



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

## Diplomová práce

# Inovace výuky fotosyntézy pomocí ICT technologií

Vypracovala: Bc. Pavla Veselá

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

České Budějovice 2024

## **Prohlášení**

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

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

V Českých Budějovicích dne.....2024

.....

Podpis studenta

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla velice poděkovat vedoucí práce Ing. Štěpánce Chmelové, Ph.D. za odbornou pomoc, vstřícnost, podporu, rychlou komunikaci a cenné rady při psaní diplomové práce.

Dále bych také ráda poděkovala své rodině a zejména mému přítelovi, za neustálou podporu, povzbuzení a motivaci.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá problematikou výuky komplexního tématu fotosyntézy a jeho předáním žákům devátých tříd základní škol. Literární část práce se podrobně zabývá samotným procesem fotosyntézy společně s jeho klíčovými aspekty a současně předkládá možnosti využití digitálních technologií ve výuce.

V praktické části diplomové práce se testuje nově navržená digitální platforma pro výuku fotosyntézy na vybraných základních školách. Předmětem výzkumu byla analýza obecných znalostí žáků z tématu fotosyntézy s částečným zaměřením na fotosyntézu vodních rostlin. Sledován byl způsob, jakým mohou digitální technologie přispět k lepšímu porozumění složitých témat jako je fotosyntéza. Jestli je například tato forma výuky pro žáky poutavá, jakým způsobem ji hodnotí, či jestli pomáhá žákům překonat časté mylné domněnky? Předmětem výzkumu bylo i hodnocení učebnice samotnými vyučujícími.

V rámci výzkumu bylo provedeno dotazníkové šetření mezi žáky, kde odpovídali na sadu otázek bez předchozí výuky a posléze po výuce s digitální učebnicí. Získané výsledky naznačují, že digitální učebnice může zlepšit znalosti žáků a usnadnit jim porozumění celého procesu fotosyntézy.

### **Klíčová slova:**

Fotosyntéza, ICT technologie, interaktivní/digitální učebnice

## **Abstract**

The thesis deals with the problem of teaching the complex topic of photosynthesis and its handover to pupils of the ninth grade of primary schools. The literary part of the thesis deals in detail with the process of photosynthesis itself together with its key aspects and at the same time presents the possibilities of using digital technologies in teaching.

The practical part of the thesis tests a newly designed digital platform for teaching photosynthesis in selected primary schools. The subject of the research was the analysis of pupil's general knowledge on the topic of photosynthesis with a partial focus on photosynthesis of aquatic plants. The way in which digital technologies can contribute to a better understanding of complex topics such as photosynthesis was investigated. For example, is this form of learning engaging for pupils, how do they evaluate it, or does it help pupils overcome common misconceptions? The research subject was also the evaluation of the textbook by teachers themselves.

As part of the research, a questionnaire survey was conducted among pupils, where they answered a set of questions without prior teaching and then after teaching with the digital textbook. The results obtained suggest that the digital textbook can improve the pupil's knowledge and facilitate their understanding of the whole process of photosynthesis.

### **Keywords:**

Photosynthesis, ICT technology, interactive/digital textbook

## Obsah

1 Úvod.....	1
2 Literární přehled.....	2
2.1 Fotosyntéza.....	2
2.1.1 Vývoj fotosyntézy .....	2
2.1.2 Definice fotosyntézy.....	3
2.1.3 Záření.....	3
2.1.4 Sluneční záření .....	4
2.1.5 Fotosyntetické struktury .....	5
List.....	5
Chloroplast .....	6
Fotosyntetická barviva .....	7
2.1.6 Světelná fáze fotosyntézy .....	8
2.1.7 Temnostní fáze fotosyntézy .....	9
2.1.8 Fotorespirace .....	11
2.1.9 Fotosyntéza C4 rostlin.....	12
2.1.10 Fotosyntéza CAM rostlin .....	13
2.1.11 Fotosyntéza vodních rostlin.....	14
2.2 Problémy žáků v chápání fotosyntézy .....	15
2.3 Digitální technologie ve výuce přírodopisu .....	19
2.3.1 Mobilní aplikace.....	20
2.3.2 Video pro výuku fotosyntézy.....	23
3 Metodika práce .....	25
3.1 Sběr dat.....	25
3.2 Použité statistické metody .....	26
4 Výsledky.....	28

4.1 Vyhodnocení otázky č. 1.....	28
4.2 Vyhodnocení otázky č. 2.....	30
4.3 Vyhodnocení otázky č. 3.....	32
4.4 Vyhodnocení otázky č. 4.....	34
4.5 Vyhodnocení otázky č. 5.....	35
4.6 Vyhodnocení otázky č. 6.....	37
4.7 Vyhodnocení otázky č. 7.....	39
4.8 Vyhodnocení otázky č. 8.....	40
4.9 Vyhodnocení otázky č. 9.....	42
4.10 Vyhodnocení otázky č. 10.....	44
4.11 Výzkum žákovských názorů na práci s interaktivní učebnicí .....	46
4.11.1 Vyhodnocení otázky č. 11 .....	46
4.11.2 Vyhodnocení otázky č. 12.....	47
4.11.3 Vyhodnocení otázky č. 13.....	48
4.11.4 Vyhodnocení otázky č. 14.....	49
4.12 Celkové vyhodnocení .....	50
4.13 Výsledky polostrukturovaného rozhovoru s učiteli.....	53
5 Diskuse .....	55
6 Závěr.....	59
7 Seznam použité literatury a zdrojů .....	60
8 Přílohy .....	65
Seznam příloh:.....	65

# 1 Úvod

Moderní technologie mění způsob, jakým se učíme a vyučujeme. V oblasti biologického vzdělávání nabízejí informační a komunikační technologie (ICT) nové příležitosti k inovaci výuky. Jedním z klíčových témat, které lze prostřednictvím těchto technologií lépe přiblížit studentům, je fotosyntéza – základní proces, který umožňuje život na Zemi.

Tato diplomová práce se zaměřuje na inovativní přístup k výuce fotosyntézy prostřednictvím ICT technologií. Cílem práce je zkoumat efektivitu digitální učebnice při výuce fotosyntézy na základních školách.

Důvody volby tohoto tématu vyplývají z potřeby aktualizovat vzdělávací metody a prostředky v souladu s dynamickým rozvojem technologií. Fotosyntéza jako základní biologický proces si zaslouží zvláštní pozornost ve výuce, a ICT technologie mohou hrát klíčovou roli při zpřístupnění tohoto tématu pro studenty.

Cíle této práce zahrnují

- Analýzu změn v úrovni znalostí žáků základních škol týkajících se fotosyntézy před a po použití digitální učebnice.
- Posouzení efektivity digitální učebnice jako prostředku výuky fotosyntézy.
- Zhodnocení přijetí digitální učebnice ze strany studentů a jejich vnímání nového přístupu k výuce tohoto tématu.

Tato práce si klade za cíl přispět k diskusi o výuce biologie a využití ICT technologií v pedagogickém procesu. Výsledky této práce mohou poskytnout poznatky pro další implementaci digitálních učebnic do výuky biologických témat na základních školách.



## 2 Literární přehled

### 2.1 Fotosyntéza

#### 2.1.1 Vývoj fotosyntézy

V roce 1771 začal anglický vědec Joseph Priestley studovat proces fotosyntézy. Celý pokus začal tím, že Joseph vložil zapálenou svíčku do uzavíratelné nádoby. Za normálních okolností svíčka brzy zhasne, jelikož se vyčerpá kyslík, který podporuje hoření. Josepha poté napadlo, že do nádoby přidá kousek máty a zjištění bylo překvapující. Rostlina po nějakém čase vytvářela neznámou látku, načež se později zjistilo, že se jedná o kyslík. Přítomnost kyslíku samozřejmě zapříčinila, že svíčka mohla opět hořet.

O osm let později, v roce 1779 byl Priestleyho výzkum rozšířen holandským lékařem Janem Ingenhouszem, který přišel na to, že pokud rostlina vyprodukovala kyslík, musela mít k dispozici světlo. Dále také uvedl, že významnou roli při tomto procesu mají zelené tkáně uvnitř rostliny (Hill, 1972).

V roce 1782 se ukázalo, že plyn napomáhající procesu hoření, tedy kyslík, vzniká díky jinému plynu, kterému se také přezdívalo „nehybný vzduch“. Název zněl oxid uhličitý a byl vytvořen rok předtím. Po několika letech bylo prováděno další testování, při kterém se ukázalo, že přibývající hmotnost rostliny byla způsobena zachycováním uhlíku pocházejícího z oxidu uhličitého a vody čerpané kořenovým systémem.

Uteklo téměř 50 let, než došlo k dokonalému rozpracování celého experimentu. Až v roce 1845 totiž došlo k významnému objevu, který objasnil, že energie ze slunečního záření je uložena v produktech vznikajících během fotosyntézy, a to ve formě chemické energie (Lambers, Bassham a Alan, 2022).

### 2.1.2 Definice fotosyntézy

Pojem fotosyntéza bychom mohli definovat jako „budování či sestavování“ za pomoci světla, jelikož se jedná o děj, při kterém rostliny, řasy a některé mikroorganismy vytvářejí organické látky z látek anorganických za působení světelných paprsků (Hall a Rao, 1999). Když bychom si měli říct, co konkrétně znamená slovo fotosyntéza, zjistíme, že se jedná o spojení řeckého slova fós či fótos, což znamená „světlo“, a dále ze slova synthesis, které bychom přeložili jako „spojování“ či „skládání“ (Vítámvás, 2020). Jedná se o proces, do kterého vstupuje sluneční světlo, oxid uhličitý a voda, a vystupují z něj cukry a kyslík. Fotosyntézu můžeme rozdělit na dva typy: oxygenní, při které odchází jako odpadní produkt kyslík a anoxygenní, při které žádný kyslík nevzniká. Tento typ je známý hlavně u primitivních organismů jako například zelených sírných bakterií. Ti potom jako donor místo vody využívají sulfan, železité ionty či organické kyseliny (Hoffmannová, 2023).

Rovnice oxygenní fotosyntézy je následující:

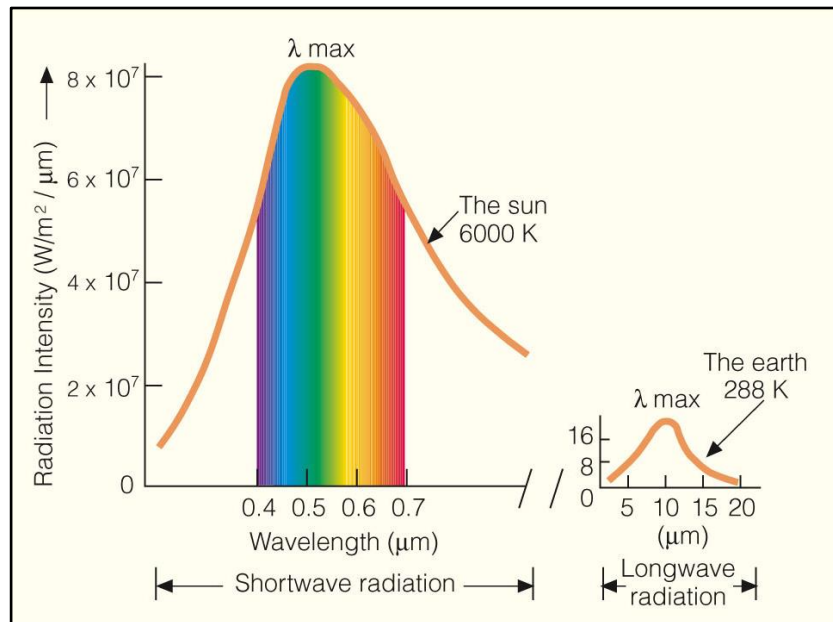


Šest molekul oxidu uhličitého se spojí s 12 molekulami vody + využití energie ze Slunce. Vznikne jedna molekula sacharidu ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  = glukózy) a šest molekul kyslíku a šest molekul vody (Hoffmannová, 2023).

### 2.1.3 Záření

V nehmotném prostředí, jako je vakuum vesmíru, dochází k přenosu energie výhradně sáláním. Energie je volně emitována tělesem ve formě elektromagnetického záření, které je tvořeno elementárními částicemi – fotony. Tyto částice vykazují jak vlnové, tak částicové chování. Vlnový charakter elektromagnetického záření je popsán vlnovou délkou, tedy vzdáleností dvou sousedních amplitud. Částicový charakter se projevuje tím, že je energie záření kvantovaná (tedy přichází pouze v diskrétních hodnotách). Podle Stefanova-Boltzmannova zákona emituje elektromagnetické záření jakékoliv těleso, přičemž hustota energie souvisí se čtvrtou mocninou teploty daného objektu. Charakter sálání však není jednoznačně popsán jednou vlnovou délkou, nýbrž dochází k vyzařování celého spektra vlnových délek. Tento fakt zachycuje Planckův zákon, který přiřazuje daným vlnovým délkám množství vyzařované energie podle teploty objektu. Maximum

vyzařované energie pak přísluší dané vlnové délce podle Wienova posunovacího zákona. S rostoucí teplotou tak nedochází pouze k očekávanému zvýšení vyzařované energie, ale zároveň dochází k posunu emisního energetického maxima směrem k nižším vlnovým délkám – Obr.1 (Procházka, 1998).



*Obr.1 Emisní spektrum Slunce v porovnání se Zemí (Lutgens, Tarbuck, 2013)*

Zde je patrný rozdíl v emisním spektru Země a Slunce. Země s povrchovou teplotou 288 K vykazuje výrazně nižší hustotu emitované energie a vyzařovací maximum se pohybuje v infračervené oblasti elektromagnetického záření. Na druhé straně Slunce s povrchovou teplotou 6000 K vykazuje výrazně vyšší energetický tok, přičemž většina této energie je vyzařována v podobě fotonů s vlnovou délkou odpovídající viditelnému světlu (380–740 nm).

#### **2.1.4 Sluneční záření**

Proces fotosyntézy vyžaduje přítomnost fotonů s jasně definovanou energií, tedy vlnovou délkou. Oblast elektromagnetického spektra, ve které probíhají absorpční děje asimilačních pigmentů v rostlinách, se nazývá FAR (fotosynteticky aktivní radiace) a nabývá hodnot 400–700 nm. Tato oblast se tedy nachází v oblasti viditelného světla, přičemž Slunce je jediný přírodní zářič, který v této oblasti dominantně vyzařuje. Je důležité zdůraznit, že zatímco pro fotosyntetické reakce je důležitá kvalita jednotlivých fotonů (musí mít exaktní vlnovou délku), pro jiné fyziologické procesy jako například

transpirační výdej vody, teplota listu je rozhodující celková světelná energie, nikoliv vlastnosti jednotlivých fotonů. Množství energie dopadající na zemský povrch se nazývá solární konstanta a činí přibližně  $1\,380\text{ W/m}^2$ . Tato hodnota je následně snižována faktory jako je zeměpisná šířka či aktuální stav atmosféry (Procházka, 1998).

### **2.1.5 Fotosyntetické struktury**

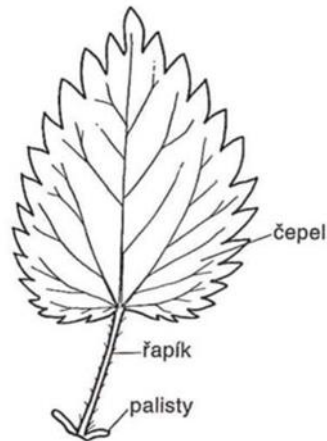
#### **List**

Z pohledu komplexního fotosyntetického procesu je list nejdůležitější morfologickou strukturou rostlin. List se skládá z několika základních částí (Obr.2) se specifickou funkcí:

- 1.Řapík
- 2.Čepel
- 3.Žilnatina
- 4.Stomata

Řapík spojuje stonek s listem a slouží k transportu vody a fotosyntetických produktů mezi listem a zbytkem rostliny. Čepel tvoří plochu listu a obsahuje chloroplasty s chlorofylem a probíhají zde tedy fotosyntetické reakce. Žilnatina protkává čepel a slouží k transportu látek podobně jako řapík, a zároveň slouží jako strukturální podpora listu. Stomata jsou mikroskopické otvory v listu, které regulují přímou výměnu plynů mezi listem a okolní atmosférou.

Vzhled listu je velice specifický pro splnění svého účelu, tedy absorpci maximálního množství slunečního svitu a zkrácení difuzních vzdáleností pro výměnu plynů. Jedná se o velice tenký, plochý útvar, díky čemu se maximalizuje poměr plochy ku celkovému objemu listu. Při tvorbě listů jsou často patrné typické fraktální struktury, tedy pravidelně se opakující a stále se zmenšující vzory, které nadále přispívají maximalizaci plochy (Procházka, 1998).



*Obr.2 Vnější stavba listu (Kubát, 2003)*

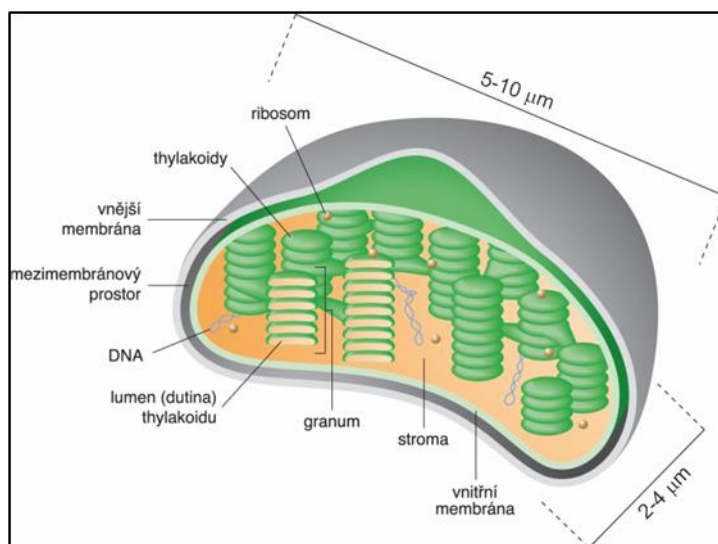
## **Chloroplast**

Množství chloroplastů v buňkách bývá rozmanité, často osciluje mezi 20 a 50, ale někdy může překročit i 100. V průměrném listu se odhaduje kolem 500 000 chloroplastů na mm<sup>2</sup>. Výhodou většího počtu menších chloroplastů je zvýšený povrch pro efektivnější vstup oxidu uhličitého při fotosyntéze (Votrubová, 2010). Zelené řasy mívají ve svých buňkách pouze jeden velký chloroplast, který bývá buď spirálovitě, pentlicovitě či deskovitě tvarovaný (Pavlová, 2006).

Chloroplasty mají čočkovitý, mírně vypouklý tvar s průměrem okolo 2-10  $\mu\text{m}$  (Pavlová, 2006). V buňkách je obvykle nalezneme v nástěnné cytoplazmě, těsně při membráně a často co nejbližší mezibuněčným prostorům. Toto umístění je z důvodu lepšího přijímání oxidu uhličitého a také kvůli reakcím na změny osvětlení. Při nízké ozářenosti bývají chloroplasty umístěny podél stěn rovnoběžně s nejbližším povrchem, což zlepšuje schopnost absorpce světla. V případě velkého osvětlení se přizpůsobují kolmým postavením k povrchu, čímž minimalizují riziko poškození (Votrubová, 2010).

Chloroplast má povrch skládající se ze dvou membrán oddělených membránovým prostorem (Obr. 3). Vnější membrána je hladká a propustná pro volný pohyb vody, iontů a malých metabolitů. To je umožněno proteinovými póry, které usnadňují tento transport do membránového prostoru. Vnitřní membrána je méně průchodná a většina látek musí procházet různými transportními proteiny (Votrubová, 2010). Uvnitř chloroplastu je také oblast, nazývaná stroma, plněná bílkovinnou hmotou. Tato stroma je propletena

systémem thylakoidů, což jsou ploché membránové vaky, vytvořené během vývoje chloroplastu z jeho vnitřní membrány (Votrubová, 2010). Thylakoidy jsou uspořádány do sloupců, které tvoří strukturu nazývanou grana (Závodská, 2006). Těmto thylakoidům se říká granální nebo také stěsnané. V membráně thylakoidu jsou zabudované fotosystémy II a I (PSI, PSII), cytochromový komplex b6f a ATP syntáza, což jsou struktury, ve kterých se uskutečňuje primární tedy světelná fáze fotosyntézy (Pavlová, 2006).



*Obr.3 Stavba chloroplastu (Kodiček, 2018)*

Ve stromatu se také vyskytují ribozomy a chloroplastová DNA, díky čemuž dochází k syntéze proteinů, které jsou kódovány genetickým materiálem nacházejícím se v chloroplastu.

### **Fotosyntetická barviva**

Na thylakoidy jsou připojena fotosyntetická barviva, jako chlorofyly, fykobiliny a karotenoidy (Procházka, 1998). Ty spolu s doprovodnými proteiny vytvářejí tzv. fotosystémy. Tyto systémy slouží k zachycení světelného záření, jehož energie je transformována na chemickou energii, zejména na vytváření ATP (Votrubová, 2010). Jestliže na fotosystém dopadne světlo ze slunce, barviva začnou energii pohlcovat a předávat si ji od jednoho k druhému, až dorazí ke dvojici molekul chlorofylu a, která zareaguje tak, že uvolní vysokoenergetické elektrony (Závodská, 2006).

Chlorofyl a je tedy pro proces přeměny energie během fotosyntézy klíčový. Ostatní pigmenty plní spíše pomocnou roli, a to z toho důvodu, že absorbují dopadající

světelná kvanta a předávají energii svého excitovaného stavu chlorofylu a. Karotenoidy navíc působí jako antioxidanty, chránící fotosyntetický aparát před volnými kyslíkovými radikály vznikajícími při vyšší expozici světla (Votrubová, 2010).

Zelené rostliny mají ve svých chloroplastech dva druhy fotosystémů. Ty se od sebe odlišují jiným obsahem fotosyntetických barviv, přestože oba mají chlorofyl a. Fotosystém I se značí jako P 700, jelikož nejlépe vstřebává světlo o vlnové délce 700 nm. Fotosystém II naopak absorbuje světlo o vlnové délce 680 nm, a tak se označuje jako P 680 (Závodská, 2006). Fotosystémy jsou složeny z reakčního centra, ve kterém je aktivní chlorofyl a, který je schopný uvolnit elektron. Dále také obsahují periferní světlosběrný komplex, kterému se také obvykle říká anténní komplex. Zde jsou umístěné přídatné fotosyntetické pigmenty, které vychytávají světelné záření (Ryplová, 2014).

### **2.1.6 Světelná fáze fotosyntézy**

Světelné reakce jsou první fází fotosyntézy a uskutečňují se uvnitř tylakoidů v chloroplastech. Energie, která pochází ze slunečních paprsků, je v tomto procesu přeměňována na energii chemickou (Závodská, 2006). Mezi produkty první fáze fotosyntézy, které následně vstupují do temnostní fáze, řadíme ATP (adenosintrifosfát) a NADPH (nikotinamidadenindinukleotidfosfát). Dále také vzniká jako „odpadní produkt“ kyslík, který se dále nevyužívá (Ryplová, 2014).

Vše začíná tím, že na fotosystém II dopadne světelné kvantum a tím se uvolní elektron. Tím se fotosystém II dostává do tzv. excitovaného stavu (Ryplová, 2014). Elektron následně prochází elektron-transportním řetězcem, který obsahuje enzymy, které plní funkci přenašečů elektronů. To znamená, že mohou elektron zachytit a odevzdat ho další molekule (Závodská, 2006). Molekula, která elektron odevzdává, se oxiduje a říkáme jí donor nebo také reduktant. Naopak molekula, která elektron přijímá, se redukuje a nazývá se akceptor nebo oxidant (Pavlová, 2006).

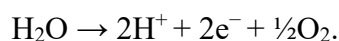
Tím, jak se elektron pohybuje řetězcem, uvolňuje energii, která je potřeba k výrobě ATP. Proces, při kterém se z ADP (adenosindifosfátu) a anorganického fosfátu vytváří ATP, se nazývá fotofosforylace. Energie, která vznikla díky přenosu elektronu elektron-transportním řetězcem, je využita k přepravě vodíkových protonů  $H^+$  přes membránu tylakoidů. Vodíkové protony jsou přepravovány z vnějšího prostředí tylakoidu do jeho

vnitřního prostředí. Tím vzrůstá počet vodíkových protonů uvnitř tylakoidu. Stroma chloroplastu má naopak koncentraci vodíkových protonů nižší. V membráně tylakoidu je také zabudovaný enzym ATP-syntáza, přes který se vodíkové protony pohybují po svém koncentračním spádu z vnitřku směrem ven z tylakoidu. Toto proudění vodíkových protonů dodává ATP-syntáze dostatečné množství energie pro výrobu ATP (Závodská, 2006).

Potom, co elektron přejde přes elektron-transportní řetězec, je dopraven na fotosystém I, ze kterého byl po pohlcení slunečního světla uvolněn elektron. Elektron z prvního fotosystému, tedy z fotosystému II, toto prázdné místo vyplní. Vzhledem k tomu, že elektron nedoputoval zpět do prvního fotosystému, říkáme tomuto procesu necyklický tok elektronů. Elektron z fotosystému I se nepodílí na výrobě ATP, ale společně s vodíkovými protony se využívá k vytváření NADPH (Závodská, 2006).

Ve fotosystému II chybí jeden elektron. Tento deficit se vyřeší dějem, který probíhá na membráně v blízkosti prvního fotosystému. Jedná se o vodoštěpný komplex neboli fotolýzu vody, při které se za působení světla rozkládá molekula vody (Ryplová, 2014).

Dle Kubáta (2003) lze tuto reakci popsat následující rovnicí:



Existuje i cyklický přenos elektronu, kterého se účastní pouze fotosystém I. V tomto případě se uvolněný elektron navrací zpět do molekuly chlorofylu, ze které byl původně uvolněn (Závodská, 2006). Tím se na membráně vytváří protonový gradient a uvolněná energie slouží k výrobě ATP. Při cyklickém toku elektronu tedy NADPH nevzniká (Kubát, 2003).

### **2.1.7 Temnostní fáze fotosyntézy**

Temnostní fáze fotosyntézy neboli Calvinův cyklus (Obr.4) se uskutečňuje ve stromatu chloroplastu a není při něm zapotřebí přítomnost světelné energie. Vstupuje do něj ATP a NADPH, což jsou produkty světelné fáze, a dále také oxid uhličitý, který do chloroplastu difunduje přes průduchy z vnějšího prostředí (Závodská, 2006).



Podle Ryplové (2014) má Calvinův cyklus tři fáze:

### **1) Karboxylační fáze**

- oxid uhličitý se naváže na akceptor (u C3 rostlin je to RuBP = ribulosa 1,5bifosfát)

### **2) Redukční fáze**

- tvorba karbohydrátů (3fosfoglycerát)

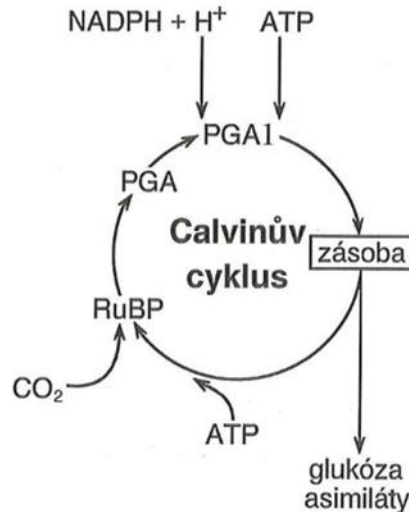
- spotřebovává se ATP a NADPH

### **3) Regenerační fáze**

- obnova RuBP, jelikož je potřeba do dalších fází

Vše začíná tím, že se oxid uhličitý napojí na pěti uhlíkatý cukr = pentózu, což je ribulosa 1,5bifosfát. Tento proces ovlivňuje enzym RubisCO (neboli ribulosa-bisfosfátkarboxyláza). Dále vznikají nestálé šestiuhlíkaté produkty, které se ihned rozpadají na kyselinu 3-fosfoglycerovou. To je tří uhlíkatá látka, podle které proces dostal svůj název, a to fotosyntéza C3 rostlin (Kubát, 2003). Tímto procesem se uhlík stává součástí organické molekuly, kterou vyrobila rostlina. Nazýváme to fixace uhlíku (Závodská, 2006).

V druhé fázi vznikají dvě důležité látky, a to glyceraldehyd-3P a dihydroxyaceton-P. Ty se následně dostávají ven z chloroplastu do cytosolu buňky a reagují za vzniku sacharózy, což je transportní cukr rozváděný rostlinným tělem. Uvnitř chloroplastu vzniká fruktózo – 1,6 – bisfosfát, ze kterého buď vznikne škrob nebo ribulóza-5-P (Ryplová, 2014).



Obr.4 Calvinův cyklus – schéma (Kubát, 2003)

### 2.1.8 Fotorespirace

Enzym RubisCO může za určitých okolností měnit svoji aktivitu. A to tak, že místo oxidu uhličitého váže kyslík, čímž začne oxidovat a způsobí tím určitou formu dýchání. Navázáním kyslíku vznikne fosfoglykolát, který se postupně odbourá na fosfát a vznikne glykolát. Ten je následně přepraven do peroxizómu, což jsou membránové váčky, ve kterých probíhá glykolátový cyklus.

Glykolátový cyklus zahrnuje oxidaci glykolátu. Tím vznikne glyoxylát, ze kterého se vytvoří glycin putující do mitochondrií, kde zajišťuje dýchání. Tomuto procesu říkáme fotorespirace neboli dýchání na světle, jelikož se uvolňuje oxid uhličitý. Enzym RubisCO k fotorespiraci přistupuje v okamžiku, kdy je snížený parciální tlak oxidu uhličitého, to znamená, že ho začíná být málo. Ve chvíli, kdy rostlina uzavře své průduchy, klesne hladina oxidu uhličitého, což je signál pro RubisCO, aby přeměnil svoji aktivitu z karboxylační na oxygenační. K tomu je zapotřebí světlo.

K tomuto procesu často dochází v letních odpoledních hodinách, kdy rostlina potřebuje šetřit vodou a uzavře své průduchy. Tím klesá tzv. čistá fotosyntéza, což znamená, že množství oxidu uhličitého spotřebované fotosyntézou je snižené o množství oxidu uhličitého uvolněného dýcháním (Ryplová, 2014).

### 2.1.9 Fotosyntéza C4 rostlin

Fixování oxidu uhličitého enzymem RubisCO, je charakteristickým znakem fotosyntézy u C3 rostlin. Příkladem takové rostliny je například pšenice setá (Obr. 5). U C4 rostlin se cyklus fixace oxidu uhličitého však výrazně liší.



*Obr.5 Pšenice setá (Triticum aestivum) jako příklad C3 rostliny (Vítámvás, 2020)*

C4 rostliny využívají tzv. Hatchův-Slackův cyklus, ve kterém vzniká jako první stálá látka čtyř uhlíkatý oxalacetát. Kvůli zvětšené koncentraci oxidu uhličitého v místě, kde je obsažen enzym RubisCO, je potřebná kooperace dvou různých typů buněk. V první řadě se jedná o buňky mezofylové, které obstarávají fixaci vzdušného oxidu uhličitého díky PEPc (fosfoenolpyruvátkarboxyláze). Tím vznikne malát neboli kyselina jablečná a ta je dopravena do buněk pochvy cévního svazku. Tam se oxid uhličitý opět uvolňuje a je zachycen enzymem RubisCO, jež stojí na začátku Calvinova cyklu. Pyruvát, který vznikl oddělením oxidu uhličitého z malátu, se následně vrací do mezofylových buněk. Přitom se využívá ATP a vznikne fosfoenolpyruvát, který je percpient oxidu uhličitého. Nevýhodou fotosyntézy C4 rostlin je nižší efektivita využití světla. K fixaci jednoho oxidu uhličitého totiž využívají dvě molekuly ATP, na rozdíl od C3 rostlin. Nicméně, už při 30 % účasti fotorespirace u fotosyntézy se tato nevýhoda vykompenzuje. Z toho důvodu všeobecně platí, že C4 rostliny mají výhodu při teplotách vyšších než 25 °C a bez problému vydrží i při deficitu vody (Vítámvás, 2020).

Většina druhů C4 rostlin jsou trávy. Dále také kulturní plodiny jako například cukrová třtina, kukuřice nebo čirok (Obr. 6) (Vítámvás, 2020).



*Obr.6 Čirok zrnový (*Sorghum bicolor*) jako příklad C4 rostliny (Vítámvás, 2020)*

#### **2.1.10 Fotosyntéza CAM rostlin**

CAM neboli Crassulacean acid metabolism (metabolismus kyselin u tučnolistých) rostliny provádějí Hatch-Slackův cyklus podobně jako C4 rostliny (Vítámvás, 2020). Jedná se o sukulentní (epifytické) rostliny, které mají dva fotosyntetické cykly. Ty ovšem nejsou rozděleny prostorově jako u C4 rostlin, ale časově na den a noc (Ryplová, 2014).

V noci mají otevřené průduchy a oxid uhličitý se váže na fosfoenolpyruvát (PEP). Vznikne oxalacetát a z něho následně malát, který se ukládá ve vakuole, kde snižuje pH buněčné šťávy. Přes den jsou průduchy zavřené, tudíž se dovnitř žádný oxid uhličitý nedostane. Je ovšem nahromaděný ve vakuole ve formě malátu. Ten se pak dostává do cytosolu a tam se z něho uvolňuje oxid uhličitý, který vstupuje opět do Calvinova cyklu (Ryplová, 2014).

Příkladem tohoto typu fotosyntézy jsou rostliny, které obývají pouštní oblasti, takže například kaktusy (Obr. 7).



*Obr.7 Kaktus mamilárie (Mammillaria haageana) jako příklad CAM rostliny (Vítámvás,2020)*

### **2.1.11 Fotosyntéza vodních rostlin**

Vodní rostliny mají díky fotosyntéze významný vliv na své okolí. Produkuje totiž životně důležitý kyslík, bez kterého by nebyl ve vodě žádný život. Mezi vodní rostliny řadíme tzv. makrofyta, která jsou viditelná pouhým okem, a dále pak organismy pozorovatelné pouze pod mikroskopem. Takovým příkladem jsou řasy a sinice. Některé vodní rostliny vůbec nemají kořeny, živiny tedy přijímají celým povrchem těla. Stejně tak je to i s výměnou dýchacích plynů, k čemuž u běžných suchozemských rostlin slouží průduchy (Ryplová, Pokorný a Borkovcová, 2023).

Do vodního prostředí proniká méně slunečního záření než na souš. Vodní rostliny se tomu přizpůsobily tak, že oproti terestrickým rostlinám dokážou při fotosyntéze využívat světlo nižší intenzity. Adamová a kol. (2008) uvádí, že čím, jak ve vodě narůstá hloubka, snižuje se míra slunečního svítu. Vodní rostliny a nárůst jejich biomasy závisí tedy na hloubce a dopadu světla. Autorka rovněž zmiňuje tzv. kompenzační bod, což je hloubka, ve které je rostlina schopna procesem fotosyntézy vyvážit opačné dýchací procesy.

Fotosyntéza se uskutečňuje ve vrchních částech vody, to znamená tam, kde je světlo. V těchto místech tedy narůstá množství kyslíku. S přibývajícím hloubkou naopak světla ubývá a nad fotosyntézou začíná dominovat dýchání neboli respirace. Obsah kyslíku ve vodě tím pádem klesá (Ryplová, Pokorný a Borkovcová, 2023).

Suchozemské rostliny využívají k fotosyntéze uhlík, který pochází z oxidu uhličitého. Ten ovšem ve vodě často chybí, jelikož se zde rychle rozpouští a reaguje s vodou, čímž vznikne slabá kyselina uhličitá. To má za následek snížení pH ve vodě. Pokud je oxid uhličitý prostřednictvím fotosyntézy z vody odebírán, pH se naopak navyšuje (Procházka a Macháčková, 1998).

Anorganický uhlík lze ve vodním prostředí nalézt ve 4 následujících variantách:

- Molekulární  $\text{CO}_2$
- Kyselina uhličitá  $\text{H}_2\text{CO}_3$
- Hydrogenuhlíčan  $\text{HCO}_3^-$
- Uhlíčan  $\text{CO}_3^{2-}$

Nejlépe vodní rostliny přijímají oxid uhličitý, který je ve vodě obsažen při nízkém pH, což je například na jaře (Ryplová, Pokorný a Borkovcová, 2023).

Na konci léta se může ve vodě tvořit tzv. vodní květ, což je rozsáhlý výskyt řas a sinic na vodní hladině. Porost sinic ve vodě je důsledkem nadměrného obsahu živin, především dusíku a fosforu, což vede k eutrofizaci vodního prostředí. Hlavními zdroji těchto nadbytků jsou úniky hnojiv nebo eroze půdy obsahující přemíru živin. Kombinace přebytku živin a teplých slunečných dnů může zvýšit toxicitu sinic. Při trvání příznivých podmínek může vodní květ přetrvávat několik týdnů. Jeho růst podporují stabilita vody, bezvětří, slunečné počasí a vysoké teploty, doplněné suchým obdobím bez dešťů (Tamelová, 2023).

## **2.2 Problémy žáků v chápání fotosyntézy**

Fotosyntézu nebo také fotosyntetickou asimilaci řadíme mezi nejdůležitější a zároveň nejsložitější biochemické procesy na Zemi. Pokud by přestala fotosyntéza fungovat, obyvatelé planety by se potýkali s nedostatkem potravy, s vymřením mnohých organismů a časem také se ztrátou plynného kyslíku v atmosféře. Pokud by nastaly takto extrémní podmínky, přežily by pouze chemosyntetické bakterie, které dokážou využít chemickou energii z některých anorganických sloučenin a tím pádem nepotřebují přeměňovat energii ze slunečního záření (Lambers, Bassham a Alan, 2022). Ačkoliv je tento děj zcela zásadní pro veškerý život na naší planetě, ne každý si jeho důležitost uvědomuje, je proto zařazen mezi kritická místa kurikula ve výuce přírodopisu. Jako

kritické místo označujeme vyučované téma, se kterým mají žáci značný problém, chybují v něm a často v souvislosti s ním vytvářejí různé miskoncepty, což jsou mylná či nesprávná pojetí školního učiva. Většinou se jedná o taková témata, kde je příliš abstraktních a neznámých pojmů, se kterými si žáci nedokážou spojit určitý obsah (Vágnerová, Benediktová a Kout, 2019). Jedním z příkladů miskonceptů může být představa žáků, že zelené rostliny čerpají „potravu“ z půdy. Toto chybné tvrzení bylo vytvořeno již v minulosti slavným filozofem Aristotelem a později doplněno lékařem a chemikem Van Helmontem, který se domníval, že rostliny ke svému růstu potřebují jen vodu (Métoui, Matoussi a Trudel, 2016). Jančaříková a Jančařík (2022) uvádějí další typickou miskonceptci spojenou s dýcháním rostlin, kdy se žáci často domnívají, že rostliny dýchají výhradně v noci, jelikož ve dne fotosyntetizují, nebo také, že dýchání je opakem fotosyntézy.

Pro žáky je fotosyntéza často proces, který si nedovedou představit a z toho důvodu mu pak nerozumí a nechápou jej. Příčina složitosti tohoto tématu může být také v tom, že fotosyntéza je založena zejména na chemických znalostech, které často žáci v 6. třídě ještě nemají. Týká se to především pojmů, jako je glukóza, oxidace, foton, elektron, ale zcela jistě i chemických rovnic, které jsou ve fotosyntéze zásadní. Učitelé tím pádem nevysvětlují děj do hloubky, ale pouze stručně představí, o co se jedná, což vede k dalšímu nepochopení ze strany žáků. Problémem je také výklad látky na prvním stupni, kde se většinou pojem „fotosyntéza“ ani nepoužívá. Žáci se sice učí o tom, co všechno ke svému životu potřebují rostliny, ale důležité je také zdůraznit význam fotosyntézy i pro jiné organismy. Vzhledem k náročnosti a složitosti tématu by tudíž byl vhodnější pozdější ročník (Vágnerová, Benediktová a Kout, 2019).

Zároveň je důležité si uvědomit, že kritická místa se netýkají jen žáků, ale i samotných učitelů. Určitě se nenajde učitel, který by učil rád všechna biologická témata. Pokud k určitému tématu nemá učitel kladný vztah a sám ho moc dobře nechápe a nerozumí mu, těžko pak může předat potřebné znalosti svým žákům. V těchto případech bývá pro učitele velmi náročná didaktická transformace učiva, ale i návaznost na jiné předměty. Ve spojitosti s fotosyntézou se jedná především o již zmíněnou chemii, která může znejistit především učitele, kteří ji nemají jako svou druhou aprobaci (Rokos, Pokorná a Petr, 2021).



V Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání je výuka fotosyntézy zakotvena ve vzdělávací oblasti OBECNÁ BIOLOGIE A GENETIKA a BIOLOGIE ROSTLIN. Očekávané výstupy žáka jsou následující (RVP ZV, 2023):

P-9-3-02

*žák vysvětlí princip základních rostlinných fyziologických procesů a jejich využití při pěstování rostlin*

P-9-1-01

*žák rozliší základní projevy a podmínky života, orientuje se v daném přehledu vývoje organismů*

Problém se ale netýká jen žáků základních škol, ale všech lidí obecně. V dnešní době se čím dál tím více setkáváme s pojmem „plant blindness“, což je omezená schopnost člověka všimnout si rostlin v jeho okolí a neznalost jejich důležité role v životním prostředí. Lidé rostliny často vnímají jen jako zelená pozadí, které nemá žádný hlubší smysl (Ryplová a Pokorný, 2019). Z tohoto nezájmu o rostliny plyne samozřejmě i neznalost či nepochopení fotosyntézy, což může mít negativní dopady pro lidskou populaci. Lidé, kterým chybí potřebné znalosti z oblasti fyziologie rostlin, nemůžou správně porozumět problémům životního prostředí a umět je vhodným způsobem řešit (Jančaříková a Jančařík, 2022).

Fotosyntéza se řadí mezi nejobtížnější učivo vyučované na školách. Poprvé se žáci s tímto tématem seznamují na prvním stupni v rámci prvouky a přírodovědy a následně v přírodopisu a chemii na druhém stupni. Jedná se o téma, které vyžaduje znalosti v mezioborových vztazích a také klade důraz na abstraktní myšlení. Jelikož u fotosyntézy hrozí, že si žáci vytvoří řadu miskonceptů, je důležité, aby jim učitel daný proces, co nejvíce přiblížil a specifikoval. Vzhledem k náročnosti a složitosti tohoto tématu nemívají problém pouze žáci, ale i učitelé, pro které bývá často náročné látku vyučovat (Teplá, 2023).

Skelly (1993) popisuje miskoncept jako myšlenkovou interpretaci konceptů, které se neshodují se současnými vědeckými poznatky. Jedná se tedy o nesprávné pojetí učiva, které setrvává i po vysvětlení (Badenhorst et al., 2014). Miskoncepty často vznikají ze zkušeností, které si mezi sebou děti vzájemně vyměňují, nebo když začnou propojovat



nově získané koncepty (např. rostlina si vyrábí sama svou potravu) s předešlými jednoduššími prekoncepty (např. rostlina čerpá potravu z půdy). V takovém případě pak v hlavě žáka dojde k tzv. konceptuálnímu konfliktu (Tekkaya, 2002). Významnou roli při vzniku žákovských miskonceptů sehrávají i samotní učitelé, a to díky nevhodné a nedostačující výuce (Sanders, 1993).

Dove (1998) popisuje několik dalších příčin, které způsobují vznik miskonceptů:

- Neschopnost poznat rozdíl či změnu
- Nedostačující základní znalosti
- Zjednodušené užívání pojmů v běžném životě
- Podobnost termínů
- Abstrakce koncepcí
- Prolínání jevů
- Podobný vzhled některých znaků

Ačkoliv se téma fotosyntézy vyučuje již na začátku povinné školní docházky, žáci všech věkových kategorií mají mylné představy o tom, jak celý proces funguje. (Tekkaya et al., 2003). Jak naznačují studie o dané problematice, žáci často nechápou, že rostlina produkuje organické látky, a naopak z prostředí si bere látky anorganické (Atik, 2007). Velkým problémem je také chápání fotosyntézy ve vztahu k dýchání, jelikož si děti většinou myslí, že jsou to dva opačné procesy, ve kterých se jedná o pouhou výměnu plynů. Další mylné představy ohledně respirace jsou dle Čipkové a Karolčika (2017) následující:

- fotosyntéza je vlastně určitý druh dýchání
- buněčné dýchání zahrnuje výměnu plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím
- rostliny nedýchají
- rostliny dýchají pouze v noci, když nejsou ozářené světlem
- na světle rostliny přijímají oxid uhličitý a ve tmě přijímají kyslík
- dýchání rostlin se uskutečňuje pouze v buňkách listů

Velmi častým „kámenem úrazu“ bývá také otázka na žáky „Proč rostliny fotosyntetizují?“ Ve většině případů se učitel dočká odpovědi typu: „aby vyráběly kyslík“

(Čipková a Karolčík, 2017). Kromě toho bylo prokázáno, že je velké množství žáků přesvědčeno, že přibývání hmotnosti rostlin je způsobeno vodou a anorganickými látkami čerpané z půdy (Özay a Öztas, 2003). Za potravu rostlin jsou chybně považovány látky jako voda, půda, minerální látky, kyslík a oxid uhličitý (Čipková a Karolčík, 2017). Jen málo jedinců je schopno propojit vztah mezi fotosyntézou a rostlinnými živinami. Aby měli žáci kvalitní biologické vzdělání, měli by chápat toky energie, potravinové zdroje a další ekologické souvislosti (Özay a Öztas, 2003).

Překonat miskoncepty žáků není pro učitele vůbec jednoduchý úkol. Klasické vyučovací metody jako je výklad či čtení textu se nezdají být příliš vhodné. Jsou však známé některé vyučovací postupy, díky kterým u žáků nastávají konceptuální změny v chápání daných pojmů (Yangin, Sidekli a Gokbulut, 2014). Jako vhodná metoda se jeví například BOV neboli badatelsky orientované vyučování (Şimşek, & Kabapınar, 2010).

Ve výuce by také učitelé měli brát ohledy na žákovo prekoncepty, což jsou nepřesné a nedokonalé představy a vědomosti, které se vytvářejí v průběhu času tím, že dítě neustále analyzuje a vysvětluje si svět kolem sebe (Coley a Tanner, 2012). Vědecké znalosti žák získává postupem času tím, že shromažďuje nové informace a poznatky, které jsou přesnější a dokonalejší než dosavadní prekoncepty (Held et al., 2011).

Jeden z hlavních cílů učitele přírodovědného předmětu, je vést žáky k tomu, aby se látku učili smysluplně a uvědomovali si i její praktické využití v každodenním životě. Jelikož pojmy z přírodovědných témat utváří základ pro další vědecké bádání, je jejich vyučování na základní škole nesmírně důležité (Keles a Kefeli, 2010).

### **2.3 Digitální technologie ve výuce přírodopisu**

Vzdělávání ve školách by se mělo přizpůsobovat aktuálnímu dění okolo nás. Výjimkou by neměl být ani rozvoj digitálních technologií, které se v dnešní době využívají stále častěji. Učitelé by tedy měli žáky soustavně připravovat na to, aby v praktickém životě uměli digitální technologie vhodně využívat (Holec, 2020).

Přírodopis spadá do vzdělávací oblasti Člověk a příroda (RVP ZV, 2024). Spolu s dalšími přírodovědnými předměty usiluje o to, aby žáci pochopili základní principy a fungování přírody. Výrazným pomocníkem mohou být v tomto ohledu právě digitální technologie. V dnešní době existuje několik způsobů, jak je do výuky zapojit. Nemělo by

se však při tom zapomínat na budování vztahu mezi žákem a reálnou živou přírodou. Toho dosáhneme jen tehdy, když do vyučování zahrneme přírodniny, procházky či exkurze (Klupal, 2024).

Díky digitálním technologiím může učitel přírodopisu vytvářet nové a originální metody, díky kterým si žáci lépe upevní učivo (Holec, 2020).

Dle Holce (2020) lze moderní technologie využít zejména při:

- shromažďování informací a dat
- uchovávání informací a dat
- posuzování informací a dat
- sdílení informací a dat

Žáci mohou díky technologiím vyhledávat informace o různých organismech a srovnávat je s informacemi z učebnic či encyklopedií. Data mohou být shromažďována nejen při vyučování ve škole, ale i v terénu mimo ni. K tomuto lze využívat různá mobilní zařízení jako například chytré telefony, tablety či laptopy, kde je možné nainstalovat si volně dostupné aplikace sloužící k bádání přírody. Ke zkoumání přírody se rovněž hodí fotoaparát, kamera, digitální lupa nebo digitální mikroskop (Holec, 2020).

### **2.3.1 Mobilní aplikace**

V následující kapitole budou uvedeny již aplikace, které se mohou ve výuce přírodopisu a biologie používat.

#### **iNaturalist**

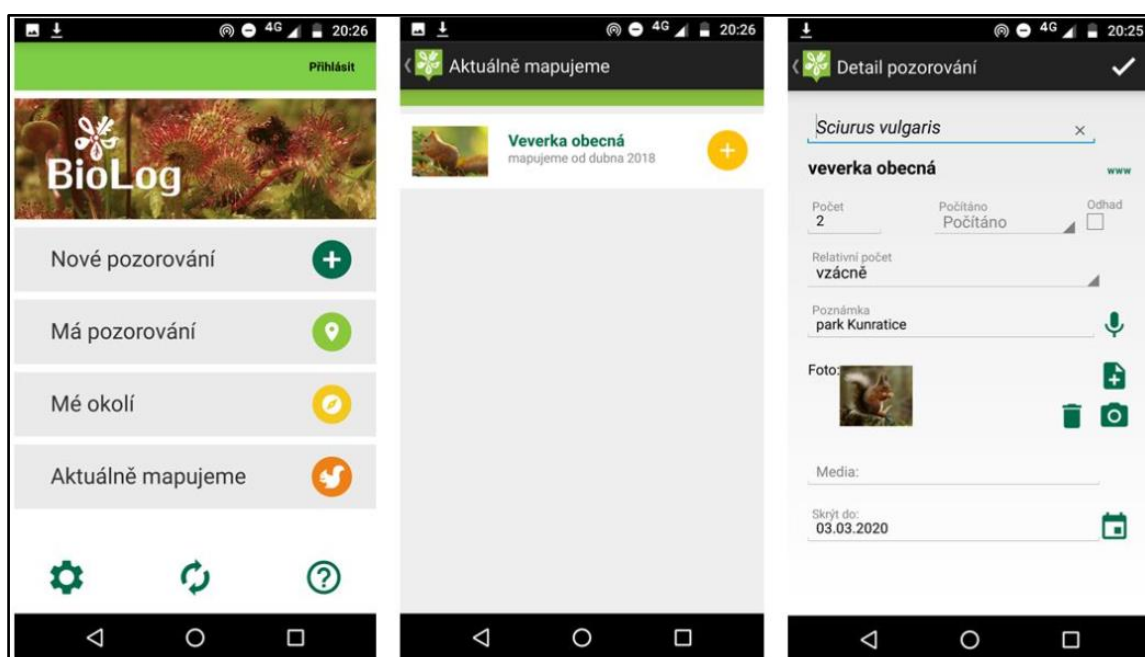
Jedná se o zdarma dostupnou aplikaci, která je zaměřená k určování rostlin, živočichů a hub v našem okolí (Obr.8). Mobilem či tabletem žáci vyfotografují sledovaný organismus a aplikace jim nabídne řadu možností. Žáci pak musí nabízené druhy porovnat s vlastní zkušeností a dalšími zdroji (např. učebnice, atlas, botanický klíč atd.) a na základě toho poté identifikovat. Aplikace také umožňuje nahrávání a sdílení vlastních snímků, což je velkým přínosem pro vědce, kteří mapují nejrůznější druhy. Žáci se tedy tímto způsobem podílejí na ochraně přírody (Holec, 2020).



*Obr.8 Záznam pozorování hluchavky nachové pomocí aplikace iNaturalist (Holec, 2020)*

## BioLog

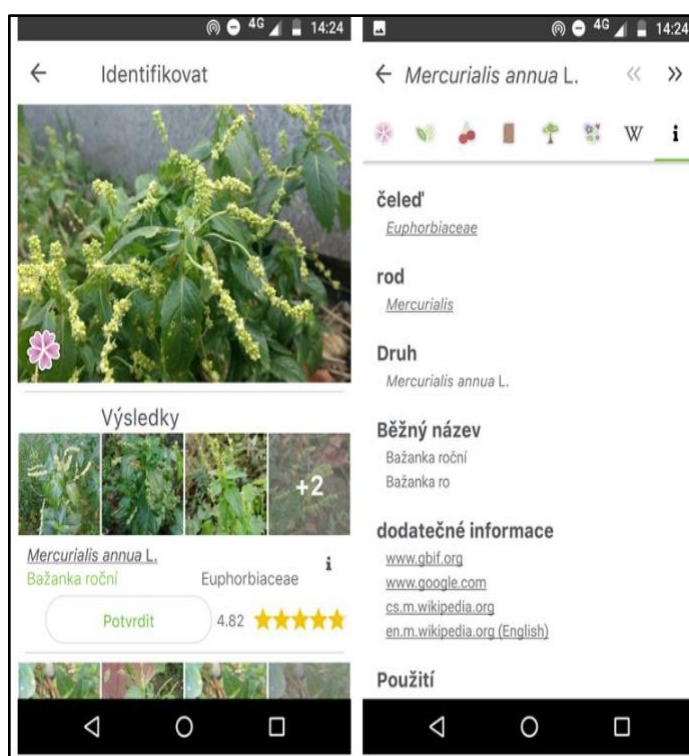
BioLog je česká aplikace (Obr.9), která funguje i bez připojení k internetu. Žáci s její pomocí mohou zaznamenávat různé druhy rostlin, živočichů a hub. Kromě toho aplikace umožňuje i zobrazování organismů, které byly v dané oblasti nalezeny někým jiným. Pokud by se žáci registrovali a připojili k internetu, mohou odesílat své vlastní snímky do nálezové databáze, která je spravovaná Agenturou pro ochranu přírody a krajiny ČR. Tímto mohou opět pomoci vědcům v mapování určitých organismů (Holec, 2020).



*Obr.9 Ukázka aplikace BioLog (Holec, 2020)*

## PlantNet

Další možností, jak určovat nalezené rostliny, je volně dostupná aplikace PlantNet (Obr.10), která umožňuje identifikovat rostliny na základě porovnání pořízené fotografie s databází jiných fotografií. U každého druhu je vždy zobrazen latinský název, často doplněn i o český. V rámci aplikace je také možné dostat se na jiné informační zdroje, kde si lze zkontrolovat správnost určení (Holec, 2020).



Obr.10 Ukázka identifikace rostliny v aplikaci PlantNet (Holec,2020)

## Sahi Labs

Tato aplikace je zdarma dostupná a používá tzv. rozšířenou realitu, ve které mohou žáci prozkoumávat přírodovědný model zaměřený na fotosyntézu. Žák pak prostřednictvím tabletu vnímá své okolí jako les. Po tom, co dané okolí prozkoumá, nabídne se mu mezi stromy tabulka Continue. Pokud na ni klikne, uvidí před sebou rostlinu v květináči (Obr.11) a kolem ní pomocné tabulky. Jedna z nich ukazuje funkci kořenů a druhá funkci listů. Kliknutím na list se zobrazí jeho detailní stavba (Benediktová, 2020).



Obr.11 Virtuální rostlina z aplikace Sahi Labs (Benediktová,2020)

### Fotosyntéza

Tato aplikace je ze sady Tabletárium a je přístupná v českém jazyce. Využít tuto aplikaci je zatím možné pouze v systému Android. Žáci si v ní mohou zkusit doplnit podmínky fotosyntézy a další zajímavá cvičení (Obr.12). Aplikace nabízí také návod pro mikroskopování listu (Benediktová, 2020).



Obr.12 Ukázka cvičení z aplikace Fotosyntéza (Benediktová,2020)

### 2.3.2 Videá pro výuku fotosyntézy

Na internetu lze v současné době nalézt spoustu zajímavých videoklipů na téma fotosyntéza. Nejvíce výukového materiálu je k dispozici na portálu Youtube. Učitel však

musí často dlouho hledat, jelikož ne každé video je vhodné pro výuku (Benediktová, 2020).

Benediktová (2020) uvádí několik videoklipů, které by mohly být využitelné v hodinách přírodopisu:

### **NEZkreslená věda II: 1. Co je to fotosyntéza?**

Jedná se o video vytvořené Akademií věd ČR. V osmi minutách lze zhlédnout průběh fotosyntézy doplněné atraktivním komentářem Pavla Lišky.

Odkaz na video: <https://www.youtube.com/watch?v=zxhgNmaCVAM>

### **Jak rostliny vytváří kyslík? – FOTOSYNTÉZA**

Jedná se o odbornější video, které je vhodné spíše pro přípravu učitele. Graficky je ovšem velmi zdařilé.

Odkaz na video: <https://www.youtube.com/watch?v=ZphoJpnnbo>

### **Animace fotosyntézy (Aj)**

Tato animace trvá dvě minuty, neobsahuje komentář a má anglické popisky. V pozadí videa je hudba, kterou po ztišení nahradit vlastním komentářem.

Odkaz na video: <https://www.youtube.com/watch?v=SA1UURsMAYA>

### **Píseň o fotosyntéze (Aj)**

Proces fotosyntézy je v tomto krátkém videu vysvětlen formou písně. Ačkoliv je nazpívána v anglickém jazyce, je možnost zapnout si české titulky. Žáci si tak mohou procvičit i své znalosti z angličtiny.

Odkaz na video: [https://www.youtube.com/watch?v=C1\\_uez5WX1](https://www.youtube.com/watch?v=C1_uez5WX1)

### **Příběh fotosyntézy pro děti (Aj)**

V tomto graficky zdařilém videu mohou žáci sledovat pohádkový příběh o průběhu fotosyntézy, ve kterém rostliny ožívají. Jelikož je videoklip opět v angličtině, je vhodné dodat učitelův komentář.

Odkaz na video: <https://www.youtube.com/watch?v=yHVhM-pLRXk&t=137s>

### 3 Metodika práce

V rámci diplomové práce byla ověřována pilotní verze digitální učebnice vytvářené kolektivem autorů včetně vedoucí diplomové práce. Tvorba dotazníků použitých v tomto šetření proto nebyla součástí práce, byly dodány vedoucí práce.

Díky projektu vznikla digitální učebnice, která se jmenuje „Biomasa v trvale udržitelné krajině: Výuka fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině – pro ZŠ“. Učebnice je k dispozici na následujícím webovém odkazu: <https://fotosyntezavkrajine.cz/>. Její tvorba nebyla součástí této práce a podléhá autorským právům.

Cílem této diplomové práce bylo tuto učebnici ověřit v praxi a zjistit, zda je využívání digitálních technologií (konkrétně digitální učebnice) ve výuce přínosné. K tomu bylo využito dotazníkové šetření s pretesty a posttesty, které bylo určeno pro žáky 9. ročníků základních škol. Dotazníky rovněž nebyly vytvářeny v rámci této diplomové práce, byly připraveny autory projektu a jsou uvedeny jako Příloha 1 a 2.

V rámci řešení práce byly položeny tři výzkumné otázky:

1. Jaká je úroveň vědomostí u žáků devátých ročníků základních škol z tématu fotosyntézy vodních rostlin?
2. Může výuka pomocí digitální učebnice pro žáky vést ke zlepšení žákovských znalostí a k odstranění miskoncepce?
3. Může tento typ výuky napomoci zvýšit atraktivitu výukových hodin pro žáky?

#### 3.1 Sběr dat

Nová digitální učebnice byla testována v květnu a červnu 2023. Ověřování pomocí dotazníkového šetření proběhlo na dvou základních školách v Jihočeském kraji. Účastnilo se ho celkem 150 žáků z devátých ročníků. Dotazníky byly anonymní, žáci vyplňovali pouze svůj věk a pohlaví.

Pro výzkum byly v každé třídě vyčleněny tři vyučovací hodiny. V první hodině žáci vyplňovali pretesty, v další hodině se seznámili s digitální učebnicí a v poslední



hodině opět vyplňovali posttesty. Pretesty byly zaměřeny na žákovské prekoncepty, což znamená, že zjišťovaly, jaké jsou dosavadní znalosti žáků o fotosyntéze a v některých otázkách se testy soustředily na fotosyntézu vodních rostlin. Toto téma je totiž v učivu na základní škole dost opomíjeno. Žáci test vyplňovali během jedné vyučovací hodiny, tedy 45 minut. V následující hodině proběhla výuka fotosyntézy vodních rostlin s pomocí digitální učebnice. Žáci se podrobně seznámili s jejím obsahem, k čemuž byla využita interaktivní tabule. Poté byl každému žákovi sdělen webový odkaz na učebnici a heslo, pomocí kterého si ji mohli otevřít. Žáci mohli s učebnicí týden pracovat samostatně doma (ovšem bez kontroly výzkumníkem). Na závěr bylo žákům sděleno, že po týdnu si napíší opět posttest.

### **3.2 Použité statistické metody**

Odpovědi žáků na otázky 1 až 10, hodnocení digitální učebnice žáky a reakce učitelů byly nejdříve z psané podoby převedeny do tabulkového procesoru Microsoft Excel. Zde byla data seřazena a statisticky vyhodnocena. Krabicové grafy byly vypracovány v pokročilém analytickém programu Statistica.

Odpovědi žáků na otázky 1 až 10 z pretestů jsou v práci vždy uváděny v paralele s odpověďmi z posttestů. Vyhodnocována byla četnost odpovědí z jednotlivých otázek a výsledky jsou prezentovány ve formě histogramů. Tímto způsobem je možné přehledně sledovat vývoj odpovědí a porovnat vstupní znalosti žáků oproti znalostem získaných studiím z digitální učebnice. Bodové hodnocení je uváděno buď ve formě histogramů nebo krabicového grafu. Z histogramu je patrný posun v četnosti správných odpovědí, zatímco krabicový graf znázorňuje změnu v průměrném bodovém hodnocení.

Celkové statistické vyhodnocení spočívalo v analýze mediánu celkového počtu bodů v pretestu a posttestu uvedeném v krabicovém grafu společně s příslušnými kvartily a maximem, resp. minimem, získaných bodů. Krabicovými grafy byly rovněž vyhodnoceny rozdíly v bodové úspěšnosti v pretestu a posttestu mezi chlapci a dívkami.

Psané vyhodnocení kombinované s histogramy bylo použito i v části žákovského dotazníku (otázky 11 až 14). Názory učitelů na digitální učebnici byly hodnoceny pouze slovně.

### 3.3 Rozhovory s učiteli

V rámci této diplomové práce byl také proveden okrajový kvalitativní průzkum mezi vyučujícími přírodopisu, který se zabýval jejich názory na novou digitální učebnici. Učitelé odpovídali prostřednictvím polostrukturovaného rozhovoru na 7 níže uvedených otázek. Odpovědi byly nahrávány a poté zaznamenány v programu Microsoft Word.

Otázky položené v rozhovoru:

1. Domníváte se, že tato učebnice může být pro vaši výuku přínosná?
2. Jak hodnotíte kapitolu o fotosyntéze suchozemských rostlin?
3. Jak hodnotíte kapitolu o fotosyntéze vodních rostlin?
4. Jak hodnotíte kapitoly o ekologických souvislostech?
5. Jak hodnotíte animace a videa v učebnici?
6. Jaká vylepšení pro učebnici byste doporučil/a?
7. Jaké vidíte možnosti využití učebnice v praxi?

## 4 Výsledky

V této kapitole jsou uvedeny jednotlivé výsledky testování. Podkapitola 4.1 až 4.10 obsahuje vyhodnocení otázek obsažených pretestech a posttestech. Podkapitola 4.11 obsahuje výzkum žákovských názorů na atraktivitu výuky. Celkové vyhodnocení se nachází v podkapitole 4.12. Samotný závěr kapitoly výsledků tvoří polostrukturované rozhovory s učiteli.

### 4.1 Vyhodnocení otázky č. 1

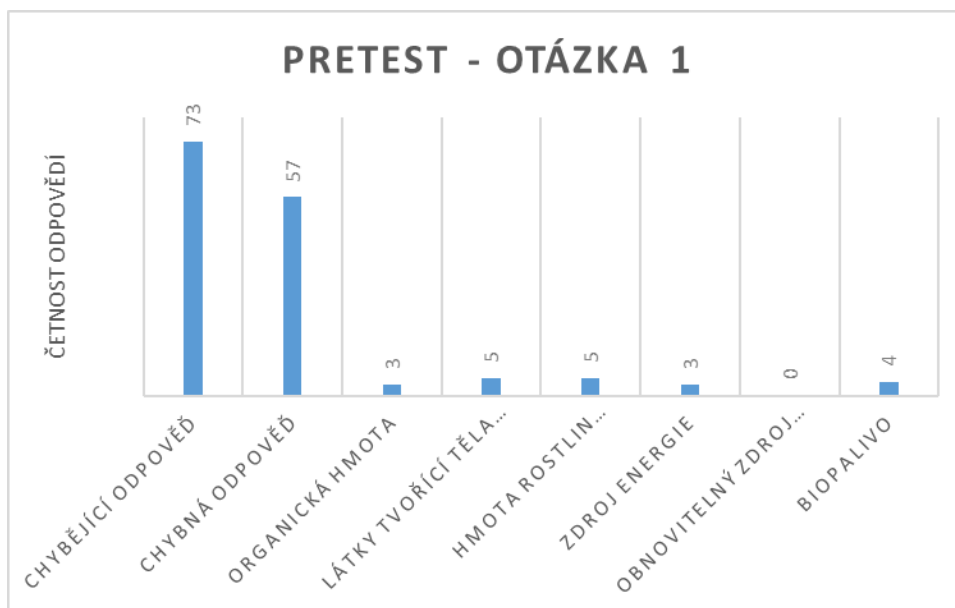
První otázka v žákovském dotazníku byla otevřená, tudíž mohli žáci odpovídat nejrůznějšími variantami. Otázka zněla: „Co je to rostlinná biomasa“? Jeden bod mohl získat ten, kdo zaznamenal alespoň jednu správnou odpověď na otázku. Kdo ovšem nenapsal odpověď žádnou nebo jeho odpověď byla chybná, získal 0 bodů.

Odpovědi byly kategorizovány do 8 skupin, přičemž skupiny 3-8 byly uznané jako správné odpovědi:

- 1) Chybějící odpověď
- 2) Chybná odpověď
- 3) Organická hmota
- 4) Látky tvořící těla organismů
- 5) Hmota rostlin (rostlinná těla, veškeré rostliny)
- 6) Zdroj energie
- 7) Obnovitelný zdroj energie
- 8) Biopalivo

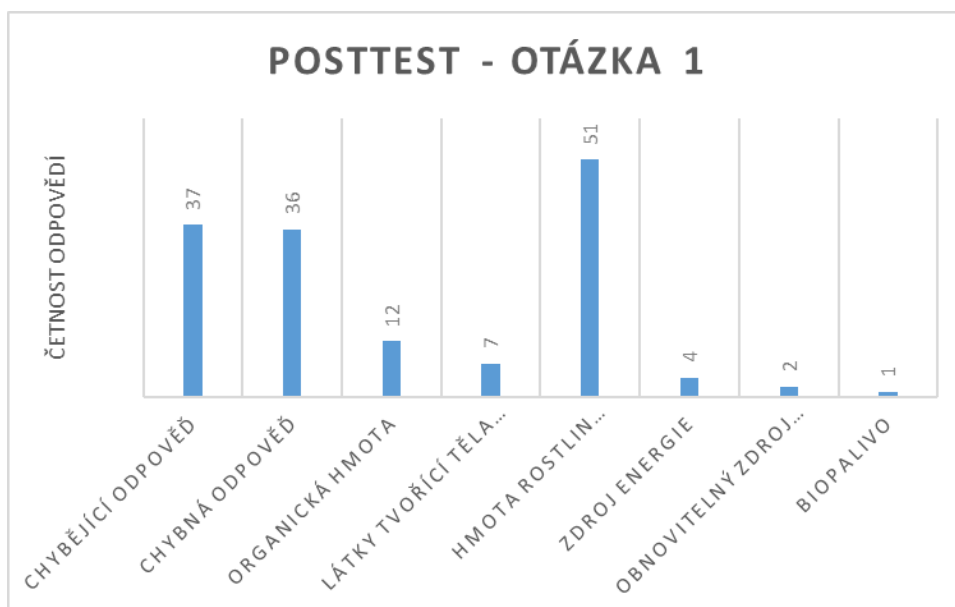
Jak ukazuje následující graf (Obr.13), v pretestu se většině žáků nedařilo. Až 73 žáků na otázku vůbec nedokázalo odpovědět a 57 žáků odpovědělo chybně. Velmi často se žáci chybně domnívali, že rostlinná biomasa je „bio maso“ či dokonce „maso z rostlin“. Objevovaly se ale také odpovědi typu: „zbytky těl živočichů“ a podobně. Pouze 20 žáků

bylo schopno odpovědět správně a získalo tak 1 bod. Jako správnou odpověď uvedla většina žáků „látky tvořící těla organismů“ a „hmotu rostlin“.



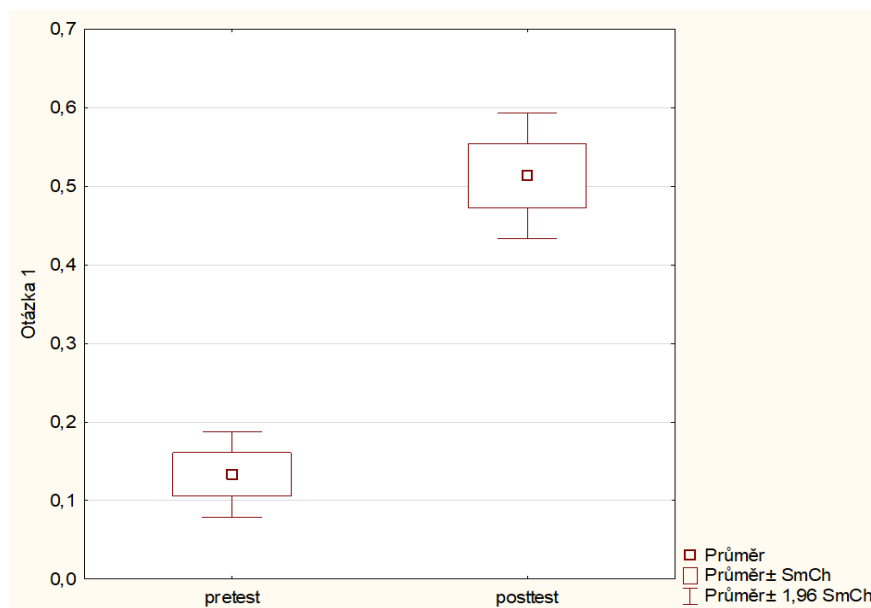
Obr. 13 Histogram znázorňující kategorie odpovědí v pretestu na otázku č. 1

U posttestu (Obr. 14) můžeme vidět výrazné zlepšení, z původních 73 žáků nyní neznalo odpověď pouze 37 žáků a chybně odpovědělo také o 21 žáků méně. Jako správnou odpověď žáci často udávali „hmotu rostlin“. Dva žáci dokonce zmínili „obnovitelný zdroj energie“, což je odpověď, která se v pretestu vůbec neobjevila.



Obr. 14 Histogram znázorňující kategorie odpovědí v posttestu na otázku č. 1

Na následujícím krabicovém grafu (Obr.15) si můžeme prohlédnout úspěšnost žáků v první otázce. V pretestu žáci dosahovali v průměru 0,1 bodu a v posttestu 0,5 bodu.



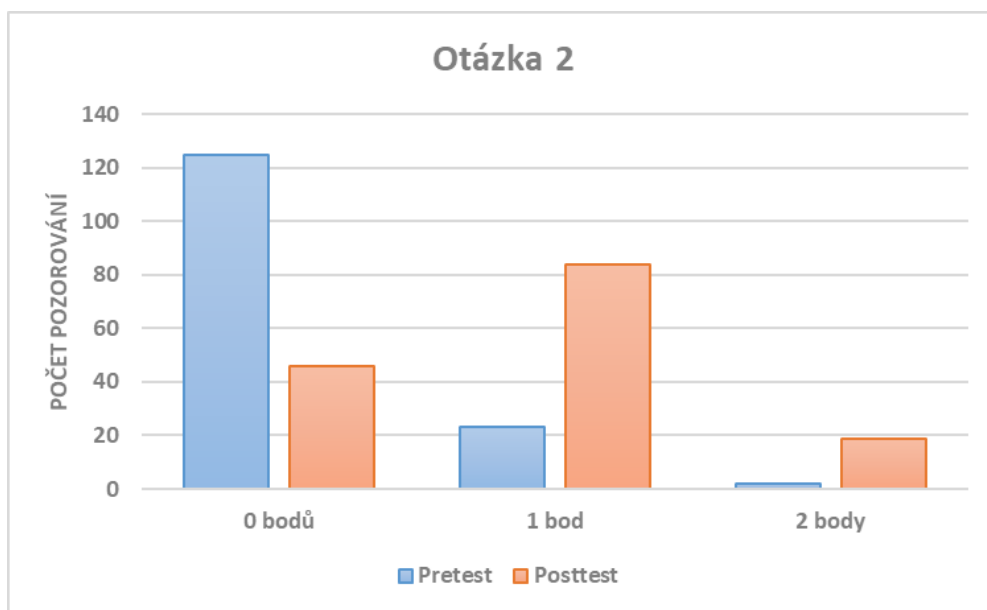
Obr. 15 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení první otázky

## 4.2 Vyhodnocení otázky č. 2

V druhé otázce se žáci zabývali tím, odkud pochází energie, která je v biomase skryta, a jakým způsobem se do rostlin dostává. Celkem bylo možné získat 2 body, pokud ale žáci odpověděli jen na jednu otázku, získali jen 1 bod. V tomto případě byla uznána vždy jen jedna správná odpověď: „ze Slunce“ a „pomocí fotosyntézy“.

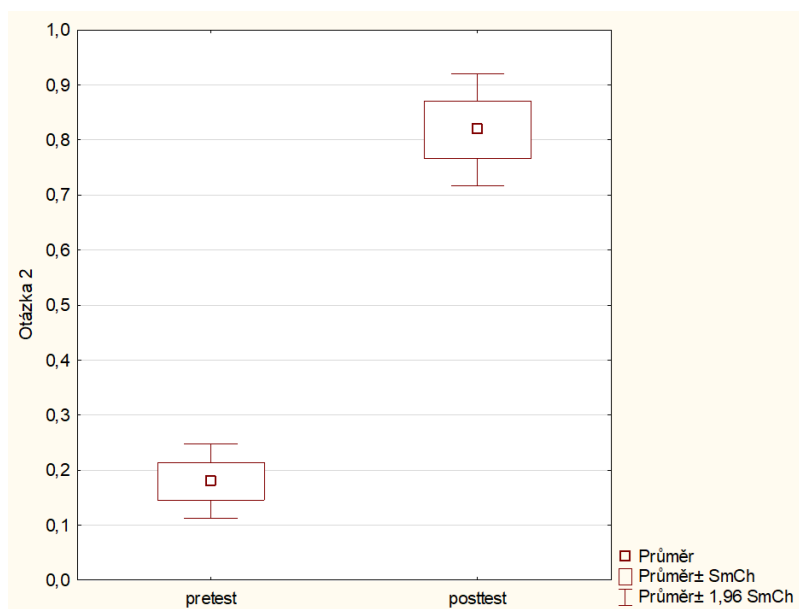
V pretestu většina žáků na otázku neodpověděla nebo odpověděla chybně. Celkem tedy 125 žáků nezískalo ani jeden bod. Žáci ve většině případů uváděli jako chybnou odpověď, že energie pochází „z půdy, ze země či z vody“. Jeden bod získalo 23 žáků, jelikož odpověděli pouze na jednu otázku. Na to, že energie pochází ze Slunce a dostává se do rostlin pomocí fotosyntézy, přišli pouze dva žáci, kteří tedy jako jediní obdrželi 2 body.

V posttestu počet chybějících a chybných odpovědí opět klesl (Obr.16). Nejvíce žáků získalo 1 bod, jelikož odpověděli, že energie pochází „ze Slunce“. Oproti pretestu se také zvýšil počet těch, kteří získali 2 body, bylo jich celkem 19.



Obr. 16 Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu

Krabicový graf na obrázku 17. opět ukazuje, kolik bodů žáci průměrně získali v pretestu a v posttestu. Jak si lze všimnout v posttestu žáci obdrželi průměrně o 0,7 bodu více než v pretestu. Ovšem ani v posttestu se v průměrném hodnocení nepodařilo žákům dosáhnout alespoň jednoho bodu.

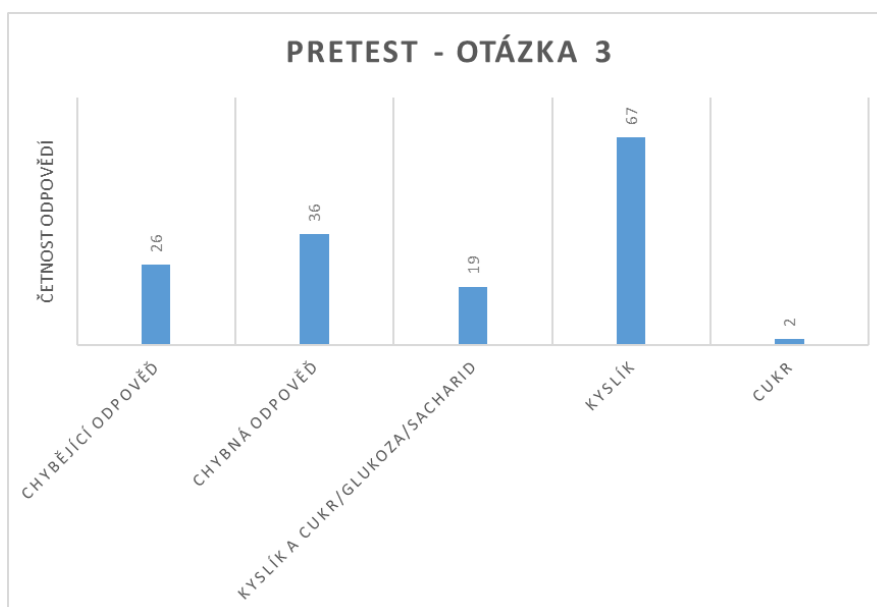


Obr. 17 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení druhé otázky

### 4.3 Vyhodnocení otázky č. 3

Třetí otázka zněla: „Jaké látky vznikají při fotosyntéze?“ Správné odpovědi byly v tomto případě opět dvě: kyslík ( $O_2$ ) a cukr, přičemž uznáno bylo i synonymum jako je sacharid či glukóza. Žáci tedy mohli získat celkem dva body. Jeden bod žáci získali v případě, pokud napsali alespoň jeden produkt fotosyntézy.

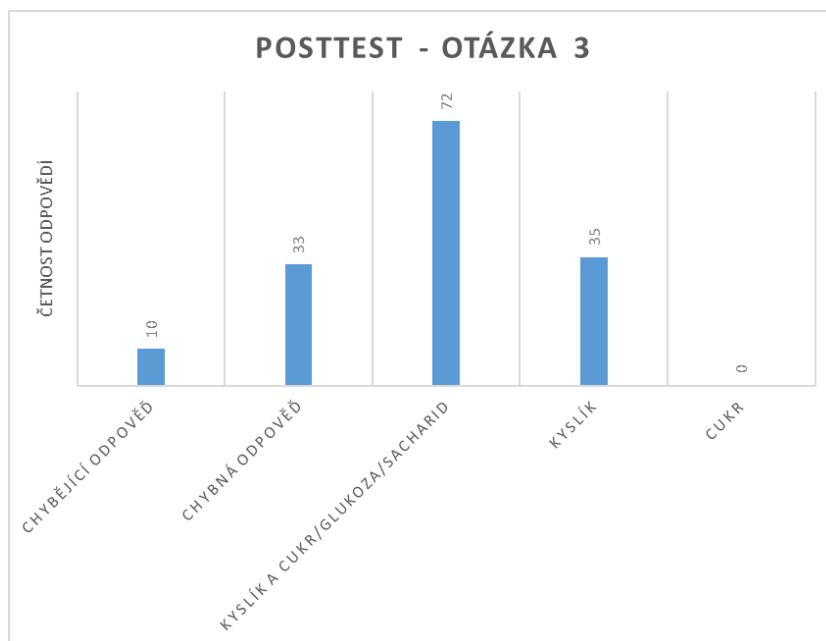
Naprostá většina žáků v pretestu uvedla jako produkt fotosyntézy kyslík (Obr.18). Takto odpovědělo konkrétně 67 žáků, což je z celkového počtu tázaných 44,7 %. Tito žáci obdrželi tedy jeden bod. Dále žáci v odpovědích zmiňovali kyslík společně s cukrem (či obdobným slovem jako je sacharid či glukóza), což znamená, že získali dva body. Takových žáků bylo celkem 19. Samotný cukr napsali do dotazníku pouze dva žáci, kteří také získali jeden bod. Dohromady tedy získalo jeden bod 69 žáků. Až 41,3 % žáků ovšem na žádný produkt fotosyntézy nepřišlo nebo odpovědělo chybně, z otázky tedy nezískali žádný bod. Nesprávně odpovědělo konkrétně 36 žáků, kteří se nejčastěji domnívali, že látka vznikající při fotosyntéze, je oxid uhličitý ( $CO_2$ ). Někteří ovšem zmínili i zelené barvivo = chlorofyl nebo například jiné organické látky, jako jsou tuky či bílkoviny. Žáků, kteří v této otázce nenapsali žádnou odpověď, a tudíž získali také 0 bodů, bylo celkem 26.



Obr. 18 Histogram znázorňující kategorie odpovědí v pretestu na otázku č. 3

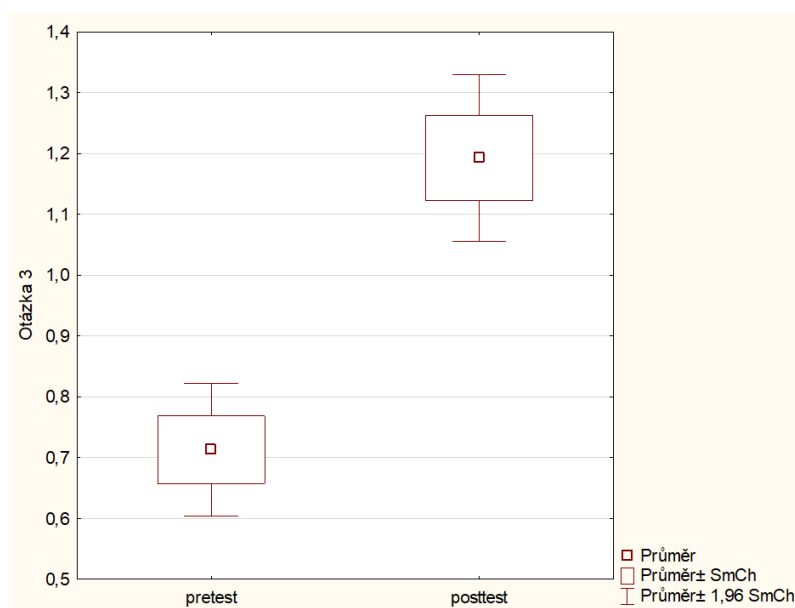
Jak je patrné z Obr. 19, v posttestu převládaly odpovědi typu: „kyslík a glukóza“. Jejich celkový počet je 72, což je 48 % z celkového počtu žáků. 48 % žáků tedy v posttestu získalo 2 body. 35 žáků si ve svých odpovědích vzpomnělo opět pouze na kyslík a obdrželo

tak 1 bod. V posttestu také klesl počet chybných a chybějících odpovědí. 0 bodů tedy mělo dohromady 28,7 % žáků.



*Obr. 19 Histogram znázorňující kategorie odpovědí v posttestu na otázku č. 3*

Jak naznačuje níže uvedený krabicový graf (Obr.20), v pretestu žáci průměrně neobdrželi ani jeden bod. V posttestu ale můžeme vidět značné zlepšení, jelikož průměrné hodnocení bylo nad 1 bod.

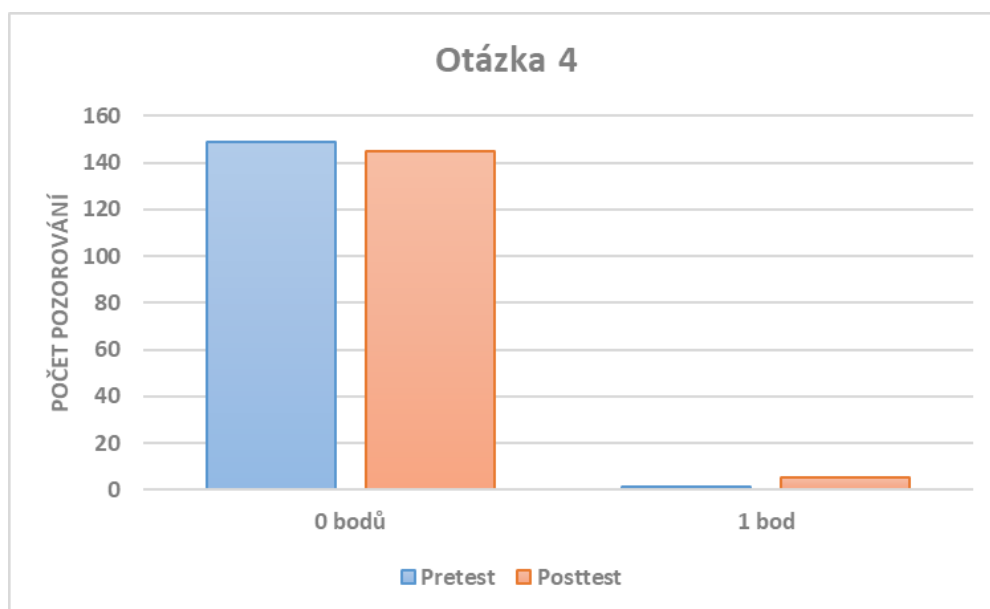


*Obr. 20 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení třetí otázky*



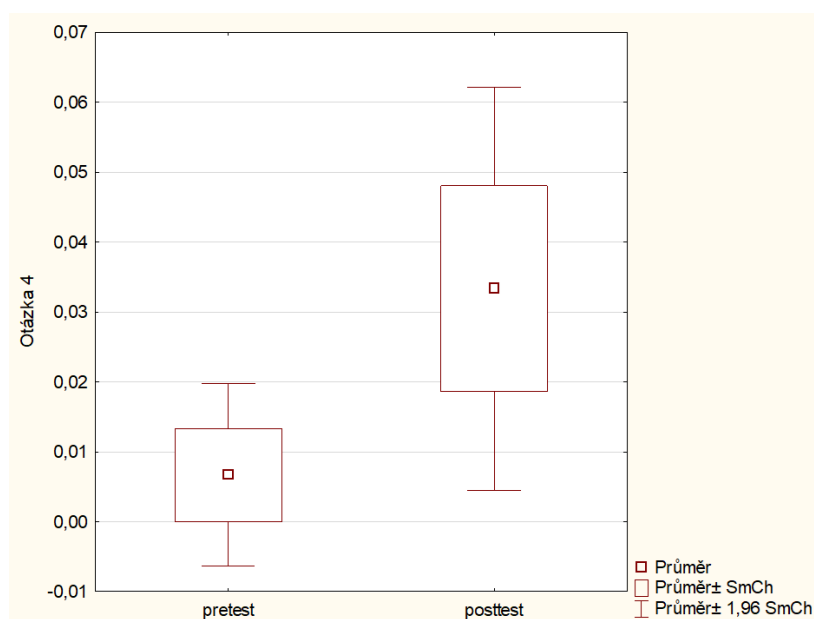
#### 4.4 Vyhodnocení otázky č. 4

Ve čtvrté otázce, která byla opět otevřená, se měli žáci zamyslet nad tím, proč jsou rostliny označovány jako „producenti“. V tomto případě byla možná pouze jediná správná odpověď a to ta, že rostliny jsou producenti, jelikož produkují či vytvářejí biomasu. Za tuto odpověď bylo možné dostat 1 bod. Jak vidíme na Obr. 21, to se v pretestu povedlo pouze jednomu žákovi. Až 99,3 % žáků tedy v této otázce neuspěli a nezískali žádný bod. Z toho se 43 žáků (28,7 %) vůbec nevyjádřilo a 106 žáků (70,7 %) psalo chybná tvrzení. Drtivá většina špatných odpovědí byla, že rostliny se označují jako producenti, protože produkují kyslík ( $O_2$ ). Často žáci nedokázali ani specifikovat, co konkrétně rostliny produkují, a tak se objevovaly i odpovědi typu: „protože něco produkují“.



Obr. 21 Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu

Ani v posttestu se žákům nedařilo. Jeden bod obdrželo pouze 5 žáků z celkového počtu, což je jen o 4 žáky více než v pretestu. Na správnou odpověď tedy nepřišlo celkem 96,7 % žáků, přičemž i v posttestu bylo nejčastější špatnou odpovědí to, že „rostliny produkují kyslík“. Situaci dobře mapuje níže uvedený krabicový graf (Obr.22), kde je vidět nízký průměrný zisk bodů (hodnoty v setinách) v pretestu i posttestu.



Obr. 22 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení čtvrté otázky

#### 4.5 Vyhodnocení otázky č. 5

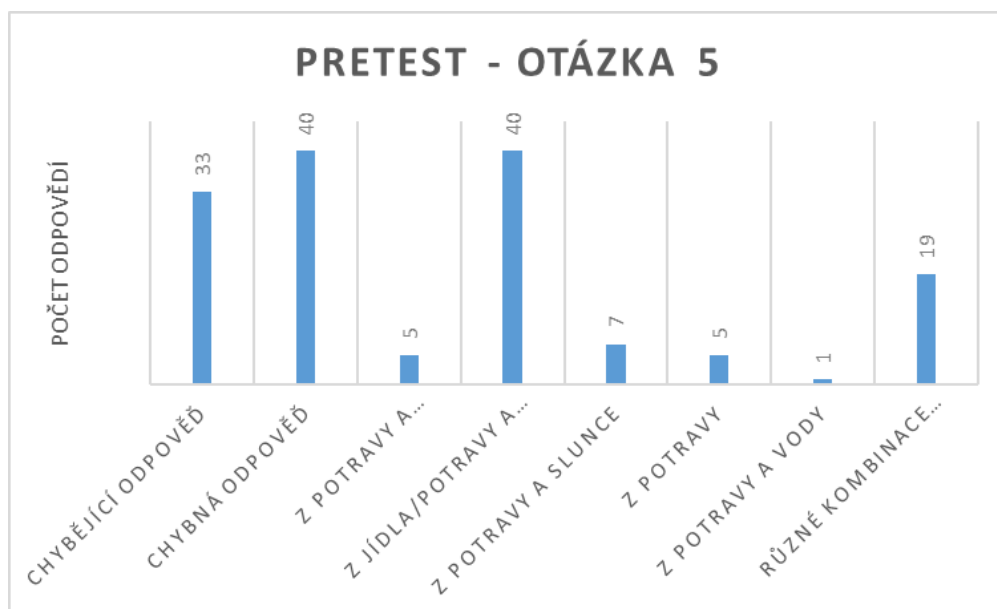
Pátá otázka byla zaměřena na srovnání výživy rostlin a živočichů a byla rozdělena na dvě části, přičemž z každé z nich bylo možné získat jeden bod.

V první části žáci odpovídali na to, z čeho získávají živočichové organické látky ke svému růstu. Správná odpověď byla z potravy nebo organických látek (cukrů, tuků a bílkovin). Uznány byly i jiné odpovědi, které ovšem měly stejný význam (např. jídlo, maso).

V druhé části otázky žáci zase odpovídali na to, z čeho získávají organické látky ke svému růstu rostliny. V tomto případě byla správná odpověď pomocí fotosyntézy. Většina žáků byla schopna správně odpovědět na první část otázky, tedy „odkud získávají organické látky živočichové“. Nejčastěji byla zaznamenána odpověď: „z potravy“ a „z jídla“. U druhé otázky, tedy z čeho získávají organické látky rostliny, žáci nejčastěji odpovídali chybně „z půdy“, „ze Slunce“ a „z vody“.

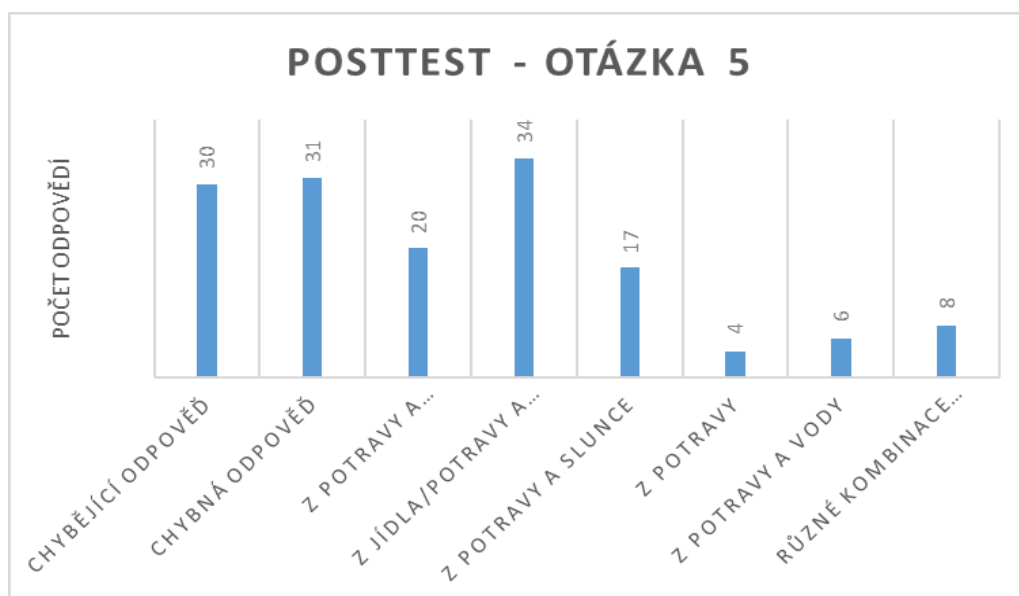
Na obě otázky v pretestu odpovědělo správně celkem 5 žáků, což je pouhých 3,3 %. Toto procento žáků tedy obdrželo 2 body. Téměř polovina všech dotazovaných žáků (celkem 73, což je 48,7 %) však uvedla chybnou odpověď nebo neodpověděla vůbec. Zisk jednoho bodu se týkal celkem 72 žáků (tedy 48 %), kteří správně zodpověděli většinou jen první část otázky.

Níže uvedený histogram (Obr.23) ukazuje, jaké kombinace odpovědí se nejčastěji v pretestu vyskytovaly. Jen 5 žáků odpovědělo z potravy a fotosyntézy, 40 žáků z jídla / potravy a půdy, 7 žáků z potravy a Slunce, 5 žáků uvedlo jen z potravy, 1 žák z potravy a vody a 19 dalších odpovědí tvořily různé kombinace předešlých odpovědí.



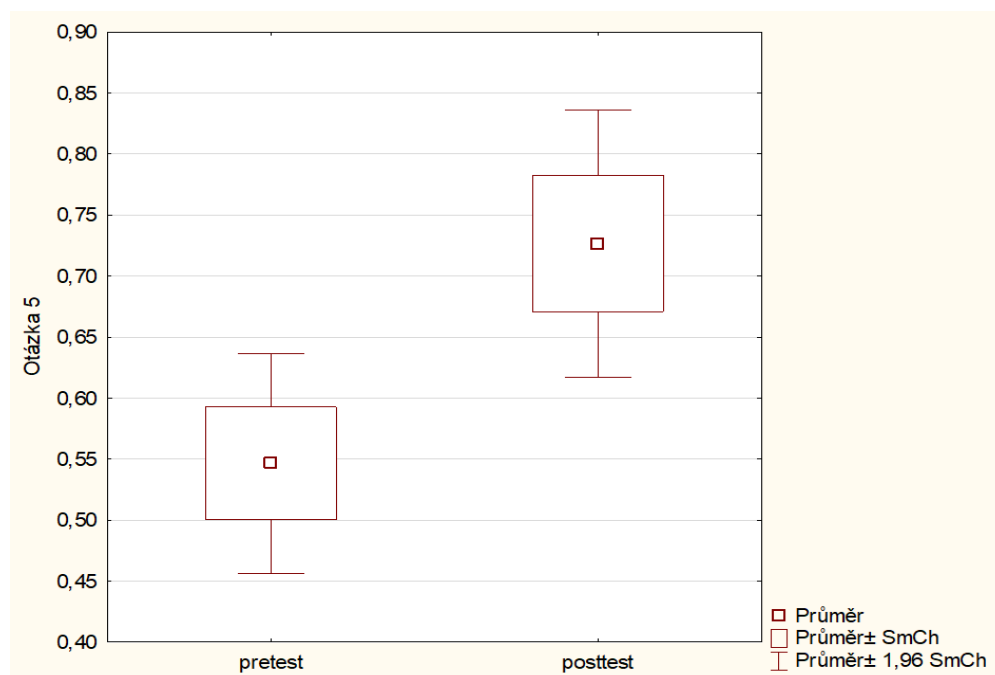
Obr. 23 Histogram znázorňující kategorie odpovědí v pretestu na otázku č. 5

V posttestu (Obr.24) dokázalo na obě otázky správně odpovědět o 15 žáků více. 20 žáků tedy v posttestu obdrželo maximální počet bodů. Je také patrný určitý rozdíl v chybných či chybějících odpovědích, které po použití digitální učebnice klesly ze 73 na 61. Posttest tedy dohromady sčítal 40,7 % žáků, kteří nezískali ani jeden bod.



Obr. 24 Histogram znázorňující kategorie odpovědí v posttestu na otázku č. 5

Krabicový graf (Obr.25) ukazuje mírné zlepšení žáků v bodovém hodnocení v posttestu. V pretestu žáci průměrně dosahovali 0,5 bodů a v posttestu 0,7 bodů.



Obr. 25 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení páté otázky

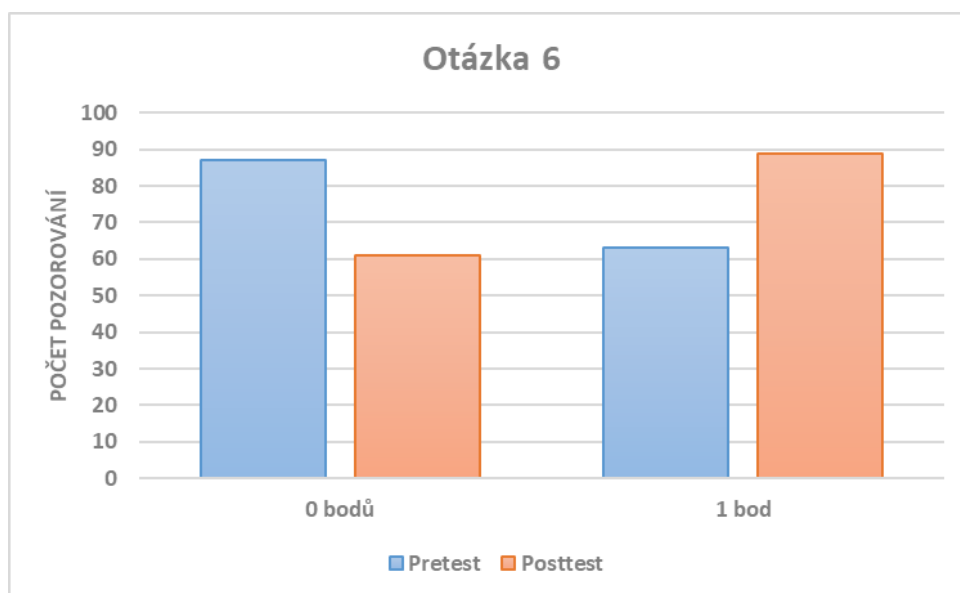
## 4.6 Vyhodnocení otázky č. 6

Šestá otázka byla úvahová, žáci měli přemýšlet o tom, zda rostliny dýchají celý den (den jako 24 hodin) nebo jen v určitých částech dne. Správně bylo, že rostliny dýchají celý den (tedy ve dne i v noci). Rostliny jsou totiž stejně jako živočichové živé organismy a musí tedy přijímat kyslík neustále. Pokud tedy některý z žáků takto odpověděl, získal jeden bod. V případě, že žák odpověděl, že rostlina dýchá jen v určité části dne (např. jen v noci nebo jen ve dne), obdržel 0 bodů.

V pretestu se žáci nejčastěji domnívali, že rostliny dýchají jen „v noci“. Odpovědělo tak celkem 30 žáků (20 %). 19 (12,7 %) žáků zase odpovědělo, že rostliny dýchají jen ve dne, tedy za světla. Zbylé chybné odpovědi byly buď, že „nedýchají“ nebo „jen v určitých obdobích“. Celkem bylo tedy 65 chybných odpovědí a 22 chybějících odpovědí. Bez bodu byla tedy v pretestu více jak polovina respondentů (konkrétně 87 žáků).

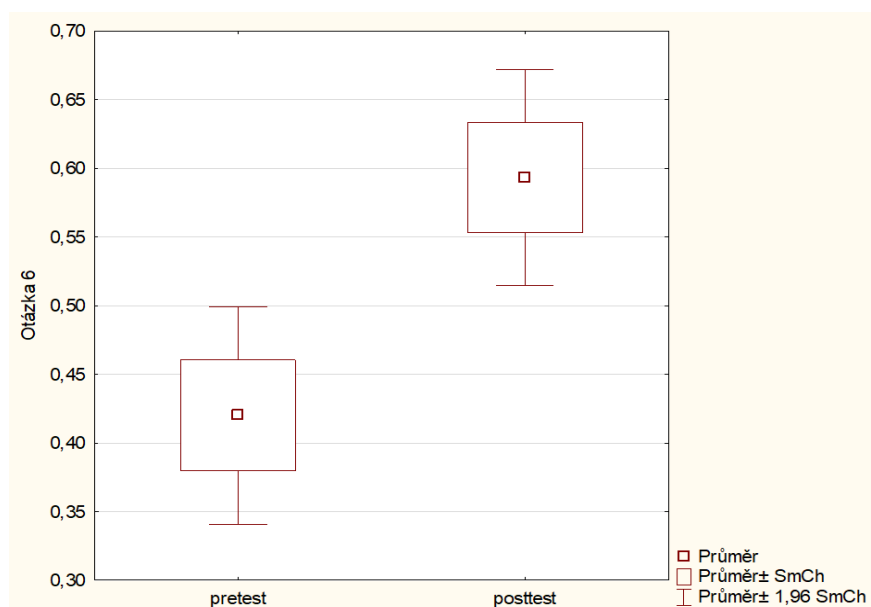
To, že rostliny dýchají celý den, zaznamenalo dohromady 63 žáků, což znamená, že byli ohodnoceni jedním bodem.

Jak můžeme vidět na Obr. 26, počet chybných či chybějících odpovědí v posttestu klesl. Chybně odpovědělo celkem 44 žáků, z toho 19 žáků odpovídalo „v noci“ a 15 žáků „ve dne či za světla“. Zbylé chybné odpovědi byly opět, že „nedýchají“ nebo „dýchají jen v určitých částech dne“. 11,3 % (tedy 17) žáků na tuto otázku v posttestu neodpovědělo.



Obr. 26 Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu

Z grafu lze také vyčíst, že v posttestu vzrostl počet žáků, kteří byli ohodnoceni jedním bodem. Šlo konkrétně o 89 žáků, kteří tedy po zhlédnutí digitální učebnice správně odpověděli, že rostliny dýchají během celého dne. Rozdíl oproti pretestu je tedy 26 správných odpovědí. Zlepšení můžeme vidět i na následujícím krabicovém grafu (Obr.27).



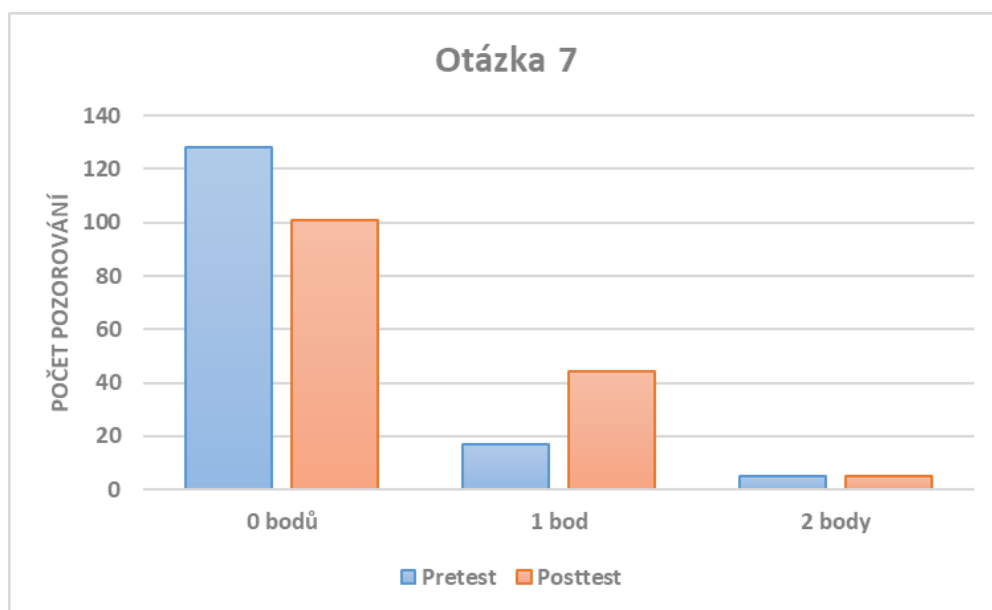
Obr. 27 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení šesté otázky

## 4.7 Vyhodnocení otázky č. 7

Otázka č. 7. se zabývala tzv. vodním květem. Žáci zde odpovídali celkem na dvě otevřené podotázky, přičemž z každé z nich bylo možné získat 1 bod. Maximální počet bodů ze sedmé otázky byl tedy 2. První otázka zněla: „Jaké organismy tvoří vodní květ?“ a druhá: „Proč vzniká vodní květ?“

Aby mohli žáci v první otázce obdržet jeden bod, museli odpovědět „sinice“. Kladně ohodnoceny byly ale i odpovědi jako „mikroby“, „žabinec“ či jiné obměny těchto odpovědí. V druhé otázce byly uznané za správné odpovědi následující spojení: „kvůli nadbytku živin ve vodě“, „znečištěná voda“ (či jiná synonyma).

Jak je patrné z níže uvedeného grafu (Obr. 28), tato otázka dělala žákům značné potíže jak v pretestu, tak i v posttestu. Ve většině případů žáci tuto otázku vynechávali anebo uváděli nesprávná tvrzení. Bodový zisk ze sedmé otázky byl tedy minimální.



Obr. 28 Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu

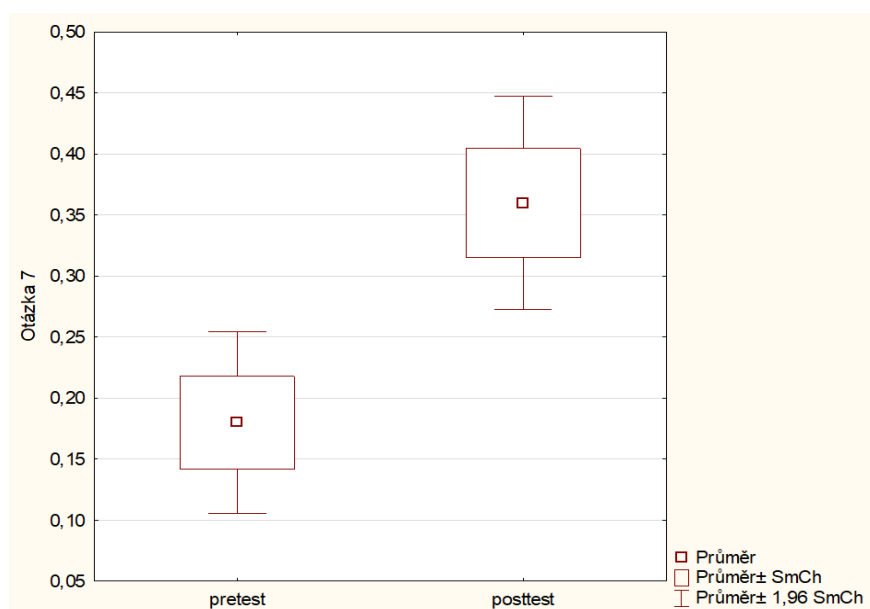
Co se týče pretestu, 0 bodů získalo celkem 128 respondentů, což je z celkového počtu 85,3 %. Z tohoto počtu převažovaly jednoznačně chybějící odpovědi, kterých bylo dohromady 94. Nesprávných tvrzení bylo celkem 34. Mezi nejčastější chybné odpovědi patřily pojmy jako „květiny“ či „lekníny“, případně „vodní organismy“.

Jeden bod v pretestu obdrželo pouze 17 žáků, přičemž nejvíce odpovídali na první otázku, tedy: „Jaké organismy tvoří vodní květ?“. V tomto případě jednoznačně

dominovala odpověď „sinice“. V druhé otázce, kde měli žáci napsat důvod vzniku vodního květu, se ve velké míře objevovala nesprávná odpověď „kvůli přemnožení mikroorganismů“.

V posttestu nebyly výsledky o moc lepší, nicméně mírné zlepšení je zřejmé. 0 bodů dostalo v posttestu 101 žáků, což je o 27 méně než v pretestu. Chybějících odpovědí bylo tentokrát 80, to znamená, že se oproti pretestu alespoň 14 žáků pokusilo zaznamenat nějakou odpověď. Špatně se vyjádřilo celkem 21 žáků.

Na obě otázky bylo schopno celkem odpovědět jen 5 žáků, a to jak v pretestu, tak i v posttestu. Pouze tito žáci tedy získali 2 body. Na Obr. 29 lze ještě vidět, jak si žáci průměrně vedli v získávání bodů v pretestu a v posttestu.



Obr. 29 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení sedmé otázky

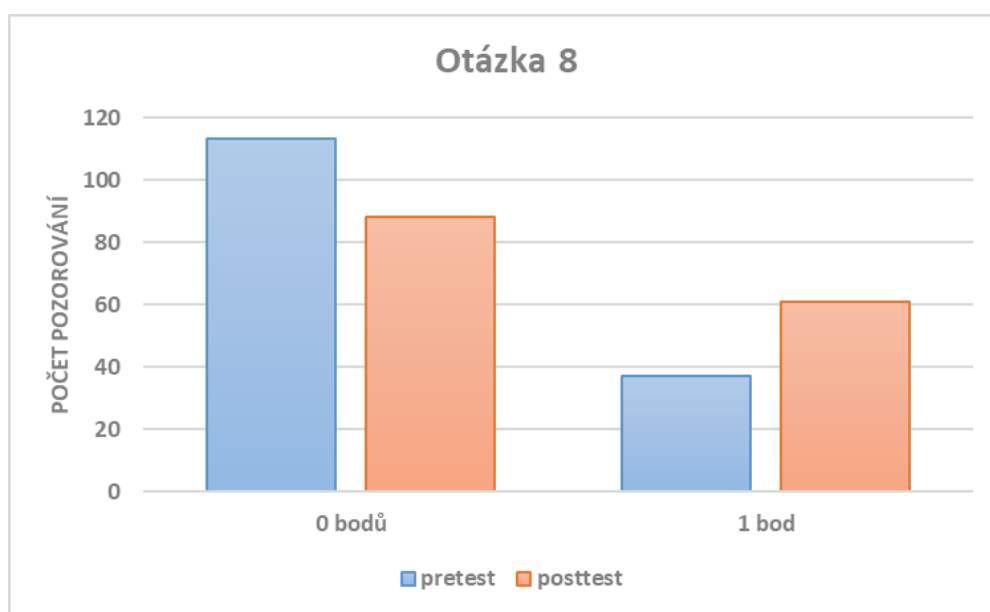
#### 4.8 Vyhodnocení otázky č. 8

V této otázce měli žáci uvažovat nad tím, jaký význam mají řasy v rybníce. Jednalo se o otevřenou otázku, za kterou mohli respondenti dostat 1 bod, pokud odpověděli správně. V tomto případě měli žáci přijít na to, že význam řas v rybníce je produkce kyslíku či biomasy. Jako správná odpověď byla uznána i „potrava“ nebo jiná významově stejná slova (např. strava či jídlo pro kapry), jelikož řasy jsou producenti a stojí na začátku potravního řetězce. Jestliže se objevila jiná než tato odpověď, bod nebylo možné získat.

Ani s touto otázkou si žáci neuměli moc poradit. Většina z nich nedokázala vůbec odpovědět, a tudíž nedostala žádný bod. Takových bylo v pretestu celkem 66, tedy 44 %.

Chybně odpovědělo v pretestu 47 žáků. Velmi často se žáci domnívali, že hlavní význam řas je takový, že „čistí vodu od znečištění“, „filtrují vodu“ či „zachytávají nečistoty“. Dále se také objevovaly odpovědi jako „úkryt“, „útočiště“ či „domov“ pro různé vodní organismy (nejčastěji ryby).

Jak můžeme vidět na Obr. 30, celkový počet odpovědí, které nebyly ohodnoceny ani jedním bodem, byl v pretestu 113 (75,3 %). V posttestu se úspěšnost nepatrně zvýšila, jelikož 0 bodů získalo 88 žáků (58,7 %).

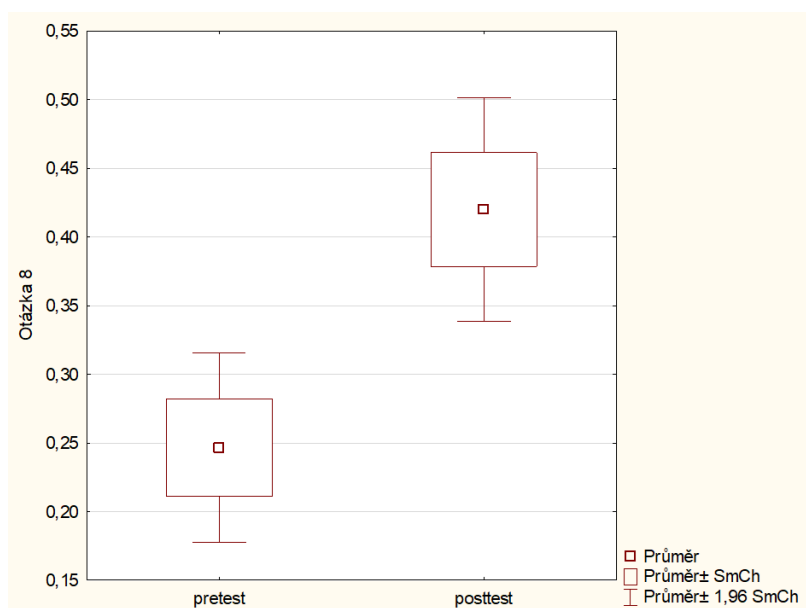


*Obr. 30 Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu*

V pretestu dokázalo nad otázkou správně uvažovat celkem 37 žáků (24,7 %). Jako správné odpovědi uváděli žáci nejčastěji buď „potrava“ nebo „okysličení“, v jednom případě žák správně uvedl obojí. Jen 37 žáků tedy dostalo v pretestu 1 bod.

Posttest prokázal, že po využití digitální učebnice, byli žáci o trochu úspěšnější a na otázku dokázali snáze odpovědět. Graf totiž naznačuje, že jeden bod obdrželo dohromady 61 žáků (40,7 %), což je o 24 žáků více než v pretestu. Toto ukazuje i krabicový graf na Obr. 31., kde si lze prohlédnout, kolik bodů v průměru žáci získali v pretestu a posttestu.





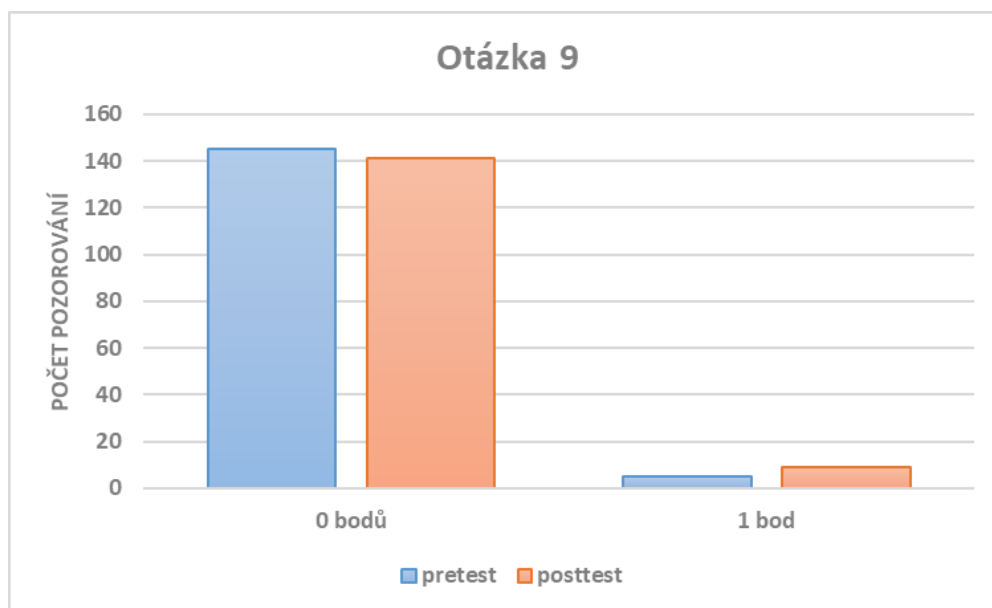
Obr. 31 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení osmé otázky

#### 4.9 Vyhodnocení otázky č. 9

Znění deváté otázky bylo následující: „Jak to, že ve vodě s nadbytkem živin mohou v létě některé vodní rostliny hynout hladem?“. Dle získaných dat je vidět, že i tato otevřená otázka byla pro žáky 9. tříd velmi náročná. Bylo totiž zaznamenáno velké množství chybějících odpovědí, a pokud se někdo o nějakou odpověď pokusil, většinou nedávala velký smysl.

Správná odpověď je v tomto případě taková, že nadbytek živin vede k velké fotosyntéze, tudíž se rychle vyčerpá oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a také rychle roste pH díky fotosyntéze, pak je ve vodě uhlík v takových formách, které jsou nedostupné pro mnoho rostlin. Zbývá jen uhlík ve formě využitelné sinicemi, ostatní rostliny paradoxně ve vodě s nadbytkem živin hynou hlady, protože tyto formy uhlíku neumí využívat.

Jak je vidět, tato odpověď je značně složitější a v takovém nebo alespoň podobném znění ji nezaznamenal ani jeden žák. Uznány byly proto i jednodušší myšlenky, které s touto odpovědí souvisely. Mezi ně patřily např: „z toho důvodu, že zde není dostatek těch potřebných“, „živiny se k nim nedostanou“, „nepřijmou živiny“, „je tam nadbytek živin, které rostliny nejlí“, „protože tam nejsou ty určité živiny, které potřebují“ a tak dále.



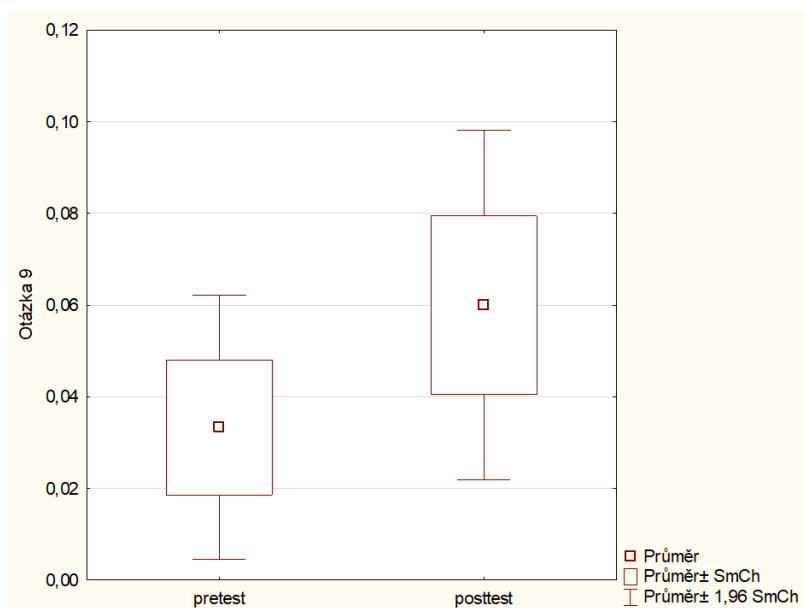
Obr. 32. Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu

Obr. 32 ukazuje, že rozdíl mezi pretestem a posttestem je v tomto případě minimální, což znamená, že ani po použití digitální učebnice, se v této otázce žáci příliš neorientovali. V pretestu neuspělo celkem 96,7 % žáků, přesněji řečeno 145 žáků nezískalo v této otázce ani jeden bod. Až 105 žáků (70,0 %) otázku rovnou vynechalo a nenapsalo žádnou odpověď, a 40 žáků (26,7 %) se vyjádřilo chybně. V testu se objevovalo široké spektrum špatných odpovědí, přičemž nejčastějšími byly: „moc živin“, „nedostatečné okysličení“, „potrava spotřebována jinými organismy“ nebo „horko/teplo/sucho“.

Získat 1 bod se v pretestu podařilo pouze 5 žákům (3,3 %). Jak lze vyčíst z výše uvedeného grafu, v posttestu nebyly výsledky o moc lepší.

V posttestu počet odpovědí, které obdržely 0 bodů, o trochu klesl. Bylo jich celkem 141 (94,0 %), což je o 4 odpovědi méně než v pretestu. Co je ale zajímavé, že počet chybějících odpovědí se v posttestu naopak zvýšil, a to konkrétně o 7. V posttestu tedy otázku vynechalo dohromady 112 žáků (74,7 %). Chybně v posttestu odpovědělo 29 žáků, tedy 19,3 %.

Jeden bod tentokrát obdrželo 9 žáků (6,0 %), což není o moc více než v pretestu. Průměrné bodové hodnocení v pretestu a v posttestu znázorňuje ještě krabicový graf na Obr. 33.



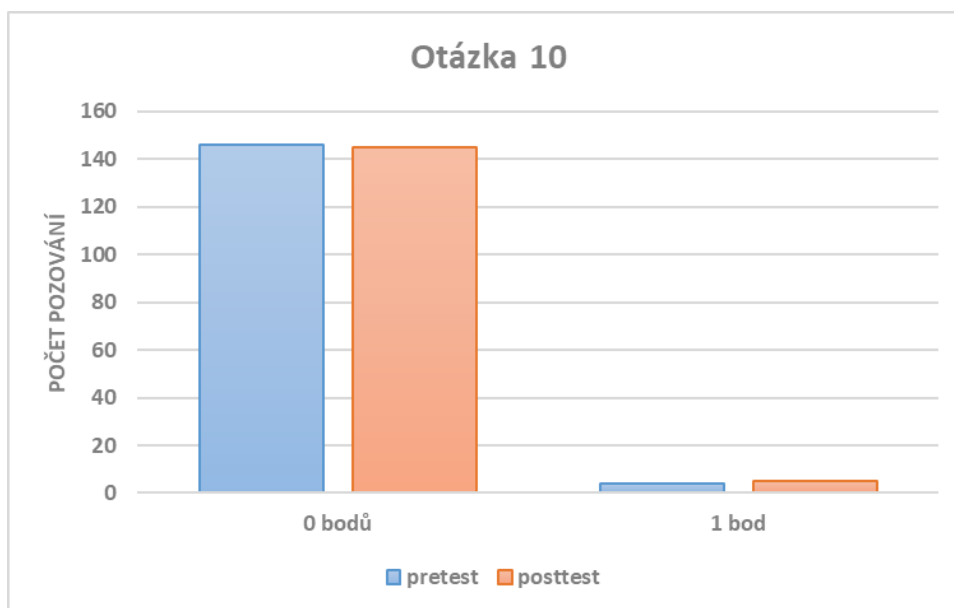
Obr. 33 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení deváté otázky

#### 4.10 Vyhodnocení otázky č. 10

Poslední otázka byla: „Proč ve vodě s nadbytkem živin mohou někdy v létě ryby hynout kvůli nedostatku kyslíku?“ Výsledky žáků byly velmi obdobné stejně jako u předchozí otázky. Byla to opět otevřená otázka, ze které mohli respondenti obdržet 1 bod, pokud zaznamenali správnou odpověď.

Správné znění odpovědi je takové, že ve vodě, kde je nadbytek živin, se rychle vytvoří velké množství biomasy, což samozřejmě vede k větší fotosyntéze. Jak již víme, při fotosyntéze rostlina přijímá oxid uhličitý. Po určité době se však oxid uhličitý vyčerpá a rostlině dojdou zdroje uhlíku. Na dně se tedy začne rozkládat ohromné množství uhynulé biomasy. Začne tedy probíhat rozkladný proces, při kterém, jak víme, se kyslík spotřebovává. Může se pak proto stát, že ryby hynou, protože nemají co dýchat.

Jelikož je odpověď na tuto otázku opět rozsáhlejší, málokdo z dotazovaných se takto vyjádřil. Jak naznačuje následující graf na Obr. 34, výsledky v pretestu a v posstestu byly téměř shodné.



*Obr. 34 Graf znázorňující srovnání v získávání bodů v pretestu a posttestu*

V pretestu nedostalo ani jeden bod celkem 146 žáků (97,3 %). Z toho 89 žáků (59,3 %) nenapsalo žádnou odpověď. Špatně se v této otázce vyjádřilo 47 žáků, což je z celkového počtu 31,3 %. Opět se v testu vyskytovalo široké spektrum chybných odpovědí, přičemž značné množství žáků pouze zopakovalo tvrzení z otázky, to znamená, že napsali pouze „kvůli nedostatku kyslíku“. Další nesprávná odpověď byla například „kvůli nadbytku potravy“ či „horko/teplo/sucho“, což se objevilo i u otázky č. 9.

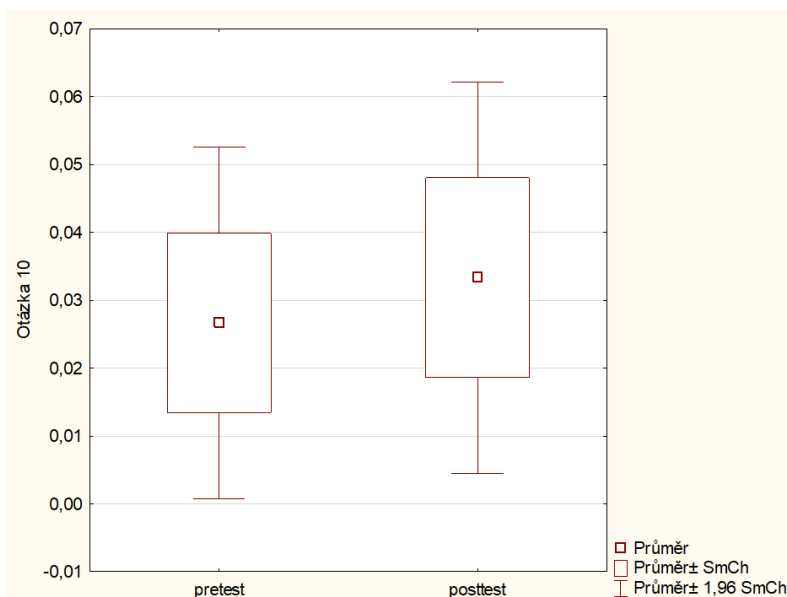
Zisk jednoho bodu byl v pretestu zaznamenán pouze u 4 žáků (2,7 %), kteří odpovídali následovně:

- 1) přemnožení řas, které v noci spotřebovávají  $O_2$
- 2) rostliny berou více kyslíku, než vyprodukují
- 3) přemnožením řas, které spotřebovávají kyslík
- 4) kyslík berou rostliny

V posttestu byla úspěšnost téměř shodná. V posttestu získalo 0 bodů dohromady 145 žáků (96,7 %), což je pouze o jednoho žáka méně než v pretestu. Stejně jako u deváté otázky, počet chybějících odpovědí se v posttestu zvýšil. Bylo jich celkem 93 (62,0 %). V posttestu vzrostl dokonce i počet chybných odpovědí, těch bylo zaznamenáno 52

(34,7 %). Jeden bod obdrželo v posttestu 5 žáků (3,3 %) a odpovědi byly obdobné jako u pretestu.

Vyrovnanost bodového hodnocení v pretestu a posttestu znázorňuje ještě níže uvedený krabicový graf na Obr. 35.



Obr. 35 Krabicový graf znázorňující statistické zhodnocení desáté otázky

#### 4.11 Výzkum žakovských názorů na práci s interaktivní učebnicí

Posttest byl kromě výše uvedených 10 otázek, které byly stejné i v pretestu, zaměřen také na hodnocení digitální učebnice samotnými žáky. Žáci měli k dispozici celkem 4 otázky, ve kterých mohli vyjádřit svůj názor na to, jak se jim líbila výuka s využitím nové interaktivní učebnice. Otázky byly následující:

- 1) Jak se ti líbila výuka o fotosyntéze pomocí interaktivní učebnice?
- 2) Co se ti líbilo nejvíce?
- 3) Co se ti nelíbilo?
- 4) Chtěl/a by ses podobným způsobem učit častěji?

##### 4.11.1 Vyhodnocení otázky č. 11

V první otázce měli žáci k dispozici hodnotící stupnici neboli Likertovu škálu, kde si měli zvolit takový stupeň, který nejvíce vystihoval jejich názor. Na škále byly stupně od 1 do 5 a princip hodnocení byl jako známkování ve škole, to znamená 1 = velmi se mi líbila

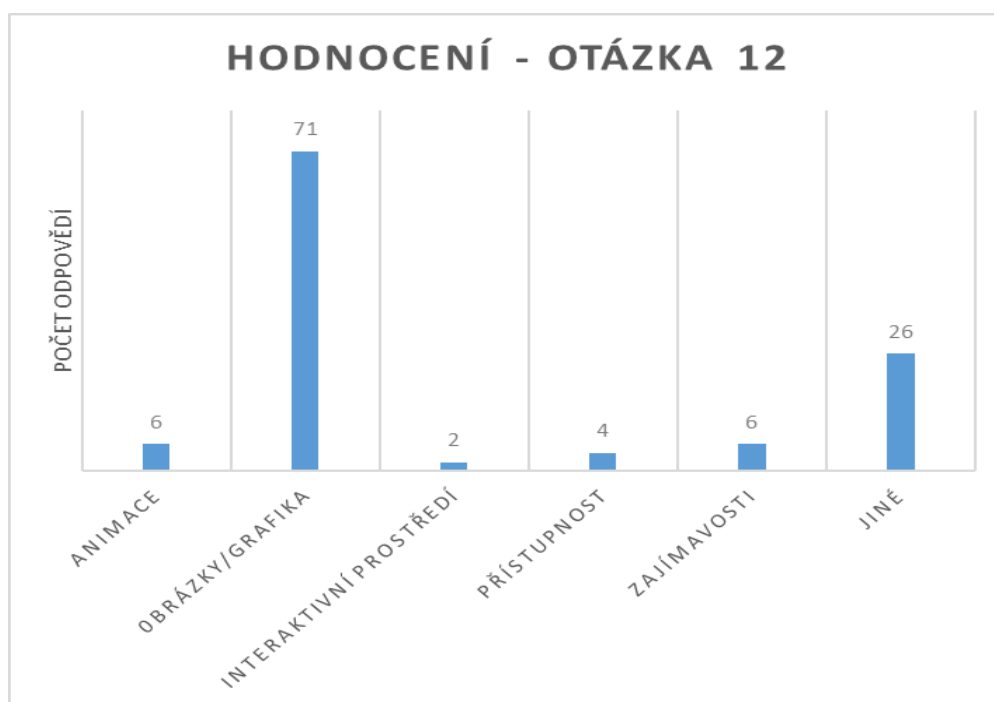
a 5 = vůbec se mi nelíbila. Ze získaných dat bylo zjištěno, že nejčastěji žáci volili stupeň 3 (medián = 3), aritmetický průměr činil 3,13.

#### 4.11.2 Vyhodnocení otázky č. 12

Další otázka byla otevřená a žáci v ní měli uvést, co se jim na digitální učebnici líbilo nejvíce. Jelikož žáci zmiňovali různé odpovědi, bylo vytvořeno 6 následujících kategorií (Obr.36):

- 1) Animace
- 2) Obrázky/grafika
- 3) Interaktivní prostředí
- 4) Přístupnost
- 5) Zajímavosti
- 6) Jiné

V kategorii „jiné“ byly zahrnuty například odpovědi typu: „všechno“, „nic“, „ryba“, „nepsali jsme tolik poznámek“, „měření fotosyntézy ve vodě“, „výklad“ a jiné.



Obr. 36 Histogram zobrazující kategorie žákovských odpovědí na otázku č. 12

Obr. 36 ukazuje, že naprosté většině žáků se nejvíce líbily obrázky a grafické zpracování učebnice. Odpovědělo tak celkem 71 žáků (47,3 %). Často zmíněné byly odpovědi typu: „hezké obrázky, kde je popsáno, jak všechno funguje“, „létací obrázky“, „klidně jich mohlo být více“. Další věci, co si žáci pochvalovali, byly animace. Ty se v posttestu objevily celkem 6x. Dva žáci také kladně ohodnotili interaktivní prostředí a 4 žákům se líbila přístupnost digitální učebnice, to znamená, že si ji mohli otevřít kdykoliv ve svém mobilním telefonu. Celkem 6x byla v získaných datech zaznamenána odpověď „zajímavosti“. Poslední vytvořenou kategorií byla kategorie „jiné“, kam bylo zařazeno dohromady 26 (17,3 %) žakovských odpovědí. Pro lepší představu šlo například o následující myšlenky:

- „nic“
- „všechno“
- „ryba“
- „nepsali jsme tolik poznámek“
- „měření fotosyntézy ve vodě“
- „výklad“
- „naučil jsem se nové věci“
- „barevnost“
- „sluneční energie“, „kyslík a oxid uhličitý ve vodě“

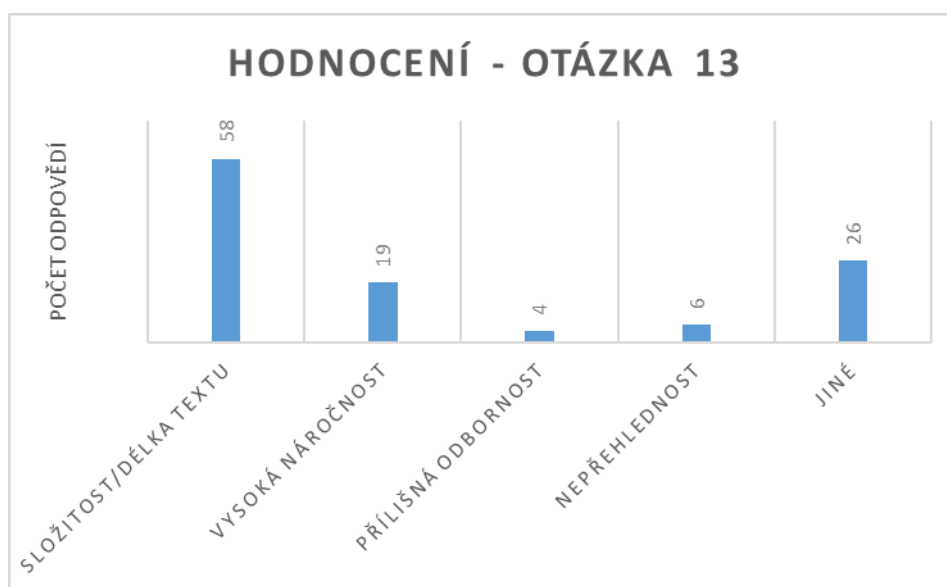
#### **4.11.3 Vyhodnocení otázky č. 13**

Otázka č. 13 se tentokrát týkala toho, co se žákům na interaktivní učebnici nelíbilo. Šlo opět o otevřenou otázku, kde byly odpovědi zařazeny do 5 níže uvedených kategorií:

- 1) Složitost/délka textu
- 2) Vysoká náročnost
- 3) Přílišná odbornost
- 4) Nepřehlednost
- 5) Jiné

Jak je patrné z níže uvedeného histogramu (Obr.37), nejvíce žáků v hodnocení kritizovalo text, a to jak jeho složitost, tak i délku. Vyjádřilo se takto celkem 58 žáků (38,7 %). Dále si 19 žáků (12,7 %) stěžovalo na vysokou náročnost celé digitální učebnice a 4 žáci (2,7 %) také poznamenali přílišnou odbornost. Slovo „nepřehlednost“ se v odpovědích objevilo celkem 6x. Kategorie „jiné“ zahrnovala opět rozmanité odpovědi, kterých bylo dohromady 26. Mezi ně patřily například reakce typu:

- „nic“
- „všechno“
- „nuda“
- „ne bavilo mě to“ nebo „tohle téma mě moc nezaujalo“



Obr. 37 Histogram zobrazující kategorie žakovských odpovědí na otázku č. 13

#### 4.11.4 Vyhodnocení otázky č. 14

Poslední otázka v posttestu, která byla zaměřená na hodnocení, zněla: „Chtěl/a by ses podobným způsobem učit častěji?“ Stejně jako u otázky č. 11, měli žáci k dispozici hodnotící stupnici (Likertovu škálu), na které měli zaškrtnout stupeň, který nejvíce vystihoval jejich názor. Princip hodnocení byl opět stejný jako klasifikace ve škole. Dle získaných dat, učebnice získala v průměru známku 3,71 a medián v hodnotě známky 4.

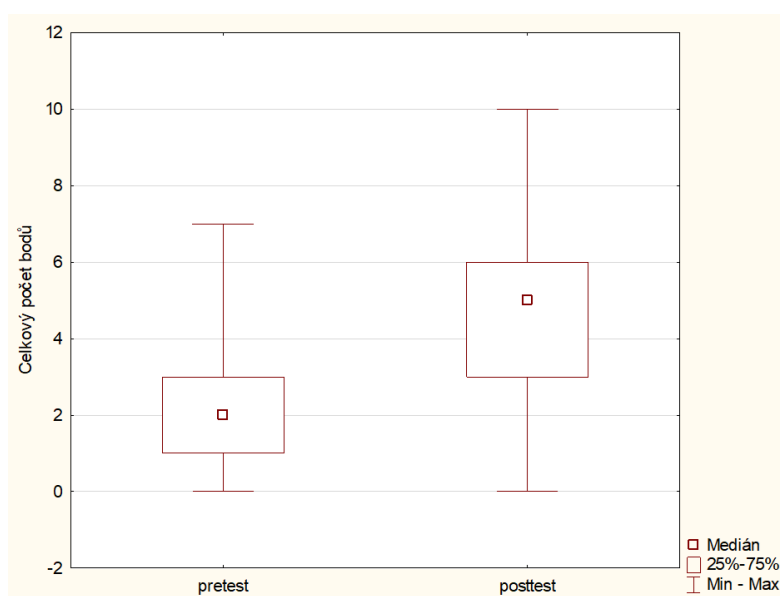


## 4.12 Celkové vyhodnocení

Vyhodnocení digitální učebnice probíhalo na základě pretestů a posttestů. Výzkum se uskutečnil celkem na dvou základních školách běžného typu a účastnilo se ho 150 žáků devátých tříd v Jihočeském kraji. Nejprve měli žáci za úkol vyplnit pretest, přičemž jeho hlavním cílem bylo zmapovat souhrnné znalosti žáků na téma fotosyntéza vodních rostlin. Důležité je zmínit, že žáci pretest vyplňovali bez jakékoli předchozí výuky. Poté byla žákům během jedné vyučovací hodiny představena nová digitální učebnice zaměřená právě na fotosyntézu. S učebnicí žáci mohli pracovat i doma ve svých mobilních telefonech či počítačích. Asi po týdnu žáci dostali k vyplnění posttest, kde se vyskytovaly stejné otázky jako v pretestu a navíc ještě 4 otázky určené k zhodnocení učebnice samotnými žáky. Dotazníkové šetření probíhalo anonymně, to znamená, že se žáci nemuseli nikam podepisovat a zveřejněné nejsou ani názvy škol a jména učitelů, se kterými byly uskutečněné polostrukturované rozhovory.

Výsledky jednotlivých otázek, které byly v pretestu i v posttestu, jsou uvedeny v grafech na předešlých stránkách. Konkrétně se jedná o obrázky 1-25. Grafy byly vytvořeny v programu Microsoft Excel na základě přepsaných žakovských výpovědí z pretestů a posttestů.

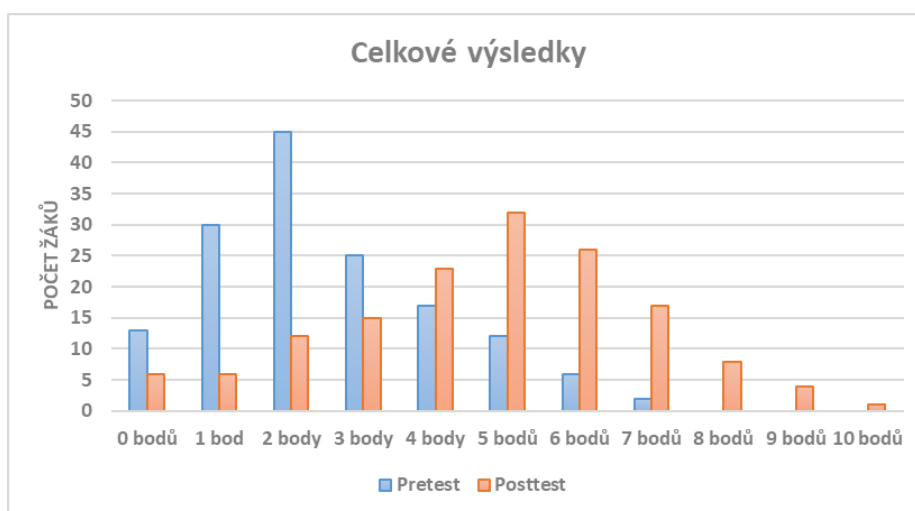
Maximální bodový zisk byl jak v pretestu, tak v posttestu, 14 bodů. To, jak se žákům dařilo získávat body, lze vidět na níže uvedeném krabicovém grafu na Obr. 38.



Obr. 38 Krabicový graf zobrazující celkový bodový zisk v pretestu a posttestu

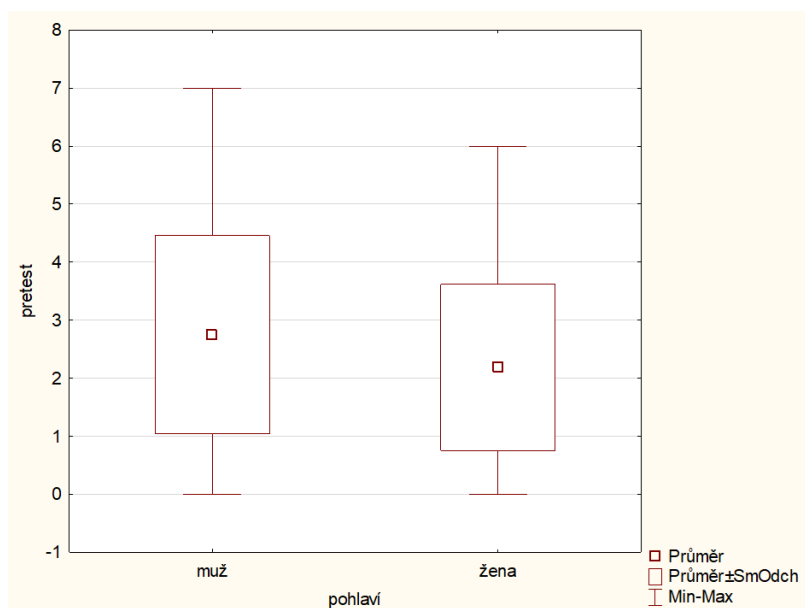
Krabicový graf ukazuje, že v pretestu 50 % respondentů dosahovalo takových výsledků, které se pohybovaly mezi 1 a 3 body. Jak si lze všimnout, v posttestu bylo skóre mnohem lepší, 50 % žáků totiž získávalo ohodnocení v rozmezí od 3 do 6 bodů. V pretestu byl průměr bodového hodnocení přesně 2,4 bodů. Medián činil 2, což znamená, že nejčastěji žáci dostávali 2 body. Nejvyšší počet bodů, který se v pretestu povedl někomu získat, byl 7. V posttestu žáci průměrně dosahovali 4,7 bodů a nejvíce se v hodnocení objevovalo 5 bodů (medián = 5). Nejlepší ohodnocení bylo v posttestu 10 bodů. Celkově se výsledky zlepšily o 16 % (tedy o 2,3 bodů).

Na obrázku č. 39 můžeme vidět histogram, který znázorňuje, jak byli žáci úspěšní v bodování v pretestech a posttestech. Nula bodů získalo v pretestu celkem 13 žáků, to znamená, že neodpověděli správně ani na jednu otázku. V posttestu se počet neúspěšných žáků snížil, bez žádného bodu bylo už jen 6 žáků. Zisk pouhého bodu se v pretestu povedl 30 žákům, v posttestu počet opět klesl, a to na 6 žáků. Z histogramu je patrné, že v pretestu získalo nejvíce žáků 2 body, konkrétní počet byl 45, tedy 30 %. V posttestu naopak dva body obdrželo jen 12 žáků. Ze 150 respondentů dostalo v pretestu 3 body celkem 25 žáků, v posttestu pak 15 žáků. Čtyři body získalo v pretestu 17 žáků, posttest ovšem vykazuje počet vyšší, a to 23 žáků. 5 bodů obdrželo v pretestu 12 respondentů, v posttestu pak počet narostl o 20 žáků. Pět bodů byl zároveň nejlepší dosažený výsledek v posttestech. Šest bodů v pretestech obdrželo dohromady 6 žáků a v posttestech 26 žáků. Maximální počet bodů, který byl v pretestech zjištěn, byl 7, což se podařilo pouze dvěma jedincům. Co se posttestu týče, nejlepšího výsledku dosáhl pouze jeden žák, jako jediný ze 150 obdržel 10 bodů.



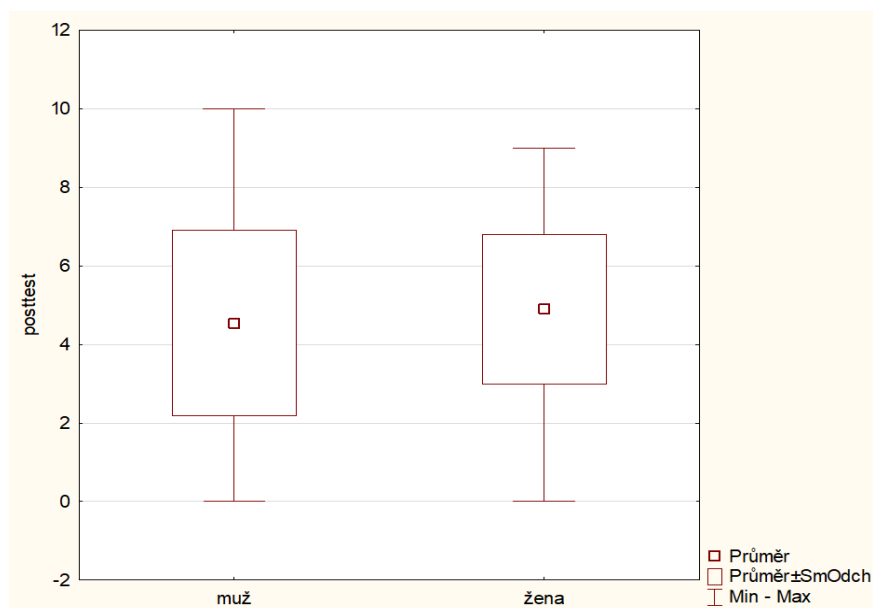
*Obr. 39 Histogram zobrazující bodové hodnocení v pretestech a posttestech*

Ověřování nové digitální učebnice se zúčastnilo 77 dívek a 73 chlapců. Při zpracovávání výsledků bylo vyhodnocováno, zdali byli v dotazníkovém šetření úspěšnější dívky nebo chlapci. Na obrázku č. 40 si lze prohlédnout krabicový graf, který znázorňuje rozdíl bodového hodnocení v pretestu. Chlapci si v tomto případě vedli lépe než dívky. V průměru dosahovali 2,8 bodů, kdežto dívky pouze 2,2 bodů. Nejvyšší počet bodů, který byl mezi chlapci v pretestu zjištěn, byl 7. Dívčím se podařilo získat nejvíce 6 bodů.



*Obr. 40 Krabicový graf znázorňující bodovou úspěšnost mezi chlapci a dívkami v pretestu*

Jak je vidět z grafu na Obr. 41, v posttestu podaly lepší výkon dívky. Rozdíl byl však minimální. V průměru dívky získaly 4,9 bodů, kdežto chlapci 4,7 bodů. Co se týče maximálního počtu bodů, vedli si lépe chlapci, u nich bylo zaznamenáno jako nejlepší hodnocení 10 bodů, u dívek o jeden bod méně, tedy 9 bodů.



Obr. 41 Krabicový graf znázorňující bodovou úspěšnost mezi chlapci a dívkami v posttestu

### 4.13 Výsledky polostrukturovaného rozhovoru s učiteli

V rámci výzkumu byly realizovány také polostrukturované rozhovory se třemi vyučujícími přírodopisu. Otázky byly předem připravené, avšak v rozhovoru bylo možné otázky dále rozvíjet či doplnit dalšími. Povinně muselo v rozhovoru zaznít 7 otázek (viz metodika práce).

Rozhovoru se zúčastnili celkem tři učitelé (2 ženy a 1 muž), kteří vyučují přírodopis na základních školách. Každý z nich měl odlišně dlouhou pedagogickou praxi. Nejstarší účastnicí rozhovoru byla učitelka, která má za sebou již 50 let ve školství. Druhou respondentkou byla učitelka s 15letou praxí. Poslední dotazovaný byl začínající učitel, jehož pedagogická praxe je zatím dva roky.

Na úvod každého rozhovoru, byla učitelům položena otázka, jak vnímají ve výuce téma fotosyntézy a nárůst digitálních technologií. Učitelé se shodli na tom, že fotosyntéza je u žáků spíše neoblíbená, těžko představitelná a ve většině případů se jim i špatně učí. U nejstarší respondentky byla zaznamenána i určitá antipatie vůči digitálním technologiím, v odpovědi totiž zmínila, že je bere spíše jako nepřátele než pomocníky.

První povinná otázka se týkala toho, zda si učitelé myslí, že by digitální učebnice mohla být přínosem pro jejich výuku. Všichni respondenti odpověděli, že by učebnici v hodinách nejspíš využili jen občas. Jako důvod uváděli přílišnou odbornost článků a zbytečné podrobnosti.

V druhé otázce bylo cílem zhodnotit kapitolu o fotosyntéze suchozemských rostlin. Tu učitelé ohodnotili celkem kladně, líbily se jim obrázky a animace a celkově jim tato kapitola přišla lepší a hravější než kapitola o fotosyntéze vodních rostlin. Opět ovšem zazněla kritika kvůli často užívaným odborným pojmům. V další otázce se hodnotila naopak kapitola o fotosyntéze vodních rostlin. Všichni tři učitelé ohodnotili tuto kapitolu velmi negativně. Kritizovali zejména výskyt různých vědeckých slov, čísel a veličin, které jsou pro žáky náročné a zbytečné.

Na kapitolu o ekologických souvislostech byl názor obdobný. Zazněla však také pozitivní myšlenka a to ta, že by tato kapitola byla vhodná pro zájemce biologie či starší žáky středních škol.

Animace a videa sklidily u učitelů asi největší úspěch. V rozhovorech zaznělo, že obrázky a animace byly barevné, poutavé a žáky většinou zaujaly. Video bylo okomentováno jako nezáživné a ve výuce využitelné pouze pro doplnění výuky či pro zajímavost.

Předposlední otázka byla zaměřená na to, jaká vylepšení pro učebnici by učitelé doporučili. V tomto případě vyučující navrhovali, aby učebnice obsahovala méně textu a odborných výrazů, které jsou pro žáky nesrozumitelné. Dále bylo také zmíněno, aby se tvorbou učebnic zabývali lidé, kteří pracují s dětmi i v reálu. Doporučeno bylo rovněž přidání interaktivních úkolů, na kterých by žáci sami pracovali a díky kterým by si látku lépe zapamatovali.

Poslední otázka zněla: „Jaké vidíte možnosti využití učebnice v praxi?“. Učitelé se shodovali na tom, že ve své praxi by učebnici nejspíš využili sporadicky. Vyučující by rovněž ocenili, kdyby byl k učebnici přidán nějaký manuál, pracovní list či úkoly pro žáky.

## 5 Diskuse

Diplomová práce je zaměřena na jedno z nejsložitějších témat z přírodopisu, a to fotosyntézu. Cílem bylo zjistit, jaké znalosti o daném tématu žáci mají a jaký vliv na ně mají moderní digitální technologie. Žákům byla představena nová elektronická učebnice s interaktivními prvky, která byla členěna na následující kapitoly:

- 1) Co je to biomasa a proč je v ní energie?
- 2) Sluneční energie
- 3) Průběh fotosyntézy
- 4) Fotosyntéza na souši
- 5) Fotosyntéza ve vodě
- 6) Biomasa v trvale udržitelné krajině
- 7) Praktické úlohy

Po jejím prostudování měli žáci za úkol v dotazníkovém šetření učebnici zhodnotit. K tomu měli k dispozici celkem 4 otázky, které byly obsaženy v posttestu. Na první otázku „Jak se ti líbila výuka o fotosyntéze pomocí interaktivní učebnice?“ žáci odpovídali pomocí Likertovy škály a aritmetický průměr činil 3,13. Hodnocení žáků představovalo normálové rozdělení, kdy téměř polovina z nich dala známku 3. Pouze deseti žákům se výuka pomocí digitální učebnice líbila natolik, že zaškrtili známku 1. Naopak 17 žákům se výuka vůbec nelíbila, a tudíž hodnotili učebnici známkou 5.

Na učebnici žáci nejvíce ocenili obrázky a grafiku. Rovněž se jim líbily animace, zajímavosti a interaktivní prostředí. Co naopak žáci na učebnici kritizovali, byla složitost a délka textů. Stěžovali si také na vysokou náročnost textu či jeho přílišnou odbornost. Na otázku, zda by se žáci chtěli podobným způsobem učit častěji, se vyjádřili negativně, o čemž svědčí medián jejich hodnocení (medián = 4). Znamená to tedy, že je učebnice příliš neoslovila. Může tento typ výuky napomoci zvýšit atraktivitu výukových hodin pro žáky? Tak zněla třetí výzkumná otázka. Z hlediska hodnocení žáků patrně ano, ale spíše po úpravách učebnice, aby nebyla pro žáky příliš složitá.

Největší problém dělala žákům otázka číslo 4, ve které se měli zamyslet nad tím, proč jsou rostliny označovány jako „producenti“. Drtivá většina žáků v pretestu odpověděla, že je to z důvodu produkce kyslíku. Toto zjištění koreluje se studií Čipkové a Karolčika (2017), kteří jako častý žakovský miskoncept uvádí, že rostliny fotosyntetizují, aby vyráběly kyslík. V posttestu se situace významně nezlepšila, neboť došlo spíše k utvrzení této mylné představy.

Žákům se rovněž velmi nedařilo v otázkách číslo 9 a 10, které se týkaly problematiky úhynu živých organismů v důsledku nadbytku živin ve vodním prostředí. Na rozdíl od předchozího případu, kde došlo k vytvoření špatné domněnky, zde žáci zcela nepochopili dané téma, jelikož na otázky ve většině případů vůbec neodpověděli. Důvod může být ten, že žáci na základní škole ještě nemají dostatečné mezioborové znalosti, především z chemie, díky kterým by si dali toto učivo do souvislostí. Odpověď na první výzkumnou otázku (Jaká je úroveň vědomostí u žáků devátých ročníků základních škol z tématu fotosyntézy vodních rostlin?) zní, že byly zjištěny velmi malé znalosti žáků jak obecně o fotosyntéze, tak především o fotosyntéze vodních rostlin.

Výrazně pozitivní vliv na žakovské znalosti měla digitální učebnice v prvních třech otázkách. V první otázce se podařilo díky učebnici vyvrátit domněnku, že biomasa souvisí s masem a živočichy. V posttestu již většinově správně uváděli, že se jedná o hmotu rostlinných těl. Dále došlo také k úbytku počtu chybějících odpovědí. Posttestové odpovědi ve druhé otázce prokazují, že se žákům díky učebnici podařilo objasnit zdroj energie skryté v biomase. Původně chybné odpovědi (z půdy, ze země či z vody) vystřídala tvrzení, kde žáci správně udávali, že energie pochází ze Slunce. Zajímavá situace nastala u třetí otázky týkající se látek vznikajících při fotosyntéze. Zatímco v pretestu dominovala správná odpověď „kyslík“, v posttestu došlo k pozitivnímu doplnění odpovědí o cukry, resp. sacharidy či glukózu. Ačkoliv už v pretestu udávali žáci částečně správnou odpověď, díky digitální učebnici ji ještě doplnili o zbylý fotosyntetický produkt. Proto lze odpovědět na druhou výzkumnou otázku kladně - výuka pomocí digitální učebnice vedla ke zlepšení žakovských znalostí a k částečnému odstranění miskonceptů.

Součástí této práce byly také rozhovory s učiteli, ve kterých byly zjišťovány jejich názory na výuku pomocí nové digitální učebnice. Všichni tři učitelé se shodli na tom, že by ji ve svých hodinách využili občas. Příčinou byla i žáky zmiňovaná přílišná náročnost

a odbornost textu se zbytečnými detaily. Co se ovšem respondentům líbilo, byly obrázky a animace. Ocenili zejména jejich barevnost a poutavost.

Ovšem diplomová práce byla zpracovávána v době, kdy se učebnice dotvářela, vyvíjela a transformovala. Nyní je již digitální učebnice vylepšená, texty upravené a je k dispozici právě i metodická příručka pro učitele.

Podobné testování v rámci stejného projektu prováděla Musilová (2023) ve své diplomové práci. Soustředila se na kapitolu v digitální učebnici se zaměřením na fotosyntézu suchozemských rostlin.

První otázka, která se zaměřovala na to, co je to rostlinná biomasa, přinesla velmi obdobné výsledky jako u Musilové (2023). Většině žákům učebnice pomohla a po jejím prostudování se rapidně zvýšil počet správných odpovědí. Shodné jsou i odpovědi na otázku, odkud pochází energie, která je ukryta v rostlinách a jakým způsobem se do nich dostává. V pretestu žáci chybně uváděli, že pochází z půdy. Takové odpovědi se objevovaly i ve výzkumu Mouchové (2022). V posttestu se výsledky opět zlepšily, kdy žáci správně odpovídali, že energie pochází ze slunce. Nicméně, že se do rostlin dostává pomocí fotosyntézy, už tolik žáků neuvádělo.

Co se týče látek vznikajících při fotosyntéze, žáci se obvykle mylně domnívali, že jediným produktem je kyslík. To stejné opět dokazuje i Musilová (2023). Velmi podobné je to i u další otázky, kdy se žáci zabývali tím, proč jsou rostliny označovány jako producenti. Drtivá část žáků odpovídala „protože produkují kyslík“ Nepatrný rozdíl je v tom, že u Musilové (2023) na otázku neodpověděl správně ani jeden žák, a to ani po využití digitální učebnice. V rámci testování této diplomové práce odpovědělo správně alespoň 5 žáků. U otázky týkající se výživy živočichů a rostlin pomohla učebnice 20 žákům, kteří odpověděli správně. Ve výsledcích Musilové (2023) byli v této otázce úspěšní pouze 4 žáci.

Velmi častá žákovská miskoncepce je, že rostliny během dne fotosyntetizují a v noci dýchají. Toto nesprávné pochopení se potvrdilo jak v této práci, tak i v práci Musilové (2023). V obou případech však učebnice prokázala významný vliv na zlepšení žákovských odpovědí. Tyto mylné představy o respiraci zmiňuje také Čípková a Karolčík (2017).



Testování ukázalo, že téma fotosyntézy vodních rostlin není pro žáky základních škol vůbec snadné. Úroveň jejich vědomostí z této oblasti je velice nízká. To dokazuje fakt, že většina žáků měla v pretestu problém odpovědět na otázky typu: „Jaké organismy tvoří vodní květ“? Jaký význam mají řasy v rybníce?“ atd. Důvodem těchto žákovských neznalostí může být to, že s nimi učitelé ve školách fotosyntézu vodních rostlin vůbec neprobírají. Stejně zjištění uvádí i Mouchová (2022), která navíc zmiňuje, že fotosyntéza vodních rostlin se nevyskytuje ani v učebnicích přírodopisu a chemie pro základní školy.

Z výsledků je patrné, že výuka pomocí digitální učebnice vede ke zlepšení žákovských znalostí. Ve většině otázek se totiž žáci po využití učebnice zlepšovali. Ovšem v otázkách, které se týkaly fotosyntézy vodních rostlin, učebnice neprokázala příliš pozitivní vliv. V některých případech se žáci po použití učebnice dokonce zhoršili.

Výuka, při které jsou využívány jakékoliv digitální technologie, má u dnešních žáků úspěch. Žáci většinou oceňují, že se nemusí učit klasickou formou, to znamená, že učitel vykládá látku a oni pouze zapisují poznámky. Na nové digitální učebnici žáci chválili zejména poutavé obrázky, animace a interaktivní prostředí. Zároveň však žáky odrazovaly dlouhé a příliš vědecké texty.

## 6 Závěr

Fotosyntéza je komplexní biochemický pochod, který k pochopení vyžaduje komplex znalostí z mnoha vědeckých disciplín. Nicméně vzhledem k důležitosti tohoto procesu je nutné žáky základních škol s tímto tématem seznámit. Za účelem přiblížení byla zhotovena digitální učebnice s interaktivními prvky, která byla předložena skupině 150 žáků devátých ročníků. Respondenti odpovídali na 10 otázek nejprve bez předchozí interakce a následně po výuce s digitální učebnicí. Zaznamenány byly také názory žáků i vyučujících na práci s učebnicí.

Ačkoliv měla digitální učebnice celkově pozitivní vliv na množství a kvalitu znalostí žáků, v některých případech byl efekt zlepšení velmi nízký až zanedbatelný. V jednom případě dokonce došlo k utvrzení většiny žáků v mylné domněnce. Avšak v jiných případech se ukázala učebnice jako efektivní pomocník v pochopení základních konceptů tématu fotosyntézy.

Mnozí žáci si v průzkumníku stěžovali na vysokou náročnost a délku textu či přílišnou odbornost. Naopak chválili podnětné obrázky a animace, zajímavosti, interaktivní prostředí či přístupnost digitální učebnice. V podobném duchu se k digitální učebnici vyjadřovali i samotní učitelé. Ve svých odpovědích doporučili tvůrcům konzultaci a vzájemnou korekci obsahu učebnice s pedagogy, tak aby byla výsledná digitální učebnice přínosná pro žáky základních škol.

Celkově průzkum ukázal, že digitální technologie mají potenciál doplnit hodiny přírodopisu o poutavé grafické prvky, které pomůžou žákům zpřístupnit zajímavou formou složité a náročné téma jako je fotosyntéza. Při optimálním nastavení složitosti a odbornosti textu se tak může jednat o užitečný nástroj pro žáky i vyučující.

## 7 Seznam použité literatury a zdrojů

ADAMOVÁ, I., RŮŽENECKÁ, M., STAŇKOVÁ, J., TESAŘOVÁ, M., TOMEŠKOVÁ, L., & VÝLETOVÁ, P. (2008). Rybník Olšovec, voda a znečištění. Dostupné z: <https://www.gvid.cz/wpcontent/uploads/2012/07/6f-projekt-olsovec-rybnik.pdf>

ATIK, Y. (2007). Fotosentez konusu için rehber materyal geliütirilmesi. Gazi Üniversitesi, Eitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

BADENHORST, E., MAMEDE, S., HARTMAN, N., SCHMIDT, H. (2014). Exploring lecturers' views of first-year health science students' misconceptions in biomedical domains. *Advances in Health Sciences Education*, 20(2), 403-420. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10459-014-9535-3>

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. Dostupné z: <https://doi.org/10.1187/cbe.12-06-0074>

ČIPKOVÁ, E., KAROLČIK, Š. (2017). Korekcia miskoncepcií žiakov o fotosyntéze a dýchání rastlín prostredníctvom bádateľsky orientovaného vyučovania. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislavě, Přírodovědecká fakulta: Biologie, chemie, zeměpis, 24-34.

DOVE, J. (1998). Students' alternative conceptions in earth science: a review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education*, 13, 183-201. DOI: <https://doi.org/10.1080/0267152980130205>.

HALL, D., RAO, K. (1999). *Fotosyntéza*. Cambridge University Press

HELD, E., ŽOLDOŠOVÁ, K., OROLÍNOVÁ, M., JURICOVÁ, I., KOTULÁKOVÁ, K. (2011). Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania. IBSE v slovenskom kontexte. Bratislava: Vydavateľstvo TYPI Universitatis Tyrnaviensis

HILL, R. (1972). Photosynthesis, two centuries after its discovery by Joseph Priestley, ISBN: 978-94-010-2937-7

HOFFMANNOVÁ, T. (2023). Fotosyntéza – co je to a proč je tak důležitá? Herbalus. Dostupné z: <https://www.herbalus.cz/blog/9187303-fotosynteza-co-je-to-a-proc-je-tak-dulezita>

HOLEC, J. (2020). Chytré aplikace k poznávání přírody kolem nás. Metodický portál: Články [online]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/22444/CHYTRE-APLIKACE-K-POZNAVANI-PRIRODY-KOLEM-NAS.html>>. ISSN 1802-4785.

HOLEC, J. (2020). Možnosti uplatnění digitálních technologií ve výuce přírodopisu. Metodický portál: Články [online]. Dostupný z <https://clanky.rvp.cz/clanek/22430/MOZNOSTI-UPLATNENI-DIGITALNICH-TECHNOLOGII-VE-VYUCE-PRIRODOPISU.html>>. ISSN 1802-4785.

JANČAŘÍKOVÁ, K., JANČAŘÍK, A. (2022). How to Teach Photosynthesis? A Review of Academic Research. Sustainability, 14.20: 13529.

KELEŞ, E., KEFELI, P. (2010). Determination of student misconceptions in „photosynthesis and respiration“ unit and correcting them with the help of cai material. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 3111-3118.

KLUBAL, L. (2024) Možnosti rozvoje digitální gramotnosti v oboru Přírodopis. Online. Podpora rozvoje digitální gramotnosti. Dostupné z: [https://digigram.cz/rozvoj-digitalni-gramotnosti\\_prirodopis/](https://digigram.cz/rozvoj-digitalni-gramotnosti_prirodopis/).

KODÍČEK, M., VALENTOVÁ, O., HYNEK, R. (2018). Biochemie – chemický pohled na biologický svět. VŠCHT Praha.

KUBÁT, K. (2003). Botanika. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství. ISBN 80-7183-266-9.

LAMBERS, H., BASSHAM, ALAN, J. (2022). Fotosyntéza. Encyklopedie Britannica. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/photosynthesis>

LUTGENS, F. K., TARBUCK, E. J. (2013). The Atmosphere: An Introduction to Meteorology. 12th ed. Pearson Education, Inc, USA, 533 pp.

MÉTIOUI A., MATOUSSI F., TRUDEL L. (2016). The Teaching of Photosynthesis in Secondary School: A History of the Science Approach, *Journal of Biological Education*, 50:3, 275-289, DOI: 10.1080/00219266.2015.1085

MOUCHOVÁ, N. (2022) Testování žákovských znalostí fotosyntézy vodních rostlin.

MUSILOVÁ, Z. (2023) Výuka fotosyntézy pomocí digitálních technologií.

ÖZAY, E., ÖZTAÚ, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosyn and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68-70.

PROCHÁZKA, S. (1998). Fyziologie rostlin. Praha: Academia. ISBN 80-200-0586-2. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. (2023). Praha: MŠMT. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaciprogramy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>

PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I. (1998). Fyziologie rostlin. Praha: Academia.

ROKOS, L., POKORNÁ, V., PETR, J. (2021). Kritická místa v obsahových okruzích zaměřených na učení o přírodě / Critical issues in content areas focused on learning about nature.

RYPLOVÁ, R. (2014). Fyziologie rostlin: Skriptum pro studující Učitelství přírodopisu pro 2. stupeň ZŠ. České Budějovice: 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*

RYPLOVÁ, R., POKORNÝ, J. a BORKOVCOVÁ, M. (2023) *Biomasa v trvale udržitelné krajině – výuka fotosyntézy ve vodě a na souši k poznání úlohy rostlin v krajině pro základní školy*. České Budějovice. ISBN 978-80-7694-054-3.

SANDERS, M. (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. *Journal of research in science teaching*, 30(8),919-934. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/tea.3660300809>

ŠIMŠEK, P., & KABAPINAR, F. (2010). The effects of inquiry-based learning on elementary students' conceptual understanding of matter, scientific process skills and science attitudes. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2),1190-1194. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.170>

SKELLY, K. M. (1993). The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in science and Mathematics

TAMELOVÁ, B. (2023) *Sinice tvořící vodní květ a jeho vliv na ekosystém*.

TEKKAYA, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*, 23, 259-266

TEKKAYA, C., BALCÕ, S. (2003). Determined Students' Misconceptions Photosynthesis and Respiration. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*, 24, 101–107.

TEPLÁ, M. (2023). *Animace a jejich využití při výuce tématu fotosyntéza*.

VÁGNEROVÁ, P., BENEDIKTOVÁ, L., KOUT, J. (2019). Kritická místa ve výuce přírodopisu – jejich identifikace a příčiny. *Arnica*9,1,39–50. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366.

VÍTÁMVÁS, P. (2020). Fotosyntéza a prostředí. Dostupné z: [https://www.novabotanika.eu/Vitamvas\\_NB2020\\_2.pdf](https://www.novabotanika.eu/Vitamvas_NB2020_2.pdf). [cit. 2024-03-13].

VOTRUBOVÁ, O. (2010). Anatomie rostlin. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1867-8.

YANGIN, S., SIDEKLI, S., & GOKBULUT, Y. (2014). Prospective teachers' misconceptions about classification of plants and changes in their misconceptions during pre-service education. *Journal of Baltic Science Education*, 13(1).

ZÁVODSKÁ, R. (2006). Biologie buněk: základy cytologie, bakteriologie, virologie. Biologie pro gymnázia. Praha: Scientia. ISBN 80-86960-15-3.

## 8 Přílohy

### Seznam příloh:

**Příloha 1:** Pretest aplikovaný před výukou s digitální učebnicí

**Příloha 2:** Posttest aplikovaný po výuce s digitální učebnicí



Příloha 1 (pretest aplikovaný před výukou s digitální učebnicí)

## Dotazník k testování digitální učebnice fotosyntézy

Pohlaví:  chlapec  dívka

Věk: .....let

---

1. Co je to rostlinná biomasa?

2. Odkud pochází energie, která je v biomase skryta, a jakým způsobem se do rostlin dostává?

3. Jaké látky vznikají při fotosyntéze?

.....  
.....

4. Proč jsou rostliny označovány jako „producenti“?

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

Živočiškové získávají organické látky ke svému růstu z

.....

Rostliny získávají organické látky ke svému růstu z

.....

6. Dýchají rostliny během celého dne nebo jen v určitých obdobích dne? (uvažuj den jako 24 hodin)

.....

7. V létě se na mnoha vodních nádržích vytváří tzv. vodní květ. Zodpovězte tyto otázky: a) Jaké organismy tvoří vodní květ?

**b) Proč vzniká vodní květ?**

Odpověď:

a) Vodní květ

tvoří.....

b) Proč vzniká vodní květ?

.....  
.....

**8. Jaký význam mají řasy v rybníce?**

.....  
.....

**9. Jak to, že ve vodě s nadbytkem živin mohou v létě některé vodní rostliny hynout hladem?**

.....  
.....

**10. Proč ve vodě s nadbytkem živin mohou někdy v létě ryby hynout kvůli nedostatku kyslíku?**

.....  
.....

Příloha 2 (posttest aplikovaný po výuce s digitální učebnicí)

## Dotazník k testování digitální učebnice fotosyntézy

Pohlaví:  chlapec  dívka

Věk: .....let

---

1. Co je to rostlinná biomasa?

2. Odkud pochází energie, která je v biomase skryta, a jakým způsobem se do rostlin dostává?

3. Jaké látky vznikají při fotosyntéze?

.....  
.....

4. Proč jsou rostliny označovány jako „producenti“?

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

Živočichové získávají organické látky ke svému růstu z

.....

Rostliny získávají organické látky ke svému růstu z

.....

6. Dýchají rostliny během celého dne nebo jen v určitých obdobích dne? (uvažuj den jako 24 hodin)

.....

7. V létě se na mnoha vodních nádržích vytváří tzv. vodní květ. Zodpovězte tyto otázky: a) Jaké organismy tvoří vodní květ?  
b) Proč vzniká vodní květ?

Odpověď:

a) Vodní květ

tvoří.....

b) Proč vzniká vodní květ?

.....  
.....  
.....

8. Jaký význam mají řasy v rybníce?

.....  
.....

9. Jak to, že ve vodě s nadbytkem živin mohou v létě některé vodní rostliny hynout hladem?

.....  
.....

10. Proč ve vodě s nadbytkem živin mohou někdy v létě ryby hynout kvůli nedostatku kyslíku?

.....  
.....

11. Jak se ti líbila výuka o fotosyntéze pomocí interaktivní učebnice?

zaškrtni stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje Tvůj názor (známkuj jako ve škole, 1= velmi se mi líbila, 5= vůbec se mi nelíbila)

Velmi se mi líbila	1	2	3	4	5	Vůbec se mi nelíbila
--------------------	---	---	---	---	---	----------------------

12. Co se ti líbilo nejvíce?

.....

13. Co se ti nelíbilo?

.....

14. Chtěl/a by ses podobným způsobem učit častěji?

zaškrtni stupeň na stupnici, který nejlépe vyjadřuje Tvůj názor (známkuj jako ve škole,  
1=Ano častěji, 5= Vůbec ne)

Určitě ano	1	2	3	4	5	Vůbec ne
------------	---	---	---	---	---	----------

---