5b žákovského dotazníku

Obr. 9 – Vyhodnocení otázky č. 6a žákovského dotazníku

Obr. 10 – Vyhodnocení otázky č. 6b žákovského dotazníku

Obr. 11 – Vyhodnocení otázky č. 7a žákovského dotazníku

Obr. 12 – Vyhodnocení otázky č. 7b žákovského dotazníku

Obr. 13 – Vyhodnocení otázky 7c žákovského dotazníku

Obr. 14 – Vyhodnocení otázky 7d žákovského dotazníku

Obr. 15 – Vyhodnocení otázky č. 8 žákovského dotazníku

Obr. 16 – Vyhodnocení druhé části otázky č. 9 s ohledem na správnost odpovědi v první části

Obr. 17 – Vyhodnocení otázky č. 10 žákovského dotazníku

Obr. 18 – Procentuální vyjádření využití počítače při výuce

Obr. 19 – Procentuální vyjádření využití počítače při domácí přípravě

Obr. 20 – Procentuální vyjádření využití tabletu nebo mobilu při domácí přípravě

Obr. 21 – Procentuální vyjádření názoru na náročnost tématu fotosyntézy pro žáky z pohledu učitelů

Obr. 22 – Vyhodnocení otázky č. 8 učitelského dotazníku

Obr. 23 – Procentuální vyjádření názoru učitelů na náročnost tématu fotosyntéza během jejich vysokoškolského studia

Obr. 24 – Procentuální vyjádření délky pedagogické praxe oslovených pedagogů

Seznam tabulek

Tab. 1 – Přehled konkrétních výpovědí učitelů v problematickém tématu fotosyntéza

9 Přílohy

Seznam příloh

Příloha č. 1 – dotazník pro žáky

Příloha č. 2 – dotazník pro učitele

Příloha č. 1 – dotazník pro žáky

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

.....
.....

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 doplňte, 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	Kyslík, oxid uhličitý	kyslík
Jaké plynné látky rostliny vydávají do atmosféry	Oxid uhličitý, vodní páru (ev. někdo možná zmíní i vonné látky či silice)	Oxid uhličitý

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 považují 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

13. Jaká výuka o rostlinách by Tě bavila? U každé z následujících otázek zaškrtni stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje Tvůj názor (známkuj jako ve škole, 1= líbilo by se Ti nejvíce, 5= vůbec by se Ti nelíbilo)

- a) Klasická výuka s výkladem učitele ve škole

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

- b) Pomocí interaktivní výukové aplikace v mobilu nebo tabletu

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

- c) Pomocí interaktivní výukové aplikace v počítači

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

d) Terénní úlohy, kde bychom měřili s chytrými přístroji

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

e) Laboratorní úlohy, kde bychom měřili s chytrými přístroji

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

f) Výukové video

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

g) Kvízy na PC tabletu, mobilu

Líbilo by se mi nejvíc	1	2	3	4	5	Vůbec by se mi nelíbilo
------------------------	---	---	---	---	---	-------------------------

14) Ve škole se v hodinách přírodopisu učíme s pomocí počítače

- a) často b) málokdy c) vůbec

15) Ve škole se v hodinách přírodopisu učíme s pomocí tabletů

- a) často b) málokdy c) vůbec

16) Když se doma učím na přírodopis, používám k tomu počítač

- a) často b) málokdy c) vůbec

17) Když se doma učím na přírodopis, používám k tomu mobil nebo tablet

- a) často b) málokdy c) vůbec

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

Příloha č. 2 – dotazník pro učitele

Fotosyntéza

Tento dotazník je určen pro učitele.

* Označuje povinnou otázku

1. Jaká je dle Vašeho názoru náročnost tématu fotosyntéza pro Vaše žáky? Svůj *
názor vyjádřete na škále od 1 do 5, stupeň 1 = nenáročné, stupeň 5 = velmi
náročné.

(fotosyntéza je nenáročné téma)

1

2

3

4

5

(fotosyntéza je velmi náročné téma)

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

Vaše odpověď

3. Zmiňujete se své výuce také fotosyntézu vodních rostlin? Pokud ano, *
specifikujte prosím, v jakém smyslu.

Vaše odpověď

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

Vaše odpověď

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

Vaše odpověď

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

- ANO
- Pouze výjimečně
- 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) výuková schémata
- f) mapy, grafy, 2D a 3D animace
- g) interaktivní cvičení s auto-evaluačním vyhodnocením
- 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. *

Vaše odpověď

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