



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

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

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra biologie

Bakalářská práce

Postoje a znalosti studentů učitelství přírodopisu a učitelů z praxe  
k tématu role vegetace v životním prostředí člověka v období  
globální klimatické změny

The attitudes and knowledge of pre- and in-service teachers on the topic of  
plant role in human environment under the global climate change

Vypracovala: Kristýna Ševčíková

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.

České Budějovice 2021

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 bakalářské 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 výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 9. 7. 2021

.....  
Kristýna Ševčíková

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat především paní RNDr. Renatě Ryplové, Ph.D. za vedení této bakalářské práce, její cenné rady, a hlavně za její neochvějnou trpělivost a ochotu.

Poděkování patří také respondentům, kteří ochotně vyplnili dotazník, který byl součástí této práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou role vegetace v životním prostředí člověka v období globální klimatické změny. Cílem této práce je zjistit úroveň znalostí učitelů a studentů učitelství přírodopisu společně s jejich názory na výuku tohoto tématu v praxi na základní škole i v mimoškolním vzdělávání.

V literárním úvodu je nastíněna problematika vzájemných interakcí mezi vegetací a atmosférou společně se zakotvením tohoto tématu v Rámcově vzdělávacím programu. V praktické části této práce jsou okomentovány výsledky dotazníku zhotoveného pro studenty učitelství přírodopisu a výsledky dotazníku určeného pro učitele přírodopisu. Na základě výsledků dotazníkového šetření byla pro jedno ze zjištěných problémových míst navržena výuková jednotka použitelná v mimoškolní výchově na úrovni základní školy.

Klíčová slova: fotosyntéza, respirace, uhlíkový propad, transpirace, sluneční záření, znečištění atmosféry, sonda

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the issue of mutual interactions between vegetation cover and the atmosphere in the period of global climate change. The aim of this work is to determine the level of knowledge of teachers and students of science teaching together with their views on the teaching of this topic in practice at primary school and in out-of-school education.

The literary introduction outlines the issue of mutual interactions between vegetation and atmosphere, together with the anchoring of this topic in the framework educational program. The practical part of this work comments on the results of a questionnaire for students of science teaching and the results of a questionnaire designed for science teachers. Based on the results of this survey among students and teachers, a teaching unit was designed for use in out-of-school education at the primary school level.

Key words: photosynthesis, respiration, carbon sink, transpiration, solar radiation, atmospheric pollution, survey

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Literární přehled - teoretická část.....	3
2.1	Význam vegetace v krajině .....	3
2.2	Rostliny a cyklus uhlíku .....	3
2.2.1	Biologický cyklus uhlíku .....	3
2.2.2	Respirace .....	4
2.2.3	Role lesního ekosystému v globálním cyklu uhlíku .....	5
2.2.4	Vliv zvýšené koncentrace CO <sub>2</sub> na fyziologické procesy rostlin.....	6
2.3	Rostliny ve vztahu k vodnímu cyklu .....	8
2.3.1	Transpirace .....	8
2.3.2	Distribuce slunečního záření .....	9
2.4	Rostlinný výdej těkavých látek do atmosféry .....	11
2.4.1	Isopren .....	11
2.5	Znečištění atmosféry a její vliv na vegetaci .....	12
2.5.1	Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> ) .....	12
2.5.2	Ozón (O <sub>3</sub> ) .....	12
2.5.3	Oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ).....	13
2.5.4	Těžké kovy .....	13
2.5.5	Prachové částice .....	14
2.6	Začlenění tématu role vegetace v životním prostředí do RVP .....	15
2.6.1	Průřezové téma Enviromentální výchova.....	15
2.6.2	Vzdělávací oblast Člověk a příroda.....	16
2.6.3	Souvislosti se vzdělávacími obory .....	16
3	Metodika - praktická část .....	18
3.1	Dotazníkové šetření .....	18

3.1.1	Údaje o respondentech .....	19
3.2	Návrh výukového programu .....	20
4	Výsledky.....	22
4.1	Studenti učitelství přírodopisu.....	22
4.2	Učitelé přírodopisu s odbornou praxí.....	28
5	Diskuze .....	34
6	Závěr.....	39
7	Použité zdroje.....	40
8	Seznam obrázků .....	45
9	Seznam tabulek .....	46
10	Přílohy.....	47
10.1	Seznam příloh .....	47

# 1 Úvod

V dnešní době je globální oteplování a s ním spojené klimatické změny velice diskutovaným tématem, nicméně velice často opomíjíme roli vegetace v životním prostředí člověka. Pochopení zákonitostí interakcí mezi vegetací a atmosférou nám může napomoci k porozumění nastávajících klimatických změn, a proto bychom neměli toto téma ve výuce opomíjet.

Teoretická část práce je zaměřená především na objasnění interakcí mezi vegetací a atmosférou, a jakým způsobem tyto interakce ovlivňují rostliny i životní prostředí člověka.

Vegetace je v životním prostředí člověka nesmírně důležitá. Nejenom že využíváme různé plodiny jako zdroj potravy, vegetační kryt plní mnohem důležitější funkce. Rostliny jsou hlavní hybnou silou biologického cyklu uhlíku (Moldan, 1983). Pomocí procesu fotosyntézy asimilují atmosférický oxid uhličitý a jeho energii chemických vazeb využívají na produkci biomasy. Tedy můžeme říci, že fotosyntéza zajišťuje první vstup energie do celého ekosystému. Pomocí respirace je oxid uhličitý opět navrácen do atmosféry, odkud ho mohou rostliny opět zpětně vázat (Pavlová, 2005). Další opomíjenou funkcí vegetace je distribuce slunečního záření a udržení toku vody krajinou. V důsledku odlesňování a odvodňování dochází ke zvyšování teploty daných oblastí. Tento fakt by nás měl vést k přesvědčení, že vegetační kryt napomáhá k vyrovnávání teplotních rozdílů. Přeměna dopadajícího slunečního záření je jiná u povrchu, který není dobře zásobený vodou než u vegetačního povrchu bez vodního deficitu. Pokud je rostlina dobře zásobena vodou, energii slunečního záření využije na evapotranspiraci (výdej vody půdou a rostlinou), a tím ochladí svůj povrch i své okolí. U rostlin s vodním deficitem dochází k potlačování transpirace, aby zabránili dalším ztrátám vody, a proto je dopadající sluneční energie přeměněna na zjevné teplo. Rostliny jsou tedy nejlepším klimatizačním zařízením Země (Pokorný, 2011). Měli bychom se taktéž pozastavit nad stromy vyprodukovanými terpeny. Terpeny mají široké využití pro člověka. Vykazují se unikátními terapeutickými účinky a pozitivním vlivem na zdraví člověka. Avšak pokud se tyto terpeny smísí s oxidy dusíku vyprodukovanými antropogenní činností, dojde ke vzniku troposférického ozónu, který je toxický (Večeřa, 2001).



V praktické části byla provedena sonda mezi studenty učitelství přírodopisu a učiteli s odbornou praxí. Cílem této sondy bylo zjistit, jakými znalostmi a postoji ohledně tohoto tématu disponují a jestli se tomuto tématu ve školství věnujeme dostatečně. Na základě zjištěných výsledků sondy byla navržena výuková jednotka, která by měla studentům na základních školách a v mimoškolním zájmovém útvaru tuto problematiku značně přiblížit.

## 2 Literární přehled - teoretická část

### 2.1 Význam vegetace v krajině

Zeleň v krajině přispívá k uchování její stability, vede k jejímu zdravému vývoji a v neposlední řadě má i funkci estetickou, která působí blahodárně na lidskou psychiku. Jednou z důležitých funkcí vegetace v krajině je ochrana půdního fondu proti větrné a vodní erozi (Ziegler, 2003).

Země bez stromovitých, keřovitých a bylinných formací je neobyvatelná. V tomto případě bude docházet k erozi půdy 100 až 10 000krát častěji než u půdy, která je pokryta těmito formacemi. Další zásadní již zmíněnou funkcí je ochrana proti větrné erozi. Rostliny snižují rychlost větru, omezují vysoušení půdy a zachycují drobné půdní částice. Ukazuje se, že důležitou funkcí zeleně je taktéž utváření mikroklimatu dané oblasti pomocí procesu zvaném transpirace, který se uplatňuje v malém koloběhu vody, tudíž jinými slovy můžeme říci, že rostliny napomáhají toku vody krajinou (Kovář, 2003).

Vegetační kryt Země se taktéž výrazně podílí na toku uhlíku v přírodě, tedy na toku energie mezi trofickými úrovněmi ekosystému (Pavlová, 2005).

### 2.2 Rostliny a cyklus uhlíku

Uhlík je základním prvkem pro živé organismy. Ze vzduchu jej získávají autotrofní organismy, naproti tomu heterotrofní organismy jej čerpají z biomasy. Cyklus uhlíku můžeme rozdělit do tří typů. Prvním typem je cyklus organických zbytků. Oxid uhličitý, který je obsažen v biomase se váže do různých typů sedimentů. Když tyto sedimenty zvětrávají, znovu uvolňují uhlík do ovzduší. Druhým typem je cyklus karbonátový, který je spojen se sedimentací uhlíku v oceánech. Třetí a nejpodstatnější typ je cyklus biologický, dán především fotosyntézou a dýcháním rostlin (Moldan, 1983).

#### 2.2.1 Biologický cyklus uhlíku

##### 2.2.1.1 Fotosyntéza

Fotosyntéza je pro celkovou energetickou bilanci Země nesmírně důležitá, jelikož je prvním krokem pro vazbu energie do ekosystému (Pavlová, 2005).

Proces fotosyntézy sestává z dílčích částí. Primární děje fotosyntézy jsou vázány na dopad fotosynteticky aktivního záření (o vlnových délkách 380–760 nm) na zelenou část rostliny, která obsahuje fotosyntetické pigmenty. Tyto pigmenty (nejvíce se uplatňují chlorofyly) vážou sluneční energii do energeticky bohatých chemických vazeb (NADPH a ATP) se simultánně probíhajícím rozkladem vody a vznikem kyslíku, jakožto odpadního produktu. Získaná energie z primárních dějů se uplatňuje v temnostní fázi fotosyntézy, která již není vázána na světlo. V této fázi dochází k fixaci oxidu uhličitého, který se do rostliny dostává na základě difúzních jevů přes průduchy. Poté je zabudován karboxylačními procesy a jeho energie je následně využita pro syntézu sacharidů. (Larcher, 1988).

#### **2.2.1.2 C3, C4 a CAM rostliny**

Proces fotosyntézy neprobíhá u všech rostlin stejně. Při karboxylaci (vazbě) oxidu uhličitého u rostlin C3 vzniká primární stabilní produkt se třemi atomy uhlíku. Tento průběh fotosyntézy je celosvětově nejrozšířenější, avšak nejnáchylnější. Aby oxid uhličitý proudil do rostliny, musí být průduchy otevřené. Pokud tato rostlina trpí vodním deficitem, průduchy se přivírají, aby nedošlo ke ztrátám vody za cenu toho, že dojde ke snížení proudění CO<sub>2</sub> do asimilačních pletiv. U typu fotosyntézy C4 rostlin vzniká čtyřuhlíkatý produkt, který je transportován do specializovaných buněk v cévnatých svazcích. Teprve zde je zpracován. Z toho vyplývá, že fotosyntéza může probíhat i když má rostlina přivřené průduchy. Poslední typ průběhu fotosyntézy se nachází u CAM rostlin. Jímání CO<sub>2</sub> u těchto rostlin probíhá v noci, kdy je potenciální ztráta vody nízká. V tomto případě taktéž vznikají čtyřuhlíkaté sloučeniny, jako to bylo u předchozího typu. Zásadním rozdílem je, že tyto sloučeniny se ukládají v buněčných vakuolách a slouží jako zásobník pro fotosyntézu ve dne, kdy už jsou průduchy zavřené (Šarapatka et al., 2010).

#### **2.2.2 Respirace**

V procesech fotosyntézy a asimilace CO<sub>2</sub> vznikají sacharidy, které jsou základním zdrojem energie nejenom pro rostliny, ale taktéž pro heterotrofní organismy. Energie uložená v těchto sacharidech je řízeně uvolňována. Respirace zahrnuje procesy glykolýzy, Krebsova cyklu a transport elektronu v dýchacím řetězci. V těchto procesech se získává redukční síla NADH (nikotinamidadeninukleotidu), energie ve formě ATP (adenozintrifosfátu) a další substráty pro syntézu metabolitů. Za normálních podmínek se

respirace u rostlin projevuje jako spotřeba O<sub>2</sub>, uvolňováním CO<sub>2</sub> a vznikem H<sub>2</sub>O (Pavlová, 2005).

S přeměnou energie sacharidů je spojeno růstové dýchání. Tímto dýcháním rozloží rostlina během jednoho dne přibližně 25 % vzniklých fotosyntetických asimilátů. Z 1 g fixovaného CO<sub>2</sub> se vytvoří ± 0,49 g sušiny. Dalším typem je udržovací dýchání. Toto dýchání poskytuje energii a redukční ekvivalenty pro udržení živých struktur. Na udržovací dýchání rostlina spotřebuje za 1 den přibližně 1–3 % své sušiny (Rozsypal, 2003).

### 2.2.3 Role lesního ekosystému v globálním cyklu uhlíku

Lesy hrají v cyklu uhlíku významnou roli, právě díky jejich schopnostem vázat CO<sub>2</sub> z atmosféry a ukládat ho ve své biomase a půdě, a tím se stávají přírodním rezervoárem uhlíku. Tento jev je označován jako propad uhlíku (Pan, et. al, 2010).

Předpokládá se, že za poslední tři desetiletí došlo k 20 % propadu emitovaného CO<sub>2</sub> v atmosféře pomocí suchozemské biosféry. Největší zásluhy patří právě lesům (Le Quéré et al., 2018). Ve světových lesních porostech je uloženo 381 T 66 Pg asimilovaného uhlíku. Z toho je 383 T 30 Pg obsaženo v půdě, 367 T 28 Pg v živé biomase (nadzemní i podzemní části), 73 T 6 Pg v mrtvém dřevě a 43 T 3 Pg v odpadu stromů, jako jsou opadané listy, malé větve a podobně (Pan et al., 2010).<sup>1</sup>

Hodnoty globálního propadu uhlíku se liší podle lesního ekotypu. Boreální lesy pohlcují uhlík výrazně pomaleji, jelikož jejich růst je ovlivněn nižšími teplotami a menším množstvím dopadajícího slunečního záření. Tropické lesy vážou obrovské množství uhlíku, nicméně jejich masivním odlesňováním dochází ke zpětné emisi uhlíku do atmosféry. Temperátní lesy zaujímají nejmenší rozlohu, avšak jejich uhlíkový propad je větší než u lesů boreálních (Jackson et al., 2008).

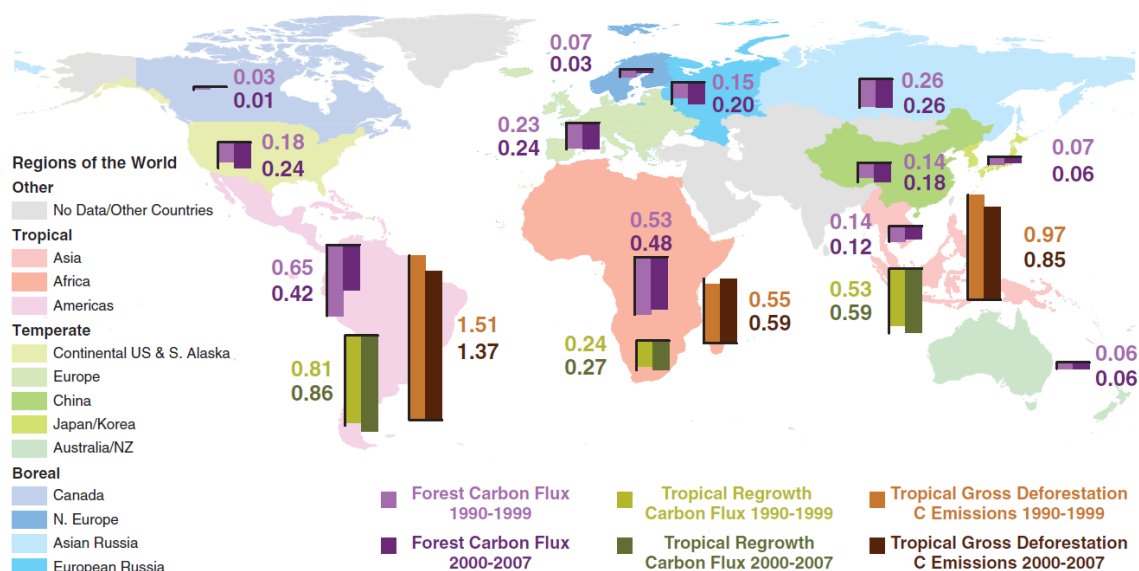
Na obrázku č. 1 můžeme vidět srovnání hodnot uhlíkových propadů (Pg) výše zmíněných lesních ekotypů v různých obdobích. U boreálních lesů jsou hodnoty menší než u tropických lesů. To potvrzuje tvrzení Jacksona et al. (2008), že ukládání uhlíku v těchto lesních porostech probíhá výrazně pomaleji. V případě tropických lesů jsou zde zahrnuty i

---

<sup>1</sup> Pg = Hmotnostní jednotka PETAGRAM (10<sup>15</sup> gramu), hodnota asimilovaného uhlíku

T = Tera, v tomto případě (10<sup>12</sup> gramu)

hodnoty zpětného růstu spolu se zpětnými emisemi CO<sub>2</sub> do atmosféry způsobené odlesňováním. Kdybychom sečetli hodnoty uhlíkového propadu a zpětného růstu, došli bychom k závěru, že ačkoliv dochází k odlesňování (a tím se tyto lesy stávají zdrojem emise CO<sub>2</sub>), uhlíkový propad stále převažuje (Pan et al., 2010).



**Obr. 1. Uhlíkový propad v různých lesních ekotypech.** Barevné pruhy směřující dolů představují uhlíkové propady, zatímco pruhy směřující nahoru představují emise uhlíku, které jsou zpětně vráceny do atmosféry, v důsledku odlesňování. Uvedeno v jednotkách Pg (Pan et al., 2010).

## 2.2.4 Vliv zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> na fyziologické procesy rostlin

### 2.2.4.1 Rychlost fotosyntézy

Na zvyšující se koncentraci CO<sub>2</sub> reagují rostliny zvýšením rychlosti fotosyntézy. Avšak tento vliv je patrný hlavně u C<sub>3</sub> rostlin. C<sub>4</sub> rostliny jsou při současné koncentraci oxidu uhličitého téměř zcela saturovány, a proto v průběhu jejich fotosyntézy nedochází k významnému zrychlení. U rostlin C<sub>3</sub> dochází k saturaci až při 1000ppm (současný stav je přibližně okolo 340-400 ppm), to znamená, že jejich fotosyntéza není plně saturována oxidem uhličitým (Körner, 2006). U C<sub>3</sub> rostlin dochází ke zrychlení fotosyntézy přibližně o 20-40 % při zdvojnásobení koncentrace CO<sub>2</sub> oproti současnému stavu (Sulzmann, 2000).

Bader et al. (2010) provedli šetření, ve kterém zkoumali rychlost fotosyntézy listnatých stromů při zvýšení koncentrace oxidu uhličitého na 550ppm. Tyto stromy vykazovaly nárůst rychlosti fotosyntézy až o 48 % oproti kontrolním vzorkům.

Nicméně po přechodném vzestupu rychlosti fotosyntézy dochází po dlouhodobé kultivaci v podmínkách zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> k aklimatizaci, u které se předpokládá, že je způsobena zpětnovazebným účinkem asimilátů akumulovaných v listu (Nátr, 2000).

#### **2.2.4.2 Rychlost respirace**

Na toto téma bylo provedeno mnoho experimentů, avšak jejich výsledky se značně liší. Obecně můžeme říci, že změna rychlosti respirace závisí na mnoha faktorech, jako jsou staří listu, obsah nestrukturních sacharidů, rychlost produkce a složení biomasy, druh chemické vazby CO<sub>2</sub> na buněčné komponenty a enzymy dýchacího řetězce, míra fixace CO<sub>2</sub> v Calvinově cyklu a v neposlední řadě biosyntéza etylenu (Marek et al., 2011).

#### **2.2.4.3 Vodivost průduchů**

Drake et al. (1997) při svých pokusech zjistili, že při zdvojnásobení koncentrace CO<sub>2</sub> došlo k poklesu vodivosti průduchů v průměru o 20 %. S poklesem vodivosti průduchů souvisí i rychlost transpirace, tedy výdej vody rostlinou, a tím dochází ke změně teplotní bilance listu. Idso et al. (1992) ve svém výzkumu prokázali, že zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub> způsobilo zvýšení teplotní bilance listu bavlníku chlupatého (*Gosypium hirsutum*) o 1 °C. Na základě tohoto zjištění formulovali hypotézu, že zvýšení teploty listu je přímo úměrné poklesu vodivosti průduchů.

#### **2.2.4.4 Růstové reakce**

V důsledku zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> dochází ke zvýšené rychlosti fotosyntézy a respirace, jak už bylo zmíněno výše. S tím je spojená i vyšší produkce biomasy, která kompenzuje stresové faktory (především nedostatek vody).

Vanaja et al. (2011) zmiňují pozitivní účinky vyšší koncentrace CO<sub>2</sub> u rostlin C<sub>4</sub>. Zkoumanou rostlinou v jejich případě byla kukuřice. Na základě hmotností úbytku sušiny kontrolních vzorků zjistily, že vyšší koncentrace CO<sub>2</sub> kompenzovala stres rostliny z nedostatku vody. Úbytek hmotnosti sušiny kukuřice, která rostla při běžné koncentraci CO<sub>2</sub> s nedostatkem vody byl 63 %. Po dodání vyšší koncentrace CO<sub>2</sub> byl úbytek hmotnosti

sušiny jen 46 %. Příčinou těchto rozdílů hodnot je změna kořenového systému, který se prodloužil o celých 400 % pomocí alokace biomasy, kterou se rostlina snažila kompenzovat nedostupnost vody.

### 2.3 Rostliny ve vztahu k vodnímu cyklu

Rozlišujeme dva typy vodních cyklů. Velký a malý. Velkým globálním cyklem rozumíme výměnu vody mezi oceánem a pevninou. Přibližně 550 tisíc km<sup>3</sup> vody se každoročně vypaří do atmosféry, z toho 86 % se vypaří z moří a oceánů. Zbýlých 14 % připadá na pevniny. Větší část vzniklých srážek spadne nad oceánem, ale zbylá část je unášena termodynamickými proudy na velké vzdálenosti nad kontinenty. To znamená, že oceány jsou velkým donorem vody pro pevninu. Malý vodní cyklus je uzavřený koloběh vody, při kterém se vypařená voda vrací v podobě srážek do té samé oblasti. Tento cyklus je typický pro hydrologicky zdravou krajinu. V krajině, která je dostatečně zásobená, dochází k cirkulaci menších objemů vody na kratší vzdálenosti. Na základě těchto cirkulací se vyrovnávají teplotní rozdíly dané oblasti. Hnací silou oběhu malého vodního cyklu je především transpirace rostlin a dopadající sluneční záření (Kravčík et al., 2007).

#### 2.3.1 Transpirace

Z objemu rostlinou přijaté vody je 99 % tzv. voda tranzitorní, tedy voda, která se zpětně vypaří do atmosféry pomocí transpirace. Rozlišujeme dva typy transpirace – transpirace kutikulární a průduchová. U kutikulární transpirace uniká voda celým kutinizovaným povrchem listu mimo průduchy. U jehličnanů činí asi 3 %, u listnáčů 5-10 % z celkové transpirace, avšak u mladých listů se slabou kutikulou až 50 %. U průduchové transpirace je výdej vody zajištěn buďto svěracími buňkami průduchu nebo přímo průduchovou štěrbinou (Rozsypal, 2003).

Hybnou silou transpirace je rozdíl vodního potenciálu vnitřního nebo vnějšího povrchu rostliny a vodního potenciálu okolní atmosféry společně s vodivostí prostředí, ve kterém transpirace probíhá (Pavlová, 2005).

##### 2.3.1.1 Rychlost transpirace

Rychlost transpirace, s níž rostlina odpařuje vodu, je ovlivňována souborem vnějších a vnitřních činitelů. Vnějšími činiteli jsou především teplota a vlhkost vzduchu. Čím je vzduch teplejší a vlhčí, tím je rychlost transpirace vyšší. Dalším důležitým faktorem

je pohyb vzduchu. Pokud se rostlina nachází v bezvětrí, nasycuje se vodními parami. Když dosáhnou vyšší koncentrace v rostlině, transpirace se sníží, a proto je důležitý vítr, který odstraňuje vodní páru z okolí listů. Vnější faktorem je i kladně působící ozáření. Ve tmě je rychlost transpirace výrazně menší. Vnitřními faktory, které mohou ovlivnit transpiraci jsou průduchy a jejich míra vodivosti (Krpeš, 2006).

Rychlost a intenzita transpirace se v závislosti na vnějších i vnitřních faktorech mění i během dne. V našich zeměpisných šířkách dochází k jejímu poklesu v poledních a popoledních hodinách (především v letních měsících) v důsledku vyšších teplot. Rostlina v této době uzavírá průduchy, aby zamezila větším ztrátám vody. Pokud hodnoty teplot klesnou zpět na optimální hodnotu (záleží na druhu rostliny), rychlost a intenzita se opět zvýší (Procházka et al., 1994).

### 2.3.2 Distribuce slunečního záření

Sluneční záření, které dopadá na svrchní hranici atmosféry označujeme jako solární konstantu (uváděná průměrná hodnota solární konstanty je  $1\,367\text{ W/m}^2$ ). Avšak reálné hodnoty ročního dopadu slunečního záření se pohybují mezi  $1321\text{--}1412\text{ W/m}^2$ , jelikož záleží na vzdálenosti Země-Slunce a její elipsoidní oběžné dráze. Pokud bychom si chtěli vypočítat celkovou energii přijatou Zemí ze Slunce, vynásobíme solární konstantu průřezem Země a dostaneme hodnotu  $180\,000\text{ TW}$ . Tato energie ohřívá naši planetu přibližně o  $290\text{ °C}$ , a tím udržuje teplotu (průměrně  $20\text{ °C}$ ) přijatelnou pro život (Pokorný, 2011).

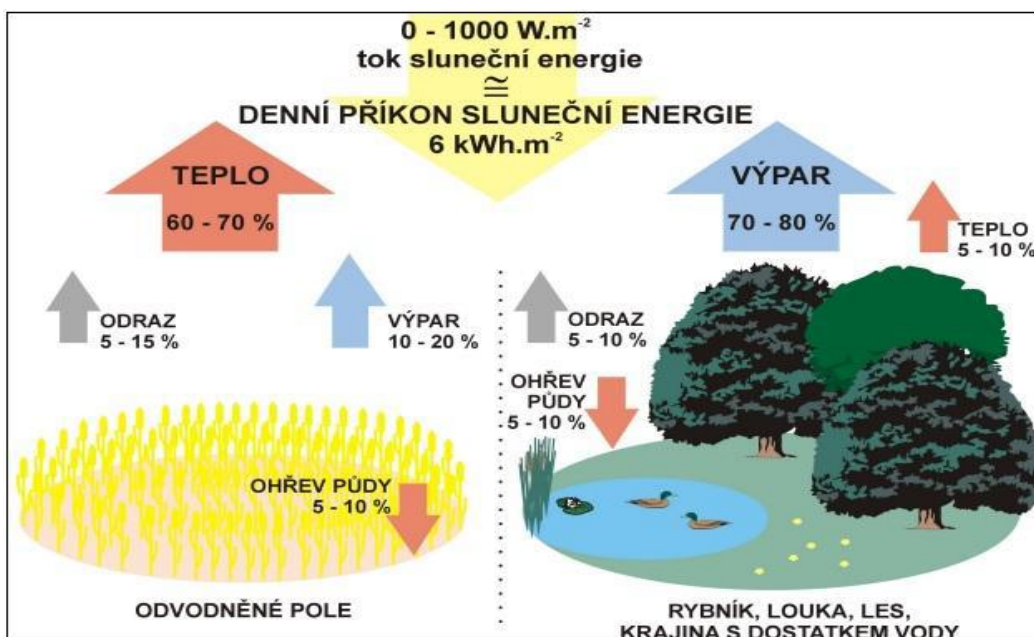
Osud dopadajícího slunečního záření na Zemský povrch se mění v závislosti na charakteru povrchu, na který dopadá. Závisí především, zda dopadá na suchý povrch s malým rezervoárem vody, nebo jestli je povrch pokrytý vegetací. Energie, která dopadá na suchý povrch se mění na zjevné teplo. Toto teplo ohřívá povrch mnohem intenzivněji, a tím dochází i k rychlejšímu ohřevu ovzduší v dané oblasti (Pokorný et. al, 2018).

#### 2.3.2.1 Rostliny jako klimatizační zařízení

Pokud sluneční záření dopadá na vegetaci, která je dobře zásobená vodou, rostlinný kryt tuto energii využije na evapotranspiraci (výpar vody z půdy + výpar vody rostlinami). Opačný případ je, když sluneční energie dopadá na vegetaci, která neoplývá dostatečným rezervoárem vody. Zde dochází jen k minimálnímu výparu (Pokorný, 2011).



Na obrázku č. 2 v levé části můžeme vidět zemědělsky obdělávanou půdu, která není dostatečně zásobená vodou. Pouze 10-20 % sluneční energie bylo využito k evapotranspiraci. Zbytek energie (60-70 %) bylo přeměněno na zjevné teplo, které ohřívá okolí. V pravé části obrázku je zobrazena situace, kdy vodou dobře zásobená krajina využila 70-80 % energie dopadajícího záření na evapotranspiraci a jen 5-10 % bylo přeměněno na zjevné teplo (Pokorný, 2011).



**Obr. 2. Porovnání toku energie a vody mezi odvodněnou a vodou dobře zásobenou vegetací (Pokorný, 2011).**

Transpirující rostliny jsou nejlepším klimatizačním zařízením Země. Představme si samostatně stojící strom s průměrem koruny 10 m a plochou koruny  $80 \text{ m}^2$ . Na tuto plochu denně dopadá  $450 \text{ kWh}$  sluneční energie. Část energie se využije na ohřev půdy, část se odrazí a část se přemění na teplo. Pokud je tento strom dobře zásobený vodou, vypaří se za den přibližně  $400 \text{ l}$  vody. Na přeměnu kapalné vody do plynného skupenství využije  $280 \text{ kWh}$  sluneční energie. Vypařená voda s vázanou sluneční energií poté stoupá vzhůru a ve chladnější oblasti kondenzuje, kde uvolňuje tuto sluneční energii ve formě tepla a ve formě srážek dopadá zpátky na povrch, kde může být znovu použita pro evapotranspiraci (Kravčík et al., 2007).

## 2.4 Rostlinný výdej těkavých látek do atmosféry

Většina biogenních organických látek v ovzduší má svůj původ u fotosyntetizujících rostlin. Největší zastoupení těchto látek v atmosféře představují především isoprenoidy, které můžeme rozdělit na dvě skupiny – isopren a terpeny (Kesslemaier & Staud, 1999).

### 2.4.1 Isopren

Isopren vzniká v chloroplastech rostliny pomocí enzymu isoprensyntázy (Silver & Fall, 1995). Vznik této látky není náhoda. Rostlina se těmito látkami chrání před okusem a patogeny, nebo naopak láká opylovače. Avšak velmi diskutovanou funkcí syntézy těchto látek je ochrana proti reaktivním formám kyslíku. Loreto a Velikova (2001) při svém výzkumu pozorovali citlivost listů rákosu obecného na přítomnost ozónu. Do rostliny aplikovali látku fosmidomycin, která podporuje syntézu isoprenu. Následně byla část listů rostliny podrobena ozonovému stresu. U těchto listů se objevila vyšší koncentrace peroxidu vodíku, nicméně nepřevyšovala koncentraci peroxidu u listů, které nebyly podrobeny stresu (v tomto případě došlo k výraznému poškození membrán). Isopren má totiž antioxidační účinky, a právě v přítomnosti ozónu snižuje působení reaktivních forem kyslíku, což je i vznikající peroxid vodíku.

Isopren je základní stavební jednotkou terpenů. Například monoterpeny obsahují dvě izoprenové jednotky, seskviterpeny tři jednotky, diterpeny čtyři jednotky a takto bychom mohli pokračovat dále. V přírodě můžeme najít i terpeny s vyšším počtem uhlíků než patnáct, nicméně tyto terpeny mají vysoký bod varu a s tím spojenou nízkou těkavost (Večeřa, 2001).

#### 2.4.1.1 Terpeny v atmosféře

Terpeny, které ovlivňují chemické dění atmosféry se vyznačují nepříliš vysokým bodem varu (155-185 °C) a nízkou polaritou molekuly, která je příčinou jejich vysoké těkavosti. V lesním ekosystému dochází především k emisi monoterpenů, jako jsou například  $\alpha$  - pinen,  $\beta$  - pinen a limonen a další. Tyto terpeny se do ovzduší uvolňují z živých i odumřelých stromů v takovém množství, že i přes narůstající průmyslové znečištění představují hlavní zdroj uhlíku v atmosféře (Večeřa, 2001).

Jakmile tyto látky dosáhnou atmosféry, ovlivní její chemické dění, především ovlivněním koncentrace volných OH radikálů, a koncentraci oxidu uhelnatého, který je

nebezpečný nejenom pro rostliny, ale vykazuje vysokou toxicitu i pro člověka. Společně s oxidy dusíku tvoří prekurzory ke vzniku troposférického ozónu, který má silné fytotoxické účinky (Večeřa, 2001).

## 2.5 Znečištění atmosféry a její vliv na vegetaci

Znečišťující příměsi jsou do ovzduší emitovány emisními zdroji nejrůznějších typů. Emisní zdroje můžeme rozdělit podle řady kritérií. Zpravidla je dělíme na přírodní a antropogenní. Přírodní zdroje emisí jsou například sopečná a bakteriální činnost. Antropogenní zdroje emisí jsou spojené s průmyslovou a zemědělskou výrobou, dopravou a likvidací odpadů. Antropogenní emise se zpravidla projevují o něco více, jelikož mají vyšší emisní toky (Hůnová, 2004).

V dnešní době se studie vlivu znečištění atmosféry na rostliny obracejí především na SO<sub>2</sub> (oxid siřičitý), NO<sub>x</sub> (oxidy dusíku) a přízemní O<sub>3</sub> (ozón). Poškození rostlin nezávisí pouze na samostatné výšce koncentrací a době jejich trvání. Důležité je, jaké množství látky se z ovzduší skutečně dostane do organismu. Tato vnitřní dávka závisí na celé řadě faktorů. Jedná se především o faktory prostředí, ve kterém se daná rostlina nachází (dostupnost vláhy, živin, expozice a podobně) a faktory meteorologické, které určují otevírání či zavírání průduchů pomocí nichž vstupují plyny do rostliny (Hůnová, 2004).

### 2.5.1 Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>)

Oxid siřičitý vstupuje do listů pomocí otevřených průduchů a intracelulární difúzí se snadno šíří ke všem buňkám listového mezofylu. Když pronikne buněčnou stěnou, tak se rychle rozpouští a mění se na siřičitanové anionty. Ve vyšší koncentraci tyto ionty blokují činnost karboxylačního enzymu Rubisco, který se uplatňuje v temnostní fázi fotosyntézy. Bylo zjištěno, že rostliny s C<sub>4</sub> fotosyntézou jsou mnohem odolnější vůči toxickému působení SO<sub>2</sub> nežli rostliny C<sub>3</sub>. Je to hlavně v důsledku lokalizace Calvinova cyklu, který probíhá v dobře chráněných buňkách pochev cévních svazků se zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub> (Procházka, 1998).

### 2.5.2 Ozón (O<sub>3</sub>)

Ozón je jedním z nejvíce fytotoxických vzdušných polutantů. Ozón vstupuje do listu skrze průduchy. Poté co se dostane do tkáně listu reaguje s vodou za vzniku hydroxylového a superoxidového radikálu. Tyto radikály jsou vysoce reakční a ihned po

vzniku reagují s lipidy buněčné membrány za tvorby peroxidů, které iniciují další tvorbu těchto radikálů. Vlivem těchto volných radikálů dochází k inhibici fotosyntézy, jelikož přímo ovlivňují enzym Rubisco, který se uplatňuje při karboxylaci v Calvinově cyklu temnostní fáze fotosyntézy. Zranění způsobené ozónem se jeví jako malé nekrotické tečky na svrchní straně listu (Bell et al., 2003).

### 2.5.3 Oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ )

Oxidy dusíku, především oxid dusnatý ( $\text{NO}$ ) a dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) se společně s těkavými látkami (isoprenoidy) podílí na tvorbě troposférického ozónu. Sluneční záření rozkládá molekulu  $\text{NO}_2$  za vzniku  $\text{NO}$  a atomu kyslíku  $\text{O}$ . Tento atom kyslíku atakuje okolní molekuly kyslíku a vzniká ozón. Avšak za přítomnosti uhlovodíků dochází k regeneraci  $\text{NO}_2$  a tím vzrůstá intenzita uvolňování organických radikálů a tím spojená vyšší intenzita tvorby ozónu. Organické radikály mohou v atmosféře zakonzervovat  $\text{NO}_2$  v podobě peroxyacetylitrátu (PAN). Tato látka je velmi silným oxidačním činidlem, které u rostlin způsobuje bronzování listů (Holoubek, 2005).

Tyto oxidy jsou také obsaženy v kyselých deštích společně s oxidem siřičitým. Oxid siřičitý a oxidy dusíku vzniklé především spalovacími procesy vstupují do atmosféry, kde reagují s vodou za vzniku kyseliny sírové a dusičné. Tyto kyseliny padají ve formě srážek zpět na Zemský povrch. Tyto deště představují obrovské riziko pro přírodu. Výrazně poškozují lesy, okyselují vodní toky a v jisté míře pomáhají k degradaci půdy ve změně jejího chemismu (Braniš, 2004).

### 2.5.4 Těžké kovy

Rostliny přijímají těžké kovy z půdy svými kořeny, nebo je mohou absorbovat pomocí listů přímo z atmosféry (Schwartz et al., 2001). Některé kovy jsou pro rostliny esenciální a jsou nezbytné pro růst a vývoj rostliny, jelikož jsou součástí enzymů (například  $\text{Mg}$  - karboxyláza, která se uplatňuje při fotosyntéze nebo  $\text{Fe}$  - kataláza, důležitá pro rozklad  $\text{H}_2\text{O}_2$  na vodu a kyslík). Na rozdíl od esenciálních kovů, neesenciální (např.  $\text{Cd}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Pb}$  a další) nemají pro rostlinný metabolismus žádný význam (Schutzendubel & Polle, 2002). Jejich toxicita spočívá především v jejich podobné skladbě s esenciálními, a proto jsou schopné záměny v enzymech, u kterých vyvolávají inhibiční aktivity. Při jejich nadbytku dochází k tvorbě volných kyslíkových radikálů, které u rostliny

vyvolávají oxidativní stres. Radikály následně reagují s membránovými lipidy a rozruší celkovou membránovou stabilitu buňky. Jsou schopné reagovat i se samotnou DNA za vzniku nebezpečných mutací (Hall, 2002). U rostlin, které přijímají kovy pomocí kořenů byly pozorovány změny v kořenové struktuře. Arduni et al. (1995) pozorovali reakci kořene borovice pinie (*Pinus pinea*) na příjem mědi. Při příjmu stopového množství esenciální mědi (Cu) byl růst kořene stimulován, nicméně při vyšší koncentraci došlo k inhibici.

Dalším projevem otravy těžkých kovů je chloróza listů. Například Cd (kadmium) je schopné záměny s Mg (hořčíkem) v molekule chlorofylu, kdy kadmium způsobí destrukci chlorofylu, a tím zapříčiní inhibici fotosyntézy (Barylá et al., 2001).

#### 2.5.5 Prachové částice

Prachové částice jsou malé fragmenty pevného nebo kapalného charakteru v průměru 1 až 100  $\mu\text{m}$ . Většina těchto částic se nedostane skrz průduchy rostlin, a tak se usazují na povrchu listu rostliny, kde vytváří neprodyšnou vrstvu. Tato vrstva snižuje množství dopadajícího záření a vodivost průduchů. Rostlina pak nemá dostatečný příjem energie a plynů, aby mohla správně fotosyntetizovat. Zároveň dochází k narušení růstu listu a jeho teplotní bilance (Farmer, 1997).

Rostliny jsou významnými biofiltrátory těchto částic. Beckett et al. (2000) porovnávali efektivitu vybraných druhů stromů na pohlcování prachových částic ve městech v místě intenzivní dopravy. Došli k závěru, že nejefektivnější pohlcování nám poskytuje borovice (*Pinus* sp.) a cypřiš (*Cupressus* sp.). V zimním období je koncentrace těchto částic na maximum, nicméně tyto stromy neshazují jehlice, a tak mohou v pohlcování těchto částic pokračovat narozdíl od listnatých stromů. Právě proto bychom měli tyto druhy stromů v městském prostředí co nejvíce zachovat.

## 2.6 *Začlenění tématu role vegetace v životním prostředí do RVP*

V této kapitole bude podrobněji popsáno průřezové téma Enviromentální výchovy a vzdělávací oblast Člověk a příroda (v návaznosti na MŠMT, 2017), která se obsahově nejvíce dotýká tématu role vegetace v životním prostředí člověka.

### 2.6.1 Průřezové téma Enviromentální výchova

Enviromentální výchova vede žáky k porozumění komplexnosti a složitosti vztahů mezi člověkem a životním prostředím. Toto téma umožňuje pochopení souvislostí mezi aktuálně řešenými problémy z hlediska ekologického, ekonomického, vědecky – technického, politického a občanského. Taktéž z hlediska časového (vztah k budoucnosti) a prostorového (souvislosti mezi lokálními či regionálními problémy). Enviromentální výchova nabádá studenty k aktivní účasti na ochraně a utváření prostředí.

Na realizaci průřezového tématu se podílí většina vzdělávacích oblastí. Pomocí postupného propojování, rozšiřování a systematického třídění poznatků získávaných v těchto oblastech dochází k vytváření integrovaného pohledu studentů. Vzdělávací oblast, která se svým obsahem nejvíce dotýká tématu role vegetace v životním prostředí člověka je oblast Člověk a příroda.

Průřezové téma Enviromentální výchova je rozdělena do čtyř okruhů. Každý okruh bude okomentován v souvislosti s daným tématem.

V okruhu Ekosystémy najdeme mnoho souvislostí s daným tématem. Jsou zde zahrnuta témata tropický les (ohrožování, globální význam), pole (změny okolní krajiny vlivem člověka) a vodní zdroje (důležitost pro krajinou ekologii). Okruh Základní podmínky života obsahuje související témata voda (vztahy vlastností vody a života), ovzduší (význam pro život na Zemi, ohrožování ovzduší a klimatické změny, čistota ovzduší u nás), půda (propojenost složek prostředí, zdroj výživy, ohrožení půdy), energie (energie a život) a přírodní zdroje (zdroje surovinové a energetické, vlivy na prostředí). Mnoho souvislostí s daným tématem najdeme taktéž v okruzích Lidské aktivity a problémy životního prostředí a Vztah člověka k prostředí. V těchto okruzích se studenti dozvídají o dopadech lidské činnosti na životní prostředí, kde se zároveň učí určovat příčinu a důsledky daného problému a hledají možnosti a způsoby řešení.

## 2.6.2 Vzdělávací oblast Člověk a příroda

Vzdělávací oblast Člověk a příroda zahrnuje okruh problémů spojených se zkoumáním přírody. Průřezová témata jsou obsažena ve vzdělávací oblasti Fyziky, Chemie, Přírodopisu a Zeměpisu. Tyto oblasti pomůžou žákům získat potřebné základy pro správné porozumění jednotlivých zákonitostí přírodních procesů, uvědomění si užitečnosti získaných poznatků a jejich následné využití v praxi. Žáci se učí zkoumat změny v přírodě, jejich příčiny a následky. Dochází k rozvíjení dovednosti objektivně a spolehlivě pozorovat, experimentovat a měřit, vytvářet a ověřovat hypotézy, analyzovat výsledky svých měření a následně z nich vyvozovat závěry. Žáci si budou schopni klást otázky typu – Proč tomu tak je? Jak se to stalo? Co se stane, jestliže? a následně na ně budou hledat odpovědi, pozorované jevy vysvětlovat a řešit.

## 2.6.3 Souvislosti se vzdělávacími obory

Jak již bylo zmíněno výše, vzdělávací oblast Člověk a příroda zahrnuje okruh problémů spojených se zkoumáním přírody. Průřezová témata jsou obsažena ve čtyřech oblastech – fyzika, chemie, přírodopis a zeměpis. V následujících podkapitolách jsou v návaznosti na Rámcově vzdělávací program pro základní vzdělávání okomentovány jednotlivé oblasti v souvislosti na téma role vegetace v životním prostředí v období globální klimatické změny.

### 2.6.3.1 Fyzika

Kapitola, zabývající se formami energie, uvádí žáky do problematiky různých forem energie, jejich přenosu a využití. Zároveň se zde popisují obnovitelné a neobnovitelné zdroje a jejich výhody či nevýhody použití z hlediska vlivu na životní prostředí. Mnoho vzdušných polutantů vzniká právě při spalování fosilních paliv. Další důležitou kapitolou je přeměna skupenství, která zahrnuje téma vypařování a kondenzace. Tyto procesy se uplatňují v malém vodním cyklu.

### 2.6.3.2 Chemie

Průřezové téma vlastnosti látek se věnuje vlivu atmosféry na vlastnost a stav látek. V kapitole směsi se žáci učí o vodě a vzduchu, jejich vlastnostech a případném znečištění,

a jaké má toto znečištění vliv na člověka a životní prostředí. V kapitole anorganické sloučeniny se probírají oxidy, jakožto oxid dusičitý a siřičitý, které způsobují vznik kyselých dešťů.

### **2.6.3.3 Přírodopis**

V kapitole obecné biologie se žáci dozví o vzniku, vývoji, rozmanitosti a projevech života. Zde jsou popsány základní struktury života, jakožto i rostlinná buňka a pletiva. Kapitola biologie rostlin je obsáhlá. Téma anatomie a morfologie rostlin vysvětluje jednotlivé části těla vyšších rostlin a jejich význam při fotosyntéze a respiraci. S tím souvisí i další obsáhlé téma fyziologie rostlin, kde se žáci dozívají o průběhu fotosyntézy. Při probírání fotosyntézy bychom si měli uvědomit, že rostliny nám nejsou prospěšné jen tím, že poskytují kyslík jako odpadní produkt, ale také tím, že v tomto procesu asimilují oxid uhličitý z atmosféry. Biologie člověka obsahuje průřezové téma životní styl, ve kterém se rozebírají pozitivní a negativní dopady člověka na životní prostředí, kde bychom mohli s žáky pohovořit o masivním odlesňování tropických lesů a jejich významné roli v uhlíkovém propadu. V kapitole neživé prostředí jsou obsažena průřezová témata podnebí a počasí, kde se probírá vliv znečištění ovzduší a klimatických změn na živé organismy.

### **2.6.3.4 Zeměpis**

V zeměpisné části tématu Člověk a příroda se žáci dozívají o různých typech biomů a o trvale udržitelném rozvoji, principech a zásadách ochrany přírody a o globálních problémech lidstva. V této části je zmíněna krajinná sféra, kde se žáci dozívají o složení Země. Zde bychom s žáky mohli pohovořit o poškození atmosféry.



### 3 Metodika - praktická část

Cílem praktické části bakalářské práce bylo zjistit postoje a znalosti studentů učitelství přírodopisu pedagogické fakulty Jihočeské univerzity a postoje učitelů přírodopisu s odbornou praxí ohledně tématu role vegetace v životním prostředí člověka a jejími interakcemi s atmosférou v době klimatické změny. K tomuto účelu byly zhotoveny dva dotazníky. První dotazník byl cílený na studenty učitelství přírodopisu, druhý na učitele přírodopisu s odbornou praxí. Na základě zjištěných výsledků byl zhotoven návrh výukové jednotky použitelné v mimoškolní výchově na úrovni základní školy.

#### 3.1 Dotazníkové šetření

Dotazník pro studenty učitelství přírodopisu obsahuje uzavřené otázky, kde respondenti vybírají z předepsaných variant odpovědí. Tento dotazník byl zkonstruován tak, abychom zjistili, jestli se s touto problematikou respondenti již setkali. Zároveň jsou v dotazníku umístěny vybrané znalostní otázky s jedinou možnou správnou odpovědí. Cílem těchto otázek bylo zjistit, jestli se v této oblasti tematiky studenti orientují. Posledním typem otázek obsažených v tomto dotazníku jsou otázky, které zjišťují postoje a názory ohledně tematiky interakcí vegetace – atmosféra. Tyto otázky měly zjistit, zda se studenti učitelství o toto téma zajímají, či jestli plánují vnést tuto problematiku do svého budoucího vyučování (viz Příloha 1).

Dotazník určený pro učitele přírodopisu byl konstruován z uzavřených otázek, cílených na zjištění jejich postojů týkajících se výuky daného tématu interakcí vegetace a atmosféry a na zjištění, zda se s touto tematikou setkali již během svého studia na vysoké škole (viz Příloha 2).

Dotazníkové šetření proběhlo on-line v důsledku zvýšení platformy respondentů. Výsledky dotazníkového šetření u studentů učitelství byly následně vyhodnoceny s ohledem na jejich studovanou aprobaci a v jakém ročníku studují. Dotazník určený pro učitele přírodopisu s odbornou praxí byl zhodnocen na základě vyučovaných předmětů jednotlivých respondentů. Celkové znění otázek obsažených v dotaznících můžete najít v příloze (Příloha 1,2), nicméně jednotlivé otázky budou okomentovány v kapitole Výsledky.

### 3.1.1 Údaje o respondentech

Jak bylo již zmíněno dříve, byly vyhotoveny dva dotazníky určené pro studenty učitelství přírodopisu a pro učitele přírodopisu s odbornou praxí. Získané informace o respondentech jsou okomentovány v následujících částech kapitoly.

#### 3.1.1.1 Studenti učitelství přírodopisu

Dotazník určený pro studenty učitelství přírodopisu vyplnilo 38 respondentů. Bližší informace o respondentech jsou zobrazeny v následující tabulce č. 1.

Pohlaví	Muž	11
	Žena	27
Ročník	1. ročník	11
	2. ročník	12
	3. ročník	11
	4. ročník	4
Aprobace	Přírodopis-Matematika	11
	Přírodopis-Anglický jazyk	9
	Přírodopis-Fyzika	8
	Přírodopis-Chemie	7
	Přírodopis-Zeměpis	2
	Přírodopis-Spol. vědy	1

**Tabulka 1. Demografické údaje dotazovaných studentů učitelství na pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.**

Z tabulky č. 1 lze vyčíst, že z celkového počtu respondentů bylo jen 14 % mužů, zatímco ženy zde zastupují 86 %. Při dotazování, v jakém ročníku studují se v prvním, druhém a třetím ročníku nachází průměrně 11 respondentů. Ve čtvrtém ročníku odpověděli pouze 4 respondenti, v pátém ročníku neodpověděl nikdo, a proto tento ročník není zahrnutý v souhrnné tabulce. V této tabulce můžeme taktéž vidět rozpis jednotlivých aprobací, které dotazovaní studenti studují se spojením s přírodopisem.

### 3.1.1.2 Učitelé přírodopisu s odbornou praxí

Při tázání učitelů přírodopisu s odbornou praxí odpovědělo celkem 37 respondentů, kteří učí na základní škole. Informace o těchto respondentech jsou taktéž zobrazeny v následující tabulce č. 2.

Pohlaví	Muž	15
	Žena	22
Vyučované aprobace	Přírodopis-Fyzika	11
	Přírodopis-Matematika	9
	Přírodopis-Chemie	9
	Přírodopis-Anglický jazyk	4
	Přírodopis	4

**Tabulka 2. Demografické údaje o dotazovaných učitelích základních škol s odbornou praxí.**

Z celkového počtu respondentů bylo 40 % mužů a 60 % žen (Tab. 2). Učitelé byli tázáni, jaké aprobace ve spojení s přírodopisem vyučují. Největší zastoupení má v tomto případě fyzika. Údaje o délce praxe jednotlivých respondentů byly zprůměrovány s výsledkem 12 let.

### 3.2 Návrh výukového programu

Na základě zjištěných výsledků dotazníkového šetření mezi studenty učitelství a učiteli přírodopisu byl navržen výukový program použitelný v mimoškolní výchově na úrovni základní školy. Tento program má sloužit jako rozšíření učiva fyziologie a morfologie rostlin, kdy se žáci učí o fotosyntéze a respiraci a o rostlinných orgánech, které se při těchto procesech uplatňují. Cílem tohoto programu je žáky blíže seznámit s transpirací rostlin, která se nejvíce uplatňuje v malém vodním cyklu. Proces transpirace v Rámcově vzdělávacím programu pro základní vzdělávání zahrnut není. Nicméně pokud žákům tento proces blíže popíšeme (ať už ve výuce na základní škole nebo v mimoškolní výchově), u žáků můžeme dosáhnout k bližšímu porozumění koloběhu vody v přírodě. Zásadním kritériem pro absolvování programu je znalost anatomické stavby listu rostliny společně se znalostí přeměn skupenství – výpar a kondenzace. Při plánování této jednotky byl nejdříve stanoven cíl. Cílem této jednotky je, že žáci budou po absolvování schopni popsat proces transpirace a její důležitost v malém vodním cyklu.

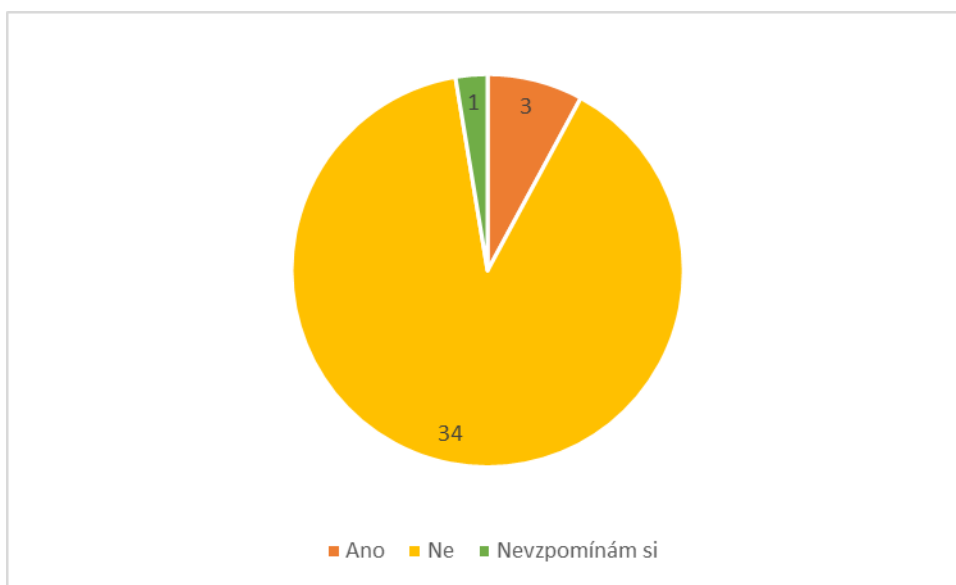
Na základě stanovení tohoto cíle byla výuková jednotka rozdělena do čtyř částí s odhadovaným časem realizace – přípravná část (10-20 minut), teoretická část (10-20 minut), praktická část (30-40 minut) a závěrečná část (10-15 minut). Přípravná část sestává v seznámení žáků s cílem výukové jednotky pomocí brainstormingové aktivity na téma role vegetace v životním prostředí člověka, která je pomocí lektora směřována k tématu malého vodního cyklu a transpirace. Teoretická část byla do výukové jednotky zařazena kvůli bližšímu seznámení s procesem transpirace a její důležitosti v malém vodním cyklu. Tato část by měla proběhnout ve formě výkladu lektora, kdy si studenti průběžně zaznamenávají nově nabyté informace do pracovního listu, který dostanou před začátkem teoretického úvodu. V této části je zahrnuto také pozorování důkazu transpirace. Tento pokus byl do výukové jednotky převzat z programu Bádáme v kroužku ekologie (Nolčová, 2016). Praktická část sestává ze samostatné aktivity žáků, kde si nově nabyté poznatky ověří v praxi. Zde se žáci naučí pracovat v terénu s měřicími přístroji (infračervenými teploměry) a na základě svých naměřených výsledků budou vyvozovat závěry. Při této aktivitě by si měli žáci položit zásadní otázku, proč se naměřené hodnoty liší v závislosti na prostředí, ve kterém bylo měření uskutečněno. Samotný úkol, který budou žáci řešit je inspirován úlohami obsažených v Metodice výuky k tématu Sluneční energie-voda v krajině-vegetace pro VŠ studenty učitelství přírodopisu pro ZŠ a učitele z praxe (Ryplová et. al, 2021). Kompletní návrh výukového programu můžete nalézt v Příloze 3. společně s metodickou příručkou pro lektora, pracovními listy a evaluačním dotazníkem, který má sloužit jako zhodnocení programu.

## 4 Výsledky

V této kapitole budou okomentovány odpovědi na jednotlivé otázky obsažené ve dvou dotazníkových šetřeních, jak již bylo zmíněno dříve. Kapitola je rozdělená na dvě části – Studenti učitelství přírodopisu a Učitelé přírodopisu s odbornou praxí pro větší přehlednost.

### 4.1 Studenti učitelství přírodopisu

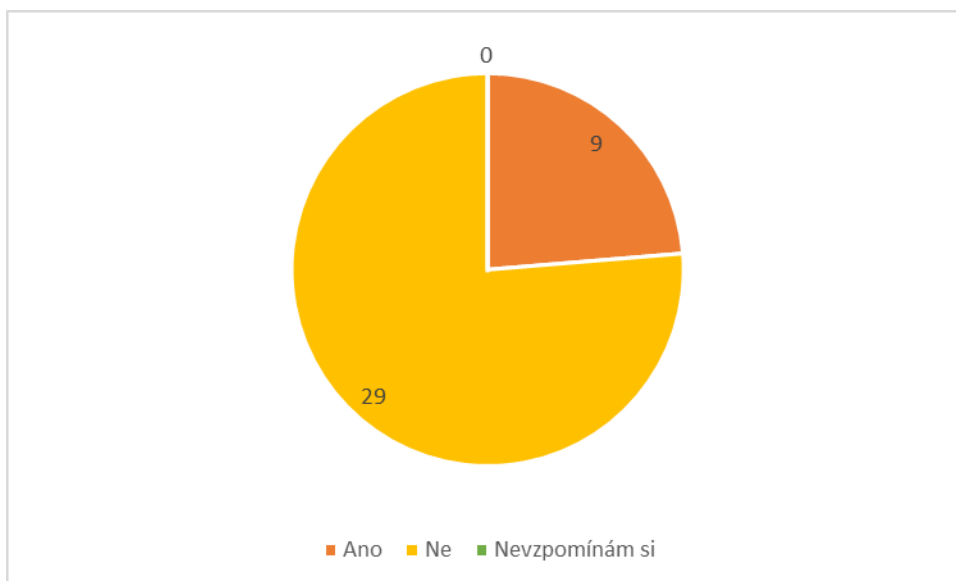
Otázka č. 1 se studentů ptala na to, „zda si vzpomínají, jestli se problematice interakcí mezi vegetací a atmosférou zabývali na základní škole.“ Respondenti měli na výběr ze tří odpovědí ano-ne-nevzpomínám si. Jak je patrné z obrázku č. 3 většina dotazovaných uvádí odpověď ne, aniž by si uvědomili, že proces fotosyntézy, který je probírán již v 6. ročníku, do této problematiky spadá. Jen 3 dotazovaní uvádějí odpověď ano a jen jediný respondent uvádí, že si nevzpomíná.



**Obr. 3. Analýza odpovědí na otázku č.1 studentského dotazníku (n = 38).**

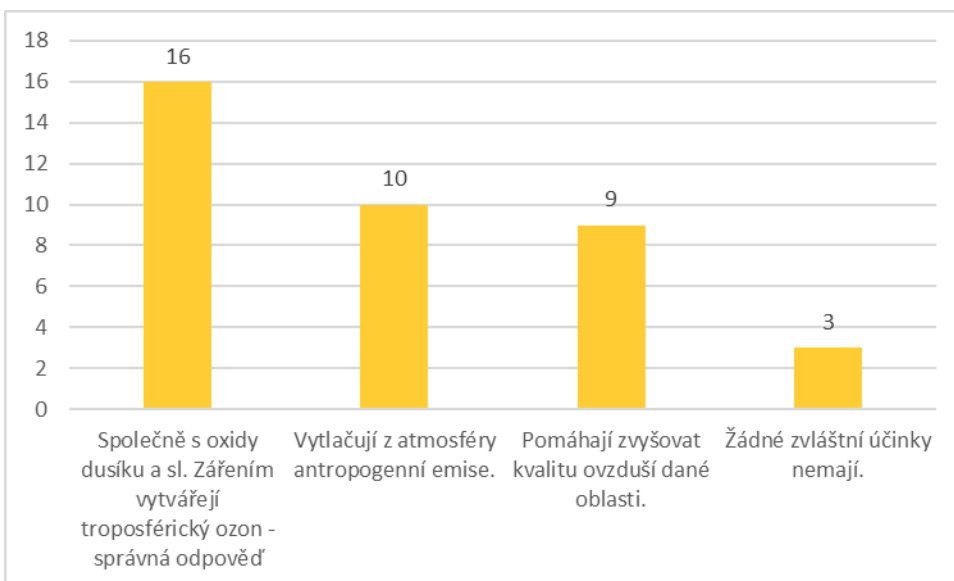
Otázka č. 2 byla konstruována podobně jako otázka předchozí. Respondenti měli uvést, „zda se setkali s tvrzením, že rostliny jsou distributory slunečního záření, kdy tuto energii využívají při procesu transpirace, a tímto procesem napomáhají k utváření mikroklimatu dané oblasti, ve které se rostliny nacházejí.“ Jen 9 respondentů uvádí, že se s tímto tvrzením již setkali. Tito respondenti se nachází především ve třetím a čtvrtém ročníku (navazující magisterské studium) studia s aprobacemi přírodopis-chemie, fyzika, zeměpis. Ostatních 29 respondentů odpovědělo, že se s tímto tvrzením doposud

nesetkali, přičemž většina dotazovaných studuje aprobace přírodopis-matematika nebo přírodopis-anglický jazyk (Obr. 4).



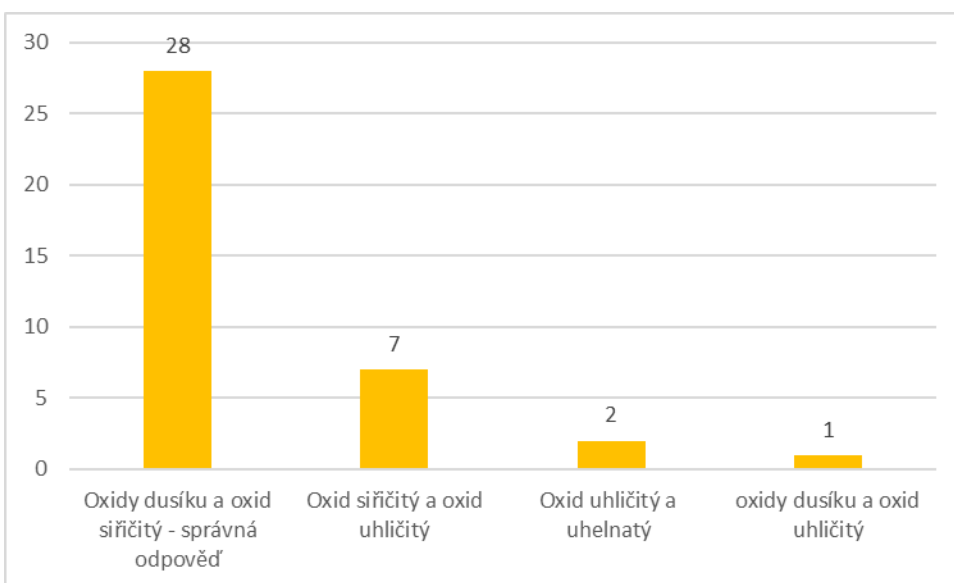
**Obr. 4. Analýza odpovědí na otázku č.2 studentského dotazníku (n = 38).**

Cílem otázky č. 3 bylo zjistit, zda respondenti disponují znalostmi ohledně přírodně vzniklých terpenů, především jejich účinků na atmosféru. I takto přírodně vzniklé látky mohou ovlivnit chemické dění atmosféry pokud se smísí s antropogenními emisemi. Z obrázku č. 5 lze vyčíst, že pouze 16 respondentů označilo správnou odpověď, a to „*terpeny společně s oxidy dusíku a slunečním zářením vytvářejí troposférický ozón*“. Nejvíce respondentů se správnou odpovědí studují aprobaci přírodopis-chemie a nachází se ve třetím a čtvrtém ročníku studia. Celkem 10 respondentů uvádí, že podle nich „*terpeny po dosažení atmosféry vytlačují antropogenní emise*.“ 9 respondentů uvádí, že „*terpeny pomáhají zvyšovat kvalitu ovzduší dané oblasti, ve které vznikly*“ a 3 respondenti si stojí za tím, že „*terpeny žádné zvláštní účinky nemají*“.



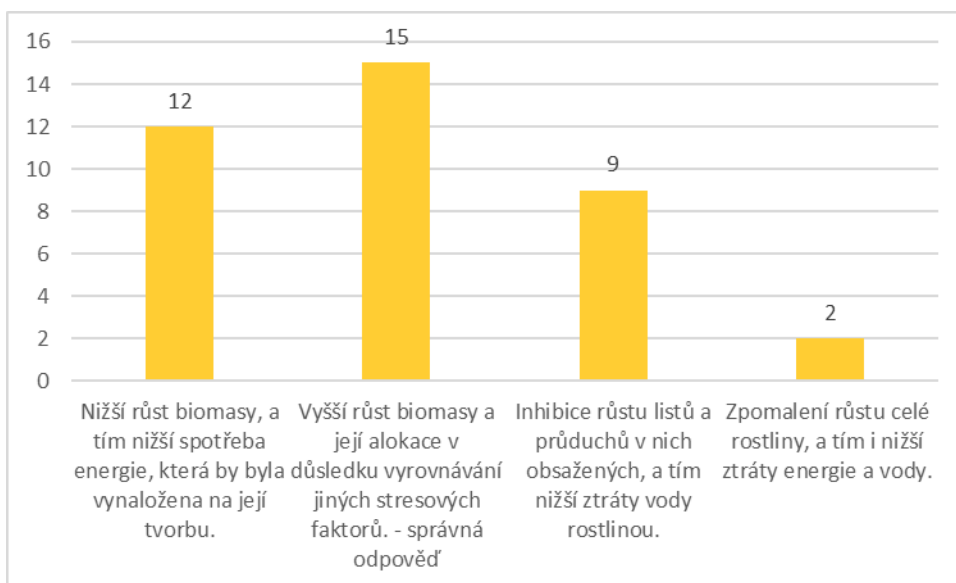
**Obr. 5. Analýza odpovědí na otázku č. 3 studentského dotazníku (n = 38).**

I otázka č. 4 se týkala chemismu atmosféry. Přesné znění otázky je takovéto: „Které oxidy jsou základní složkou kyselých dešťů?“. Respondenti taktéž měli vybrat správnou odpověď ze čtyř různých možností. 28 respondentů správně určilo oxidy dusíku a oxid siřičitý za základní složku kyselých dešťů. Zbýlých 10 respondentů odpovědělo nesprávně, z toho 5 respondentů studuje aprobaci přírodopis-matematika, 4 studují aprobaci přírodopis-anglický jazyk a 1 zbylý respondent studuje aprobaci přírodopis-chemie (Obr. 6).



**Obr. 6. Analýza odpovědí na otázku č. 4 studentského dotazníku (n = 38).**

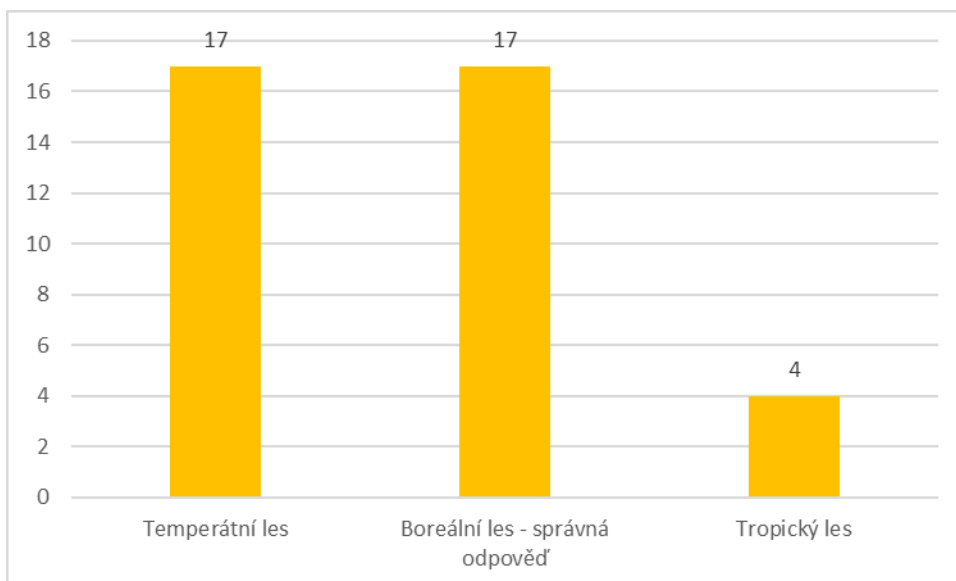
Otázka č. 5 byla zaměřená na zjištění znalostí respondentů ohledně účinků zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře na rostliny. Z celkového počtu 38 respondentů 15 zvolilo správnou odpověď: „Zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> má u rostlin za následek vyšší růst biomasy a její alokaci v důsledku vyrovnávání jiných stresových faktorů“. V řešení této otázky si vedli nejlépe studenti s aprobacemi přírodopis-chemie a přírodopis-fyzika ve třetím ročníku studia (Obr. 7).



**Obr. 7. Analýza odpovědí na otázku č. 5 studentského dotazníku (n = 38).**

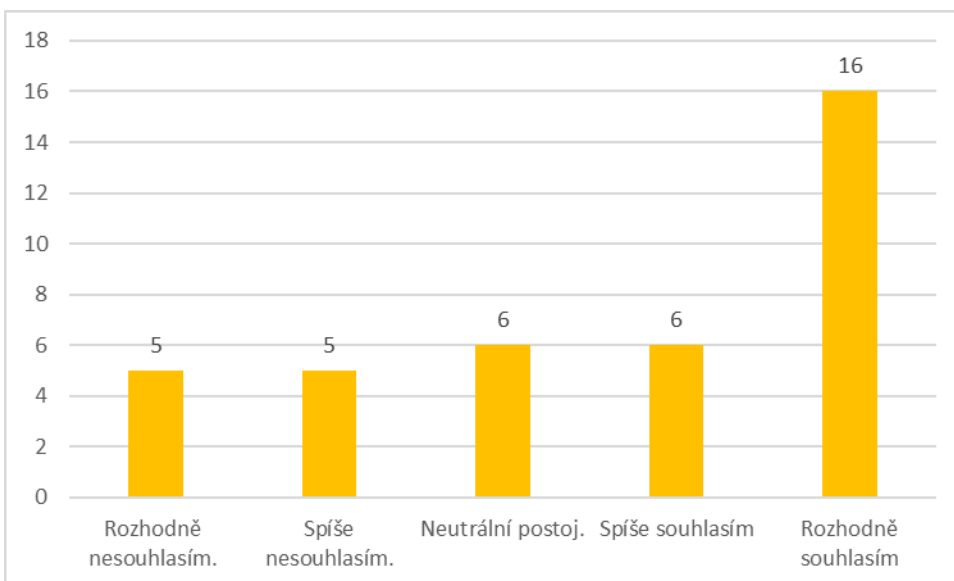
Otázka č. 6 zněla: „U jakého ekotypu lesa bude probíhat pomalejší asimilace oxidu uhličitého?“, a měla za úkol zjistit, zda si respondenti uvědomují, jaké faktory mohou ovlivnit probíhající fotosyntézu, a tím i asimilaci oxidu uhličitého z atmosféry. Respondenti měli na výběr ze tří odpovědí, z čehož jen jedna byla správně. Správná odpověď v tomto případě byla boreální les, jelikož jeho růst je výrazně ovlivněn nižšími teplotami a menším množstvím dopadajícího záření. Správnou odpověď určilo celkem 17 respondentů z řad třetího a čtvrtého ročníku studia s aprobacemi přírodopis-fyzika a přírodopis-anglický jazyk (Obr. 8). 17 respondentů uvádí, že pomalejší asimilace oxidu uhličitého z atmosféry bude probíhat u lesů temperátních. Ačkoliv je jejich celková rozloha menší než u lesů boreálních, asimilace bude v tomto ekotypu probíhat rychleji, jelikož jsou zde obvykle vyšší teploty a větší množství dopadajícího slunečního záření. Jen 4 respondenti za svou odpověď určili tropický les.





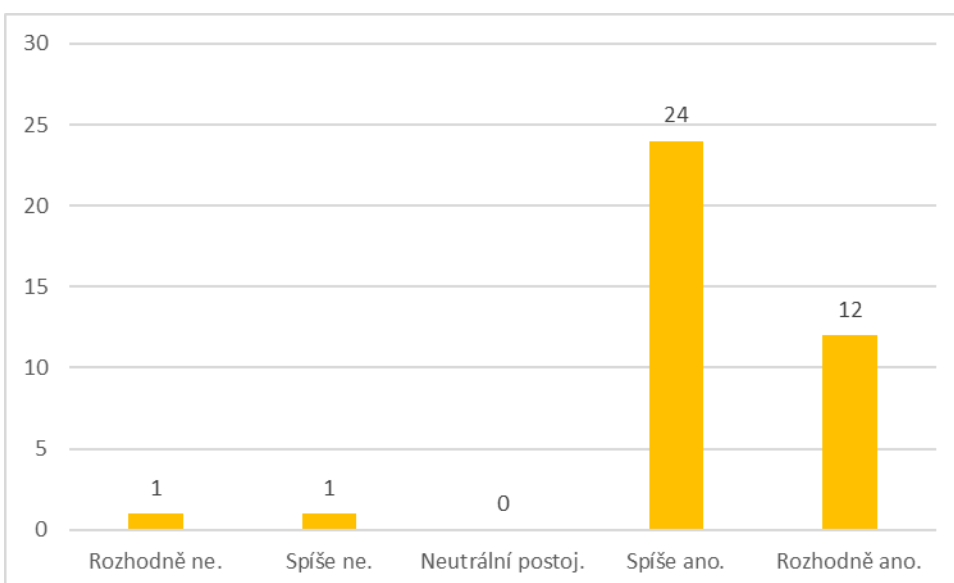
**Obr. 8. Analýza odpovědí na otázku č. 6 studentského dotazníku (n = 38).**

Otázka č. 7 se ptala, zda studenti učitelství přírodopisu „aktivně vyhledávají informace týkající se role vegetace v životním prostředí člověka v době klimatické změny, aby je následně začlenili do své budoucí výuky, a tím by přinesli nový pohled na tuto problematiku“. Respondenti měli vybrat svoji míru souhlasu s tímto předloženým tvrzením. Celkem 16 respondentů uvádí, že s tímto tvrzením rozhodně souhlasí, „protože je dobré být v obraze, až nastoupím jako učitel/ka přírodopisu“. Na druhou stranu 5 respondentů z řad prvního ročníku s tímto tvrzením rozhodně nesouhlasí. Někteří dokonce komentují se zajímavými dodatky: „jsem v prvním ročníku studia, na tyto věci mám ještě dost času“ a „rozhodně si nemyslím, že přinášení nového pohledu ohledně této problematiky u dětí změní jejich názor, který už je tak ovlivněný médii“ (Obr. 9).



**Obr. 9. Analýza odpovědí na otázku č. 7 studentského dotazníku (n = 38).**

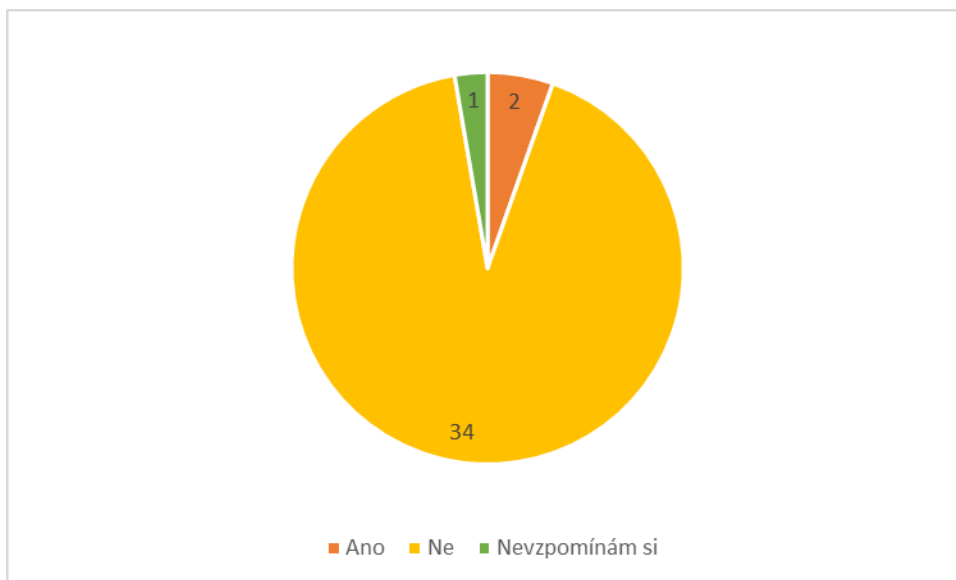
Otázka č. 8 měla takovéto znění: „*Myslíte si, že když se problematice vztahů vegetace a atmosféry bude věnovat dostatek času již na základní škole, můžeme dosáhnout zlepšení enviromentální gramotnosti žáků?*“. Naprostá většina uvádí odpověď spíše ano s největším zastoupením respondentů z druhého ročníku. 12 respondentů z řad třetího a čtvrtého ročníku si stojí za tím, že rozhodně ano (Obr. 10).



**Obr. 10. Analýza odpovědí na otázku č. 8 studentského dotazníku (n = 38).**

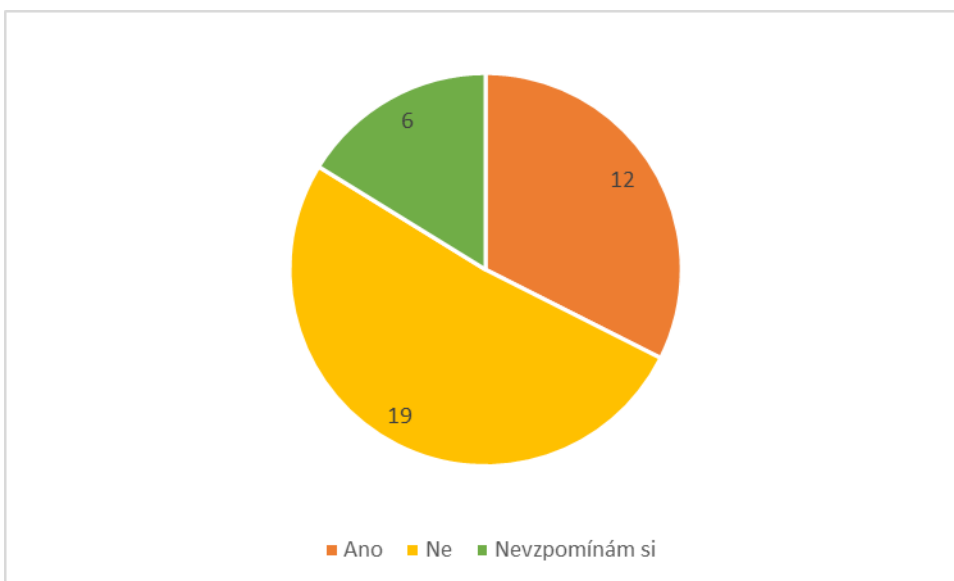
## 4.2 Učitelé přírodopisu s odbornou praxí

Otázka č. 1 se ptala učitelů na to, zda se již setkali s tvrzením „vegetace distribuuje sluneční záření, a tím napomáhá toku vody krajinou“. Naprostá většina uvádí, že se s tímto tvrzením doposud neseťkali. Jen 2 učitelé z celkového počtu 37 respondentů odpověděli, že ano (Obr. 11).



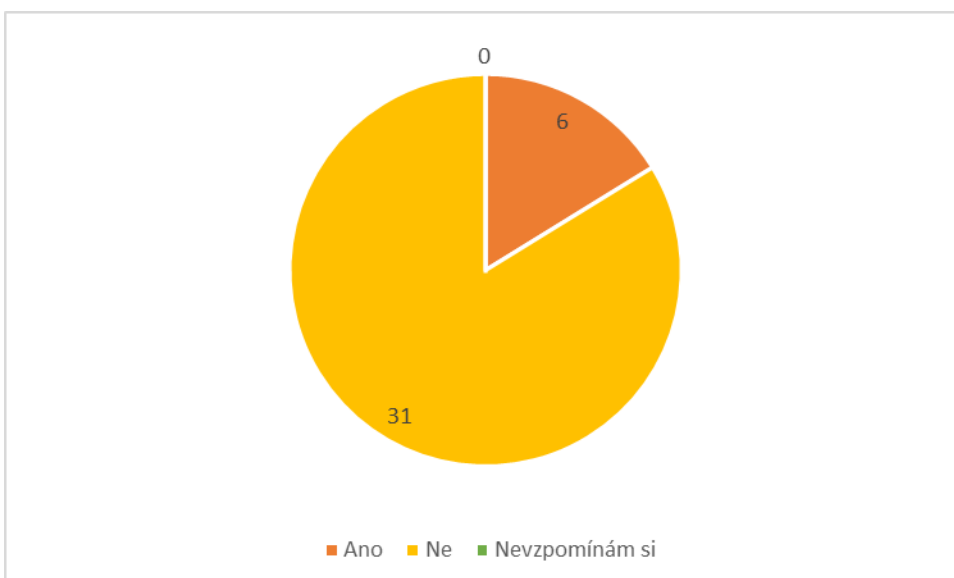
Obr. 11. Analýza odpovědí na otázku č. 1 učitelského dotazníku (n = 37).

U otázky č. 2 respondenti odpovídali na to, „zda se během svého studia na vysoké škole dozvěděli, že evapotranspirace napomáhá k utváření mikroklimatu dané oblasti“. Pouze 12 respondentů odpovědělo ano (Obr. 12), z toho 6 odpovídajících studovalo společně s přírodopisem chemii, 5 odpovídajících studovalo aprobaci přírodopis-matematika a 1 respondent na vysoké škole vystudoval aprobaci přírodopis-fyzika.



**Obr. 12. Analýza odpovědí na otázku č. 2 učitelského dotazníku (n = 37).**

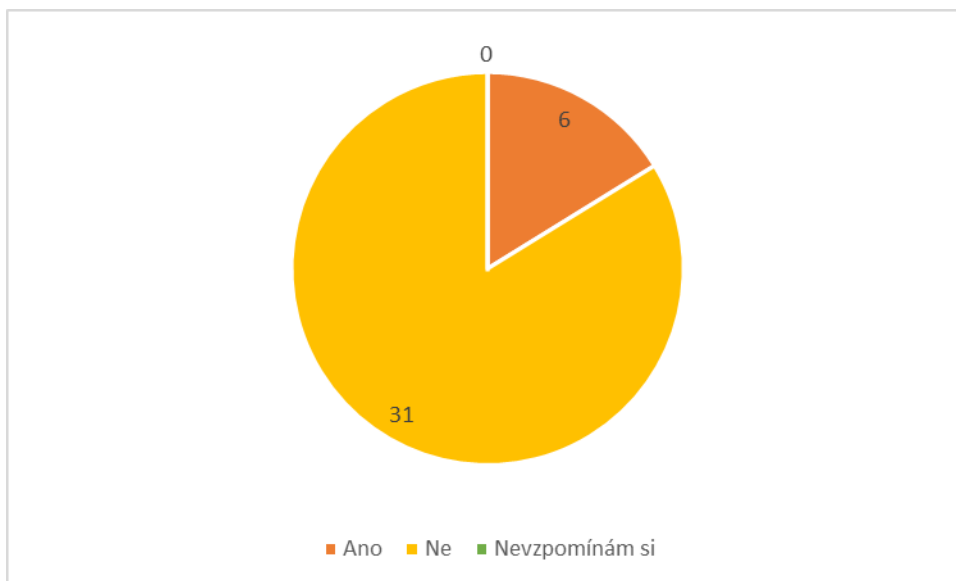
U otázky č. 3 měli respondenti uvést, „zda při probírání procesu fotosyntézy zdůrazňují, že tento rostlinný proces napomáhá snižování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře“. Jen 6 učitelů tento fakt ve svém vyučování zmiňuje (Obr. 13). Tito učitelé vyučují společně s přírodopisem matematiku a anglický jazyk. Jak sami uvádějí: „Raději to zmíníme, protože nevíme, zda se toto žáci dozví v jiných předmětech, například chemii, kde je fotosyntéza probírána více“.



**Obr. 13. Analýza odpovědí na otázku č. 3 učitelského dotazníku (n = 37).**

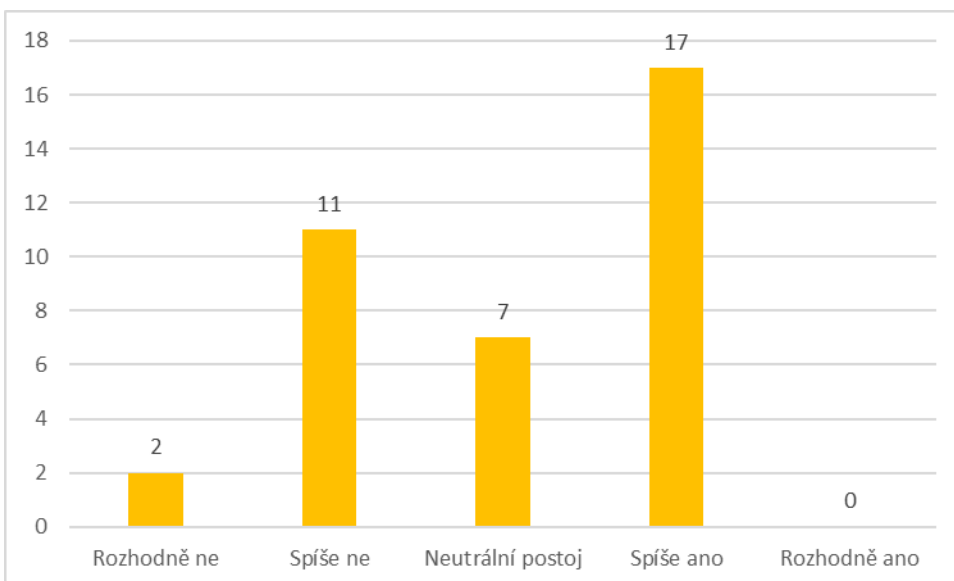
Otázka č. 4 měla podobné znění jako otázka předchozí: „Když s žáky probíráte vliv člověka na životní prostředí, zmiňujete důležitost zachování vegetace pro zadržení vody“.

v krajině, a tím i zachování stability určitého ekosystému?“. Ano v tomto případě odpovídá stejných 6 respondentů, kteří uvedli stejnou odpověď u předchozí otázky č. 3 (Obr. 14).



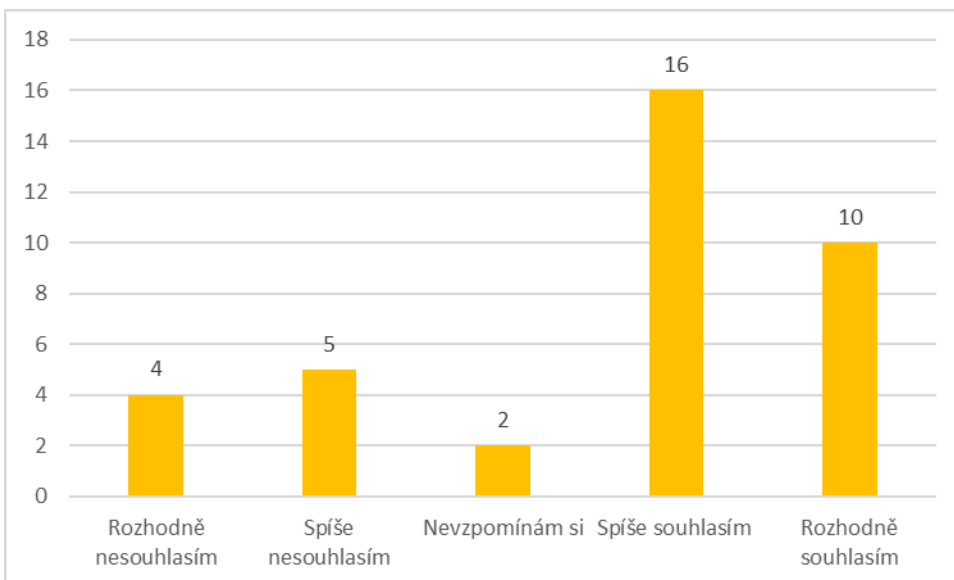
**Obr. 14. Analýza odpovědí na otázku č. 4 učitelského dotazníku (n = 37).**

Otázka č. 5 se učitelů dotazovala na to, „zda si myslí, že je téma role vegetace v životním prostředí člověka na základní škole probíráno dostatečně“. Učitelé, kteří si myslí, že rozhodně ne společně s přírodopisem vyučují předměty matematika a fyzika. Spíše ne zvolili učitelé s aprobacemi matematika, anglický jazyk a fyzika. Nejvíce respondentů si myslí, že téma role vegetace v životním prostředí člověka je na základní škole probíráno dostatečně, „v rámci mezí“. Mezi těmito respondenty se nejvíce vyskytují učitelé s aprobací přírodopis-chemie. (Obr. 15).



**Obr. 15. Analýza odpovědí na otázku č. 5 učitelského dotazníku (n = 37).**

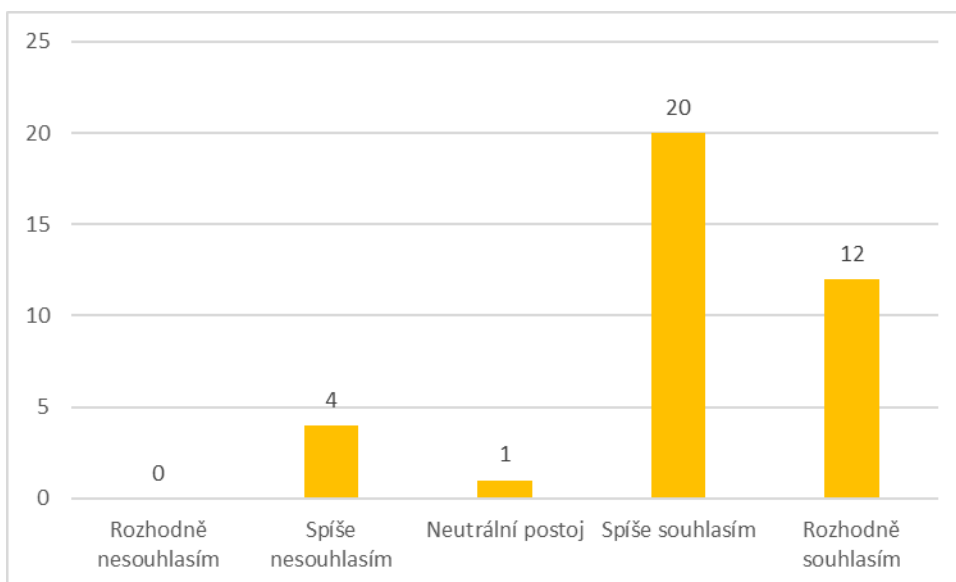
U otázky č. 6 měli respondenti vybrat svoji míru souhlasu s následujícím tvrzením: „*Téma ekologie (zvláště pak kapitola o vlivu člověka na životní prostředí ve smyslu znečišťování) je na základní škole řazeno do 2. pololetí 9. ročníku výuky přírodopisu, avšak během mé praxe se párkrát stalo, že jsme toto téma nestihli dostatečně probrat*“. Většina respondentů se přiklání k tomu, že toto téma se v hodinách přírodopisu nestíhá řádně prodiskutovat v důsledku různých školních akcí a výletů (Obr. 16).



**Obr. 16. Analýza odpovědí na otázku č. 6 učitelského dotazníku (n = 37).**

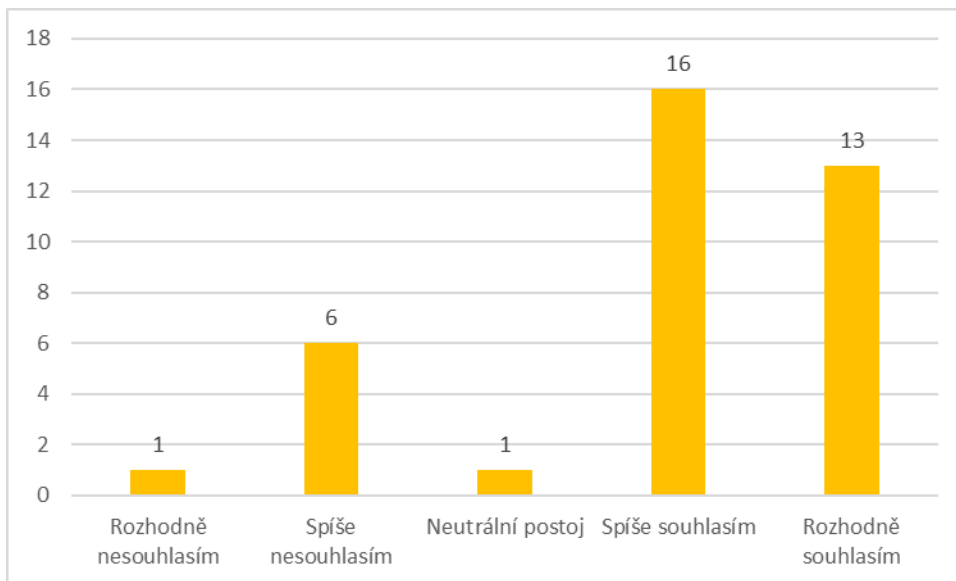
Otázka č. 7 byla taktéž konstruována, aby odpovídající vyjádřili svoji míru souhlasu s tímto tvrzením: „*Mimoškolní vzdělávání hraje důležitou roli ve výuce ekologie a role*

*vegetace v životním prostředí člověka*“. Jak můžeme vidět na grafu vyobrazeném na obrázku č. 17, většina učitelů se přiklání k souhlasu, avšak 4 respondenti s aprobací přírodopis-chemie uvádí, že s tímto tvrzením spíše nesouhlasí. Jeden z nich dodatečně uvádí: „*ekologická centra dětem předkládají zkreslené informace, a ty žáky akorát matou*“.



**Obr. 17. Analýza odpovědí na otázku č. 7 učitelského dotazníku (n = 37).**

Ani otázka č. 8 se od předchozích dvou neliší. Celkové znění této otázky bylo: „*Téma role vegetace v krajině a její interakce s atmosférou v době klimatické změny by bylo dobré zařadit do výuky jako jeden výukový celek, aby si žáci uvědomili, jakým způsobem nám vegetační kryt pomáhá zmírnit klimatické změny. Vyjádřete svoji míru souhlasu s tímto tvrzením*“. Na obrázku č. 18 můžeme vidět, že většina učitelů se přiklání k souhlasu, ale i u této otázky najdeme učitele, kteří nesouhlasí. Nesouhlas s tímto tvrzením vyjádřili učitelé vyučující přírodopis a matematiku bez dalšího vysvětlení.



**Obr. 18. Analýza odpovědí na otázku č. 8 učitelského dotazníku (n = 37).**



## 5 Diskuze

Dotazník vytvořený pro studenty učitelství přírodopisu přinesl zajímavé výsledky. Původní předpoklad byl, že studenti z třetího a čtvrtého ročníku budou s problematikou interakcí mezi vegetací a atmosférou více obeznámeni, než studenti z prvního a druhého ročníku. Dalším zásadním kritériem pro hodnocení tohoto dotazníku byly studované aprobace studentů, kdy se předpokládalo, že studenti, kteří studují společně s přírodopisem chemii, fyziku a zeměpis budou mít k tomuto tématu blíže, než studenti studující matematiku a anglický jazyk. U otázky č. 1 měli studenti odpovědět, zda se problematice interakcí mezi vegetací a atmosférou věnovali již na základní škole. Většina respondentů uvedla, že ne. Nicméně tuto odpověď respondenti nejspíše uvedli, protože neví, jaké rostlinné funkce a děje se s touto tematikou pojí. Další otázka se ptala studentů na to, zda se setkali s tvrzením ohledně rostlin jako distributory slunečního záření. Respondenti, kteří se s tímto tvrzením setkali jsou dle předpokladu z třetího a čtvrtého ročníku studia. Do dotazníku byly zařazeny taktéž uzavřené znalostní otázky, kde měli studenti vybrat správnou odpověď z předepsaných variant. Otázka č. 3 se týkala přírodně vzniklých terpenů a byla do dotazníku zařazena v důsledku toho, že koncentrace těchto uhlovodíkových látek v atmosféře stále převyšuje nad koncentrací uhlovodíků vzniklých antropogenní činností (Večeřa, 2001), a proto bychom měli vědět, jakým způsobem terpeny ovlivňují chemismus atmosféry, pokud se smísí s emisemi antropogenními. V tomto případě správnou odpověď zvolili respondenti z řad třetích a čtvrtých ročníků s aprobací přírodopis-chemie. Tak jako bychom měli znát účinky přírodně vzniklých terpenů na atmosféru, taktéž bychom měli znát složení kyselých dešťů, které v 70. a 80. letech likvidovaly lesní porosty Krkonoš a Krušných hor. Během dotazování si vedli hůře studenti, kteří společně s přírodopisem studují matematiku nebo anglický jazyk. Nicméně, větší pozornost bychom měli věnovat otázce týkající se účinků zvýšené koncentrace oxidu uhličitého na rostliny. Tato otázka byla do dotazníku zařazena na základě studie Švandové (2004), kde se autorka snažila nastítnit mylné představy studentů o fyziologii rostlin, zvláště pak o fotosyntéze a dýchání. Studenti většinou znají jednotlivé poznatky ohledně těchto procesů, avšak nejsou je nadále schopni spojit a chápat je jako jeden celek. To se potvrdilo i při vyhodnocování odpovědí na tuto otázku v této studii. Jen 15 odpovídajících (39 %) z celkového počtu 38 respondentů si dokázalo dát veškeré souvislosti dohromady.

Čekal (2012), který se dotazoval žáků základních škol, „zda má nějaký vliv zvýšená koncentrace oxidu uhličitého na rostliny“, uvádí, že správně odpovědělo jen 35 % dotazovaných žáků. Na základě těchto víceméně shodných výsledků mezi studenty základní a vysoké školy můžeme konstatovat, že pokud dojde k vytvoření mylné představy již na základní škole, je dost možné, že si tyto představy studenti přenesou i do svého dalšího studia. Neschopnost spojit si izolované poznatky ohledně fotosyntézy a asimilace oxidu uhličitého rostlinami jsme si mohli taktéž ověřit v otázce, která se studentů ptala na to, v jakém ekotypu lesa bude probíhat asimilace zmíněného oxidu uhličitého pomaleji. Zde si studenti vedli o trochu lépe. 17 respondentů správně uvádí, že asimilace bude probíhat pomaleji v ekotypu lesa boreálního, kde jsou zpravidla nižší teploty a menší množství dopadajícího záření. Otázka č. 7 se dotazovala studentů na to, zda se aktivně zajímají o téma role vegetace v životním prostředí člověka, a zda hodlají přinést nové poznatky ohledně tohoto tématu do své budoucí učitelské praxe. Neuspokojivé odpovědi uvedli studenti prvního ročníku, kdy dodatečně komentují: „rozhodně si nemyslím, že přinášení nového pohledu ohledně této problematiky u dětí změní jejich názor, který už je tak ovlivněný médii“. Právě díky médiím může u žáků docházet k utkvělým představám a je práce učitele, aby tyto utkvělé představy popíral. Poslední otázka v dotazníku určeném pro studenty učitelství přírodopisu byla, zda si myslí, že pokud bychom s žáky podrobně probírali problematiku vztahů mezi vegetací a atmosférou již na základní škole, dosáhli bychom zlepšení jejich enviromentální gramotnosti. Naprostá většina respondentů se přiklání k souhlasu. Matějček a Bartoš (2012) provedli sondu enviromentální gramotnosti učitelů a studentů učitelství se znepokojivými výsledky. Značná část respondentů měla zkreslené představy o vlivu lidských aktivit na životní prostředí. Respondenti zjednodušovali dopady lidské činnosti na přírodu a nebyli schopni si uvědomit širší souvislosti. Právě proto bychom měli studentům základních škol osvětlit, jak důležitou roli hraje vegetace v našem životním prostředí v období klimatické změny, aby žáci pochopili, že rostliny jsou důležité nejenom kvůli jejich odpadnímu produktu fotosyntézy kyslíku, ale i pro zmírňování klimatických změn a globálního oteplování v širších souvislostech.

Jak již bylo zmíněno výše, původní předpoklad byl, že studenti třetích a čtvrtých ročníků budou s tímto tématem lépe obeznámeni. Zároveň se předpokládalo, že studenti, kteří společně s přírodopisem studují chemii, fyziku a zeměpis budou blíže k danému

tématu interakcí mezi vegetací a atmosférou než studenti, kteří společně s přírodopisem studují matematiku, anglický jazyk a společenské vědy. Z dotazníkového šetření vyplynulo, že studenti z řad třetích a čtvrtých ročníku jsou s tímto tématem lépe obeznámeni a zároveň vyplynulo, že studenti s aprobacemi přírodopis – chemie, fyzika, zeměpis mají blíže k danému tématu interakcí mezi vegetací a atmosférou, nežli studenti s aprobacemi přírodopis – matematika, anglický jazyk, společenské vědy. Nicméně vzorek respondentů byl malý a tyto zjištěná fakta mají orientačně výpovědní hodnotu, kdy nemůžeme s jistotou říci, že původní hypotézy byly řádně ověřeny či vyvráceny.

Mimo dotazník určený pro studenty učitelství přírodopisu byl pro účel této bakalářské práce vyhotoven taktéž dotazník určený pro učitele přírodopisu na základní škole, abychom získali širší pohled na výuku tématu role vegetace v životním prostředí člověka a jejích interakcí s atmosférou v období klimatické změny. První otázka se učitelů ptala na to, zda se setkali s tvrzením, že rostliny distribuují sluneční záření, a tím napomáhají toku vody krajinou. Jen 2 respondenti z celkového počtu 37 dotazovaných odpovědělo, že ano. Následující otázka byla zkonstruována podobně. Učitelů se ptala na to, zda se během studia na vysoké škole dozvěděli to, že evapotranspirace napomáhá k utváření mikroklimatu dané oblasti. Respondenti, kteří uvedli, že ano, na vysoké škole vystudovali aprobace přírodopis-chemie, matematika a fyzika. Tyto dvě otázky byly do dotazníku zařazeny proto, abychom mohli porovnat výsledky odpovědí získaných od učitelů, tak i od studentů učitelství (v dotazníku určeném pro studenty učitelství byly tyto dvě otázky zformulovány jen do jedné). U studentů a učitelů, kteří jsou si vědomi, že rostliny distribuují sluneční záření, kdy tuto energii následně využívají na evapotranspiraci, a tímto procesem napomáhají k utváření mikroklimatu dané oblasti, se vyskytuje podobnost u studovaných či vystudovaných aprobací. Studenti, kteří jsou si tohoto vědomi studují společně s přírodopisem chemii, fyziku a zeměpis. Učitelé, kteří na tyto dvě otázky odpověděli, že ano, vystudovali společně s přírodopisem chemii, fyziku a matematiku. Výsledky těchto dvou otázek můžeme porovnat se studií Hotařové (2019), která taktéž provedla sondu mezi učiteli přírodopisu na téma distribuce slunečního záření a toku vody krajinou. Došla k závěru, že je toto téma ve výuce zanedbané, a proto bychom tomuto tématu měli věnovat větší pozornost, což se prokázalo i v analýze výsledků studie obsažené v této práci.

Otázka č. 3 se tázala respondentů na to, zda při probírání procesu fotosyntézy zdůrazňují, že tento rostlinný proces napomáhá ke snížení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Tento důležitý fakt zmiňuje ve své výuce jen 6 dotazovaných učitelů, jelikož společně s přírodopisem vyučují matematiku nebo anglický jazyk. Sami uvádějí důvod proč: „Když už nějaké téma probíráme, tak komplexně, jelikož nemáme šanci tuto látku probírat v našich druhých vyučovaných předmětech, na rozdíl od chemikářů a podobně“. Tito respondenti použili stejné vysvětlení i u následující otázky, kdy byli tázáni, zda při své výuce zmiňují důležitost zachování vegetace, kvůli zadržování vody v krajině a zachování stability ekosystému. Původní předpoklad byl, že tento fakt budou spíše zmiňovat učitelé při výuce chemie, nikoliv kantoři vyučující angličtinu nebo matematiku. U otázky č. 5, kdy měli respondenti odpovědět na to, zda si myslí, že je téma role vegetace v životním prostředí člověka probíráno dostatečně, se odpovědi učitelů rozcházejí. Učitelé vyučující přírodopis společně s matematikou, anglickým jazykem a fyzikou si myslí, že ne, na rozdíl od učitelů vyučující přírodopis a chemii, kteří uvádějí, že je toto téma probíráno dostatečně „v rámci mezí“. U otázky č. 6 měli respondenti vyjádřit svoji míru souhlasu s následujícím tvrzením: „Téma ekologie (zvláště pak kapitola o vlivu člověka na životní prostředí) je na základní škole řazeno do 2. pololetí 9. ročníku výuky přírodopisu, avšak během mé praxe se párkrát stalo, že jsme toto téma nestihli dostatečně probrat“. Tato otázka přinesla znepokojivé výsledky. Naprostá většina respondentů se přiklání k souhlasu. Při probírání tohoto tématu si mají žáci ucelit již získané poznatky z jiných předmětů, a pokud k tomu nedojde, může se stát, že se u žáků naskytnou různé miskoncepce, které si sebou ponесou do dalšího studia. Otázka č. 7 měla za cíl zjistit, zda si učitelé myslí, že mimoškolní vzdělávání hraje důležitou roli ve výuce ekologie a role vegetace v životním prostředí člověka. Analýza odpovědí na tuto otázku přinesla zajímavé výsledky. Ačkoliv skoro všichni z dotazovaných souhlasí, mezi respondenty se vyskytli 4 učitelé s aprobační přírodopis-chemie, kteří uvádějí, že „ekologické kroužky a centra děti akorát matou“. Zde je nutno uvést, že tito 4 učitelé mají délku praxe více než 15 let, a proto bychom tuto odpověď neměli brát na lehkou váhu. Poslední otázka v dotazníku se učitelů ptala na to, zda by bylo dobré zařadit do výuky téma role vegetace v krajině a její interakce s atmosférou v době klimatické změny jako jeden výukový celek, aby si žáci uvědomili, jakým způsobem nám vegetační kryt pomáhá zmírnit klimatické změny. Většina dotazovaných opět souhlasí. Znovu si můžeme poukázat na studii Švandové

(2004), kde autorka uvádí, že studenti většinou potřebné informace znají, avšak nejsou je schopni spojit v jeden celek, a proto by bylo dobré jim tyto informace již v jednom celku předložit.

Pro další průzkum by bylo dobré lépe formulovat znění otázek, které byly obsažené v dotaznících. Například u dotazníku určeného pro učitele přírodopisu, kdy byli učitelé tázáni, zda se setkali s tvrzením ohledně distribuce slunečního záření a evapotranspirace. Počet respondentů, kteří se s těmito tvrzeními setkali byl malý, možná v důsledku nepřesné formulace otázek.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit úroveň znalostí učitelů i studentů učitelství přírodopisu a jejich názory na výuku tématu vzájemných vztahů mezi vegetačním krytem a atmosférou v období globální klimatické změny v praxi na základní škole.

Z výsledků dotazníkového šetření mezi studenty učitelství vyplynulo, že více znalostmi ohledně tohoto tématu oplývají studenti z řad třetího a čtvrtého ročníku studia s aprobacemi přírodopis-chemie a přírodopis-fyzika než studenti, kteří společně s přírodopisem studují matematiku nebo anglický jazyk, což je celkem logické. Avšak fakt, že většina studentů uvedlo, že se nikdy nesetkali s tématem distribuce slunečního záření a transpirací jakožto nástrojem utváření mikroklimatu dané oblasti je pro mě znepokojivý. Stejně tak, že si nebyli schopni dát do souvislosti proces fotosyntézy a asimilace atmosférického oxidu uhličitého. Dotazníkové šetření provedené mezi učiteli přírodopisu poukázalo na zajímavý fakt. Většina dotazovaných při svém vyučování nezmiňují důležitost vegetace, ve smyslu zadržování vody v krajině a snižování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Tak jako u studentů učitelství, ani učitelé se nesetkali s tématem distribuce slunečního záření a transpirací jakožto nástrojem pro utváření mikroklimatu dané oblasti.

Na základě těchto zjištění byla navržena výuková jednotka (viz Příloha 3), týkající se distribuce solárního záření a toku vody krajinou, která může být využita v mimoškolní výuce na úrovni základních škol. Tato jednotka má sloužit jako rozšíření učiva fyziologie a morfologie rostlin, kdy se žáci dozvídají o procesech fotosyntézy a respirace a o orgánech, které se v těchto procesech uplatňují. Přičemž snadněji pochopitelný proces transpirace je jen okrajově zmíněn v učivu o stavbě listů rostliny.

## 7 Použité zdroje

Arduini, I., Godbold, D. L., & Onnis, A. (1995). Influence of copper on root – growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* ait seedling. *Tree Physiology*, 15 (6), 411–415.

Bader, M. K. F., Siegwolf, R., & Körner, C. (2010). Sustained enhancement of photosynthesis in mature deciduous forest trees after 8 years of free air CO<sub>2</sub> enrichment. *Planta*, 232, 1115–1125.

Baryla, A., et al. (2001). Leaf chlorosis in oilseed rape plants (*Brassica napus*) grown on cadmium-polluted soil: causes and consequences for photosynthesis and growth. *Planta*, 212 (5–6), 696–709.

Beckett, K. P., Smith, P. H., & Taylor, G. (2000). Effective tree species for local air quality management. *Arboricultural Journal*, 26(1), 12–19.

Bell, J. N. B., & Treshow, M. (2003). Air pollution and plant life. 2. vyd. John Willey & Sons Limited, Chichester, 480 s. ISBN: 978-0-471-49091-3.

Braniš, M. (2004). Základy ekologie a ochrany životního prostředí. Informatorium, Praha, 203 s. ISBN 80-7333-024-5.

Čekal, T. (2012). Tématika vztahů mezi rostlinami a atmosférou v aktuální výuce přírodopisu na 2.stupni ZŠ (bakalářská práce). PF JU v Českých Budějovicích, České Budějovice, 47 s.

Drake, B. G., Gonzales-Meler, M. A., & Long, S. P. (1997). More efficient plants: A consequence of rising atmospheric CO<sub>2</sub>. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48, 609–639.

Farmer, A. (1997). Managing Enviromental Pollution. Routledge, London, 281 s.

Hall, J. L. (2002). Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1–11.

Holoubek, I. (2005). Troposférická chemie. Masarykova univerzita, Brno, 159 s. ISBN 80-210-3656-7.

Hotařová, N. (2019). Postoje učitelů přírodopisu k výuce tématu role vegetace v distribuci sluneční energie a udržení vody v krajině (bakalářská práce). PF JU v Českých Budějovicích, České Budějovice, 51 s.

Hůnová, I. (2004). Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší. Karolinum, Praha, 144 s. ISBN 80-246-0796-4.

Idso, S. B., & Kimball, B. A. (1992). Effects of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on photosynthesis, respiration, and growth of sour orange trees. *Plant Physiology*, 99(1), 341–343.

Jackson, R. B., et al. (2008). Protecting Climate with forests. *Environmental Research Letters*, 3, 044006.

Kesselmeier, J., & Staudt, M. (1999). Biogenic Volatile Organic Compounds (VOC): An Overview on Emission, Physiology and Ecology. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 33(1), 23-88.

Körner, C. (2006). Plant CO<sub>2</sub> responses: an issue of definition, time and resource supply. *New Phytologist*, 172, 393-411.

Kovář, L. (2003). Hrozí člověku katastrofy? Rubico, Olomouc, 176 s. ISBN 80-85839-92-X.

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., & Tóth, E. (2007). Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Krupa Print, Žilina. 96 s. ISBN 8096976652.

Krpeš, V. (2006). Fyziologie rostlin. Dostupné z: <https://adoc.pub/ekofyziologie-rostlin-vaclav-krpe.html>, 43 s.

Larcher, W. (1988). Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha, 361 s. ISBN: 978-0-471-49091-3.

Le Quéré, C., et al. (2018). Global carbon budget 2017. *Earth System Science Data*, 10, 405–448.



- Loreto, F., & Velikova, V. (2001). Isoprene Produced by Leaves Protects the Photosynthetic Apparatus against Ozone Damage, Quenches Ozone Products, and Reduces Lipid Peroxidation of Cellular Membranes. *Plant Physiology*, 127(4), 1781–1787.
- Marek, M. V., et al. (2011). Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu. Academia, Praha, 256 s. ISBN 978-80-200-1876-2
- Marek, M. V., Šprtová, M., & Kalina, J. (1997). The photosynthetic irradiance-response of Norway spruce exposed to a long-term elevation of CO<sub>2</sub> concentration. *Photosynthetica*, 33, 259–268.
- Matějček, T., & Bartoš, J. (2012). Environmental literacy of teachers and student of pedagogy. *Envigogika*, 7(2), 10–12.
- Moldan, B. (1983). Koloběh látek v přírodě. Academia, Praha, 171 s.
- MŠMT (2017): Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání [online]. Praha. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/file/4986/>.
- Nátr, L. (2000). Koncentrace CO<sub>2</sub> a rostliny. ISV Nakladatelství, Praha. 257 s. ISBN 80-85866-62-5
- Nolčová, L. (2016). Bádáme v kroužku ekologie. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29359/1/Badame%20v%20krouzku%20ekologie.pdf>
- Pan, Y., et al. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333 (6045), 988–993.
- Pavlová, L. (2005). Fyziologie rostlin. Karolinium, Praha, 254 s. ISBN 80-246-0985-1.
- Pokorný, J. (2011). Úloha vegetace a vody v utváření klimatu. *Geografické rozhledy*, 21 (2), 28–29.
- Pokorný, J., Hesslerová, P., Jirka, V., Hurana, H., & Seják, J. (2018). Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Urbanismus a územní rozvoj*, 21 (1), 26–37.

- Procházka, S. (1998). Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 421 s. ISBN 80-200-0586-2.
- Procházka, S., Šebánek, J., Sladký, Z., & Repka J. (1994). Morfologie a fyziologie rostlin. Vysoká škola zemědělská, Brno, 222 s.
- Pokorný, J. (2001). Dissipation of solar energy in landscape – controlled by management of water and vegetation. *Renewable Energy*, 24, 641–645.
- Rozsypal, S. (2003). Nový přehled biologie. Scientia, Praha, 824 s. ISBN 978-80-86960-23-4.
- Ryplová, R., et. al (2021). Metodika výuky k tématu Sluneční energie – voda v krajině – vegetace pro VŠ studenty učitelství přírodopisu pro ZŠ a učitele z praxe. ENKI, o.p.s, Třeboň. 52 s. ISBN: 978-80-905483-8-1
- Schutzendubel, A., & Polle, A. (2002). Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of Experimental Botany*, 53 (372), 1351–1365.
- Schwartz, C., Gerard, E., Perronet, K., & Morel, J. L. (2001). Measurement of in situ phytoextraction of zinc by spontaneous metallophytes growing on a former smelter site. *Science of the Total Environment*, 279(1-3), 215–221.
- Silver, Gary, M., & Ray, F. (1995). Characterization of Aspen Isoprene Synthase, an Enzyme Responsible for Leaf Isoprene Emission to the Atmosphere. *Journal of Biological Chemistry*, 270(22), 13010–13016.
- Šarapatka, B. (2010). Agroekologie, východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bionstitiut, Olomouc, 440 s. ISBN 978-80-8731-10-7.
- Švandová, K. (2013). Prekoncepty a miskoncepty v přírodovědném vzdělávání: možnosti zkoumání pomocí dvouúrovňových testů. In: T. Janík, K. Pešková, et al. (eds.) Školní vzdělávání: od podmínek k výsledkům. Pedagogický výzkum v teorii a praxi, svazek 33. 1. vyd. Masarykova univerzita, Brno, 171-186 s. ISBN 978-80-210-6677-9.
- Vanaja, M., Yadav, S. K., Archana, G., Jyothi Lakshmi, N., Ram Reddy, P. R., Vagheera, P., Abdul Razak, S. K., Maheswari, M., & Venkateswarlu, B. (2011). Response of C4 (maize)

and C3 (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration. *Plant Soil and Environment*, 57 (5), 207–215.

Večeřa, Z. (2001). Isoprenoidy v atmosféře. *Chemické Listy*, 95, 157–162.

Ziegler, V. (2003). Ekosystémy a výchova. Univerzita Karlova, Praha. 251 s. ISBN 80-7290-119-2.

## 8 Seznam obrázků

Obr. 1. Uhlíkový propad v různých lesních ekotypech.....	6
Obr. 2. Porovnání toku energie a vody mezi odvodněnou a vodou dobře zásobenou vegetací.....	10
Obr. 3. Analýza odpovědí na otázku č.1 studentského dotazníku (n = 38).....	22
Obr. 4. Analýza odpovědí na otázku č.2 studentského dotazníku (n = 38).....	23
Obr. 5. Analýza odpovědí na otázku č. 3 studentského dotazníku (n = 38).....	24
Obr. 6. Analýza odpovědí na otázku č. 4 studentského dotazníku (n = 38).....	24
Obr. 7. Analýza odpovědí na otázku č. 5 studentského dotazníku (n = 38).....	25
Obr. 8. Analýza odpovědí na otázku č. 6 studentského dotazníku (n = 38).....	26
Obr. 9. Analýza odpovědí na otázku č. 7 studentského dotazníku (n = 38).....	27
Obr. 10. Analýza odpovědí na otázku č. 8 studentského dotazníku (n = 38).....	27
Obr. 11. Analýza odpovědí na otázku č. 1 učitelského dotazníku (n = 37).....	28
Obr. 12. Analýza odpovědí na otázku č. 2 učitelského dotazníku (n = 37).....	29
Obr. 13. Analýza odpovědí na otázku č. 3 učitelského dotazníku (n = 37).....	29
Obr. 14. Analýza odpovědí na otázku č. 4 učitelského dotazníku (n = 37).....	30
Obr. 15. Analýza odpovědí na otázku č. 5 učitelského dotazníku (n = 37).....	31
Obr. 16. Analýza odpovědí na otázku č. 6 učitelského dotazníku (n = 37).....	31
Obr. 17. Analýza odpovědí na otázku č. 7 učitelského dotazníku (n = 37).....	32
Obr. 18. Analýza odpovědí na otázku č. 8 učitelského dotazníku (n = 37).....	33

## 9 Seznam tabulek

Tabulka 1. Demografické údaje dotazovaných studentů učitelství na pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích..... 19

Tabulka 2. Demografické údaje o dotazovaných učitelích základních škol s odbornou praxí.  
..... 20

## 10 Přílohy

### *10.1 Seznam příloh*

Příloha 1. Dotazník pro studenty učitelství přírodopisu.

Příloha 2. Dotazník pro učitele přírodopisu.

Příloha 3. Koloběh vody v přírodě – transpirace – návrh výukové jednotky

## Příloha 1. Dotazník pro studenty učitelství přírodopisu.

### Studenti

Pohlaví:

Aprobace:

Ročník:

Otázka č. 1: Vzpomínáte si, jestli jste se věnovali problematice interakcí vegetace-atmosféra ve Vašem předešlém studiu na základní škole?

- A) Ano.
- B) Ne.
- C) Nevzpomínám si.

Otázka č. 2: Během svého studia, jsem se již setkal/a s tvrzením, že rostliny distribuují sluneční záření, které využívají na proces transpirace, kterou napomáhají k utváření mikroklimatu dané oblasti.

- A) Ano.
- B) Ne.
- C) Nevzpomínám si.

Otázka č. 3: Jaké účinky mají přírodně vzniklé terpeny na atmosféru?

- A) Vytlačují z atmosféry antropogenní emise.
- B) Společně s oxidy dusíku a slunečním zářením vytváří troposférický ozón.
- C) Pomáhají zvyšovat kvalitu ovzduší v dané oblasti.
- D) Žádné zvláštní účinky nemají.

Otázka č. 4: Které oxidy jsou základní složkou kyselých dešťů?

- A) Oxidy dusíku a oxid siřičitý
- B) Oxid siřičitý a oxid uhličitý
- C) Oxidy dusíku a oxid uhličitý
- D) Oxid uhličitý a oxid uhelnatý

Otázka č. 5: U jakého ekotypu lesa bude docházet k pomalejší asimilaci uhlíku?

- A) Boreální les
- B) Temperátní les

C) Tropický les

Otázka č. 6: U rostlin můžeme pozorovat i pozitivní vliv vyšší koncentrace CO<sub>2</sub>. Jaký?

- A) Nižší růst biomasy, a tím nižší spotřeba energie, která by byla vynaložena na její tvorbu.
- B) Vyšší růst biomasy a její alokace v důsledku vyrovnávání jiných stresových faktorů.**
- C) Inhibice růstu listů a průduchů v nich obsažených, a tím nižší ztráty vody rostlinou.
- D) Zpomalení růstu celé rostliny, a tím i nižší ztráty energie a vody.

Otázka č. 7: Aktivně se snažím vyhledávat informace ohledně role vegetace v životním prostředí v době klimatické změny, abych je následně začlenil/a do svého budoucího vyučování, a tím bych přinesl/a nový pohled na tuto problematiku. Vyjádřete svoji míru souhlasu s tímto tvrzením.

- A) Rozhodně nesouhlasím.
- B) Spíše nesouhlasím.
- C) Neutrální postoj.
- D) Spíše souhlasím.
- E) Rozhodně souhlasím.

Otázka č. 8: Myslíte si, že když se problematice vztahů vegetace a atmosféry bude věnovat dostatek času již na základní škole, můžeme dosáhnout zlepšení enviromentální gramotnosti žáků?

- A) Rozhodně ne.
- B) Spíše ne.
- C) Neutrální postoj.
- D) Spíše ano.
- E) Rozhodně ano.



## Příloha 2. Dotazník pro učitele přírodopisu.

Učitelé

Pohlaví:

Délka praxe:

Aprobace:

Otázka č. 1: Vegetace distribuuje sluneční záření, a tím napomáhá toku vody krajinou. Setkal/a jste se někdy s tímto tvrzením?

- A) Ano
- B) Ne
- C) Nevím

Otázka č. 2: Během svého studia na vysoké škole jsem se dozvěděl/a, že evapotranspirace napomáhá k vytváření mikroklimatu dané oblasti.

- A) Ano
- B) Ne
- C) Nevím

Otázka č. 3: Když s žáky probíráte proces fotosyntézy, zdůrazňujete, že tento rostlinný proces napomáhá snižování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře?

- A) Ano
- B) Ne
- C) Nevím

Otázka č. 4: Když s žáky probíráte vliv člověka na životní prostředí, zmiňujete důležitost zachování vegetace pro zadržení vody v krajině, a tím i zachování stability určitého ekosystému?

- A) Ano
- B) Ne
- C) Nevím

Otázka č. 5: Myslíte si, že je téma role vegetace v životním prostředí člověka na základní škole probíráno dostatečně?

- A) Rozhodně ne.

- B) Spíše ne.
- C) Nemohu soudit.
- D) Spíše ano.
- E) Rozhodně ano.

Otázka č. 6: Téma ekologie (zvláště pak kapitola o životním prostředí) je na základní škole řazeno do 2. pololetí 9. ročníku výuky přírodopisu, avšak během mé praxe se párkrát stalo, že jsme toto téma nestihli dostatečně probrat. Vyberte svoji míru souhlasu s tímto tvrzením.

- A) Rozhodně nesouhlasím.
- B) Spíše nesouhlasím.
- C) Nevzpomínám si.
- D) Spíše souhlasím.
- E) Rozhodně souhlasím.

Otázka č. 7: Mimoškolní vzdělávání hraje důležitou roli ve výuce ekologie a role vegetace v životním prostředí člověka. Vyberte svoji míru souhlasu s tímto tvrzením.

- A) Naprosto nesouhlasím.
- B) Spíše nesouhlasím.
- C) Neutrální postoj.
- D) Spíše souhlasím.
- E) Naprosto souhlasím.

Otázka č. 8: Téma role vegetace v krajině a její interakce s atmosférou v době klimatické změny by bylo dobré zařadit do výuky, aby si žáci uvědomili, jakým způsobem nám vegetační kryt pomáhá zmírnit klimatické změny. Vyberte svoji míru souhlasu s tímto tvrzením.

- A) Naprosto nesouhlasím.
- B) Spíše nesouhlasím.
- C) Neutrální postoj.
- D) Spíše souhlasím.
- E) Naprosto souhlasím.

### **Příloha 3. Koloběh vody v přírodě – transpirace – návrh výukové jednotky**

- **Cílová skupina:** Studenti 8. a 9. ročníku základní školy
- **Doporučený počet účastníků:** 10-15 studentů
- **Prostorové požadavky:** učebna, venkovní prostředí
- **Časová náročnost:** 60 - 80 minut
- **Cíl a krátká anotace výukového programu:** V návaznosti na fyziologii a morfologii rostlin se v tomto programu žáci naučí o dalším důležitém procesu – transpiraci, který je v rámci učiva o stavbě a funkci listu pouze zmíněn. Cílem tohoto programu je, aby byli žáci po absolvování schopni popsat proces transpirace a její ekologickém uplatnění v koloběhu vody v přírodě.
- **Nástroj hodnocení dosažení cíle** – Pozorování žáků při vlastním zkoumání, evaluační dotazník
- **Návaznost na RVP:** Vzdělávací oblast – Člověk a příroda, Vzdělávací obor: Přírodopis
- **Mezipředmětové vazby:** Přírodopis, Zeměpis, Fyzika, Chemie
- **Potřebné znalosti, vědomosti vztahující se k tématu:** anatomická stavba listu rostliny, přeměna skupenství – vypařování a kondenzace, přeměny energie
- **Získané dovednosti a znalosti:** Studenti získají poznatky ohledně procesu transpirace, získané poznatky si ověří v praxi.
- **Organizační struktura výukové jednotky:**
  1. Přípravná část (10-20 minut)
  2. Teoretická část (10-20 minut)
  3. Praktická část (30-40 minut)
  4. Závěrečná část – otázky a zhodnocení (10-15 minut)

## Přípravná část

- **Časová náročnost:** 10-20 minut
- **Prostorové požadavky:** učebna
- **Popis činnosti:** Lektor seznámí žáky s názvem a cílem výukové jednotky. Žákům rozdá pracovní listy, které budou v průběhu výuky vypracovávat.
- **Poznámky a pokyny pro lektora:** Snažíme se u žáků vyvolat pracovní náladu a nabudit je k pozdějšímu bádání. Pro začátek spolu můžete zahájit krátký brainstorming na téma role vegetace v životním prostředí člověka, který budete postupně směřovat k procesu transpirace a koloběhu vody v přírodě. Na tabuli či společný papír pište, co si studenti pod tímto tématem představují. Při závěrečném zhodnocení se k tímto představám můžete opětovně vrátit a s dětmi znovu prodiskutovat.

## Teoretická část

- **Časová náročnost:** 10–20 minut
- **Prostorové požadavky:** učebna
- **Pomůcky:** pracovní listy, psací potřeby, pokojová rostlina, mikrotenový sáček, provázek
- **Popis činnosti:** Lektor provede teoretický výklad. Na základě teoretického výkladu žáci doplňují věty uvedené v pracovních listech. Po výkladu lektor poukáže a okomentuje pokus zaměřený na důkaz transpirace, který si připraví den předem.
- **Poznámky a pokyny pro lektora:** Podklady pro teoretický výklad naleznete v příložené příručce pro lektory. Dbejte na to, aby ve výkladu byly všechny informace, které si mají žáci zaznamenávat do svých pracovních listů.
- **Postup provedení důkazu transpirace:**
  1. Vyberte pokojovou rostlinu, kterou následně obalíte igelitovým sáčkem.
  2. Rostlinu ponechejte na světlém a teplém místě do druhého dne.
  3. Žáci pozorují vytvořené krůpěje vody na igelitovém sáčku.

- **Očekávané výstupy:** Žáci budou schopni popsat proces transpirace.

## Praktická část

- **Časová náročnost:** 30-40 minut
- **Prostorové požadavky:** Venkovní prostředí
- **Pomůcky:** pracovní listy, psací potřeby, infračervený teploměr (3-4 kusy)
- **Popis činnosti:** Lektor seřadí žáky před východem z učebny. Dbá na to, aby si žáci nezapomněli své pracovní listy a psací potřeby, než vyrazí sborově ven. Před odchodem lektor upozorní na případné nebezpečí plynoucího ze špatného chování ve venkovním prostředí (například zakopnutí při běhání a podobně). Nabádá žáky, aby se mu při pobytu ve venkovním prostředí nevzdalovaly a chovaly se tak, aby neohrožovaly sebe ani ostatní. Venku se žáci rozdělí do 3-4 skupin. Lektor následně vysvětlí žákům podstatu pokusu (postup mají žáci vyobrazený na pracovních listech). Před vlastním bádání žáků lektor rozdá infračervené teploměry (vždy 1 do skupiny) a vysvětlí zásady jejich použití (návod naleznete v odkazu v příručce). Pokyne žákům k vlastnímu bádání s pomocí pracovních listů, kde mají žáci popsány jednotlivé kroky. Lektor nabádá ke zvýšené opatrnosti práce s přístroji. Po ukončení bádání se všichni sborově vrací do učebny, kde proběhne následné zhodnocení.
- **Očekávané výstupy:** Žáci budou schopni vysvětlit, proč se naměřené hodnoty lišily v závislosti na prostředí, kde byly měřeny.

## Závěrečná část

- **Časová náročnost:** 10-15 minut
- **Prostorové požadavky:** učebna
- **Pomůcky:** pracovní listy, psací potřeby
- **Popis činnosti:** Lektor s žáky prodiskutuje provedení pokusu a zároveň s žáky projde pracovní listy, zda je mají správně vyplněné. Na závěr vyučovacího programu žáci vyplní evaluační dotazník.

## Pracovní list 1

Vítejte na vzdělávacím programu, který se týká role vegetace v distribuci solární energie a toku vody krajinou. 😊 Postupně si zodpovíme některé otázky týkajícího se tohoto tématu a nabyté znalosti si poté ověříte v praxi! Na začátek si musíme o tomto tématu něco říct. Poslouchejte pozorně lektorův výklad a doplňte v textu chybějící slova či vyberte správnou odpověď:

<ul style="list-style-type: none"><li>• Ve škole jsme se učili o procesech zvaných respirace a fotosyntéza rostlin. Avšak zde máme za úkol se naučit o procesu zvaným .....</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tento proces spočívá ve .....vody rostlinou.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Až ..... % přijaté vody je rostlinou zpátky navráceno do atmosféry.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pokud má rostlina vody dostatek, průduchy jsou .....</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pokud má rostlina vody nedostatek průduchy jsou .....</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Faktory, které ovlivňují rychlost a průběh tohoto procesu jsou ..... (Uveďte alespoň 2)</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sluneční energie, která dopadá na suchý povrch se mění na ..... teplo.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Strom s průměrem koruny 10 metrů je za den schopen odpařit ..... l vody. To znamená, že tento rostlinný proces se uplatňuje v malém vodním cyklu, a tím napomáhá k utváření mikroklimatu dané oblasti.</li></ul>

Pokud jste si vše doplnili, lektor Vám ukáže rostlinu zabalenou v igelitovém sáčku.

V tomto sáčku není zabalená jen tak pro zábavu. Zaměřte svoji pozornost na igelitový sáček a zkuste popsat, co se stalo:

## Pracovní list 2

Jelikož už znáte teoretické poznatky ohledně tohoto tématu, je čas na vlastní bádání. Toto bádání uskutečníte ve venkovních prostorách, a proto je důležité dbát na bezpečnost. Chovejte se tak, abyste neohrožovali sami sebe nebo ostatní. Vaším úkolem bude naměřit teploty na povrchu stromu a chodníku a porovnat Vaše naměřené hodnoty. V závěru této aktivity se pokusíte vysvětlit, proč se naměřené hodnoty teplot liší v závislosti na prostředí, kde jste toto měření prováděli.

### Postupujte dle instrukcí:

1. Každá skupina si od lektora vypůjčí jeden infračervený teploměr, který následně vrátí ve stavu, v jakém byl propůjčen.
2. Po obdržení infračerveného teploměru změřte teploty u stromu a na chodníku.
3. Měření proveďte alespoň třikrát.
4. Naměřené hodnoty si zaznamenejte do tabulky vyobrazené níže.
5. Naměřené hodnoty následně porovnejte a pokud se liší, zkuste vysvětlit proč.

### Záznam naměřených hodnot:

Teplota naměřená na povrchu stromu	Teplota naměřená na chodníku

### Vysvětlení, proč jsme naměřili takovéto hodnoty:

## Evaluační dotazník

Tento dotazník předkládá lektor na závěr vyučovací jednotky. Žáci tento dotazník vyplňují anonymně.

Hodnotící škála (1=nejlepší, 5=nejhorší)	1	2	3	4	5
Dalo se probíranému tématu porozumět?					
Bylo pro Vás toto téma přínosné?					
Jak hodnotíte srozumitelnost teoretického výkladu?					
Byly pro Vás zvolené aktivity dostatečně názorné?					
Doporučil/a byste tuto výukovou jednotku svým kamarádům?					
Máte jiné připomínky ohledně této výukové jednotky?					



# Metodická příručka pro lektora

## Teoretické základy

### Koloběh vody v přírodě

Rozlišujeme dva typy vodních cyklů. Velký a malý. Velkým globálním cyklem rozumíme výměnu vody mezi oceánem a pevninou. Přibližně 550 tisíc km<sup>3</sup> vody se každoročně vypaří do atmosféry, z toho 86 % se vypaří z moří a oceánů. Zbýlých 14 % připadá na pevniny. Větší část vzniklých srážek spadne nad oceánem, ale zbylá část je unášena termodynamickými proudy na velké vzdálenosti nad kontinenty. To znamená, že oceány jsou velkým donorem vody pro pevninu. Malý vodní cyklus je uzavřený koloběh vody, při kterém se vypařená voda vrací v podobě srážek do té samé oblasti. Tento cyklus je typický pro hydrologicky zdravou krajinu. V krajině, která je dostatečně zásobená, dochází k cirkulaci menších objemů vody na kratší vzdálenosti. Na základě těchto cirkulací se vyrovnávají teplotní rozdíly dané oblasti. Hnací silou oběhu malého vodního cyklu je především transpirace rostlin a dopadající sluneční záření (Kravčík et al., 2007).

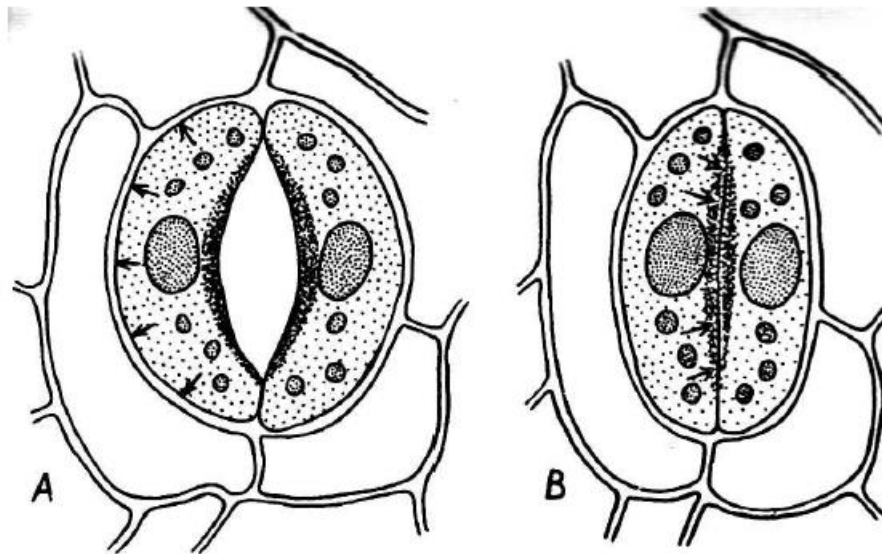
### Voda v rostlinném těle

Voda vstupuje do rostliny pomocí kořenů. K příjmu vody rostlinou dochází tehdy, když je vodní potenciál půdního roztoku než vodní potenciál vody uvnitř kořenů. Rozdíl těchto potenciálů zajišťuje vzestup vody z kořenů pomocí cévních svazků do listů rostliny. Tento jev nazýváme transpiračním proudem, jehož ukončením je proces zvaný transpirace. Z objemu rostlinou přijaté vody je 99 % tzv. voda tranzitorní, tedy voda, která se zpětně vypaří do atmosféry pomocí transpirace (Rozsypal, 2003).

### Transpirace rostlin

Transpirací rozumíme výdej vody povrchem rostlin. Je ukončením tzv. transpiračního proudu, který vede vodu z kořenů pomocí cévních svazků do listů rostliny. Rozlišujeme dva typy transpirace – stomatární a kutikulární. U stomatární transpirace dochází k odpařování vody z listů přes skuliny stomat-průduchů. U kutikulární transpirace je voda odpařována celým povrchem listu přes kutikulu. Tento děj probíhá u rostlin probíhá pasivně, avšak při stomatární transpiraci je rostlina schopna regulovat množství vydávané vody na základě turgoru (tlaku) vodních molekul působící na svěrací buňky průduchů. Pokud má rostlina vody dostatek, nechává průduchy otevřené. Na druhou

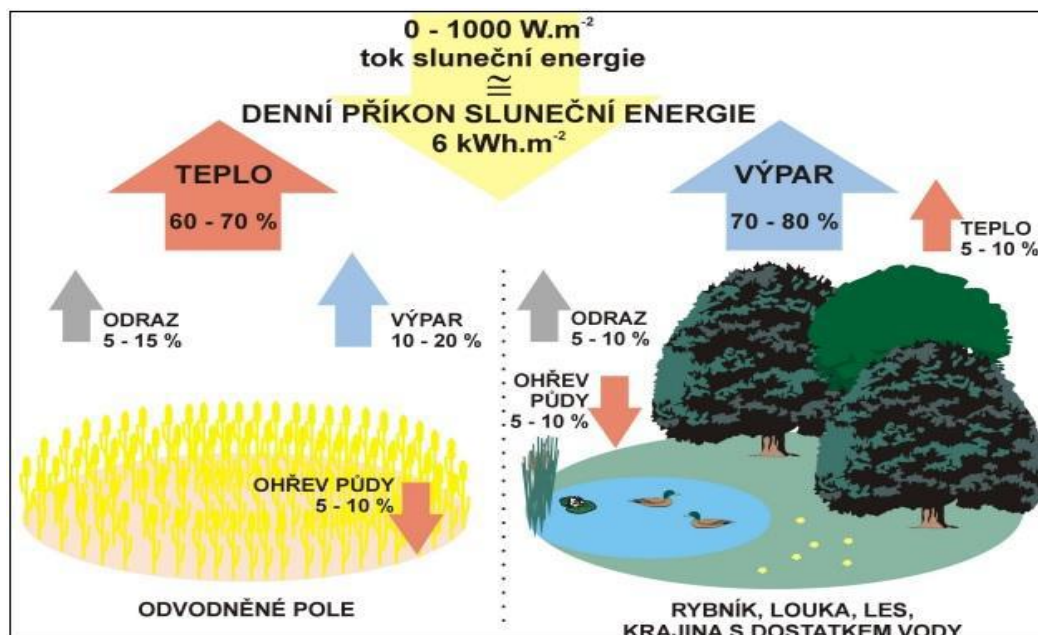
stranu, pokud rostlina trpí vodním deficitem své průduchy uzavírá. Faktorů, které ovlivňují rychlost a průběh transpirace je mnoho – teplota a vlhkost vzduchu, ozáření rostliny, dostatečné množství vody v půdě a mnoho dalších. (Krpeš, 2006)



**Obr. 1. Pohyb svěracích buněk průduchu. A – štěrбина průduchu je otevřena v důsledku úplného nasycení vodou. B – štěrбина průduchu je zavřena v důsledku nenasycení vodou. (Krpeš, 2006)**

Jak rostliny využívají sluneční záření

Sluneční záření, které dopadá na svrchní hranici atmosféry označujeme jako solární konstantu (uváděná průměrná hodnota solární konstanty je  $1\,367\text{ W/m}^2$ ). Avšak reálné hodnoty ročního dopadu slunečního záření se pohybují mezi  $1321\text{--}1412\text{ W/m}^2$ , jelikož záleží na vzdálenosti Země-Slunce a její elipsoidní oběžné dráze. Pokud bychom si chtěli vypočítat celkovou energii přijatou Zemí ze Slunce, vynásobíme solární konstantu průřezem Země a dostaneme hodnotu  $180\,000\text{ TW}$ . Tato energie ohřívá naši planetu přibližně o  $290\text{ °C}$ , a tím udržuje teplotu (průměrně  $20\text{ °C}$ ) přijatelnou pro život (Pokorný, 2011). Osud dopadajícího slunečního záření na Zemský povrch se mění v závislosti na charakteru povrchu, na který dopadá. Závisí především, zda dopadá na suchý povrch s malým rezervoárem vody, nebo jestli je povrch pokrytý vegetací. Energie, která dopadá na suchý povrch se mění na zjevné teplo. Toto teplo ohřívá povrch mnohem intenzivněji, a tím dochází i k rychlejšímu ohřevu ovzduší v dané oblasti (Pokorný et al., 2018).



**Obr. 2. Porovnání toku energie a vody mezi odvodněnou a vodou dobře zásobenou vegetací (Pokorný, 2011).**

Pokud sluneční záření dopadá na vegetaci, která je dobře zásobená vodou, rostlinný kryt tuto energii využije na evapotranspiraci (výpar vody z půdy + výpar vody rostlinami). Opačný případ je, když sluneční energie dopadá na vegetaci, která neoplývá dostatečným rezervoárem vody. Zde dochází jen k minimálnímu výparu (Pokorný, 2011).

Na obrázku č. 2 v levé části můžeme vidět zemědělsky obdělávanou půdu, která není dostatečně zásobená vodou. Pouze 10-20 % sluneční energie bylo využito k evapotranspiraci. Zbytek energie (60-70 %) bylo přeměněno na zjevné teplo, které ohřívá okolí. V pravé části obrázku je zobrazena situace, kdy vodou dobře zásobená krajina využila 70-80 % energie dopadajícího záření na evapotranspiraci a jen 5-10 % bylo přeměněno na zjevné teplo (Pokorný, 2011).

## Práce s infračerveným teploměrem GM 320

Podrobnější návod, jak pracovat s tímto infračerveným teploměrem naleznete v odkazu: <https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/bezkontaktni-infracerveny-teplomer-gm320.html>

## Použité zdroje při tvorbě výukové jednotky

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., & Tóth, E. (2007). Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. Krupa Print, Žilina. 96 s. ISBN 8096976652.

Krpeš, V. (2006). Fyziologie rostlin. Dostupné z: <https://adoc.pub/ekofyziologie-rostlin-vaclav-krpe.html>, 43 s.

Návody k produktům. Dratek.cz: Bezkontaktní infračervený teploměr GM320 [online].

Copyright ECLIPSEERA s.r.o. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/navody-k-produktum/bezkontaktni-infracerveny-teplomer-gm320.html>

Nolčová, L. (2016). Bádáme v kroužku ekologie. Dostupné z:

<https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29359/1/Badame%20v%20krouzku%20ekologie.pdf>

Pokorný, J. (2011). Úloha vegetace a vody v utváření klimatu. *Geografické rozhledy*, 21 (2), 28–29.

Pokorný, J., Hesslerová, P., Jirka, V., Hurana, H., & Seják, J. (2018). Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Urbanismus a územní rozvoj*, 21 (1), 26–37.

Ryplová, R., et. al (2021). Metodika výuky k tématu Sluneční energie – voda v krajině – vegetace pro VŠ studenty učitelství přírodopisu pro ZŠ a učitele z praxe. ENKI, o.p.s, Třeboň. 52 s. ISBN: 978-80-905483-8-1