

Efekt výuky s badatelskými prvky na pochopení ekologického významu evapotranspirace

The effect of inquiry based education on understanding of environmental importance of evapotranspiration

Zbyněk Vácha, Jan Pokorný, Renata Ryplová

Abstract

Vegetation plays an absolutely fundamental role in the current climate change. With the evapotranspiration process the surrounding environment cools down. The contribution brings results of a survey monitoring the impact of the inquiry-based education on the level of ninth grade pupils' awareness in the field of the environmental importance of water dispensing by plants. Data, which finds out the level of pupils' cognitive knowledge, was obtained based on the experiment method with the use of the pre-test – posttest system. The results indicate the increase of pupils' knowledge about importance of the evapotranspiration in the landscape.

Key words

Inquiry-based education, vegetation, evapotranspiration, experiment

ÚVOD

Vzrůstající nedostatek vody v krajině je aktuálně často probíraným tématem mezi příslušníky odborné, ale i laické veřejnosti. Nejedná se o problém sužující pouze Českou republiku, ale můžeme ho považovat za globální. Sucho je možné definovat jako deficit srážek v určitém prostoru a čase (Rožnovský, 2014). Výraznou roli v procesu navrácení vody do krajiny hraje vegetace prostřednictvím procesu evapotranspirace (odpařování vody z rostlin a z půdy) (Pokorný, 2019; Sheil, 2018; Ellison et al., 2017; Kravčík, Pokorný, Kohutiar & Kováč, 2007).

Role vegetace v krajině je z hlediska distribuce vody v prostředí rozsáhlá a zásadní. Často je však výrazně podceňována a do jisté míry ignorována. Rostlinný porost dobře zásobený vodou má zásadní vliv na využití solární energie a koloběh vody v krajině (Ellison et al., 2017; Kravčík et al., 2007). Prostřednictvím procesu evapotranspirace se vegetace aktivně podílí na ochlazování okolního prostředí. Vliv vegetace na zmírnění dopadů klimatických změn je z tohoto hlediska nezpochybnitelný a má klíčový význam na uchování vody v krajině (Sheil, 2018; Ellison et al., 2017).

ÚLOHA VEGETACE V KRAJINĚ

Vegetace dobře zásobená vodou prokazatelně ochlazuje sebe a své okolí výparem vody (procesem evapotranspirace), a má tak zásadní význam na utváření klimatu (člověk ve velké míře odstraňuje vegetaci, odvodňuje krajinu a mění tím distribuci slunečního záření, což ovlivňuje vzrůstající povrchovou teplotu a vysoušení krajiny) (Pokorný et al., 2010). Evapotranspirace zajišťuje přeměnu většiny dopadající sluneční energie na skupenské teplo vody, a dochází tak k ochlazování vegetačního okolí. Sluneční energie je navázána do vodní páry výdejem vody přes listy rostlin a výparem vody z půdy (Ripl, 2003). Sluneční energie vázaná ve vodní páře (latentní teplo výparu) se uvolňuje zpět na chladných místech, když se vodní pára sráží (kondenzuje) na vodu v kapalném skupenství (Ellison et al., 2017). Jedná se o nejdůležitější proces vyrovnávání teplot na planetě Zemi. Proces evapotranspirace se tak podílí na snižování teplotních gradientů (Schneider & Sagan, 2005) a stojí na začátku tzv. krátkého cyklu vody, na jehož základě se voda vrací do krajiny ve formě srážek (Pokorný, 2019).

Neodborné a necitlivé zásahy do krajiny, vedoucí ke vzniku velkých území bez vegetace a k odvodňování prostředí, tak mají prokazatelně zcela zásadní vliv na oteplování místního klimatu a rozšiřování sucha (Huryna & Pokorný, 2016). Pro popularizaci a pochopení daného tématu je nutné, aby se nastíněná problematika systematicky a plánovitě objevovala již v prostředí základních škol (Ryplová & Pokorný, 2019).

TRANSPIRACE (EVAPOTRANSPIRACE) V RÁMCOVÉM VZDĚLÁVACÍM PROGRAMU PRO ZÁKLADNÍ VZDĚLÁVÁNÍ

Samotný termín transpirace se v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání nevyskytuje (RVP ZV). Tematicky lze daný termín zahrnout do fyziologie rostlin. Z hlediska funkčnosti rostlinného těla se RVP ZV věnuje především fotosyntéze, dýchání a rozmnožování rostlin (RVP ZV, 2017). S principem transpirace se v prostředí základních škol (ZŠ) můžeme setkat jen velice okrajově v rámci anatomie jednotlivých částí rostlinného těla prostřednictvím tvrzení, že z listu je odpařována voda ve formě vodní páry. Další vliv odpařené vody a vůbec vegetace na okolní prostředí již popisován není (Výjimku tvoří pouze učebnice pro 9. ročník od nakladatelství Scientia, ve které je zmínka o pozitivním vlivu vegetace na ochlazování místního klimatu) (Čekal, 2012). Svojí významností se jedná o jedno z aktuálních témat, které by mělo být součástí nově vznikajících učebnic, aby si mladá generace osvojila potřebné znalosti a mohla se tak aktivně podílet na zachování dostatečného množství vody v krajině.

Z nejnovějších výzkumů vyplývá, že současná mládež má velice malé povědomí o principu transpirace a úloze rostlin a vody v utváření klimatu (Ryplová & Pokorný, 2019; 2018). Botanická témata jsou

obecně žáky brána jako nepříliš zábavná, nepochopena pro praktický život a dost často složitá či vytržená z kontextu (Balas & Momsen, 2014; da Silva, Guimarães & Sano, 2016). Jedním z cílů výuky v rámci příspěvku bylo, pokusit se o atraktivnější vyučování botanické tematiky a zároveň o propojení nově získaných vědomostí s běžným životem.

METODIKA

Sběr dat

Na výzkumu spolupracovali žáci z devátých tříd základních škol. Finální výzkumný vzorek byl tvořen 75 žáky – 45 dívkami a 30 chlapci.

Data, zjišťující úroveň dosažených kognitivních cílů, byla získávána na základě experimentu. Před výukou na dané téma byl žákům zadán test vstupních znalostí (pretest) v tematické oblasti ekologický význam transpirace, který se skládal ze 7 otázek, a žáci v něm mohli získat maximálně 10 bodů. Test obsahoval uzavřené dichotomické úlohy (např. Rostliny mají/nemají schopnost termoregulace, Ranní rosa ochlazuje/ohřívá tělesa na nichž se sráží), uzavřené úlohy s výběrem odpovědí (např. Hlavním důvodem proto, že za horkého letního dne je v parku se vzrostlými stromy chladněji než na vydlážděném náměstí, je: a) stromy část sluneční energie spotřebují pro fotosyntézu, b) stromy mají hodně listů, celkový povrch listů je mnohem větší než povrch dlážděného náměstí, a proto se z povrchu listové plochy odrazí větší množství slunečního záření. Méně sluneční energie se tak přemění na zjevné teplo, c) stromy odpařují z listů vodu a na výpar vody spotřebují hodně sluneční energie, která se tak nemůže přeměnit na zjevné teplo) a úlohy otevřené se stručnou odpovědí (např. Uvedte, pro jaké procesy probíhající v rostlinném těle rostlina sluneční energii využívá (uvedte všechny možnosti, o kterých se domníváte, že v rámci rostlinného těla využívají sluneční energii).

Následně bylo téma transpirace (evapotranspirace) a jeho ekologický význam vyučováno v rámci tří standardních hodin, kdy první hodina byla zaměřena na teoretické pochopení učiva, druhá hodina sloužila jako úvod do výuky s badatelskými prvky a v závěrečné hodině byly vyhodnoceny výsledky měření, proběhla diskuze a byly stanoveny závěry. V období mezi druhou a třetí hodinou probíhalo měření, při kterém museli žáci každý den v průběhu jednoho týdne (pěti kalendářních dnů) odečíst a zapsat potřebné hodnoty (viz kapitola průběh výuky). Samostatná práce zabrala jednotlivým skupinám každý den okolo 20 minut.

Týden po ukončení výuky na dané téma došlo u žáků k ověření výstupních znalostí prostřednictvím posttestu (obsahoval sedm stejných otázek jako pretest) a na základě jeho výsledků byl stanoven vliv výuky na utváření kognitivních cílů.

Pro ověření dosažení afektivního cíle, který zjišťoval zájem žáků o dané téma, byl využit pětistupňový dotazník Likertova typu uzpůsobený věku a možnostem žáků, kdy jednička znamenala, že s daným tvrzením určitě souhlasím a pětka naopak, že s výrokem určitě nesouhlasím (analogie známek ve škole). Dotazník obsahoval dvě položky: 1) Dnešní výuka mě bavila a 2) Podobný typ výuky bych do vyučování zařadil častěji. Obě položky byly součástí závěrečného posttestu.

Průběh výuky

Kapacitní možnosti článku neumožňují popsat detailní průběh výuky, proto zde budou uvedeny pouze její základní rysy. Kompletní úloha pak bude součástí výstupů projektu TAČR TL 01000294 - Sluneční energie, voda v krajině, vegetace: nová metodika vzdělávání pracovníků městských úřadů a inovace školní výuky k tématu efektu hospodářských zásahů na regionální klima.

Úvodní hodina byla věnována teoretickému základu se zaměřením na transpiraci (evapotranspiraci) tak, aby žáci měli v průběhu řešení úlohy potřebné znalostní zázemí. Následující hodina obsahovala badatelské prvky a již byla organizována tak, aby byli žáci aktivním elementem výuky. V úvodu vyučování byli žáci rozděleni do skupin po 5. Každá skupina dostala termovizní snímek s údaji o rozdílných teplotách jednotlivých povrchů (např. vodní hladina, stromy, asfaltová cesta, nízko sečený trávník ...). Žáci měli na základě již získaných vědomostí vydedukovat, proč tomu tak je.

Následně byli žáci postaveni před problém, kdy se chystá na okraji jejich města, kde se vyskytuje i rybník, výstavba nové městské čtvrti a řeší se její osazení vegetací. Developer navrhuje, aby byl rybník odstraněn, okolní prostranství osazeno nízko údržbovou zelení (sukulentní rostliny, sekaný trávník) a domy opatřeny klimatizačními jednotkami o určitém výkonu. Každá skupina měla za úkol navrhnout konkurenční návrh, který za pomoci vegetace sníží zjevné teplo. Návrh měl být podpořen argumenty získanými na základě žáky navrženého experimentu ve třídě.

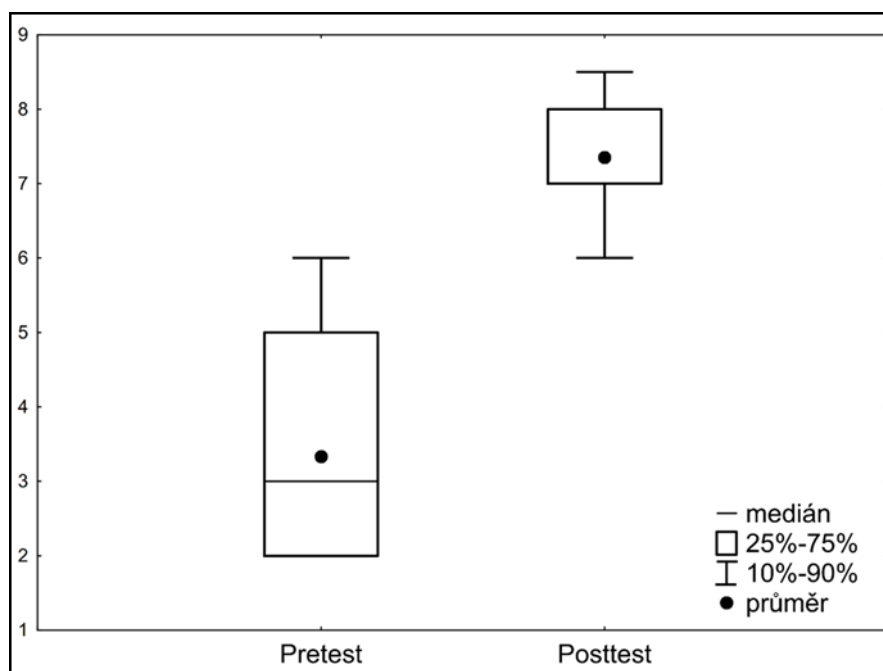
Experiment primárně navrhli sami žáci, ale učitel jim byl důležitým pomocníkem a usměrňoval jejich činnost. Žáci měli k dispozici celkem 4 typy rostlin (každá skupina jeden typ) ve více pokusných variantách (vrba – jako typický reprezentant mokřadní vegetace, weigelie – městská vegetace, buk – listnatý les a netřesk – sukulentní rostlina s CAM metabolismem). Konečný plán experimentu pak vzešel z diskutovaných návrhů. Jeho podstatou byl týdenní pokus, během něhož žáci každý den vážili květináče s rostlinami a zjišťovali tak úbytek hmotnosti, respektive množství odpařené vody v rámci evapotranspirace. Z množství odpařené vody a ze znalosti skupenského výparného tepla vody pak vypočítali, jakým výkonem daná rostlina ochladila své okolí. V průběhu experimentu žáci také měřili intenzitu slunečního záření a ověřovali si tak vliv intenzity slunečního záření na intenzitu transpirace. Rostliny byly umístěny na školní chodbě u oken orientovaných na jih, denní teplota vzduchu na

stanovišti se pohybovala v rozmezí 19,5 – 20,6°C. Před započítím experimentu si každá skupina zvolila domněnku, která z rostlin bude odpařovat vodu nejvíce a ochlazovat tak nejefektivněji své okolí. Na základě výsledků měření a koordinované diskuze mezi skupinami (byla součástí třetí výukové hodiny na dané téma) dospěli žáci k závěru, že uvedené rostliny ochlazovaly nejvíce své okolí v pořadí: 1) vrba, 2) buk, 3) weigelia a 4) netřesk. Závěrem měli zakreslit do připravených obrázků rezidentní čtvrti svůj návrh pro výsadbu vegetace. Výuka byla zakončena diskuzí na téma, jak se změní místní klima když: 1) vykáčíme les, 2) městský park nahradíme nákupním centrem s betonovým parkovištěm, 3) vysušíme mokřad a začneme pěstovat řepku.

VÝSLEDKY

Hlavním cílem výzkumného šetření bylo ověřit efekt výuky s badatelskými prvky na pochopení ekologického významu evapotranspirace. Dalším cílem bylo zjistit úroveň afektivních cílů, tedy zájem žáků o dané téma po absolvování méně tradiční aktivizační výuky s botanickou tematikou.

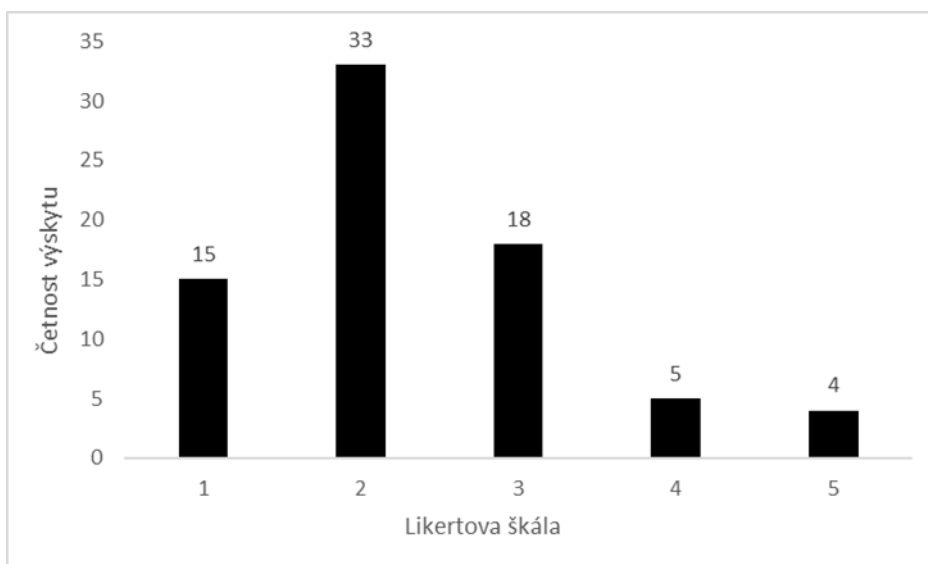
Z obr. 1 je patrné, že se znalostní úroveň žáků v tematice ekologický význam transpirace po absolvování výuky s badatelskými prvky zlepšila. Výsledky tak poukazují na skutečnost, že díky praktickému měření a interpretaci výsledků na základě fyzikálních principů si žáci uvědomili význam evapotranspirace v místním klimatu.



Obr. 1 Průměrný bodový zisk žáků v testu vstupních (pretest) a výstupních (posttest) znalostí.

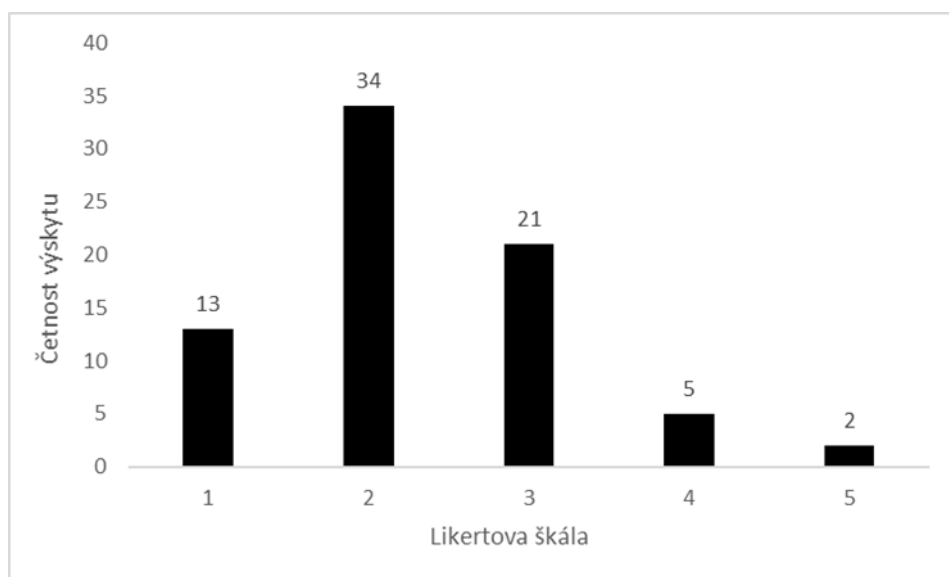
Průměrný bodový zisk žáků v rámci pretestu, tedy testu znalostí před výukou, činil pouhých 3,3 bodu. Průměrná hodnota bodového zisku z posttestu (tedy testu absolvovaného týden po vyučování) dosahovala 7,4 bodu. Bodový nárůst mezi průměrně dosaženým počtem bodů v pretestu a v posttestu tak byl 4,1 bodu. Bodový zisk v testu výstupních znalostí byl statisticky významně vyšší než v testu před započítáním výuky. Statistická významnost byla potvrzena na základě párového t – testu ($t = -21,38$; $df = 77$; $p < 10^{-17}$). Stejný výsledek vykazuje i užití neparametrického párového Wilcoxonova testu ($Z = 7,67$; $p < 10^{-13}$).

Dosažení afektivních cílů bylo diagnostikováno na základě vyhodnocení položek Likertova typu. První otázka zjišťovala žákův subjektivní názor na skutečnost, zdali ho absolvovaná výuka s botanickou tematikou bavila. Z obr. 2 vyplývá, že žákům připadala výuka ve většině případů zábavná. Celkem 48 žáků odpovědělo, že je výuka určitě bavila či spíše bavila.



Obr. 2. Subjektivně hodnocená míra zábavnosti výuky získaná jako odpověď na položku „Výuka mě bavila“ (1= určitě ano, 5= určitě ne).

Druhá otázka, obsahově zaměřená na dosahování hodnotových cílů u žáků, zjišťovala žákův subjektivní názor na skutečnost, zdali by podobný typ výuky, propojující badatelské prvky a botanickou tematiku, zařadil do výuky častěji (opakovaně). Z obr. 3 je patrné, že celkem 47 žáků by si rádo výuku podobného typu určitě či spíše zopakovalo, 21 žáků si není jisto a 7 žáků by daný typ výuky již spíše či určitě absolvovat nechtělo.



Obr. 3. Subjektivně hodnocený názor na opětovné zařazení podobného typu výuky do vyučování získaný jako odpověď na položku „Podobný typ výuky bych do vyučování zařadil častěji“ (1= určitě ano, 5= určitě ne).

ZÁVĚR

Z výsledků vyplývá, že zvolený typ výuky měl u žáků 9. tříd ZŠ statisticky významně prokazatelný efekt na rozvoj znalostí o ekologickém významu transpirace. Bodový nárůst mezi průměrně dosaženým počtem bodů v pretestu a v posttestu činil 4, 1 bodu. Položky Likertova typu, ověřující dosažení afektivních (hodnotových) cílů, poukazují na skutečnost, že i výuka zaměřená na botanickou tematiku se nechá pro žáky připravit tak, aby byla zábavná. Podobný typ výuky je samozřejmě časově a organizačně náročnější, jak na přípravu, tak na samotné provedení. Je zřejmé, že z hlediska obrovského objemu učiva, které musí učitel v průběhu roku zvládnout, se nedá využívat neustále. Každý motivovaný učitel by si však měl alespoň občasně, najít čas na podobný typ výuky, který přispěje k žákovské oblibě vzdělávacího procesu.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu TAČR TL 01000294 a GAJU 123/2019/S

LITERATURA

Balas, B., & Momsen, J. (2014). Attention “Blinks” Differently for Plants and Animals. *Life Science Education*, 13(1), 437-443.

Čekal, T. (2012). *Tématika vztahů mezi rostlinami a atmosférou v aktuální výuce přírodopisu na 2. stupni ZŠ. (Bc.)*, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, České Budějovice.

da Silva, J. R. S., Guimarães, F. & Sano, P. T. (2016). Teaching of Botany in higher education: representations and discussions of undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 380-393.

Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutierrez, V., van Noordwijk, M., Creed, I. F. & Pokorný, J. (2017). Trees, forests and water: cool insights for a hot world. *Global Environ. Change*, 43(1), 51-61.

Huryna, H. & Pokorný, J. (2016). Role of water and vegetation in distribution of solar energy and local climate: a review. *Folia Geobot.*

Rožnovský, J. (2014). Sucho na území České republiky. *Živa*, 22(1), 2-3.

Kravčík, M., J. Pokorný, J., Kohutiar, M. & Kováč, E. (2007). *Water for the recovery of the climate - A New Water Paradigm* [online]. [cit. 1. 2. 2019]. Dostupné z: <http://www.waterparadigm.org>.

Pokorný, J. (2019). Evapotranspiration. In *Encyclopedia of Ecology*.(s. 292-302). Oxford, Velká Británie: Oxford press.

Pokorný, J., Brom, J., Čermák, Hesslerová, P., J., Huryna, H., Nadezhdina, N. & Rejšková, A. (2010). Solar energy dissipation and temperature control by water and plants. *Int. J. Water*, 5(4), 311-336.

Ripl, Wilhelm. (2003). Water - the bloodstream of the biosphere. In M. Falkenmark & C. Folke (Ed.), *Freshwater and welfare fragility - syndromes, vulnerability and challenges*, Londýn (pp. 1921-1934).

Ryplová R. & Pokorný, J. (2019). Opomíjená úloha vegetace v distribuci sluneční energie a utváření klimatu – sonda znalostí začínajících studentů učitelství přírodopisu. *Envigogika*, 14(1), 1-19.

Ryplová, Renata & Pokorný, Jan. (2018). Using project-based education to develop pre-service biology teachers' knowledge of the cooling effect of vegetation. In M. Rusek & K. Vojtíš (Ed.), *Project-based Education and other activating strategies in Science Education XVI*, Praha (pp. 14-19). Praha: UK PedF.

RVP pro základní vzdělávání. MŠMT. (2017). [online]. [cit. 20. 12. 2018]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/file/43792/>

Sheil, D. (2018). Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle. *Forest Ecosystems* 5 (19) [online]. [cit. 3. 2. 2019]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0138-y>

Schneider, D. E. & Sagan, D. (2005). *Into the Cool. Energy Flow, Thermodynamics, and Life.* Chicago a Londýn: The University of Chicago Press.

Kontaktní adresy

Mgr. Zbyněk Vácha, Ph. D.¹, Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.², RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.³

^{1,3} Katedra biologie, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita
Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice

² ENKI, o.p.s. Třeboň
Dukelská 145, 379 01 Třeboň

e-mail: zvacha@pf.jcu.cz, pokorny@enki.cz, ryplova@pf.jcu.cz