

Charles University – Faculty of Education

Department of Chemistry and Chemistry Education



**PROJECT-BASED EDUCATION AND OTHER ACTIVATING
STRATEGIES IN SCIENCE EDUCATION XVII.**

Conference proceedings

Martin Rusek, Martina Tóthová & Karel Vojíř (Eds.)

7th– 8th November 2019

Prague

The conference is held under patronage of dean of the Faculty of Education, Charles University
prof. PaedDr. Michal Nedělka, Dr.

ISBN 978-80-7603-155-5

THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE CONFERENCE

CHAIRMAN:

prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D. (CZ)

Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra chemie a didaktiky chemie

HONORARY CHAIRMAN:

prof. RNDr. Pavel Beneš, CSc. (CZ)

Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra chemie a didaktiky chemie

MEMBERS:

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc. (CZ)

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra učitelství a didaktiky chemie

prof. Ing. Karel Kolář, CSc. (CZ)

Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra chemie a didaktiky chemie

prof. Dr. Martin Lindner (D)

Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Faculty I of Natural Science - Biological Science,
Department of didactics of biology

prof. Jan Lundell (FIN)

University of Jyväskylä, Faculty of Mathematics and Science, Department of Chemistry

dr. hab. Małgorzata Nodzyńska (PL)

Uniwersytet Pedagogiczny Kraków, Faculty of Geography and Biology, Institute of Biology

prof. Dr. Andrej Šorgo (SI)

University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Department of Biology

The conference is supported by the projects PROGRES Q16, Q17 and UNCE - UNCE/HUM/024.

THE ORGANISATION COMMITTEE

PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Mgr. Linda Honskusová

RNDr. Kateřina Chroustová, Ph.D.

PhDr. Martina Tóthová

PhDr. Karel Vojíř

REVIEWERS

prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D.

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.

prof. PhDr. Ľubomír Held, CSc.

Mgr. Jakub Holec, Ph.D.

Mgr. Linda Honskusová

PhDr. Vlastimil Chytrý, Ph.D.

doc. RNDr. Antonín Jančařík, Ph.D.

RNDr. Vanda Janštová, Ph.D.

prof. Ing. Karel Kolář, CSc.

Anssi Lindell, Ph.D.

RNDr. Veronika Machková, Ph.D.

dr hab. Małgorzata Nodzyńska

RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.

PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Mgr. Romana Schubertová, PhD.

PhDr. Martina Tóthová

PhDr. Karel Vojíř

THE TABLE OF CONTENTS

Editorial	8
Martin Rusek	
Projekt učitele jako iniciácie projektu žáka.....	9
Karolína Bednářová, Martina Šafránková, Martin Bílek	
Time management in project based education	18
Paweł Cieśla, Małgorzata Nodzyńska, Anna Baprowska, Martin Bílek	
Tools for Enhancing Inquiry and Teacher's Learning Goals	27
Kateřina Čiháková	
The Inquiry Diary: Students' motivation towards water-quality evaluation	37
Václav Fiala, Linda Honskusová	
Comparative Study of Transmissive and Active Education in Chemistry	46
Irena Chlebounová, Petr Šmejkal	
Geology field-trip improves students' knowledge better than computer work: A case study	53
Vanda Janštová, Boris Poláček, Petr Novotný	
Postupné rozvíjení témat jako východisko projektového vyučování: případová studie	61
Karel Vojíř	
Reakční cyklus vápníku jako experimentální podpora výuky kritického učiva chemické reakce na základní škole	70
Karel Kolář, Kateřina Chroustová, Veronika Machková	
Analysis of the atom and its structure in chemistry textbooks	79
Dominika Koperová, Ľubomír Held, Katarína Kotuláková	
V hlavní roli kyslík: experimentální ověření výukové aktivity	88
Lucie Kuncová, Martin Rusek	
A MOOC for teachers to guide project-based flexible STEAM-learning in basic education	98
Anssi Lindell, Antti Lehtinen	

Genetics in the perspective of Czech lower-secondary schools: misconceptions and solutions	104
Markéta Machová	
Hodnocení školní aktivity na téma plasty a jejich třídění	111
Adéla Horáková, Barbora Kolafová, Klára Malúšová	
Is CLIL in biology thriving at Czech upper secondary schools (ISCED 3)?.....	120
Zuzana Marcineková, Lenka Pavlasová	
Twelve-years masters-research works of graduate of Wadowice Children University.....	127
Małgorzata Nodzyńska	
Science process skills in discourse of in-service teachers.....	136
Natália Priškinová, Katarína Kotuľáková, Ľubomír Held	
Identifikácia druhového názvoslovia organizmov u žiakov základných škôl v predmete biológia (ISCED 2) v súčasnosti a pred zavedením školskej reformy na Slovensku	146
Radoslav Kvasničák	
Micro-teaching as a strategy of learning to teach from the perspective of novice teachers	155
Jiřina Rajsiglová, Kateřina Přibylová	
Group work as a part of project-based learning: difficulties perceived by pupils.....	163
Jiřina Rajsiglová, Barbora Škarková	
Interactive quiz games in chemistry as an active teaching method for lower-secondary students ...	171
Timur Sadykov, Hana Čtrnáctová	
The Influence of Inquiry activity – electrolysis of aqueous salt solutions – on High-School Students' Motivation and Performance	180
Milada Teplá, Hana Sloupová, Martin Šrámek, David Šarboch	
The Influence of Interdisciplinary Interactive Animations on High-School Students' Motivation and Performance	189
David Šarboch, Milada Teplá, Martin Šrámek, Hana Sloupová	
Zaměřeno na chemické pokusy: výsledky akčního výzkumu.....	199
Martina Tóthová, Martin Rusek, Pavlína Matoušová, Ondřej Solnička	

Komparace výsledků bádání na téma směsi	209
Kateřina Trčková, Petr Bujok	
Efekt výuky s badatelskými prvky na pochopení ekologického významu evapotranspirace	218
Zbyněk Vácha, Jan Pokorný, Renata Ryplová	
Desková hra zaměřená na modelové organismy: proces tvorby a ověření.....	227
Karel Vojíř, Linda Němečková, Dagmar Říhová	
Square grid as a tool for planar imagination development among elementary school students	235
Vlastimil Chytrý, Alena Tošovská, Lucie Hloušková	
Fostering interdisciplinarity through technology enhanced learning of transpiration	245
Renata Ryplová, Jan Pokorný	

Editorial

Judging by the papers published in the proceedings from PBE 2019, the title of the conference could easily be changed to *BE. There are papers dealing with not only project-based, but problem-based and inquiry-based topics bringing some evidence-based suggestions. The popular STEM or STEAM conception together with CLIL or out-of-classroom education complete the list of topics the authors contribute to. The authors of empirical papers also use wider variety of research tools. Except for traditional questionnaires and interviews, there are examples of intrinsic motivation inventories, mind mapping, textual analyses, or observations.

The proceedings of PBE XVII. conference, again, contains more papers comparing to the one from PBE 2018. The authors focused on unusually vast variety of topics. The papers focusing on school projects show examples of several topics being used to activate students. Nevertheless, perhaps in the light of last years' discussions about feasibility of projects to all intents and purposes, authors started to concentrate on smaller aspects.

Different activities' evaluation was presented from either theoretical point of view: time management, groupwork, teachers' science process skills or with practical regard: oxygen, calcium, mixtures, electrolysis IBSE lessons or even field trips or use of interactive animations.

Martin Rusek

Projekt učitele jako iniciácie projektu žáka

Teacher's project as initiation of students' project

Karolína Bednářová, Martina Šafránková, Martin Bílek

Abstract

A project day focused on the environmental topic Plastics and their consequences with environment was organized with a group of 14–15 years olds students. They were drawn into the problem using video presentation, work with text, the lecture with expert, chemistry experimental part and workshop. The project activities were monitored by three mind maps in the form of pre-, post and a retention test. The data show positive results concerned knowledge of participants. It means that number of relevant terms in mind maps was rapidly increasing. Also, the possibility of overgrowth of "teacher's" project to "students'" project oriented to creation of their own artefacts was confirmed.

Key words

Project based education; project day; plastic pollution; environmental instruction; product packaging

ÚVOD

Projektové vyučování je chápáno jako soubor netypických, často problémových nebo konstrukčních úloh, které žáci individuálně řeší a jsou tak vedeni k samostatnému zpracování informací a tvorbě konkrétních výstupů (Kratochvílová, 2006). Jeho realizace se v dnešní době stává velkou výzvou inovace výuky i na základních školách a častou podobou jsou jednodenní celoškolní projekty, tzv. „projektové dny“. Ty mají za cíl zvýšení motivace žáků k učení, převzetí jejich odpovědnosti za výsledek práce, schopnosti komunikace a prezentace vytvořeného produktu apod. Tato metoda je ne vždy správně pochopena samotnými učiteli, což sebou nese mnohé problémy. Ty se projevují například v podobě formulování cílů tak, aby si je žáci vzali za své, v podobě rozdělení rolí mezi žáky a vyučujícími, či ve výsledku projektu jako produktu zúčastněných (Rusek, 2013). Obecně by tedy mělo jít o naplňování klíčových kompetencí formulovaných v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání, jednoznačně obecnějších a širších, než může zajistit jen obsah učiva určitého předmětu, v našem případě chemie. Učitel tak může navíc projektový den využít pro obohacení svých výukových strategií, organizačních schopností a uvědomění si jedinečnosti žáků a jejich nápadů (Bílek, Machkova & Chroustová, 2016).

Hlavní částí školních projektů by mělo být podněcování žáků k zapojení se do tématu s vlastními nápady a jejich realizace. Cílem by tedy nemělo být jen vypracovat již vymyšlené zadání učitelem, nýbrž

realizace činností, které navrhují nebo modifikují převážně žáci sami. Učitel je může nasměrovat a zhodit se role poradce. Projektová výuka je často zaměňována s integrovanou tematickou výukou (dále ITV), která se systematicky zaměřuje především na určité tematické celky vztahující se k více předmětům. To je sice také aspekt projektové výuky, ale dle Kalhouse (2009) by měl školní projekt navíc motivovat žáky tím, že se během této výuky učí vzájemné spolupráci a řešení problémů při tvorbě vlastního věcného nebo organizačního produktu, což přispívá k žádoucímu rozvoji klíčových kompetencí.

Hodnocení aktivity s projektovými prvky může být vedeno několika směry: soutěživým (vyhlášení nejhezčí/nejlepší tvorby), prezentačním (představení svých prací spolužákům), ale také směrem tradičního hodnocení – ať už formativního nebo sumativního charakteru (Zormanová, 2012). Výsledkem projektu může být například výstava, video, kniha, výrobek a mnoho dalších „produktů“. Tyto výstupy je vhodné prezentovat pro rodiče žáků, kteří tak mohou vidět práci svých dětí ve škole a zpětně ji ohodnotit. Ukázka výstupu však může probíhat také ve školních prostorách pro ostatní žáky nebo i pro širší veřejnost (Kratochvílová, 2006).

Jak ale takovou činnost žáků iniciovat? Může být téma projektu vymyšlené učiteli, což je častým příkladem obsahu projektových dnů na základních školách, iniciací pro navazující projekty nebo aktivity s projektovým zaměřením žáků? Může být projekt učitelů, tedy „zadání“ tématu a jeho zpracování žáky v rámci projektových dnů, podnětem pro navazující tvůrčí činnost žáků? Částečnou odpověď přinesli Horáková, Kolafová a Malúšová (2020) nebo Tóthová, Matoušová, Šubová & Rusek (2019) – aniž by byla schopnost žáků fungovat v projektech u žáků systematicky rozvíjena, nelze předpokládat hladký průběh aktivity splňující kritéria projektové výuky. Uvedené jsou otázky, které jsme se snažili zodpovědět organizací projektového dne na základní škole s tématem „Odpady a životní prostředí“ a jeho konkretizací pro žáky 9. ročníku „Plasty a jejich souvislosti s životním prostředím“.

REALIZACE PROJEKTOVÉHO DNE

Pro realizaci projektového dne pro žáky 9. ročníků základní školy jsme formulovali následující cíle:

- 1) Navrhnout soubor aktivit včetně experimentálních činností ke zvýšení pozornosti žáků o globální téma plastů a jejich podílu na odpadových problémech souvisejících s životním prostředím prostřednictvím školního projektového dne a zjistit jejich efektivitu.
- 2) Ukázat a výzkumně potvrdit, jakým způsobem může projekt učitele při projektovém dni školy přerůst v projekt samotného žáka.

Z uvedených cílů tedy vyplývá, že pomocí vybraných aktivit s projektovými prvky jsme se snažili motivovat žáky k vlastním projektovým aktivitám. Realizace projektových aktivit byla uspořádána tak,

aby bylo možné sledovat úspěšnost projektového dne, a to zjišťováním získaných znalostí žáků, které byly měřeny pomocí myšlenkových map (operace s relevantními pojmy) a také zjišťováním změn postojů žáků k problematice plastů pomocí analýzy jejich tematických esejí a rozhovorů.

Obsah projektového dne byl rozdělen na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se jednalo o přednášku zástupce organizace Bezobalu, která se zabývá myšlenkou tzv. „Zero waste“, tedy razantním snižováním spotřeby obalů, které jsou dnes především tvořeny plasty, a zejména jejich množství způsobuje problémy s jejich odstraňováním či recyklací. V navazující praktické části se žáci věnovali jednotlivým typům plastů a jejich výrobků za pomocí pracovního listu včetně návodů pro experimentální aktivity. Na závěr projektového dne byli žáci navedeni k navržení a vytvoření výrobků z předem nasbíraných plastových obalů, a jako další vlastní produkt si upravili plátěné tašky svým designem jako opakovatelně využitelný univerzální „obal“. Byli tedy navedeni k navržení a realizaci svých „miniprojektů“, týkajících se uvedeného tématu včetně vlastních využitelných produktů.

DESIGN VÝZKUMU

Výzkumu, uskutečněném v průběhu všech fází projektového dne, se zúčastnilo 62 žáků 9. ročníků základní školy v Praze. Celoškolské téma projektového dne znělo „Odpady a životní prostředí“ a dílcí tématem pro sledovaný devátý ročník byly „Plasty a jejich souvislosti s životním prostředím“. Jednotlivé aktivity projektového dne byly směrovány tak, aby měli žáci možnost nakonec převzít iniciativu do svých rukou v podobě vlastních miniprojektů (artefakty z obalů, plátěné tašky). K určení míry účinnosti projektového dne byly jako výzkumné nástroje použity myšlenkové mapy a na vstupu i žákovské eseje, ze kterých byly vybrány nejvíce frekventované relevantní pojmy. Vše doplňovalo i přímé pozorování výzkumníka v roli jednoho z učitelů, a také jeho rozhovory s žáky.

Vyhodnocování výsledků bylo zaměřeno zejména na pojmy, s kterými žáci během tvorby myšlenkových map a esejí operovali. Sledovali jsme pojmy použité v myšlenkových mapách a vstupních esejích, a jejich relevantnost dle předem stanovených kritérií (pojem musí být spjatý s plasty – jejich vlastnosti a typy, každodenní využití výrobků, dopad na životní prostředí, možnosti recyklace).

V rámci výzkumu proběhlo hodnocení aktivit žáků pomocí celkem tří jimi vytvořených myšlenkových map. První myšlenková mapa (I.) byla zasazena do části příprav na projektový den, ve které žáci operovali pouze s centrálním pojmem „plasty“ a uváděli pojmy, které se k plastům vztahují. Ve výuce, těsně po projektovém dni, žáci sepsali druhou myšlenkovou mapu (II.) se stejným zadáním. S měsíčním odstupem bylo provedeno i retenční testování pomocí třetí myšlenkové mapy (III.). Získaná data ze všech tří etap výzkumného šetření byly vyhodnoceny a interpretovány (obr. 3 a obr. 4).

V rámci příprav na projektový den psali žáci přibližně týden předem také eseje na téma "Proč si myslím, že plasty představují značné ekologické riziko". Před touto aktivitou neproběhla žádná výuka na toto téma. Hlavním důvodem bylo, aby žáci operovali pouze s pojmy, které mají ve své tzv. *tematické vrstvě* (viz Slavík, Janík, Jarníková a Tupý, 2014), a abychom zjistili, s jakými znalostmi a postoji budou do projektového dne vstupovat. Z těchto esejí jsme mohli odhadnout kromě postojů i zájmy žáků včetně jejich slovní zásoby k danému tématu. Následně byla určena frekvence výskytu nejpoužívanějších slov ve všech esejích pomocí nástroje Word Cloud Generator, jak jde vidět na obr. 1., a získané informace byly využity při tvorbě obsahu projektového dne.



Obr. 1 Nejvíce frekventovaná slova v esejích na téma "Proč si myslím, že plasty představují značné ekologické riziko"

PRŮBĚH PROJEKTOVÉHO DNE

Celý projektový den byl rozdělen na tři části. První část byla věnována přednášce zástupce organizace Bezobalu, která razí myšlenku „Zerowaste“. Během této přednášky se žáci dozvěděli spoustu zajímavých způsobů a tipů, jak v domácnosti produkovat co nejméně odpadu, a být tak šetrnější k naší planetě. Další část přednášky byla věnována provozu a nabídce sortimentu v obchodech Bezobalu, které organizace zaštítuje. V závěru byl prostor na dotazy a diskusi. Přednáška byla pro žáky velmi přínosná a bylo vidět, že je tato část nabudila na další části projektového dne.

V praktické části se žáci seznámili s různými druhy plastů (PE, PS, PVC, HDPE, LDPE, PET), včetně jejich značek, recyklačních symbolů a jejich vlastností – tvrdost, ohebnost, lámavost. Ke každému typu plastu měli žáci k dispozici přímo výrobky z daného materiálu. V rámci experimentů si mohli vyzkoušet i rozpouštění některých plastů v acetonu, ethanolu a ve vodě, kde pozorovali jejich změny. Pomocí

plamenových zkoušek mohli žáci určit jednotlivé prvky, které se v plastových materiálech mohou nacházet (PVC – chlor). Mimo jiné žáci detekovali pomocí navlhčeného pH papírku unikající plyn ze zkumavky, ve které byla zahřívána „silonka“. Jednalo se o zjednodušené experimentální činnosti, které lze provést na středních školách i v náročnější formě, jak uvádějí Větrovská a Žitný (2014). Svá pozorování a výsledky žáci zanášeli do předem připravených pracovních listů, které se staly také zdrojem informací k hodnocení úspěšnosti projektového dne.

Poslední část projektového dne tvořil workshop zaměřený na praktické činnosti žáků reflekující absolvované aktivity. Úkolem bylo vyrobit jakýkoliv artefakt z plastových obalů, které žáci před projektem nashromáždili. V tomto úkolu žáci „popustili uzdu“ svým nápadům, a tak vznikaly jak výrobky blízké žákům, tak i velice zajímavé objekty, jako například malý domácí kompostér (viz obr. 2).



Obr. 2 Domácí kompostér vyrobený z plastových obalů

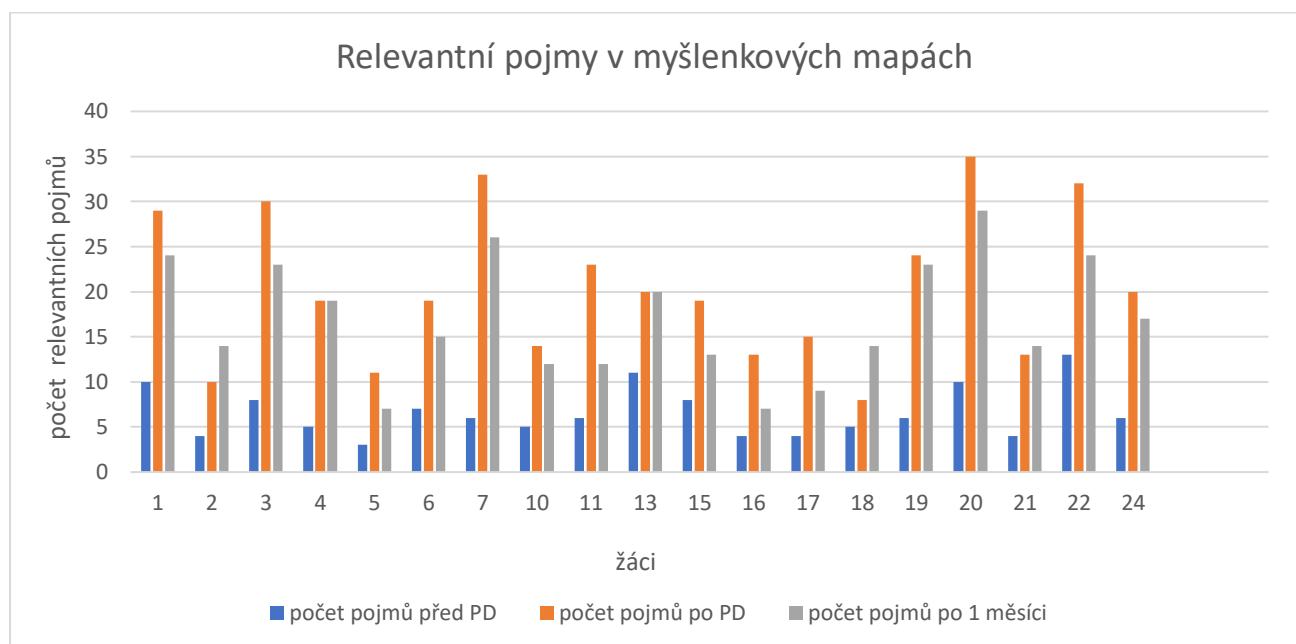
Žáci dostali možnost svůj „produkt“ doplnit „eko-obalem“ ve formě látkové tašky (zajištěny Základní školou), kterou si mohli kreativně pokreslit nebo i jinak upravit a naaranžovat k svému výrobku. Následně si svoji tašku mohli odnést domů k dalšímu využití. Získali tak příležitost i ve svých rodinách přispět k snižování vlastní plastové stopy.

VÝSLEDKY VÝZKUMNÝCH ŠETŘENÍ

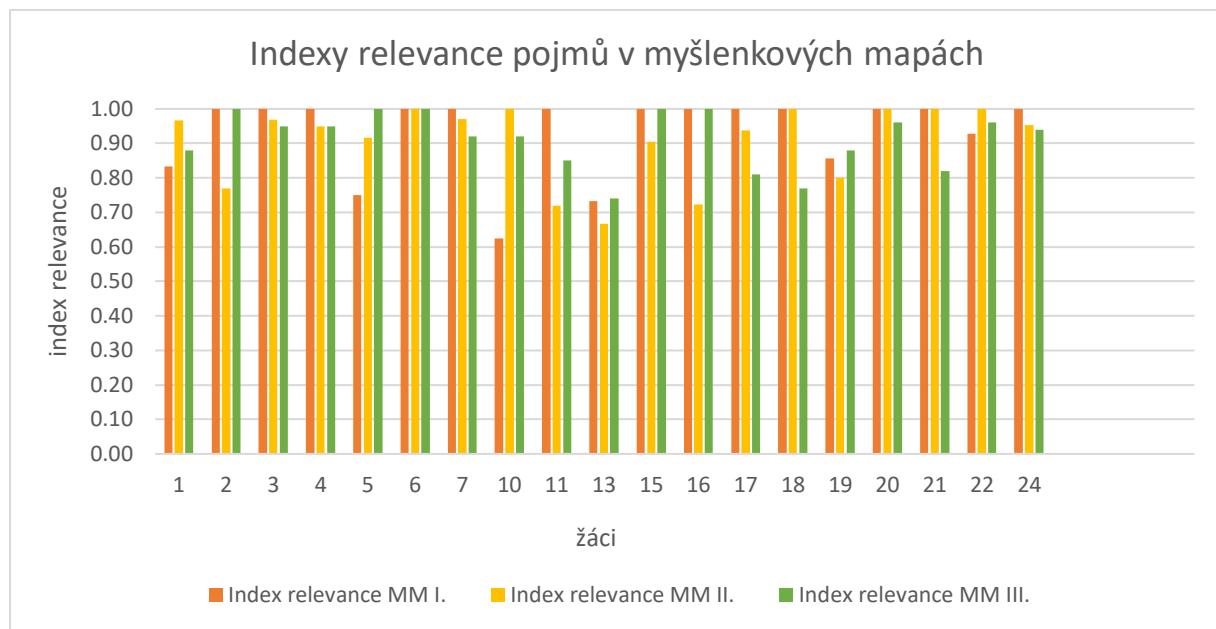
Prvním pozitivním ukazatelem realizovaných aktivit v projektovém dni bylo, že u všech žáků došlo k nárůstu relevantních pojmu v druhé myšlenkové mapě ihned po projektovém dni. Jak je z grafu na obr. 3 patrné, u většiny žáků se objevil markantní nárůst v počtu relevantních pojmu (až o 22), nejnižší nárůst byl tří pojmy. V průměru se počet relevantních pojmu zvýšil o 13 v porovnání první a druhé myšlenkové mapy. Ve třetí mapě, kterou žáci tvořili s měsíčním odstupem, můžeme sice pozorovat

pokles relevantních pojmu, s kterými žáci operovali, ale nejde o pokles nijak významný. Najít se dají i výjimky, u kterých stouplo počet pojmu oproti první i druhé mapě (žák č. 2 a č. 18). Ze získaných dat vyplývá, že všichni žáci operovali ve třetí mapě s více pojmy (v průměru 10 pojmu) než před projektovým dnem (první pojmová mapa), což nám dává pozitivní zpětnou vazbu o účinnosti navržených aktivit s projektovými prvky.

Dále jsme se zabývali tzv. *indexem relevance* jednotlivých pojmu ve všech třech myšlenkových mapách (obr. 4). Index byl vypočítán jako podíl relevantních pojmu k celkovému počtu pojmu zařazených v myšlenkové mapě jedince. Tato hodnota byla stanovena pro všechny mapy žáka zvlášť, aby byl vidět jednoznačný nárůst nebo pokles indexu. Pozitivním ukazatelem účinnosti vybraných aktivit s projektovými prvky bylo, že index relevance všech žáků byl po jeho skončení i s měsíčním odstupem stále vyšší než 0,6. Nic na pozitivních výsledcích nemění ani fakt, že u některých žáků v druhé i třetí myšlenkové mapě došlo ke snížení tohoto indexu, k čemuž mohlo dojít nedostatečně rozvinutou schopností žáků vybírat právě klíčová slova.



Obr. 3 Počet relevantních pojmu v myšlenkových mapách



Obr. 4 Indexy relevance pojmu v myšlenkových mapách

ZÁVĚR

Žáci se během projektového dne na základní škole setkali s různými a často novými pojmy, s kterými však uměli poměrně obstojně operovat. To je možné pozorovat v myšlenkových mapách, které poukazují na pozitivní výsledky žáků ve smyslu přírůstku jejich znalostí o problematice plastů a jejich odpadových souvislostí. K využití myšlenkových map jak ke zjištění přírůstku znalostí žáků, tak k efektivitě celého projektového dne je třeba dodat, že základem pro práci s myšlenkovými mapami je třeba určitá předchozí zkušenost s tvorbou takových map. Je třeba, aby žáci netvořili myšlenkovou mapu poprvé, což bylo v našem případě splněno.

I přes to, že většina žáků náležitě operovala s novými pojmy, objevil se fakt, že ne všichni žáci jsou schopni pracovat s klíčovými slovy z daného tématu, což nám odhalil pokles indexu relevance pojmu. Na rozvoji těchto kompetencí je tedy třeba kontinuálně pracovat.

Navržený projekt je jednou z možností, jak seznámit žáky s problematikou plastů a životního prostředí, a to i spojením se zážitkovou pedagogikou pomocí experimentů a dalších praktických aktivit. Při provádění experimentů žáci rozvíjeli schopnost manipulace a práce s jednoduchým laboratorním vybavením. Dále projekt rozvíjel komunikační dovednosti žáků, jejich kreativitu (výrobky, zdobení tašek), schopnost pracovat s různými zdroji a prohluboval zodpovědnost a kritické myšlení. Vzhledem k vysokému *projektovému potenciálu* (Tóthová, Matoušová, Šubová, & Rusek, 2019) tohoto tématu lze snadno upravit scénář projektu podle možností školy (např.

promítnutí dokumentu Plastic Ocean místo přednášky). Z vybraných aktivit by se mohl stát i dlouhodobý celoškolní projekt, který bude podporovat myšlenku Zerowaste.

V neposlední řadě se podařilo na základě vlastní tvorby žáků v závěrečné fázi projektového dne potvrdit možnost „přerůstání“ projektu „zadaného“ učitelem v aktivitu s projektovými prvky žáků. Je možné konstatovat jejich vysokou zaujatost pro završení projektového dne vlastními produkty ve formě „odpadově-plastového“ artefaktu a jeho šetrného opakovatelně využitelného obalu ve formě textilní tašky v autentickém provedení. I tato část projektového dne se bezpochyby projevila na pozitivních výsledcích pojmového mapování jako nástroje pro ověření efektivity obsahu projektového dne.

Poděkování

Za vhodné připomínky k textu patří poděkování PhDr. Martinu Ruskovi, Ph.D. z katedry chemie a didaktiky chemie Pedagogické fakulty, Univerzity Karlovy. Příspěvek byl podpořen projektem PROGRES Q16 – Environmentální výzkum.

LITERATURA

Bílek, M., Machková, V., & Chroustová, K. (2016). *Project Oriented Instruction in Chemistry Teachers Education: Experience and Perspectives*. In M. Rusek (Ed.). *Project-based Education in Science Education XII*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, s. 11-17. WOS:000375780600001.

Horáková, A., Kolafiová, B., & Malúšová, K. (2020). Hodnocení školní aktivity na téma plasty a jejich třídění. In M. Rusek, M. Tóthová, & K. Vojíř (Eds.). *Project-based Education and other Activating Strategies in Science Education XVII*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, s. 112 – 120.

Kalhous, Z., Obst, O., & kol. (2009). *Školní didaktika*. Praha: Portál.

Kratochvílová, J. (2006). *Teorie a praxe projektové výuky*. Brno: MU.

Rusek, M., & Dlabačová, Z. (2013). What is and what is not a project? In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech* (s. 14-19): Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900002.

Slavík, J., Janík, T., Jarníková, J., & Tupý, J. (2014). Zkoumání a rozvíjení kvality výuky v oborových didaktikách: metodika 3A mezi teorií a praxí. *Pedagogická orientace*, 24(5), 721-752.

Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š., & Rusek, M. (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (s. 65-70). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, s. 65-70. WOS:000482135600008.

Větrovská, E., & Žitný, V. (2014). The Plastic Time. In M. Rusek & D. Stárková (Eds.) *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XII.* (s. 76-79.) Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, WOS:000350024400012.

Zormanová, L. (2012). *Projektová výuka.* Metodický portál: inspirace a zkušenosti učitelů. [online], [cit. 2019-12-12]. Dostupné na: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/14983/projektova-vyuka.html/>

Kontaktní adresy

Bc. Karolína Bednářová, Bc. Martina Šafránková, prof. PhDr. Martin Bílek, Ph.D.

Katedra chemie a didaktiky chemie Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: bednarova.karol@seznam.cz, martina.safrankova01@seznam.cz, martin.bilek@pedf.cuni.cz

Time management in project based education

Paweł Cieśla, Małgorzata Nodzyńska, Anna Baprowska, Martin Bílek

Abstract

Process of planning the time is one of the crucial parts of any project, especially when it assumes many long-term activities. Thus, it was decided to check whether primary school pupils are able to schedule the activities specified in the project with the use of Gantt diagram, which is commonly used in commercial projects, however it is not popular in a school practice. The research was carried out among primary school pupils in grades 6, 7 and 8, aged 12-14. Research revealed that the Gantt diagram is a very good tool for planning project activities for older pupils who have already reached stage 4 of development according to Piaget. For younger pupils, more teacher support is needed.

Key words

Project-based education; Gantt diagram; time management

INTRODUCTION

One of the very important aspects of Project-Based Education (PBE) is the process of planning the time, especially when project assumes many long-term activities. The final success of the project or its failure depends on the proper planning of tasks, determining which activities should be carried out first and which must be carried out later. Moreover, PBE is one of the best strategies that enables development of key competences (The Council of the European Union, 2018). Work management and time planning are the essential parts of entrepreneurship competence. The research carried out by Valle et al (2019) reveal that better time management by pupils influences on their higher academic achievement. It is very important to support the development of the discussed time management skills by pupils.

Planning of time frames of project tasks has to be done during the preparatory phase of the project, however after recognition of activities that have to be taken in the project. Previous research revealed that recognition of activities can be done with the use of Ishikawa diagram (Cieśla, Nodzyńska, Baprowska, Bílek, 2018) or mind maps (Nodzyńska, Baprowska, Cieśla, Bílek, 2018). This planning process of time frames of actions is difficult for pupils, especially at lower education levels, because they are not used to holistic and detailed planning. Thus, pupils should be equipped with a tool that will help them in this area. There are various tools supporting planning the activities in time frames. One of them, used in various professional projects is the Gantt diagram (Gantt, 1919) but it is not commonly used in a school practice.

AIM OF THE RESEARCH

It was decided to check whether primary school pupils are able to schedule the activities specified in the project with the use of Gantt diagram. 61 pupils (of 6th (13), 7th (30) and 8th (18) grade of primary school, aged 12-14) were examined. Due to the fact carrying out the research in real project would have been difficult or even impossible the hypothetical situation was created. That hypothetical project assumed to design and build school garden of various functionality - educational, sport and recreational, however the role of pupils in that research was slightly different. In order to ensure the comparable results of the research the tasks (activities) in the project have been previously developed whereas pupils had to put those tasks in the correct order and schedule those tasks. The pupils had 33 activities at their disposal that should be carried out as part of the project (Tab. 1). These activities were written on strips of paper. Pupils had to group them and then stick them on the template of the Gantt diagram in the order they thought was correct. Then, according to the instructions (Fig. 1), they should specify the importance of the tasks (critical and non-critical tasks) and graphically present the time they think is needed to implement the given activity and estimate the time needed to complete the tasks and present it on the chart, using the markings in the instruction.

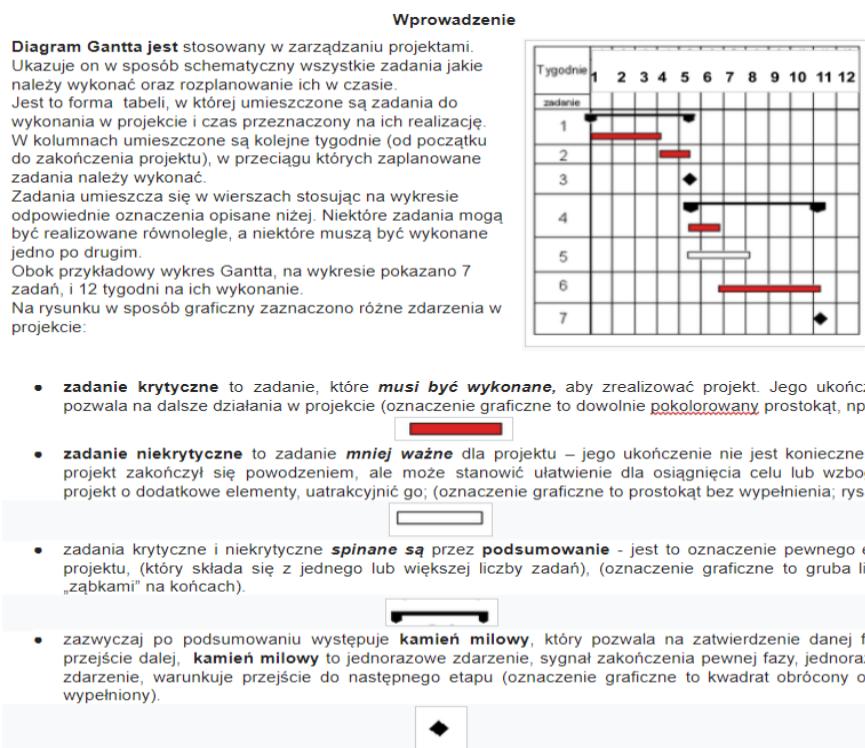


Fig. 1 Instruction: How the Gantt diagram works

Tab. 1 Activities in the project.

No	Activity	No	Activity
1	Planning what functions the garden will perform	18	Installation of electrical installations (lighting)
2	Formal matters, consent of the headmaster, parents ...	19	Installation of irrigation system (ponds, fountains, sprinklers)
3	Gathering people willing to work	20	Pouring water into the ponds and fountains
4	Development of a garden construction plan (arrangement of individual zones)	21	Preparation of the area for the educational part
5	Designing wooden buildings (gazebos, benches, etc.)	22	Purchase of instruments for the experimentation / educational zone
6	Designing educational activities	23	Construction of an educational zone (positions for experimentation and learning)
7	Development of instructions and instrument plan for the experimentation zone	24	Mounting the instruments on the experimenting stands
8	Estimate	25	Preparing of instructions for the experimentation zone
9	Searching for sponsors.	26	Mounting placards with instructions for individual tasks in the education zone
10	Search for contractors for building walls.	27	Plant Selection
11	Establishing a work schedule for pupils and parents	28	Gaining knowledge about the life requirements of plants
12	Search for contractors for laying paving stones	29	Purchase of plants
13	Purchase of necessary materials: paving stones, cables, lamps, wood, etc.	30	Planting plants
14	Earthworks (making hills, digging a pond, leveling the ground ...).	31	Lawn creation
15	Hardening the surface of the garden (driveway, paths ...)	32	Sending invitations to the grand opening of the garden
16	Construction of a recreation area (gazebos, pergolas, ponds, fountains, playground, rest ...)	33	Grand opening of the garden
17	Purchase of equipment for the playground		

RESULTS OF THE RESEARCH

Pupils needed about two hours to complete the task. Analysis of the pupils' Gantt diagrams was focused on the following issues:

- whether pupils used the correct markings on the diagram as instructed,
- whether pupils determined the dependency relationship among the tasks and placed them in time,
- how much time they needed for project realization,
- how much time they planned for particular activity (on average).

Those factors seem to be optimal for diagnosing if school pupils can work with Gantt diagram – the first one checks if the symbolism used in the diagram is at acceptable level for young pupils. The second one reveals if pupils are able to manage the tasks in the project and the last two give an answer if pupils can correctly manage the time in the project.

Analyzing the correctness of the use of symbolism used in Gantt diagram created by pupils, they were divided into 3 categories. The "correct" category includes diagrams that correctly use the symbolism of the Gantt diagram (critical tasks, non-critical tasks, summaries, milestones). The "partially correct" group includes those diagrams in which some of the symbolism has not been used or slight inaccuracies have occurred. The charts where no symbolism was used at all (pupils marked boxes in the diagram in any way (different than the correct one)) were considered "incorrect". Analysing the results obtained, we can notice very large differences between the sixth-grade pupils and the other pupils as regards the correctness of the markings in the diagrams (compare Figure 2). In the diagrams created by the sixth-grade pupils there are no symbols characteristic of the Gantt diagram at all. Although they plan time for individual activities in the project, they cannot assign them the right rank. The comparison of the results of the two seventh classes (a and b) and the eighth class is very interesting. The results achieved by class 7b are comparable to the results achieved by pupils of the 8th class (the sum of percentage of correct and partially correct answers in class 7b is 88% and in class 8 is 83%, and the percentage of incorrect answers is lower in class 7b than in the eighth class). It can therefore be concluded that although there are differences between these two classes, they are small. However, the comparison of the results of class 7a with the results of class 8 or 7b reveals very significant differences. In class 7a, the percentage of incorrect and correct answers is 36% and 21% respectively. The rho-Shapiro correlation was calculated for the dependence of the correctness of the task on the student's age.

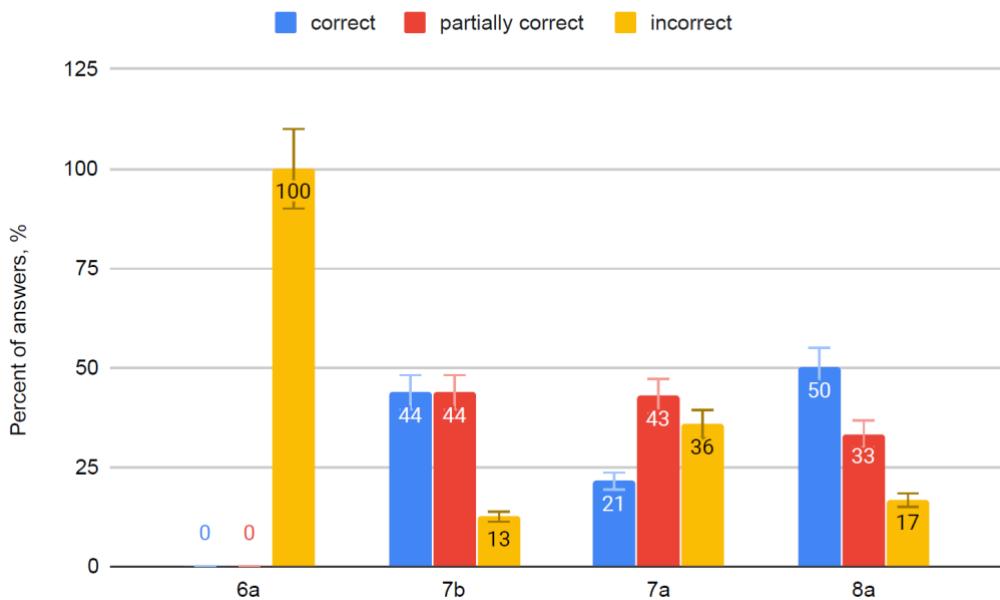


Fig. 2 Correct markings on the Gantt diagram

Laying out the order of activities in the project is the second element studied, which shows a clear difference between 6th grade pupils and older pupils. Dependency of tasks can be noticed in the diagrams created by older pupils. They mostly arranged the tasks into sequences – the next tasks started after completing the previous ones (Figure 3 on the left). In contrast, most 6th grade pupils start all activities in the project at the same time (Figure 3 on the right).

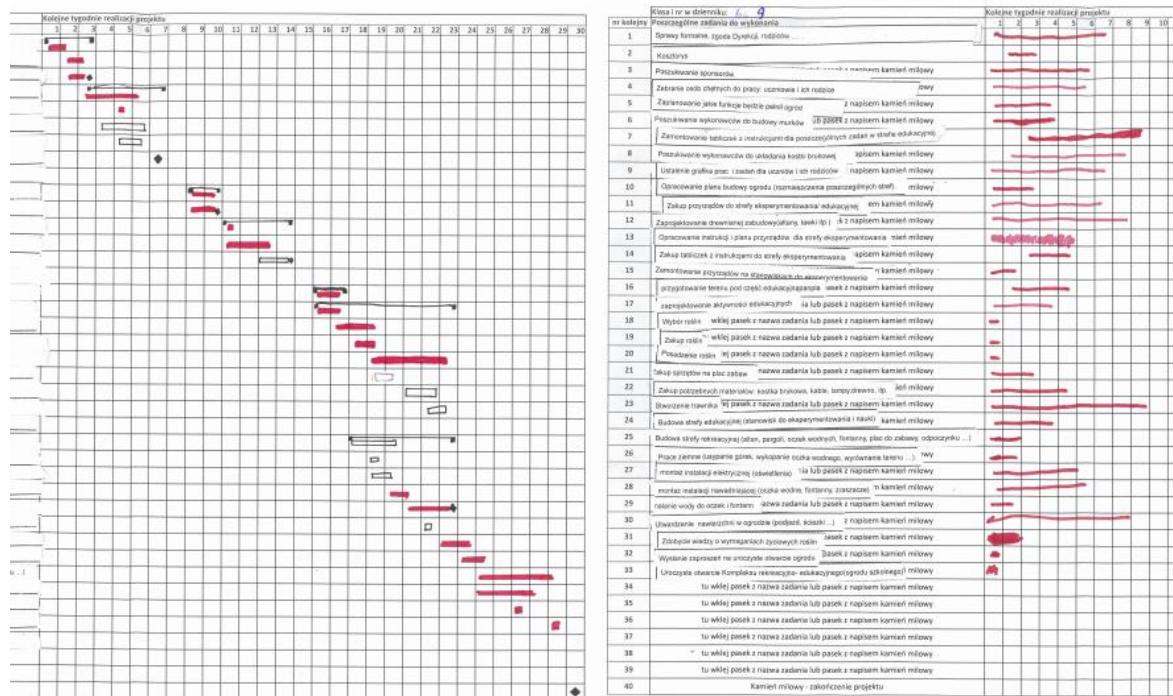


Fig. 3 Examples of pupils' work - with dependency relationships (left) and without dependency relationships (right)

Only 46% of 6th grade pupils correctly drew the sequence of tasks in the project as opposed to older grade pupils (Fig. 4).

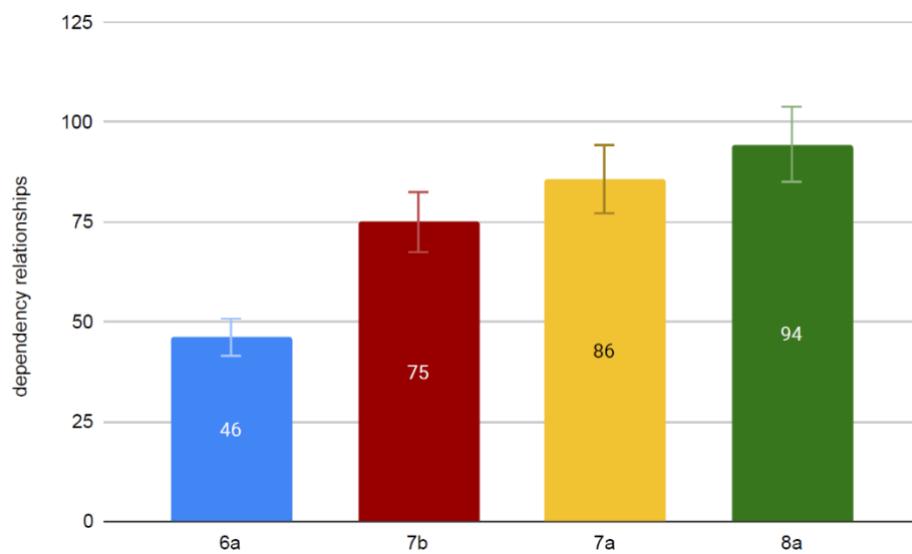


Fig. 4 Percent of pupils who showed dependency relationships of tasks in the chart

Also, pupils from 6th grade planned the duration of the entire project to be much shorter than in the schedule made by pupils of older classes (Fig. 5).

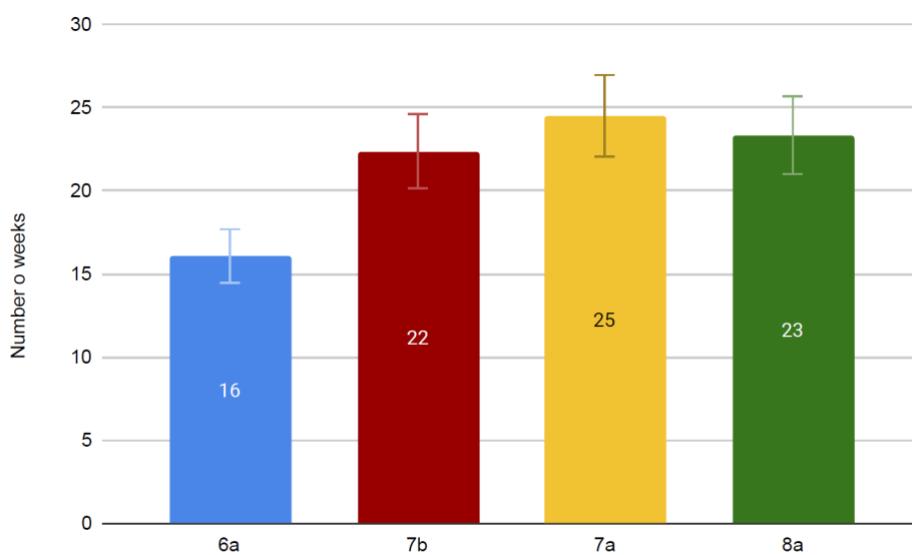


Fig. 5 Number of weeks needed for project realization - on average in each group

This was due to the fact that pupils in 6th class planned shorter time for realisation of individual tasks in the project than pupils in older classes (Tab. 2).

Tab. 2 Average time needed (in weeks) for each task to complete it

Task number	Class 7a	Class 7b	Class 8	Class 6	Task number	Class 7a	Class 7b	Class 8	Class 6
1	1.7	2.9	2.6	2.4	18	3.1	2.8	1.7	2.4
2	3.0	1.5	3.4	4.3	19	3.1	3.9	2.6	3.7
3	3.4	3.1	2.9	2.6	20	2.1	2.6	2.1	2.1
4	2.0	3.0	1.8	2.1	21	2.1	3.4	2.1	2.6
5	2.2	2.7	1.7	2.6	22	2.0	2.4	1.8	2.7
6	1.8	2.4	1.6	2.1	23	3.6	3.4	2.3	1.8
7	2.1	2.4	1.6	1.8	24	2.1	2.9	1.7	2.7
8	1.8	2.3	1.6	2.4	25	1.4	2.3	1.4	1.8
9	17.6	8.3	3.4	2.1	26	1.2	1.9	1.6	2.5
10	2.5	2.3	1.9	1.4	27	1.5	2.3	1.6	1.7
11	2.1	2.7	1.9	2.1	28	2.4	4.3	1.3	1.7
12	2.2	2.1	1.6	1.4	29	1.5	2.1	1.8	2.2
13	2.2	2.8	2.7	2.4	30	1.9	2.6	2.1	1.7
14	4.4	3.8	3.1	3.4	31	2.8	3.6	2.0	2.3
15	2.9	3.1	1.9	2.6	32	1.6	1.7	1.3	1.5
16	4.6	4.9	3.4	2.5	33	1.1	1.8	1.1	1.3
17	2.5	2.6	1.8	2.4					

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Summing up the outcomes of the research, it can be stated that the results obtained by 6th class pupils differ significantly from the results of pupils of classes 7th and 8th. The main problem for them is mastery of the symbolism regarding the Gantt diagram. The data obtained in the research show a clear development difference between the students of class 6 and students of classes 7 and 8. This is in line with Piaget's theory of development. Phase of formal operations is achieved by pupils over the age of 13 on average (which corresponds to grade 7 in Polish school education). At this age, the pupil gains the ability to solve all classes of problems (including hypothetical and verbal-conceptual). The most important structures developing in this period is hypothetical-deductive reasoning ("from general to detailed", where "general", or premises, are yet unverified hypotheses) and scientific-inductive reasoning, allowing the creation of generalizations. In addition, it is also worth mentioning the probability and proportions whose understanding therefore, it is also significantly improved during this formal operation phase, which is why the relatively schematic and requiring the use of numerous Gantt diagram symbols exceeded the intellectual capabilities of grade 6 pupils who are still in the third stage of child development - the phase of concrete operations. During this period, children have a problem with abstract concepts whereas older children begin to think abstractly, which allows them to cross the border of time and space and be placed in the 4th phase of formal operations. Therefore, pupils in grades 7 and 8 were much better at this task, however, the differences between students in the

seventh and eighth grades are not due to their level of education (age) but are dependent from individual development (probably some pupils have already reached fourth level of development according to Piaget and some persons are still at the third level).

The research revealed that many pupils had a problem in estimating how much time is needed for each activity to accomplish it. Some of them had problems with determining dependence relationships. Also, they had some problems with graphical representation of the tasks.

Gantt diagram is a tool which can be used at school practice, especially in PBE. It seems that it is a very good tool for planning project activities for older pupils (7th and 8th grade) who have already reached stage 4 of development according to Piaget, however pupils need more practice and some support from the teacher, especially younger pupils. The support can be realised, either through more exercises of this type or by supervising and advising during the planning, however, the Gantt diagram seems to be too big challenge for them to cope with it.

LITERATURE

Cieśla, P., Nodzyńska, M., Baprowska, A., & Bílek, M. (2018). Implementation of Ishikawa Diagram into Project Based Education. In M. Rusek, & K. Vojir (Eds.), *Project-based Education in Science Education: Empirical Texts XV*. (pp. 44-52). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900005

Gantt, H. L. (1919). *Work, Wages and Profits*. The Engineering Magazine CO. New York.; republished as Gantt, H. L. (1974) *Work, Wages and Profits*. Easton, Pennsylvania: Hive Publishing Company.

Nodzyńska, M., Baprowska, A., Cieśla, P., & Bílek, M. (2018). Using a mental map to plan an educational project with science orientation. In M. Rusek, & K. Vojir (Eds.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 151-157). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600018

The Council of the European Union (2018). Council recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning. *Official Journal of the European Union*, 2018/C 189/01, 61, 1-13.

Valle, A., Pineiro, I., Rodriguez, S., Regueiro, B., Freire, C., & Rosario, P. (2019). Time spent and time management in homework in elementary school students: A person-centered approach. *PSICOThemes*, 31(4), 422-428.

Contact addresses

Paweł Cieśla¹, Małgorzata Nodzyńska¹, Anna Baprowska², Martin Bílek³

¹Department of Biology and Chemistry Education, Institute of Biology, Pedagogical University of Cracow Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Poland

²Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Hradec Králové Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové, Czech Republic

³Department of Chemistry and Chemical Education, The Faculty of Education, Charles University, Magdalény Rettigové 4, 110 00 Nové Město, Prague

e-mail: pawel.ciesla@up.krakow.pl, malgorzata.nodzynska@up.krakow.pl, a.baprowska@gmail.com, martin.bilek@pedf.cuni.cz

Tools for Enhancing Inquiry and Teacher's Learning Goals

Kateřina Čiháková

Abstract

Czech classrooms are rather closed systems where teachers do their job without regular external feedback. In our professional development program (PDP) we tried to change this in 17 schools. Participating teachers collaborated with external mentors for 18 months to acquire teaching skills for inquiry. PDP consisted of workshops, 3 instructive lessons (scientific questions and hypothesis, experiment design, data collection and conclusions) and interviews. We used modified self-diagnostic tools (Borda Carulla, 2012) for self-assessment, lesson preparation and observation. We analysed the relationship between the items scored in observed lessons and the goals set by the teacher. We suggest set of 8 indicators that can be used in PDP focused on IBSE both for redefinition of personal learning goals. These indicators are focused on teachers' activity in particular inquiry step, teamwork and assessment.

Key words

Learning goal; mentoring; inquiry-based science education; professional development program

INTRODUCTION

Evaluations of inquiry-based science education (IBSE) implementation and other research outcomes have pointed to the teacher as being the single most important factor affecting student achievement (Hattie, 2003). Teachers during their career meet different challenges such as new technologies, change of curricular documents or shift to innovative instructional methods and are expected to learn continuously (Louws, van Veen, Meirink & van Driel, 2017). The providers assume that teachers themselves decided for course and that they are able to formulate their learning needs (Janssen et al., 2012). Teachers must often in reality adapt to the policy of their school, their principals set the learning goals for the whole institution and the teachers simply follow it (cp NEA, 2017). Few teachers reported receiving adequate time for job-embedded professional learning, such as opportunities to get or give feedback through observing or being observed while teaching a class in the US national survey (6300 teachers), we assume that in Czech Republic the situation is not much more optimistic. Teachers are not experienced in formulating their personal learning goals (van Eekelen, Vermunt & Boshuizen, 2006; Louws et al., 2017), that is why we seek for the tools to help them.

PDP both in general and for IBSE in particular can be designed to provide both the knowledge and space for training the teaching skills, to try new instruction methods in the classroom and reflect the new practice with colleagues. The personal expectations can differ considerably as the learning history, background and experiences of the teachers vary. These can be seen as a part of activity system, that can be described by “Six-dimensional model of I.B.S.T.” (Grangeat, 2016, Lepareur & Grangeat 2018) with following dimensions: 1) origin of questioning, 2) nature of the problem, 3) responsibility within the inquiry process, 4) pupils’ diversity and variability, 5) development of argumentation, 6) explanation of learning goals.

The extent to which teachers finally adopt new methods introduced during PDP is influenced by their beliefs, which can be used to adapt the PDP content (Kotuláková, 2018). Our PDP that consisted of sessions where steps of inquiry cycles were introduced, conducted by teachers, observed and reflected together with experienced mentor. The aim of this case study was to develop a set of indicators that can be used for other PDPs in IBSE. These indicators should match the personal learning goals and should be relevant for both early career and experienced teachers. We were interested in the following questions:

1. Do the personal learning goals depend on the length of teacher’s career? 2. What are the new goals redefined after observed and reflected inquiry lessons? 3. What are the indicators that should be discussed after the observed lesson as they bring the most information about the instruction process?
4. Does the lesson observation and discussion with external mentor based on marked indicators in observation form influence the redefinition of learning goals?

We assumed that the indicators with highest information value (e.g. with even number of positive and negative answers) will be related to the step of the inquiry cycle: research question, making prediction with pupils, planning experiment, conducting experiment and making records of the results. Further, we assumed that there is significant correlation between the goal redefinition (goal unchanged/goal redefined) and the value of relevant indicator (positive/negative).

METHODS

Professional development program and its participants

We conducted action research where the PDP providers and teachers acted together with the researcher (author), who was one of the external mentors. The group of teachers was diverse in their

career length, education background and type of school (public/private), with majority of primary teachers and 3 lower secondary science teachers only.

At the very beginning of the PDP only after introductory workshop the teachers were asked to formulate their personal learning goals. We provided them with self-reflective tool (Čiháková & Kubcová, 2018) based on focus areas from Competency ISSA Framework (ISSA 2010), filled with examples of teacher behaviour from Fibonacci project (Borda Carulla, et al., 2012) and questionnaires of Czech School Inspectorate (ČŠI, 2015). We have chosen 4 out of 7 focus areas from ISSA Framework that we consider the most important for IBSE: Planning, Assessment, Learning Environment and Teaching Strategies.

The PDP focused on IBSE consisted of introductory workshop, studying instruction materials and training new skills in the participants' classroom and lasted 1 year (for details see Čiháková, 2019). Each participant cooperated with his external mentor who led the instructional lessons aimed at particular step of inquiry cycle (1- questions and hypothesis, 2 – planning an experimental design, 3 – conducting the experiment). Each lesson was observed by the teacher or mentor using set of indicators derived from Borda Carulla et al. (2012) and the Teacher Guide for IBSE (Votápková, Vašíčková & Svobodová, 2013). We used Section A /Teachers Role from Self-Reflection Tool for Teachers of Primary and Secondary school that consists of 17 items. We chose only those relevant for particular inquiry step formulated as statements (not questions) such as: *T(eacher) encourages pupils to make predictions*. We used the assessments in the rubrics marked as YES/NO/NA (not assessed). Statements regarding teamwork and assessment were added from Teacher Guide for IBSE (Votápková et al., 2013). After each lesson mentoring interview took place and the teacher planned and conducted his own IBSE lesson aimed at step, that was again observed by the external mentor. Teachers used the set of indicators from the observation form as a guide for preparing their new lesson. The same set of indicators marked by the observer and the teacher was discussed and the resulting scores were recorded in the form.

Research methodology

The initial goals (formulated in November 2018) and redefined goals (formulated in September 2019) of 16 teachers were used for the analysis. We used only one main goal formulated by each teacher. We used scores of indicators in observation forms (YES/NO/not assessed). Relationship between career phase and learning goals and redefined goal and matching indicator value were tested by Fisher exact test. Relationship between identity of initial and redefined goal was tested by Chi square test. All tests were conducted using package R (R Core Team 2018).

Teachers were grouped into 2 career phases for the analysis: early career (1-7 years) and mid- and late-career (8 – 25 years). Initial learning goals were grouped in 2 categories: process goals (teaching strategies, inquiry steps) and other (environment, assessment or general goals). For further analysis they were grouped in 4 categories: general goals (e.g. “I can use IBSE methods.”), specific goals (e.g. “I bring nature objects for pupils’ work in the classroom”), questioning goals (“I encourage my pupils to ask the questions and find the research question”, conclusion and assessment goals (“I help my pupils to analyse the results and draw the conclusions”). We discerned the goals that were expected, because they correspond to the step of inquiry cycle (questions, conclusions and assessment), from other specific goals that were rather unrelated to the step. The scores from observation forms were analysed to find those with highest information value according to Shannon-Wiener index. The forms were obtained for analysis only from 13 and 15 teachers in lesson 1 and 2.

RESULTS

Seven (out of 15 teachers) recorded the general goal “I can apply IBSE” and 4 were more specific with “I can formulate research questions with pupils”. However other 6 teachers developed from the beginning their own learning goals regarding the formative assessment, cooperative learning, learning environment, teaching outdoors etc.

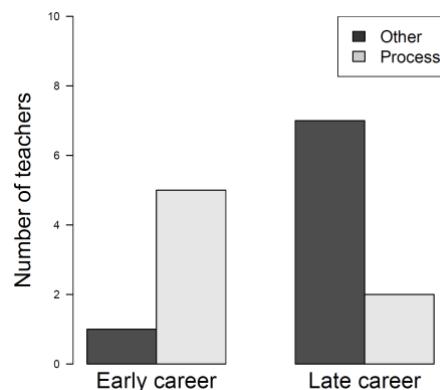


Fig.1 Initial personal learning goal and the phase of career

We found marginally significant correlation ($P=0,058$) between career (early, mid/late) and type of the goal (“process” and “other”) and. Early career teachers tend to choose the goals from Teaching Strategies focus areas, such as “I encourage my pupils to ask the questions and find the investigable question”, “I help pupils to record results systematically and analyse it”, referred to as “process goals” in the figure 1. Mid and late career teachers choose different goals (mainly from Learning Environment and Assessment focus area) such as “I provide pupils the criteria for formative assessment in advance”, “I teach outdoors regularly” or other goals regarding differentiation among pupils or motivation.

For the redefined personal goals, there was no correlation with their phase of career or the type of institution (private/state). The goals did not follow the expected pattern of inquiry cycle, the goal “questions” did not always change into “conclusion” (3 teachers only). We grouped the redefined goals that dealt with data analysis, conclusions and assessment into one group that corresponded with the planned content of the last part of the PDP (“Conclusion and Assessment”) in Figure 2.

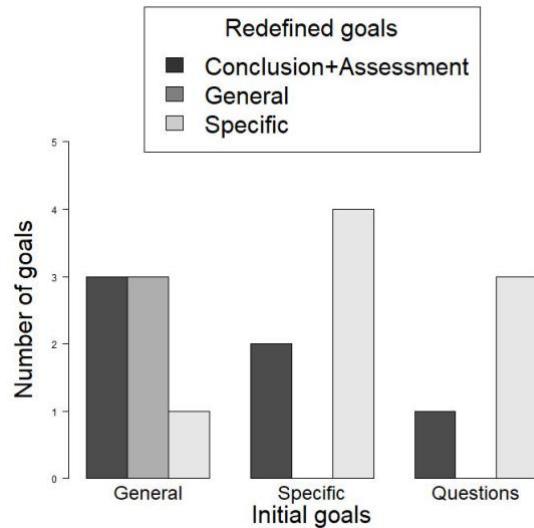


Fig. 2. Number of goals in groups of initial learning goals and redefined goals

The teachers who formulated general goals initially either kept them or moved to expected group of goals. Those teachers who were already at the beginning specific with their goals, only refined them or chose other concrete goal from different category. Third group of teachers who simply postulated that they want to learn what is planned for them (“how to find investigable questions with pupils”) redefined their goal and focused on classroom management and cooperative learning.

We distinguished 8 indicators from 3 observation forms that brought the highest information value.

Most teachers have encouraged pupils to ask questions. Part of the teachers have not given pupils the opportunity to make predictions themselves as was expected. We highlight our hypothesised indicators in italics in Tab 1.

Many (7 out of 15) teachers failed in *T involves pupils in planning investigations and include fair testing where appropriate*. The indicator was combined from two indicators from Borda Carulla, et al. (2012) that was misleading. We assume that most teachers involved pupils in planning, but they did not encourage them to include fair testing. Only 5 teachers (out of 15) did support the pupils to assign team roles and divide their tasks during the teamwork.

The indicators from the second lesson were relevant to the initial goals. If the indicator was present in the form and marked as positive the goals were redefined more often (Fig. 3). There is slight tendency to the relationship ($P = 0,131$) that we still interpret as the number of teachers is low ($N=17$).

Tab. 1 Indicator from observation forms with highest information value (value – number of positive answers out of number of responses)

lesson	indicator	value	N
Questions (1)	T tasks questions requiring pupils to give their existing ideas.	7	13
	T provides pupils with positive feedback on how to review or take their ideas further.	8	13
Planning and design (2)	<i>T encourages pupils to make predictions</i>	6	13
	T encourages pupils to work in roles with assigned tasks during teamwork	5	15
experiment (3)	<i>T involves pupils in planning investigations and include fair testing where appropriate.</i>	8	15
	T provides the pupils the examples of presentation of research results (such as articles, websites, encyclopaedia).	9	16
	T announces the criteria for the assessment of pupils' outcomes.	9	16
	T encourages pupils to keep notes or other records (photo, video) that could help to interpret the results	9	16

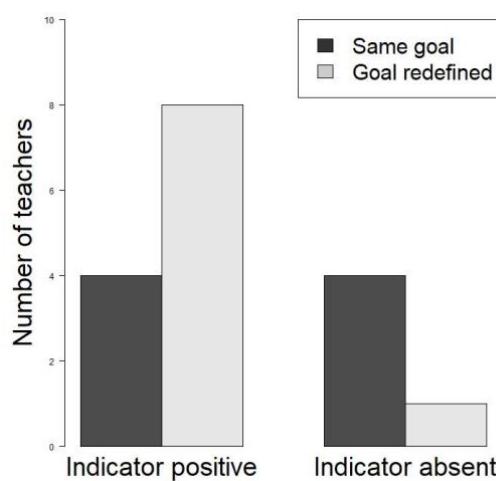


Fig. 3 Relationship between presence and value of indicator in observation form and goal redefinition

DISCUSSION

Personal learning goals, teachers' beliefs and career

Other studies found that formulating personal learning goal can be challenging (van Eekelen, Vermunt, & Boshuizen, 2006; Louws et al., 2017), that's why the literature on this topic is scarce. Although provided with the above mentioned self- reflective tools part of our participants were satisfied with

the general goal “I can use IBSE” initially. We supposed that the initial goal of most teachers would simply consider „investigable questions and predictions”, in the next phase it would shift to „the conclusions and presentation of results”. Both the initial and redefined personal goals were more diverse. It ranged in all 6 dimensions of the “I.B.S.T. model” (Lepareur & Grangeat, 2018) and we also found the same goals as authors of this study: „to allow students to ask questions and make assumptions” (questioning dimension) and “to create pupil teams” (responsibility dimension). The various personal goals fitted in all three main groups of teachers’ beliefs described by Kotuláková (2018): “Students as Independent Thinkers”, “Students Construct their Knowledge” and “Teachers as Providers of a Stimulating Environment for Cooperation”.

Although we found no correlation between type of the goal and the phase of teaching career, there is some observable pattern with early career teachers choosing goals aimed at planning and instruction process itself. This is in line with other studies, the early career teachers seem to go through a phase of *forming their own identity and efficacy as a teacher* (Louws et al., 2017; Day et al., 2007) because they are concerned with how to effectively structure lessons and increase their repertoire of instruction methods. Some of our mid-career teachers presumably experienced a phase of *change in role and identity* (Day et al., 2007) because they were searching for new ways to increase the impact on their students for example via formative assessment.

Redefining personal goals and self-reflective tools

We were interested whether the experience from the reflected lesson affected the redefinition of the goal. We found that 9 teachers could get reassurance from the indicator relevant for their initial goal during the lesson reflection (e.g. encouraged pupils to formulate investigable questions). Those teachers chose different goal for the rest of their PDP. Other 3 teachers were successful in fulfilling their goal in the observed lesson, but still they kept their personal goal unchanged and they expressed in the interview that they want to work on it regularly. We conclude that the lesson reflection with mentor using tools such as observation and self-reflective forms can help to identify specific teachers’ needs for their professional development. This experience can last and affect the teachers’ ability to formulate personal learning goals even several months after the intervention.

Some of the teachers reflected after the lesson that there were pupils who did not contribute actively to the group work. This was consistent with negative value of the indicator: “Teacher encourages pupils to work in roles with assigned tasks during teamwork”. This experience probably inspired them to define new goal regarding collaborative learning (4 teachers). Collaborative learning is a necessary step in promoting IBSE and requires pedagogical skills that may not be addressed at specialised IBSE workshops. The aspects of collaborative learning (such as group work, pupils’ responsibility for

learning) together with engagement and motivation were identified in teacher pilots in Finnish study, where the teachers were provided minimum guidance and developed their own inquiry lessons (Loukomies, Juuti, & Lavonen, 2018).

Assessment during inquiry lessons was also discussed very often. This can be attributed to the fact that our participating in-service teachers didn't encounter formative assessment during their teacher training. This was also the case for other in-service teachers in Czech Republic in the research of Rokos and Závodská (2015) but may have changed recently. One teacher kept the formative assessment as her main goal through the whole PDP. Three others changed their goal to assessment one month after the workshop on formative assessment.

The teacher who had chosen the assessment as her initial goal, refined it "to develop criteria together with the pupils". No such effort was found in the case study of 2 high school teachers focused on integrating formative assessment in IBSE (Bernard, Dudek-Rózycki & Orwat, 2019). This was rare example of highly motivated early career teacher who is enthusiastic to engage pupils in the process.

CONCLUSION

Teachers are able to formulate their personal learning goals with support of self- reflection tools and mentor. These goals partly depend on their career length, but during long term PDP may change after lesson observation and tend to be modified by common experience in the study group. We suggest set of 8 indicators that can be used in PDP focused on IBSE both for lesson planning and in discussion with the observer followed by redefinition of personal learning goals.

We sum up that the PDP providers must tailor their programmes to meet the needs of in-service teachers. Using data on teachers' personal goals could be beneficial for that. In our study the preferred topics apart from IBSE were formative assessment and cooperative learning. There is an on-going effort in Czech Republic to promote formative assessment both at the research (project ASSIST-ME) and dissemination level (Learning Hyperspace for Formative Assessment and Inquiry Based Science Teaching – project of JČU, handbooks from TEREZA z.ú., edukacnilaborator.cz).

The providers should not expect the group of participants to be homogenous in their experience and expectations. The mentoring appears to be effective type of PDP as it allows the teachers to follow their various personal goals and adopt new instruction strategies with the guidance of experienced colleague. The tools such as observation forms can be recommended for pre-service teacher training.

LITERATURE

- Bernard, P., Dudek- Różycki, K. & Orwat, K. (2019). Integration of inquiry-based instruction with formative assessment: The case of experienced chemistry teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 184-196.
- Borda Carulla, S. (ed.) (2012). *Tools for Enhancing Inquiry in Science Education*. Fibonacci Project.
- Česká školní inspekce (2015). *Metodika pro hodnocení rozvoje přírodovědné gramotnosti*. Praha: ČŠI.
- Čiháková, K. & Kubcová, L. (eds.) (2018). *Společně ze školy do přírody. Kolegiální podpora v přírodovědné gramotnosti*. <http://www.ricany.cz/org/muzeum/get.php?id=6090>
- Čiháková, K. (2018). Teaching skills for Inquiry Based Science Education. In M. Rusek & K. Vojíř (Ed.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI.*, Praha (pp. 163-171). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600020.
- Day, C., P. Sammons, G. Stobart, A. Kington, and Q. Gu. 2007. *Teachers Matter: Connecting Work, Lives and Effectiveness*. London: Open University Press.
- Grangeat, M. (2016). Dimensions and modalities of inquiry-based teaching: Understanding the variety of practices. *Education Inquiry*, 7(4), 421–442. doi:10.3402/edui.v7.29863
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- ISSA (2010). *Competent Educators of the 21st Century: Principles of Quality Pedagogy*, International Step by Step Association.
- Janssen, S., K. Kreijns, T. Bastiaens, S. Stijnen, and M. Vermeulen. (2012). Teachers' Professional Development: An Analysis of the Use of Professional Development Plans in a Dutch school. *Professional Development in Education* 38 (3): 453–469. doi: 10.1080/19415257.2011.635307.
- Kotuláková, K. (2019). Identifying Teachers' Beliefs Prior to CPD Training Focusing on an Inquiry-Based Approach in Science Education. *Research in Science Education*. doi: 10.1007/s11165-019-9841-0.
- Lepareur, C. & Grangeat, M. (2018) Teacher collaboration's influence on inquiry-based science teaching methods, *Education Inquiry*, 9:4, 363-379. doi: 10.1080/20004508.2018.1428037
- Loukomies A., Juuti K. & Lavonen J. (2018). Teachers as Educational Innovators in Inquiry-Based Science Teaching and Learning. In O. E. Tsivitanidou et al. (eds.), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning, Contributions from Science Education Research* 5. doi: 10.1007/978-3-319-91406-0_10.
- Louws M.L., van Veen K., Meirink J. A. & van Driel J.H. (2017). Teachers' professional learning goals in relation to teaching experience. *European Journal of Teacher Education*, 40:4, 487-504. doi: 10.1080/02619768.2017.1342241

NEA - National Education Association (2017). The State of Teacher Professional Learning. Results from a Nationwide Survey. available from <https://learningforward.org>

Rokos, L. & Závodská, R. (2015). Formative Assessment and Other Assessment Methods in Biology Education and Pre-service Biology Teacher Training in the Czech Republic. *International Journal of Assessment and Evaluation* 23(2), 17-27.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. Available at www.R-project.org.

van Eekelen, I. M., J. D. Vermunt, & H. P. A. Boshuizen. 2006. Exploring Teachers' Will to Learn. *Teaching and Teacher Education* 22(4): 408–423. doi: 10.1016/j.tate.2005.12.001.

Votápková D., Svobodová H. et al., (2013). *Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním*. Praha: Sdružení TEREZA.

Contact address

Mgr. Kateřina Čiháková

Katedra biologie, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.
Jeronýmova 10, 37115 České Budějovice

e-mail: katerina.cihakova@muzeum.ricany.cz

The Inquiry Diary: Students' motivation towards water-quality evaluation

Václav Fiala, Linda Honskusová

Abstract

This contribution presents design, verification and modification of an activity chosen from the Inquiry-Based Diary made by the first author of this paper. The activity was tested at two lower-secondary schools ($N=70$; IX 2019). It started with a guiding question: "What kind of water is better - tap water or bottled water?" The activity proved to be feasible. All groups successfully carried out an analysis of the brought water samples and were able to interpret the results correctly. The IMI questionnaire was used to gain feedback. Students seem not to feel pressure during their activities, and they responded positively in the areas of an interest/enjoyment, effort/usefulness and value/usefulness.

Key words

Inquiry-based education; laboratory work in science; motivation

INTRODUCTION

The quality of science literacy skills is regularly tested by PISA, last time partially in 2018. The results from 2015 showed that Czech students have a better knowledge of natural science content than procedural and epistemic knowledge. They are worse at designing and evaluating science research (Blažek, 2017). Generally, unsatisfactory results of Czech students in the international comparison are mostly affected by their lower ability in the procedural and epistemic dimensions. This is possible to explain by prevailing accent on facts (concepts) which probably originates from the former curricula (see Vojíř & Rusek, 2020) in contrast with student-centred (preferred) approach. This is an evident impulse for the need of students' (not only) science literacy skills systematic development. By developing the students' inquiry skills (e. g. process, how to solve a problem situation), the teacher also fulfils the Framework Educational Program (FEP). It is a key curriculum document for education in the Czech Republic (for FEP primary schools).

Webster's International Dictionary (1986) defines the word "inquiry (inquire)" as searching for the truth, information or knowledge; Barrow (2006) then as a survey, research, interviewing. Inquiry-based education leads to a relatively independent knowledge of reality by the pupil through active work (asking questions, formulating, hypotheses, designing an experiment, experiment, etc.) Individual steps are accompanied by different emotions, which play an essential role in education. Positive

emotions support the activation of cognitive functions, thereby the task-oriented learning processes are strengthened. Dostál (2015) conducted research focused on the connection between emotions and solved problems. He discovered that the changing of emotions in the problem-solving process has a positive effect on acquiring knowledge related to the problem being solved.

Because of the low popularity of science subjects, it is also essential that teaching is relevant to students (Lindner, 2011). The connection of real life with a student's teaching increases the motivation to learn and it is therefore appropriate to assess teaching topics also with regard to their project or research potential (Tóthová, Matoušová, Šubová, & Rusek, 2019). The water is one of the topics with this potential for its integrating character (Juračková, Slaničanová, Farbiaková, & Škrinár, 2011; Kohlerová, 2013; Machalová, 2014; Průchová & Rusek, 2017; Žák, 2018).

CHARACTERISTICS OF INQUIRY ACTIVITY

The activity is created as a group work with a time requirement of about 135 minutes. The activity is mostly controlled by the students themselves. As an activity guide the chapter in the *Inquiry Diary* is provided, regarding water quality (Fiala, 2019). In the diary is a free space for recording the discussion, a manual for activity itself, an empty place for own experiment record including the tables for results from water analysis. Also offers space for students to evaluate cooperation in the group as well as a place for teachers' feedback.

Discussion

It is appropriate to use a suitable motivation tool to draw students into the topic. It proved to be convenient to bring up a question at the end of the lesson: „Which type of water seems to be of better quality? Tap or bottled?“ Students write down their estimations in their notebooks before voting in the classroom. However, because there is not enough time, students do not have time and opportunity to discuss their choice among themselves, which creates a need to continue to be interested in the topic. The teacher divides students into two groups according to the opinion they hold. Their task is to prepare appropriate arguments for the next lesson (in advance at home). Students should be also informed that they should seek their information in relevant (scientific) sources and emphasize the importance of quality preparation.

In the following discussion, each group presents its arguments. The teacher should take the role of a moderator. Teacher should not incorporate his opinions during discussion but to motivate the opposing groups to support their opinions. All within the rules of respecting discussion which are set in advance; also using constructive objections and relevant information. The teacher leads the discussion and writes particular (counter)arguments for each category on the board (see Fig. 1).

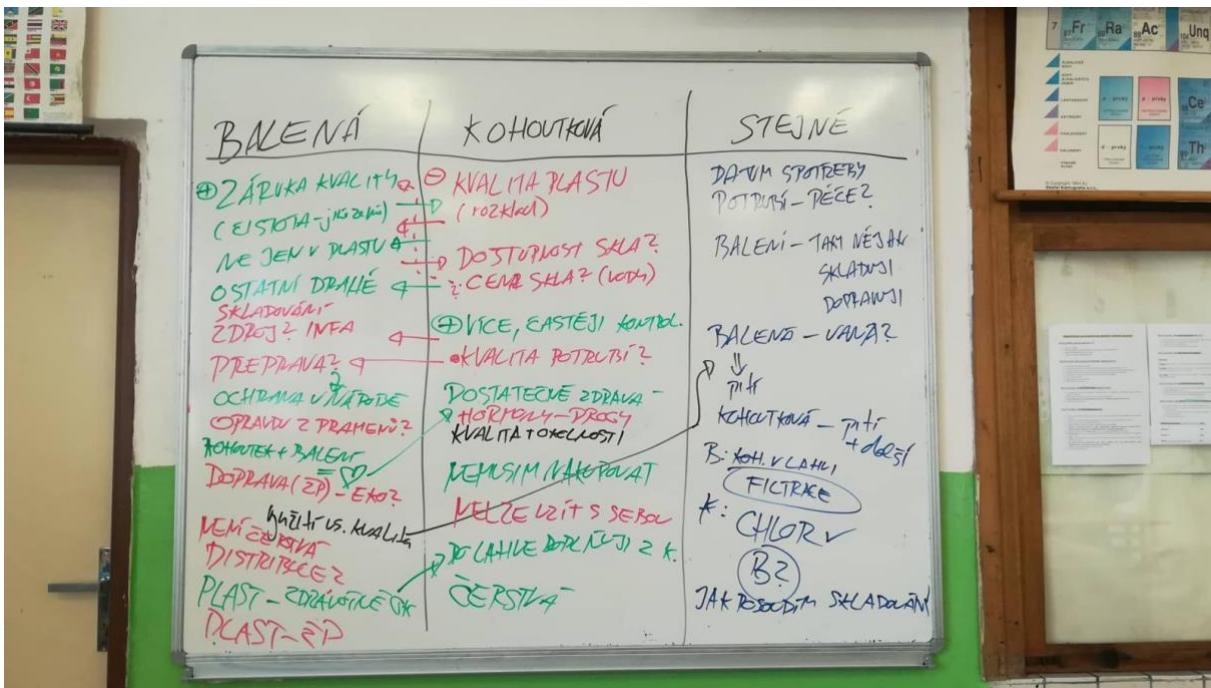


Fig. 1 The list of arguments on the board

The result of the discussion should not lead to a clear conclusion. On the contrary, some arguments for both groups should lead students to further reflection. In what other way it is possible to answer the introductory question? Students usually come up with a suggestion of water analysis (laboratory work). Alternatively, in the role of a teacher, students need to be appropriately led in this direction.

Water analysis

Due to the complexity of the equipment when performing classical water analysis, it is recommended to use some of the indicators for the quality of aquarium water. Each aquarium kit contains instructions for simple analysis, which is mostly based on adding a small amount of indicator to the analysed sample and then reading it on the colour scale. Depending on the degree of coloration, the concentration of the individual substance is then determined. Individual analyses last from 5 to 20 minutes depending on the type of the monitored substance, and also the type of aquarium indicators purchased. As part of our task verification, students worked with kits to determine nitrite anion, iron ion, phosphate anion, and total water hardness.

Students bring water of their choice (tap from households and various types of bottled water). If there is enough time and if a group of volunteers is found, it is good to carry out the same analysis for raw water (for example from a local pond or river) - the differences are better represented - e. g. iron or nitrite concentration in drinking water (bottled or tap) and raw water.

Because each group works on the determination of all substances for all its water samples, it's good to dedicate a double lesson due to time demands. The results of different types and kinds of water are

then compared with each other. Although the results according to the rating scale are indicative, they are good enough for the purposes of this task.

Interpretation of results

Students reach certain results, which they write in the table provided. They can subtract values and scale them but do not know how to interpret them correctly. The teacher, therefore, guides them with appropriate questions to the legislation of drinking water standards. Students can find this legislation on the Internet and compare it with their results. All results are recorded on the board and monitored which water complies with the legal standards.

As part of this activity, students are encouraged to reading literacy as they have to accumulate enough relevant arguments for their opinion. They must organize the information so that they do not rely only on their feelings or the feelings of people from different discussion forums. It is also important to ensure that students do not choose articles from a tabloid source. Mathematical literacy develops when comparing results (both between particular types of water among themselves and with legislative requirements for drinking water). There is also a possibility for the development of digital literacy when the teacher prepares an additional calibration series and students can determine one sample using a school spectrophotometer that generates a graph.

GOALS

The main goal of the activity was to verify its feasibility (eventually to adapt it) even in schools with minimal laboratory equipment and with students who are not accustomed to IBSE. A partial goal is to increase the interest of students about the topic and raise their interest in lab work.

RQ1: How can the water analysis be carried out with minimal technical equipment?

RQ2: How the implementation of the activity will influence the motivation of students to study the topic further?

VERIFICATION OF THE ACTIVITY

The activity designed in the *Inquiry Diary* was verified in October 2019 as part of common chemistry lessons (i. e. they were not carried out in a laboratory but in an ordinary classroom) at two lower-secondary schools in Prague. They were led by two different teachers after joint training.

Research Sample

The activity was carried out with altogether 70 students from four classes, ISCED 2 (36 girls, 34 boys; 4 students were excluded for missing items). The division into three working groups was maintained

based on the previous division in the discussion part of the activity. Students from one school (two classes) were not used to inquiry-based education, students from the other two were used to work with the *Inquiry Diary* (Fiala, 2019) for the whole school year.

Methodology

The Czech version of the multidimensional tool *Intrinsic motivation inventory* (IMI) (Ryan & Deci, 2000; Kekule & Žák, 2001) was used to obtain more specific feedback concerning students' subjective experience with the laboratory experiment (and activity in general). This tool proved useful in several previous occasion of similar character (Tóthová, Matoušová & Rusek, 2019; Vojíř, Honskusová, Rusek & Kolář, 2019). For this reason, 24 item questionnaire was used consisting of subscales: interest/pleasure, effort/importance, pressure/tension, value/usefulness. Students responded to every item on the 7-point Likert scale (1 – strongly disagree, 7 – strongly agree) directly after completion of laboratory work. The evaluation was anonymous.

To score this instrument the "R" items must be reversed first (e.g. "I thought the task was very boring."). To do that, subtraction of the item response from 8 is needed, and the resulting number is used as the item score. Then, subscale scores by averaging across all of the items on that subscale are calculated. The subscale scores are then used in the analyses of relevant questions.

Execution and evaluation of research activity

The proposed inquiry-based activity proved to be functional and very easy to carry out even in a common school class. All groups of students successfully analysed the water samples and recorded the measured values appropriately. The students were able to correctly interpret measured data with the slight help of teachers (elements of structured inquiry) and to find connections with daily life (water quality, its sensory properties, health risks, etc.). Easy interpretation, handling the data and transfer to students' everyday life shows that this comprehensive activity can also serve as a suitable model for practising inquiry-based teaching for students who are not accustomed to working in this way. Thanks to the use of common aquarium material, the experimental part is also suitable for students who have no experience in working in a laboratory environment.

Affective impact of research activity

IMI was assessed using Cronbach's alpha (see Table 1). The values in the subscales interest/pleasure and value/usefulness can be considered acceptable (Tavakol & Dennick, 2011). Given the Cronbach alpha values for the effort/importance and pressure/tension subscales, these subscales were excluded from the analysis.

Tab. 1 Results of IMI evaluation

Subscale	α	<i>Mdn (from whole battery)</i>
<i>Interest/Pleasure</i>	0.87	6
<i>Effort/Importance</i>	0.52	5
<i>Pressure/Tension</i>	0.54	1
<i>Value/Usefulness</i>	0.78	6

Concerning the selected subscales (interest and pleasure and value and usefulness) the students evaluated the activity above the average, so the statements were predominantly true (see Table 1). They also do not evaluate the activity negatively in any of the monitored aspects - see below the values of specific items from the questionnaire.

As this activity appears to be potentially motivating, it is a positive fact that students disagree with the statement that they were not interested in the activity at all ($Mdn_{rev} = 7$) and also disagree with the statement that they found the activity boring ($Mdn_{rev} = 7$). Students also states that the activity was fun ($Mdn = 6$) and very interesting ($Mdn = 6$). Furthermore, they think it is useful to do this kind of activity because it can lead to a better insight of water quality issues ($Mdn = 6$) and that performing it is also useful for understanding the subject matter at school ($Mdn = 6$). Which could have a positive effect on the interiorization and self-regulation of these activities (Deci et al., 1994). This potential of the task seems to be an appropriate activity also due to the long-standing dislike of chemistry/natural sciences, especially among secondary school students (Kubiak, 2016; Rusek, 2011). For this reason, it is necessary to cultivate attitudes towards natural sciences during elementary education.

CONCLUSION

This inquiry activity proved to be feasible even for schools which do not dispose of various technical equipment. The aquarium testers are simple and contain everything necessary to carry out the measurement of the substances' concentration in the water samples. Thanks to the overlap into other disciplines, it can be used in other subjects such as biology, environmental education, out-of-school science activities and school clubs. Moreover, students understand the results well and it is therefore possible to realize the activity with younger students.

Piloting this activity, the authors also made further suggestions on how to adapt or extend the task: e.g. spectrometry (or colourimetry), sensory analysis of water or screening of a video focused on water analysis (in Czech, e.g. A dost!, dealing with food quality in the Czech Republic).

Acknowledgement

The paper was supported by the project PROGRES Q17 Teacher preparation and teaching profession in the context of science and research.

LITERATURE

Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278.

Blažek, R. (2017). *Publikace s uvolněnými úlohami z mezinárodního šetření PISA 2015*, Česká školní inspekce: Praha.

Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. R. (1994). Facilitating internalization: The self-determination perspective. *Journal of Personality*, 62, 119-142.

Dostál, J. (2015). *Badatelsky orientovaná výuka: Kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na základních školách*. Olomouc: Palackého univerzita.

Fiala, V. (2019). *Badatelský deník, Chemie I.: Varianta Organic*, Praha.

Juračková, I., Slaničanová, M., Farbiaková, I., & Škrinár, M. (2011). Three quarters of the Earth's surface. In M. Rusek (Ed.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields IX*. (pp. 91-95). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000343674000012.

Kekule, M. & Žák, V. (2011). Zahraniční standardizované nástroje pro zjišťování zpětné vazby z výuky přírodních věd. In T. Janík, P. Knecht, & S. Šebestová (Eds.), *Smíšený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu* (s. 149–156). Brno: Masarykova univerzita.

Kekule, M., et al. (2017). Inquiry Based Science Education and Getting Immediate Students' Feedback about Their Motivation. *Scientia in Educatione*, 8, 207-213.

Köhlerová, V. (2013). Tajemství vody. In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields X*. (pp. 50-54). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900008.

Kubiak, M. (2016). Sémantický diferenciál jako jedna z možností zkoumání postojů k chemii u žáků druhého stupně základních škol. *Scientia in Educatione*, 7(1), 2-15.

Lindner, M. (2011). Project Learning for University Students. In M. Rusek & D. Stárková (Eds.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XII*. (pp. 10-15). WOS:000350024400001.

Machalová, M. (2014). Praktické zkušenosti s implementací projektu. In M. Rusek & D. Starkova (Eds.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XI*. (pp. 111-114). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000350024400018.

Papáček M., 2010: Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 1, 33-49.

Průchová, V., & Rusek, M. (2017). Voda je život. In M. Rusek, D. Stárková, & I. Bílková Metelková (Eds.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XIV*. (pp. 285-291). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000405467100036

Rusek, M. (2011). Postoj žáků k předmětu chemie na středních odborných školách. *Scientia in Educatione*, 2(2), 23-37.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78.

Řezníčková, D. (2013): Badatelsky orientovaná výuka geografie. *Geografické rozhledy*, 23(1), 12–15.

Shoukri, M. M., & Cihon, C. (1998). Statistical methods for health sciences. CRC press.

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of ‘relevance’ in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34. doi:10.1080/03057267.2013.802463

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making Sense of Cronbach’s Alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53-55.

Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š., & Rusek, M. (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 65-70). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600008

Traver, R. (1998). What Is a Good Guiding Question?. *Educational Leadership*, 55(6), 70-73.

Vojíř, K., & Rusek, M. (2020). Vývoj kurikula chemie pro základní vzdělávání v České republice po roce 1989. *Chemické listy*, 114(5), 366-369.

Vojíř, K., Honskusová, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitrace aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. In M. Rusek & K. Vojir (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 131-141). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600016.

Wessa P. (2017), Cronbach alpha (v1.0.5) in Free Statistics Software (v1.2.1), Office for Research Development and Education, URL https://www.wessa.net/rwasp_cronbach.wasp/

Žák, V. (2018). Investigation of Properties of Water by secondary school students, pre-service and inservice teachers. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education: Empirical Texts XV*. (pp. 183-189). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900021.

Contact address

Mgr. Václav Fiala, Mgr. Linda Honskusová

Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: vf.fiala@gmail.com, linda.honskusova@gmail.com

Comparative Study of Transmissive and Active Education in Chemistry

Irena Chlebounová, Petr Šmejkal

Abstract

The research has focused on high school students in their final year of learning chemistry. It aimed at analysing how they feel confident in solving problems during chemistry lessons. The study was performed among 102 students from an eight-year grammar school. The questionnaire comprised 21 statements and 33 open questions. By using an 11-point Likert scale and answers to open questions, the respondents indicated their feeling about progress or regress in their skills and competencies during the last three years. Answers showed a dependence of student's self-confidence on the teaching style of their teacher and on their teacher's feedback. The students exposed to active learning have developed a higher level of self-confidence than the others, a better attitude towards chemistry, and higher motivation to do extra work at home.

Keywords

Active learning; competencies; problem solving

INTRODUCTION

Many studies have focused on the importance of laboratory work in science education for attitudes towards chemistry, physics, and biology, for motivation to learn science and also for inquiry skills (Hofstein & Lunetta, 2004, pp. 28-54). The priorities in teaching science changed from frontal transmissive education to the concept of education addressing students' needs. Students have to be in charge of their education in lifelong vision of learning in an information age (Hurd, 2002, pp. 3-9). But how does the education look in many schools in the Czech Republic in the 21st century? The transmissive model of teaching science is still winning in many schools as the authors of this article can witness from their own experience or from discussions with teachers and students.

This study aimed at the analysis of students' confidence in skills that are important for solving problems and, consequently, important for the preparedness to face challenges that the life brings. First, teaching styles of chemistry teachers were identified in one eight-year grammar school in Prague. Second, students filled the questionnaire. The answers were analysed by the combination of a qualitative and quantitative approach. The comparison between the education with laboratory work

(and other elements of cooperative active learning) and without laboratory work (and other elements of cooperative active learning) was made.

METHODOLOGY

Research Sample

This study involved high school students ($N=102$) at the age of 18 or 19 from one eight-year grammar school in Prague. The experimental group comprised 76 of them from 5 different classes taught the last three years by two teachers teaching according the same outlines. These teachers used student-focused teaching model with elements of cooperative active learning (laboratory work in groups of 3 to 4 students, hands-on activities, teamwork in groups of 2 to 5, problem-based learning, inquiry-based learning, educational games, excursions, projects) and encouraging feedback. In the first three years of chemistry, the experimental group had a teacher with a transmissive teaching model. The control group represented 26 students (one class) taught six years by one teacher with transmissive teaching model based only on PowerPoint presentations and worksheets (without any element of cooperative active learning as mentioned above).

Questionnaire

The research question was "What is important for a student to feel self-confident in solving problems in chemistry?" Students got a reflective questionnaire in the last year of their chemistry curriculum. It was prepared by the first author. There were 21 statements and 33 open questions. Seven of them connected with laboratory skills were described in the proceeding from the conference in Florence (Chlebounová, Šmejkal, 2019). For this article, the connection with problem-solving was analysed through another eight statements. Using the 11-point Likert scale (0 = I do not know how to do it, 10 = I can do it on 100%), the students evaluated their self-confidence in competences after three years of chemistry education with their previous teacher (= transmissive teaching method, "pretest"). Afterwards, they marked their self-confidence position in the same competence at the end of their chemistry curriculum (= after three years of their active learning, "posttest"). The difference between "posttests" and "pretests" was measured. By answering the open questions, the students explained both why they had chosen their position on the scale and in which direction their skill or competence moved during the last three years and why.

Here are the analysed statements connected with problems solving:

1. In chemistry, I understand a specialised/scientific text at the high school level
2. I recognize, write down, and remember the essential information from listening

3. I am thinking about a problem and looking for a solution
4. Without the help of the others, I can solve problems and exercises
5. I can ask meaningful questions
6. I am interested in chemistry
7. I am interested in chemistry in my free time
8. I like to solve problems on my own and I like to discover new ways to tackle problems

Analysis

In the study, the SPSS software version 25 was used for the descriptive statistics and the paired t-test of the difference using a 95% confidence interval. Open questions were analysed by Grounded theory (the coding of students' answers, grouping of similar answers into one category, choosing one central category and looking for its connections to other categories) according to Strauss & Corbin (1999). The comparison between two teaching styles (student-focused model using cooperative active learning and transmissive teacher-centred model (without cooperative active learning) was done.

RESULTS AND DISCUSSIONS

As it is seen in Table 1, the experimental group of students who, during last three years, experienced laboratory work, games, and other elements of active learning in groups increased significantly ($p < 0.05$) their confidence in all skills and competencies connected with problem-solving. In the control group, only the level of understanding of chemical scientific texts and asking meaningful questions significantly increased. It is probably because students are not afraid to ask their teacher (they know her for six years) and some of them do extra work at home as a preparation for their future studies of medicine. The other students in the control group are just older and so they feel more confident in reading chemical texts than when they started with chemistry.

In Table 2, some key answers to the open questions are shown. Statements have been coding in both, experimental and control groups. In the experimental group, change of the teacher (from transmissive model to students-centred model) is mentioned and considered positive. There is also the statement that biochemistry is recognised as interesting and important because of its connection to the human body and everyday life. The calculation of exercises is recognised as difficult. Rusek (2017) shows similar results. In the control group, it is admitted that they had no laboratory work. It can be seen from other statements that chemistry without any activity is boring and demotivating. This is similar to Abrahams findings (2009).

Based on coded statements, the connections between the central category and the other categories were analysed; the result is depicted in Figure 1. As it is possible to see, the willingness to solve problems alone depends on the previous experience. Successful students want to experience another success, but unsuccessful students are afraid to work on their own. They prefer the help of someone else. The similar results have Holstermann et al. (2009).

Tab. 1 Comparison Between Experimental and Control Group, source: Chlebounová, 2019

Number of Statement + Group of Students	Mean Pretest	Mean Posttest	Mean Posttest - Pretest	N	Significancy <i>p</i> (2 – tailed)
1 experimental group	3.627	5.933	2.3067	75	0.000
1 control group	4.077	5.308	1.2308	26	0.004
2 experimental group	5.270	7.209	1.9392	74	0.000
2 control group	5.904	5.635	- 0.2692	26	0.558
3 experimental group	5.58	6.882	1.2986	72	0.000
3 control group	6.17	6.083	- 0.0833	24	0.863
4 experimental group	3.931	5.083	1.1528	72	0.000
4 control group	4.558	4.308	- 0.2500	26	0.625
5 experimental group	5.71	7.049	1.3403	72	0.000
5 control group	6.27	7.019	0.7500	26	0.002
6 experimental group	3.49	5.299	1.8125	72	0.000
6 control group	3.96	4.058	0.0962	26	0.885
7 experimental group	1.39	2.72	1.333	72	0.000
7 control group	0.62	1.50	0.885	26	0.155
8 experimental group	4.36	4.90	0.548	73	0.008
8 control group	3.54	3.88	0.346	26	0.273

Tab. 2 Frequent Answers Explaining Evaluation of Statements (Chlebounová, 2019)

Question + Group	Answers
1 experimental group	The curriculum is more complex than before. I know more than before but still, there are missing concepts. The change of the teacher was positive.
1 control group	We did not do it during our lessons, so I do not know how to do it. We did not have any laboratory work.
2 experimental group	If I take notes from the lesson, I remember more. In the afternoon I can hardly focus on chemistry. Now I recognise what is important.
2 control group	The older I am, the less I keep my attention during chemistry lessons. I understand more by self-study than by explanation of my teacher.
3 experimental group	The older I am the, more I like to solve problems on my own. Chemistry subject and problems solving are much more interesting with our new teacher than before.
3 control group	The older I am, the less motivation in solving problems during chemistry lessons I have. I prefer someone who explains to me how to solve the problem.
4 experimental group	I need more help than before because the calculations are more difficult than in the beginning. I am not familiar with mathematics. Nobody understood it from our previous teacher.
4 control group	Every time comes up something that I do not understand and that makes me unsure. I need peace and enough time to do it successfully.
5 experimental group	I try to ask meaningful questions. It depends on my understanding of the topic. I have sometimes problems to formulate questions.
5 control group	I mostly do not ask any questions. The more you know, the more connections among terms and topics you see.
6 experimental group	Biochemistry and organic chemistry are interesting because they have connections to biology. I am interested in topics related to everyday life.
6 control group	I like some interesting practical things – drugs, medicines, ecology, food. Or logical things. Chemistry is too complicated, I get lost in terms.
7 experimental group	I learn for tests and exams. I want to get a deeper understanding. I do my homework (laboratory protocol, presentation). I watch videos, read articles, teach my brother or sister, I make food and drinks, I clean.
7 control group	I do not do anything chemical during my free time. I prepare for my chemical graduation exam.
8 experimental group	I prefer to solve chemical problems with someone helpful. I like to do creative work on my own. I like to know what to do.
8 control group	I do not know anything from previous years with chemistry. I have to learn chemistry alone at home. I do not like to solve chemical problems.

CONCLUSION

This study shows connections among the competency “Problem solving” and such categories as listening, understanding of the text, asking questions, computing, finding a solution, individual work at school and also at home. According to grounded theory, the dependence of each category on some items was found. Similarly, as Ramsden (1998, p. 134) found “negative attitudes to science are a problem”. The teacher can help by giving a positive feedback as was done in the experimental group.

As it is seen in both Tables (1, 2), cooperative active learning can strengthen self-confidence, the attitude towards chemistry as well as the motivation to do extra work at home in free time. This is especially true when the positive feedback from the teacher is added.



Fig. 1 Grounded Theory – Dependence of the Central Category “Problem Solving” on the Other Categories, (Chlebounová, 2019)

The limitation of this study is the small number of students and the experience from just one school. On the other hand, the cooperation with students worked at least for three years. There were many discussions around and so we can believe our results because there were proven after finishing questionnaire many times in our discussions and unofficial interviews.

Acknowledgement

The research was funded by UNCE/HUM/024 "Centre of Didactic Research in Natural Sciences, Mathematics and their Interdisciplinary Context".

LITERATURE

Abrahams, I. (2009). Does practical work really motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International journal of science education*, 31(17), 2335-2353

Chlebounová, I. & Šmejkal, P. (2019), Which Skills Do High School Students See as Improving Thanks to Chemistry, In Pixel (Ed.), *International Conference The Future of Education, 9th Edition*, Florence, Italy (pp. 540 – 545).

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004), The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century, In *Science Education*, Vol. 88, Is. 1, pp. 28-54, USA: Wiley Periodicals, Inc.

Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in science education*, 40(5), 743-757

Hurd, P. D. (2002). Modernizing science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 3-9.

Ramsden, J. M. (1998). Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science?. *International Journal of Science Education*, 20(2), 125-137.

Rusek, M. (2017), Chemistry Teachers' Estimation of their Students' Attitudes towards Chemistry Topics, In *Esera Conference*, Dublin City University, Ireland

Strauss, A. & Corbin, J. M. (1990) *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*, Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc.

Contact addresses

RNDr. Irena Chlebounová¹, doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.²

¹Department of Teaching and Didactics of Biology, Faculty of Science, Charles University
Viničná 7, 128 43 Prague 2

² Department of Teaching and Didactics of Chemistry, Faculty of Science, Charles University
Hlavova 8, 128 43 Prague 2

e-mail: chleboui@natur.cuni.cz, petr.smejkal@natur.cuni.cz

Geology field-trip improves students' knowledge better than computer work: A case study

Vanda Janštová, Boris Poláček, Petr Novotný

Abstract

The study focuses on students' geological knowledge and the possibilities to effectively increase this knowledge. A quasi-experiment in which the pupils (year 11) were divided into two groups was prepared. One group learned in geological exposition and the other worked with identical materials available online. Significant increase in knowledge has been demonstrated only for pupils attending the geological exposition. The difference between the increase in the knowledge of pupils from the two groups was significant with a moderate effect. Therefore, the geological excursion can be a way of combining a popular and effective method with less popular content to achieve a better learning outcome.

Key words

Teaching geology; upper secondary school; field trip; outdoor education

INTRODUCTION

Geology is usually not a separate subject at Czech secondary schools, its content is rather taught in biology, geography, or partly chemistry. Some schools cover geology topics only by field trips other can devote as much as one year to this field. Although understanding geological patterns is important for understanding the processes on Earth, geology is not popular among pupils (Malcová & Janštová, 2018; Prokop & Komorníková, 2007; Veselský & Hrubišková, 2009). The way pupils view certain topic is, of course, influenced by perception of the topic itself, but the teaching forms and methods used to introduce the topic also matter (Janštová & Míková, 2019). Therefore, we decided to connect rather unpopular geology with a field trip which has been shown to be effective (Prokop, Tuncer, & Kvasnicak, 2007) and has the potential to influence pupils' interest in nature and natural sciences (Žoldošová & Prokop, 2006). It can improve both knowledge and attitude (Prokop et al., 2007) which have been shown to correlate positively (Florianová, 2015). The field trip benefits include the fact that if properly conducted and contains all the necessary phases (Orion, 1989), it develops a range of pupil skills (Orion & Hofstein, 1991). At the same time, it leads to better knowledge of geology (Folkomer, 1981).

Because it is not always possible to organise a field trip to geologically interesting locality, some authors suggest virtual field trips as a possible solution. Students who participated in virtual field trip

achieved higher scores compared to students taught using conventional methods (Haris & Osman, 2015). But geologically interesting locality does not have to be in remote mountains, deserts or sand stone cities. Taken Czech Republic capital Prague as an example, we can explore e.g. different monuments, underground stations or cemeteries. These options were expanded in 2010 by opening a permanent outdoor geological exposition “Rocks and Geological Development of the Bohemian Massif” in the Botanical Garden of the Faculty of Science of Charles University. This exhibition in the city center is easily accessible and offers examples of 32 rock types, in which the past of the Bohemian Massif is captured (<https://www.parkgeo.cz/>).

The aim of this study was to determine whether a field trip to such geological exposition influences students' knowledge of geology.

We had decided to find the answer to the following research questions:

- 1) Will pupils' knowledge of Rocks and Geological Development of the Bohemian Massif differ before and after a field trip to the geological exposition of the Faculty of Science at Charles University focusing on this topic?
- 2) Will pupils' knowledge of geology differ between those who attend the geological exposition, and the pupils working on-line at school with the same text materials?

We tested the influence of the teaching form (field trip or on-line work in school) and gender on the score obtained in the knowledge test.

METHODOLOGY

Sample and sampling

In order to answer the research questions, a quasi-experiment was used, with a convenience sample of pupils the second year of a four-year grammar school and the corresponding year of a multi-year grammar school in a middle-sized town. A total of 54 pupils (37 boys and 17 girls) from two different classes in the same grade were divided into an experimental group – one class ($n = 30$; out of these, 8 were girls), who attended the geological exposition the Faculty of Science, Charles University and a control group – second class ($n = 24$; out of these, 9 were girls), pupils who were taught in a computer lab at their school. All pupils completed the same geology curriculum extent prior to the testing. Pupils were also taught by the same teacher on a field trip and in the computer lab.

Intervention and testing

All pupils completed a pre-test three weeks before the intervention. The test consisted of 10 questions on general geological knowledge (Earth origin, Earth structure, description of the lithospheric plates

boundaries, the difference between rock and mineral, rock distribution) and the development of the Bohemian Massif. The first question was a multiple-choice, remaining 9 questions were open-ended. The answers to the open-ended questions were evaluated using pre-prepared model answers that contained all the necessary terms in the right context. The points were distributed among the questions according to the number of terms required. The test took the pupils about 15 minutes to fill. Maximum score of 37 points could be earned.

The worksheets designed to work with the information from the geological exposition were created by Poláček (2015) as a part of his diploma thesis. Teaching materials are available at <https://parkgeo.cz/vyuka.htm#Konecna>. The experimental intervention consisted of using the worksheets either outdoors in the geological exposition or indoors, in which case the pupils worked with <https://www.parkgeo.cz/> web site containing exactly the same information in the same arrangement as outdoor geological exposition. The real stone objects are covered by pictures on the website (see e.g. <https://www.parkgeo.cz/pokryv.htm>). The time spent working with the worksheets was approximately the same for both groups.

The post-test was administrated one week after the intervention and contained the same questions as the pre-test, only in a different order.

Statistical procedure

Statistical data processing was performed using Statistica 12 (StatSoft). The differences were considered statistically significant when $p < 0.05$. The number of points in the pre-test and post-test, respectively their difference, served as a dependent variable, the influence of group membership (control versus experimental), and pupil gender were tested. The normality of the pre-test results distribution was tested by Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests, both cases $p > 0.2$; $d = 0.07$. Parametric tests were used for further calculations, namely t-test and variance analysis (ANOVA) for repeated measurements. As it was found that there was a difference in pre-test between the results of both groups, a covariance analysis (ANCOVA) was used to compare the results of the post-tests, filtering the differences in pre-test. Effect size (Morris, 2008) was calculated for difference in achievement between pupils from the experimental and control groups (Lenhard & Lenhard, 2016) and the effect was considered none if $d < 0.2$, small if $0.2 < d < 0.5$, intermediate if $0.5 < d < 0.8$ and large if $d > 0.8$.

RESULTS

There was no difference in the scores achieved between boys and girls ($t = 0.55$; $p = 0.58$) neither in the pre-test nor in the post-test, although in both cases the girls achieved on average higher scores than boys (ANOVA for repeated measurements $F = 0.15$, $p = 0.7$ and $F = 0.30$, $p = 0.58$ for post-test).

A statistically significant increase in post-test scores compared to pre-test scores was seen in pupils from the experimental group who took part in the field trip ($t = -3.8$; $p = 0.0007$). There was no difference between the scores achieved in the pre-test and the post-test in the case of pupils from control group who worked with materials available on the geological exposition website in the school computer lab ($t = -0.8$; $p = 0.43$). The scores in the post-test differed statistically significantly among the pupils from experimental and control groups ($p = 0.001$; $F = 11.97$) after the pre-test results had been filtered out, Fig. 1. The effect size sensu Morris (2008) $d = 0.67$ showed intermediate effect of the excursion on experimental group pupils' achievement.

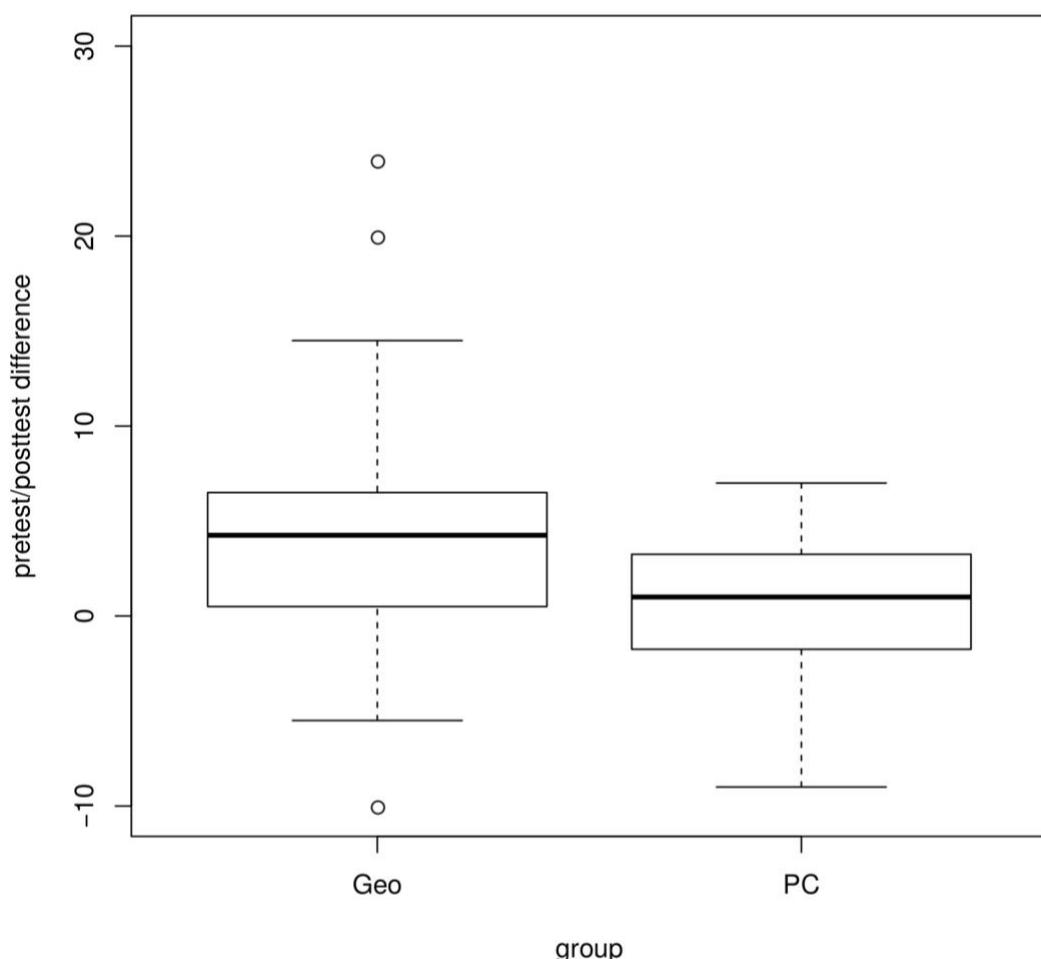


Fig. 1. Experimental versus control group pretest/posttest improvement.

Pupils from the experimental group (Geo) achieved significantly higher scores in posttest than the pupils from the control group (PC).

DISCUSSION

Our results confirm the finding of Prokop et al. (2007) who focused on biology, that even a short-term field trip can increase pupils' knowledge significantly. Prokop et al. (2007) also pointed out the positive effect a short-term field trip had on attitude toward biology. The positive attitude together with curiosity to know more about the topic can be one of the most important outcomes (DeWitt & Storksdieck, 2008) although knowledge can be the first step as it positively correlates with attitude to the topic (Florianová, 2015). Elkins & Elkins (2007) also described the positive influence of geological field trip on knowledge, but in their case, the field trip was long-term, which is not always possible in an ordinary school setting. Because it is not possible to travel far during a short-term field trip, we introduce visiting a close accessible location in a city center which consists of 32 stones as a doable and effective option. The geological exposition has another advantage as it requires hardly any maintenance once it is established.

We are aware of virtual field trips being a separate teaching method as described by e.g. by Spicer & Stratford (2001) which can still provide an experience when the outdoor locality with educational potential cannot be reached (Haris & Osman, 2015; Hurst, 1998). But as Stainfield, Fisher, Ford, & Solem (2000) pointed out, preparing a good virtual excursion with a potential to be effective is not easy and in any case it does not supply the complexity of a real field trip like physical activity or social interactions (Novotný, 2015). Working with on-line materials was therefore not intended as a virtual field trip, merely as a control including working the same information.

Although the work itself took all pupils from both experimental and control group approximately the same time, additional 1.5 hour was needed for the experimental group to transport to the Botanical garden and back. We believe that this disadvantage is counterbalanced by the significant increase in experimental group pupils' knowledge described in this study being caused probably by interaction with real stones and by social interactions and other benefits. Therefore, we suggest teaching unpopular geology using real samples outdoors whenever possible.

Limits of the study

Due to the ordinary school setting, it was not possible to divide pupils into control and experimental group randomly. One class was chosen to be experimental and the other one to be control depending on the timetable requirements. The quasi-experiment was performed close to the end of the school year which made it difficult to include retention test as well. Therefore, only pre-test and one post-test (one week after intervention) were carried out. We are also aware of the fact that low number of pupils, together with convenient sampling, do not allow to generalize the results.

CONCLUSION

In this study, we described a significant positive impact of a short-term field trip to geological exposition "Rocks and Geological Development of the Bohemian Massif" in the Botanical Garden of the Faculty of Science of Charles University on pupils' geological knowledge. Seeing and touching the real stone samples improved pupils' knowledge which could subsequently lead to improving attitude toward geology. Control group of pupils working with the same worksheets and material resources online in school did not increase knowledge significantly. We believe our study will bring another impulse to the teachers to educate pupils outdoors. We also want to point out it is not always necessary to travel far from the school to be able to benefit from the potential outdoors education offers us. Such expositions like the one described above seem to us to be a good teaching tool and we suggest their establishment should be promoted.

Acknowledgement

We thank to all respondents who took part in the research. The project was supported by Charles University projects UNCE/HUM/024 "Centrum didaktického výzkumu v přírodních vědách, matematice a jejich mezioborových souvisech" and PROGRES Q17 Teacher preparation and teaching profession in the context of science and research.

LITERATURE

- DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2), 181–197.
- Elkins, J. T., & Elkins, N. M. L. (2007). Teaching Geology in the Field: Significant Geoscience Concept Gains in Entirely Field-based Introductory Geology Courses. *Journal of Geoscience Education*, 55(2), 126–132.
- Florianová, A. (2015). Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií. *Scientia in educatione*, 6(2), 74–103.
- Folkemer, T. H. (1981). Comparison of Three Methods of Teaching Geology in Junior High School. *Journal of Geological Education*, 29(2), 74–75.
- Haris, N., & Osman, K. (2015). The Effectiveness of a Virtual Field Trip (VFT) Module in Learning Biology. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 16(3), 102–117.
- Hurst, S. D. (1998). Use of "virtual" field trips in teaching introductory geology. *Computers & Geosciences*, 24(7), 653–658. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(98\)00043-0](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(98)00043-0)

Janštová, Vanda, & Míková, Jana. (2019). Hands-on activities in biology: students' opinion. In M. Rusek & K. Vojíř (Ed.), *Project-based Education in Science Education*. Prague (pp. 24-29). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600003.

Lenhard, W., & Lenhard, A. (2016). *Calculation of Effect Sizes*. available:
https://www.psychometrica.de/effect_size.html. Bibergau (Germany): Psychometrica.

Malcová, K., & Janštová, V. (2018). Jak jsou hodnoceny jednotlivé obory biologie žáky 2. stupně ZŠ a nižšího gymnázia? *Biologie Chemie Zeměpis*, 27(1), 23–34.

Morris, S. B. (2008). Estimating Effect Sizes From Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organizational Research Methods*, 11(2), 364–386. <https://doi.org/10.1177/1094428106291059>

Novotný, P. (2015). Exkurze a ICT. In L. Pavlasová (Ed.), *Přírodovědné exkurze ve školní praxi*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.

Orion, N. (1989). Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. *Journal of Geological Education*, 37(1), 13–17.

Orion, N., & Hofstein, A. (1991). The measurement of students' attitudes towards scientific field trips. *Science Education*, 75(5), 513–523. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750503>

Poláček, B. (2015). *Tvorba a pilotní testování výukových materiálů pro Geologický park Přírodovědecké fakulty UK*. (diplomová práce), Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha.

Prokop, P., & Komorníková, M. (2007). Postoje k přírodopisu u žiakov druhého stupňa základných škôl. *Pedagogika*, 57(1), 37–46.

Prokop, P., Tuncer, G., & Kvasnicak, R. (2007). Short-Term Effects of Field Programme on Students' Knowledge and Attitude toward Biology: A Slovak Experience. *Journal of Science Education and Technology*, 16(3), 247–255.

Spicer, J. I., & Stratford, J. (2001). Student perceptions of a virtual field trip to replace a real field trip. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(4), 345–354.

Stainfield, J., Fisher, P., Ford, B., & Solem, M. (2000). International Virtual Field Trips: A new direction?. *Journal of Geography in Higher Education*, 24(2), 255-262.

Veselský, M., & Hrubišková, H. (2009). Zájem žáků o učební předmět chemie. *Pedagogická orientace*, (3), 45–64.

Žoldošová, K., & Prokop, P. (2006). Education in the Field Influences Children's Ideas and Interest toward Science. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3/4), 304–313.
<https://doi.org/10.1007/s10956-006-9017-3>

Contact addresses

RNDr. Vanda Janštová, Ph.D., Mgr. Boris Poláček, PhDr. Petr Novotný, Ph.D.

Department of Education and Didactics of Biology, Faculty of Science, Charles University
Viničná 7, 128 43 Praha 2, Czech Republic

e-mail: vanda.janstova@natur.cuni.cz, boris@parkgeo.cz, petr.novotny@natur.cuni.cz

Postupné rozvíjení témat jako východisko projektového vyučování: případová studie

Progressive development of themes as a starting point for project teaching: Case study

Karel Vojíř

Abstract

One of the most important and at the same time the most difficult aspect of project-based education is the transfer of responsibility for learning to pupils. The aim of this paper is to present a case study of activity *Colours* realised at elementary school Hůrka in Kutná Hora (3rd - 5th grade). Gradual development of topics based on pupils' interest was used in the activity. Activity was analysed with respect to the theoretical background of project-based education. The gradual development of topics seems to be an effective strategy to increase pupils' interest in specific educational content and thus to initiate the project as a pupil's activity.

Key words

Development of topics; project-based education; responsibility for learning

ÚVOD

Projektové vyučování nabízí řadu příležitostí k rozvoji samostatného a autentického učení žáků. V duchu této metody výuky jsou žáci vedeni k samostatnému zpracování komplexního úkolu a řešení problémů spjatých s reálným životem. Projektové vyučování tak spojuje jednání s myšlením, ale i prožíváním. Dochází k propojení teorie a praxe a školy se životem (Mazáčová, 2008). Komplexní řešení reálného problému včetně volby konkrétních cílů, postupů i výstupu cílí na rozvoj širokého spektra kompetencí, čímž je tato metoda v dobré shodě s cíli danými kurikulárními dokumenty (srov. RVP ZV, 2017).

Jedním ze základních aspektů projektového vyučování je přenesení odpovědnosti za učení na žáka, kdy se projekt stává jeho podnikem (Tomková, Kašová, & Dvořáková, 2009). V tomto prvku spočívá jedna z největších předností projektového vyučování, neboť prohlubuje žákovovo učení a nese silný motivační potenciál. Zároveň se ale ukazuje jako jedna z největších obtíží při realizaci projektového vyučování a realizované aktivity označované jako projekty často postrádají „projektovost“ a zůstávají podnikem učitele (Rusek & Dlabola, 2013).

Cíl studie

V případě vyučujícím iniciovaného projektu je v iniciační části úkolem učitele navodit takové podmínky, aby se žáci mohli ztotožnit s tématem projektu a svobodně se rozhodovat. Možnou cestou je postupné řetězení témat, ve kterém žáci dostávají příležitost téma zvolené dle svého zájmu dále rozvíjet. V tomto přístupu vyučující může vyučující čerpat jak z teoretických východisek projektového vyučování a dalších aktivizačních strategií, tak publikovaných návrhů projektů (viz např. Rusek & Vojíř, 2018).

Realizace projektového vyučování přináší řadu komplikací a zároveň je velmi náročná na přípravu vyučujícího. Cílem tohoto příspěvku je proto popsat případovou studii výuky zaměřené na téma *Barvy*, ve které bylo využito postupné řetězení témat. Výuky byla podrobena hlubší analýze z pohledu teorie projektového vyučování. Na konkrétním příkladu výuky se tak ukazují jak úspěšné postupy, tak případné krizové aspekty. Tato zjištění mohou posloužit dalším vyučujícím realizujícím obdobnou výuku i k širší diskusi o projektovém vyučování a možnostech jeho využití.

Realizovaná výuka byla komparována s definicemi a teoretickými východisky projektového vyučování popsanými v literatuře (zejména Kašová, 1995; Kratochvílová, 2006; Maňák & Švec, 2003; Průcha, Walterová, & Mareš, 2003; Skalková, 2007). Využity rovněž byly i texty zabývající se praktickým využíváním a hodnocením projektového vyučování (Bílek & Machková, 2015; Coufalová, 2006; Rusek, 2016; Rusek & Becker, 2011; Švecová, 2001; Tomková et al., 2009). Důraz byl v analýze kláden zejména na aktivitu vyučující a žáků, volbu témat, postupu řešení a výstupů. Zároveň bylo sledováno, jak se tyto aspekty v průběhu řešení aktivity proměňovaly a co bylo činiteli změny.

POPIS AKTIVITY

Výuková aktivita *Barvy* byla realizována na prvním stupni soukromé základní školy Hůrka v Kutné Hoře ve věkově smíšené skupině sloučující žáky 3. – 5. ročníku. Výuková aktivita probíhala pod vedením jedné vyučující, třídní učitelky žáků. Aktivita byla zahájena v rámci výuky předmětu Umění a kultura, ve které navazovala na výuku věnovanou teorii barev. Další část aktivity byla realizována ve výuce předmětu Projektové vyučování (předmět integrující obsah vzdělávacích oblastí Člověk a svět práce a Člověk a jeho svět, respektive Člověk a zdraví, Člověk a společnost, Člověk a kultura a Člověk a příroda). Výuka se v úvodu zaměřovala na diskusi o využívání barv v průběhu historie, skládání a rozkládání barev a barvení látek pomocí přírodních barev. Další obsah výuky byl dále rozvíjen a modifikován na základě zájmu žáků a vyvstalých otázek.

Průběh vyučování a postupné rozvíjení zařazených témat

Výuková aktivita *Barvy* navazovalo na již dříve ve výuce probírané téma teorie barev. Vyučující žákům připomněla téma pomocí písni a videoklipu o skládání barev. Ve výuce tak bylo využíváno i dalších mezipředmětových vztahů. Principy skládání barev byly dále demonstrovány na rozkladu barev pomocí kapky vody na displeji a řízené diskuse. V řízené aktivitě žáci pozorovali rozklad skládání světla různých barev do pozorované bílé. Pomocí otázek vyučující byli žáci směřováni k porovnání rozdílů ve skládání barevného světla a barevných pigmentů a jakými principy je možné ve skládání barev dosáhnout nejen základních a sekundárních barev. Toto porovnání vyústilo v otázku: „*Jaké zákonitosti platí ve skládání barev?*“, která řídila další část aktivity. Žáci míchali barvy s využitím předchozích znalostí i informací z písničky (využity byly temperové barvy). Vyučující žákům také představila rozklad barviv ve fixech na kávových filtroch, které následně žáci samostatně realizovali a porovnávali s mícháním barev.

V rámci aktivity vyučující se žáky diskutovala o historickém získávání a využívání barviv a směřovala jejich pozornost i k možnostem barvení materiálů pomocí přírodních barviv. Žáci dostali k dispozici červené zelí a červenou řepu, ze kterých připravili vlastní barvy jejich vařením ve vodě (Vyučující dohlížela zejména na bezpečnost práce a radila žákům v postupu.). Z diskuse rovněž vyplynula další otázka: *Jakým způsobem je možné ovlivnit barvu přírodních barviv?* Řešení této otázky se věnovala část žáků prováděním experimentu spočívajícího ve změně barvy odvaru z červeného zelí v důsledku změny pH. Vyučující směřovala žáky k myšlence, že ke změně barvy je zapotřebí mísit odvar s vybranými látkami. Žáci v řešení využili své předchozí zkušenosti s pokusy využívajícími sodu a oct. Následně žáci rozšířili experiment využitím dalších láttek dostupných ve třídě (S ohledem na bezpečnost pokusy s mycími prostředky provedla vyučující na základě instrukcí od žáků.) a na základě podobnosti účinku je porovnávali se sodou a octem.

Výstupy z této části se u jednotlivých žáků lišily. Část z nich zpracovala paletu různých barev namíchaných z temperových barev. Další žáci se zaměřili na barvení ubrousků pomocí přírodních barviv a porovnání obarvení ubrousku v případě kdy přidávali jedlou sodu, nebo oct. Na základě spontánního rozhodnutí se část žáků rozhodla rovněž připravit z odvaru z červeného zelí barevnou škálu. Následně požádali o poskytnutí baněk a připravenou barevnou škálu vystavili v okně učebny společně s popisem.

Barvy v baňkách vystavená v okně učebny do další výuky zplesnivěly. Výjimkou byly pouze barvy připravené smícháním s čistícími prostředky. Vzniklé plísně si všimly sami žáci a toto zjištění vyvolalo otázky vztahující se k důvodu vzniku plísní na hladinách barev. Informace o plísních byly vyhledávány na internetu a žáci požádali vyučující o vytisknutí obrázků, kterými doplnili informace k připraveným barvivům. V rámci vyhledávání informací o plísních žáky zaujaly informace o L. Pasteurovi

a A. Flemingovi. Na základě zájmu o téma vyučující žákům vyhledala videa věnující se objevům těchto osobností.

Informace o pasteraci ve videu o Louisovi Pasteurovi se stala základem pro řídící otázku další části aktivity: *Je možné pomocí převaření zabránit zplesnivění připravených barev?* Žáci připravili barviva stejným postupem jako v předchozích případě a vyučující je ve výuce převařila. Následně uzavřené baňky opět umístili do okna. V tomto případě připravené roztoky nezplesnivěly, pouze po určité době ztratily barvu. V rámci řízené diskuse žáci shrnuli své závěry z experimentu. Dotazy žáků vztahující se ke ztrátě barvy zodpověděla vyučující a propojila téma s potřebou ochrany uměleckých děl před světlem. Klíčové informace k průběhu pokusu vyučující zapsala a vylepila k vystaveným baňkám.

AKTIVITA VYUČUJÍCÍ A ŽÁKŮ

S ohledem na postupné rozvíjení tématu výuky se aktivita vyučující a žáků v jednotlivých částech výukové aktivity proměňovala (viz Tab. 1). Zjištění vyplývající z průběhu výuky, potažmo i dílčí výstupy se opakovaně staly základem pro žáka atraktivní otázky, která byla dále využita k přenesení zodpovědnosti za učební aktivitu.

S ohledem na návaznost témat se střídaly činnosti řízené z významnější části vyučující s částmi, na jejichž průběhu se podíleli zejména žáci. V případě, že od žáků vzešla klíčová otázka, vyučující poskytla žákům prostor k řešení pro ně aktuálního tématu, které posloužilo jako nosný motivační prvek pro jejich samostatnou činnost zahrnující konkretizaci problému, hledání postupu řešení a jeho realizaci. Vyučující se žáky na postupu spolupracovala a poskytovala jím potřebné informace potřebné k řešení zvoleného problému. Zároveň směřovala jejich pozornost pomocí otázek.

V rámci aktivit zaměřených na mísení barev se žáci rozdělili do spontánních skupin podle jejich zájmu a přístupu k řešení problému. Došlo k rozrůznění jednotlivých aktivit, kdy někteří se zaměřili na vytvoření barevné škály z dostupných temperových barev a zabývali se principy jejich vzájemného mísení. Další část žáků využila roztoky přírodních barviv k barvení ubrousků, přičemž došli k nové výzkumné otázce a dále experimentovali se změnami barev přidáváním různých láttek. Skupiny v průběhu řešení nebyly jasně ohrazené a někteří žáci v průběhu řešení přešli do jiné skupiny zabývající se jiným přístupem. Zároveň během aktivity probíhala i komunikace napříč skupinami, kdy si žáci sdělovali svá zjištění. Ačkoli všichni žáci sledovali činnost ostatních, u některých z nich byla spolupráce spíše formální, kdy převážně samostatně pracovali na části výstupu, který si sami zvolili. V úrovni spolupráce se zde ale zřejmě promítají i vývojové aspekty spojené s věkem žáků (Langmaier & Krejčířová, 2007).

Tab. 1 Aktivita žáků a vyučující v jednotlivých částech výukové činnosti

Dílčí část výukové činnosti	Aktivita žáků	Aktivita vyučující
Principy mísení barev a jejich rozklad	Poslouchali informace připravené vyučující; kladli otázky k tématu a odpovídali na otázky vyučující; prakticky zkoušeli připravené aktivity.	Naplánovala výchozí aktivity; představila žákům postup řešení daných aktivit; směřovala pozornost žáků pomocí otázek; vysvětlovala principy.
Pokročilé mísení barev	Pracovali na řešení; stanovovali nové otázky; experimentovali s roztoky přírodních barviv; určovali si vlastní výstup, který vytvářeli.	Poskytla potřebné pomůcky; spolupracovala s žáky při řešení; zodpovídala otázky žáků; doplňovala další informace spojené s tématem.
Zjišťování informací o plísních	Přišli s vlastní otázkou; vyhledávali a přijímali informace; rozhodli o způsobu prezentace informací.	Směřovala žáky v postupu zjišťování informací; ve spolupráci s žáky zrealizovala technické řešení prezentace informací.
Sledování dokumentů	Sledovali video; reflektovali získané informace v pracovním listu.	Zvolila informační zdroj; připravila pracovní list se kterým žáci pracovali
Experiment zaměřený na konzervaci barviv	Iniciovali výzkumnou otázku; zvolili postup řešení; realizovali experiment.	Napomáhala žákům v plánování experimentu; v experimentu realizovala části, které nemohli z důvodu bezpečnosti provést žáci; zpracovala výstupní informace

V dalších částech zabývajících se plísněmi a experimentálním ověření prodloužení trvanlivosti připravených barviv pomocí převaření proběhlo rozdelení úkolů na základě diskuse mezi žáky. Žáci vytvořili menší skupiny, ve kterých připravili jednotlivé roztoky a nechali je vyučující převařit. Vyhodnocení proběhlo formou skupinové diskuse moderované vyučující. Vyučující rovněž vytvořila výsledné shrnutí podstatných informací.

HODNOCENÍ VÝUKOVÉ ČINNOSTI

Závěrečné hodnocení proběhlo pomocí společné reflexe. Ta se zaměřovala jak na výsledná zjištění, tak na samotnou výukovou činnost. Všichni žáci výuku hodnotili kladně, zdůrazňovali zejména konkrétní

části z procesu řešení a vystavené výstupy. V reflexi bylo možné sledovat výraznou emoční dopad, kdy se žáci radovali nad věcmi, které se jim podařily, a nadšeně vyprávěli o svých zkušenostech.

Během celé výuky byla žákům poskytovaná individualizovaná zpětná vazba. Sumativní hodnocení nebylo využito a nebyl ani zvolen konkrétní výstup, za který by byli žáci hodnoceni. Ke všem dílčím výstupům ale vyučující poskytovala formativní hodnocení.

REFLEXE VYUČUJÍCÍ

Vyučující, která realizovala výuku *Barvy* po dokončení aktivitu zpětně písemně reflektovala. Tato reflexe poskytuje vhled do způsobu uvažování a přístupu k využití projektového vyučování. Jako připravené tematické zaměření uvedla diskusi o barvivech v průběhu historie, barvení látky přírodními barvivy a rozklad barev pomocí kávových filtrů. Další obsah byl volen na základě zájmu žáků.

Ve své roli vyučujícího v této výuce zdůrazňuje zejména:

- plánování výchozích aktivit,
- přinášení informací a informačních zdrojů, které žáci nemohou sami znát,
- provádění procesem zjišťování informací, experimentem a reflexí,
- pozorování dění ve třídě, intuitivní reagování na momentální situace, kladení návodních otázek, rozvíjení aktivity a přemýšlení žáků.

Přístup k zapojení učitele zdůrazňující jeho roli průvodce je v dobré shodě s východisky projektového vyučování (viz např. Kratochvílová, 2006). Vyučující zdůrazňuje, že tento přístup klade velké nároky vzhledem k potřebě okamžité reakce na situaci a práci s momentálním naladěním ve třídě. Může tak ale jít žákům příkladem v metodách bádání a řešení vlastních otázek. Sama uvádí příklady, kdy neznala správnou odpověď a vyhledávala tak společně s žáky. „*Změna v programu vyučujícího pak nerozhodí, nemusí mít jistotu ve svém harmonogramu a má prostor přizpůsobit se dětem.*“

Mezi hlavní výhody využitého postupu výuky vyučující řadí rozvoj spolupráce, ale i samostatnosti žáků a přebírání zodpovědnosti. Jako pozitivní hodnotí i posun vzdělávacího obsahu, který se stává pro žáky zajímavým, neboť řeší svá vlastní téma. Tento faktor zdůrazňuje i v kontextu rozvoje motivace a jejich prožitku z výuky, kdy se žáci skutečně těšili na práci. Jak uvádí, řetězení témat jí umožňuje vytvářet přirozené vazby mezi tématy, které se žákům lépe pamatuji. Zároveň poskytuje i prostor k individualizaci u jednotlivých žáků.

Prostor pro zlepšení u dané aktivity spatřuje vyučující zejména v oblasti zpracovávání výstupních informací. Dále uvádí možnost dát žákům více prostoru ve vlastním vyhledávání zdrojů informací a metod. Zde ale spatřuje také riziko v přílišné náročnosti pro některé děti, potažmo i objektivní přílišné náročnosti, která by mohla narušit další plynutí činnosti. Toto hodnocení vyučující koresponduje

s aspekty projektového vyučování popsaného ve výše citované literatuře. Zároveň ilustruje obtížnost role vyučujícího jakožto průvodce a facilitátora, jehož úkolem je poskytnout žákům dostatek prostoru, ale zároveň být schopen žákům pomoci s řešením, což klade značné nároky na jeho připravenost.

ZÁVĚR

Výukovou činnost *Barvy* není možné jako celek považovat za projekt ve smyslu projektového vyučování. Na základě porovnání s literaturou je možné tuto činnost klasifikovat spíše jako integrovanou tematickou výuku (Rusek & Dlabač, 2013). V několika částech dosahuje ale vysokého stupně projektového charakteru (Rusek & Becker, 2011). V průběhu činnosti žáci stanovovali vlastní výzkumné otázky, aplikovali své dosavadní poznatky v plánování řešení i stanovili vlastní výstup. V tomto smyslu by bylo možné považovat některé části za samostatné projekty malého rozsahu včleněné do širší výuky integrované tématem.

V průběhu řešení opakovaně narůstala vlastní aktivita žáků a jejich řízení obsahu i postupu vzdělávání. Postupného rozvíjení tématu a řetězení aktivit na základě výsledků předchozích se ukázalo jako funkční princip poskytující klíčové otázky k další samostatné činnosti žáků, kteří tak pracují s autentickým tématem vycházejícím z jejich zkušenosti a života. Tento přístup je dobré patrný například na volbě tématu plísni na základě autentického a spontánního pozorování žáků.

Narušení projektového charakteru aktivit se silně projevilo ve zpracování výsledků a jejich zhodnocení. Vyučující v závěru činnosti převzala zodpovědnost za výstup a výsledný vystavený materiál shrnující teoretická východiska i experimentem zjištěné informace zpracovala sama. Vyučující tento aspekt ale uvádí i ve své reflexi. Stejně tak její vnímání role vyučujícího a přínosu projektového vyučování je v dobré shodě s konceptem projektového vyučování popsáno v literatuře.

Z průběhu činnosti a jejího postupného rozvoje je patrné, že projekt v tomto pojetí není možné přesně replikovat s další třídou. Popsaná případová studie ale poskytuje vhled do možného přístupu k realizaci projektového vyučování. Zejména pak ukazuje možnosti volby témat a hledání otázek, které se stanou základem projektu.

Poděkování

Děkuji Mgr. Barboře Jeřábkové za spolupráci na tomto příspěvku a poskytnutí materiálů k analýze.

Příspěvek vznikl za podpory projektu PROGRES Q17 Příprava učitele a učitelská profese v kontextu vědy a výzkumu.

LITERATURA

- Bílek, M., & Machková, V. (2015). Inquiry on Project Oriented Science Education or Project Orientation of IBSE? In M. Rusek, D. Stárková & I. Metelková (Eds.), *Project-based Education in Science Education XII.* (s. 10-20), Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000357160200001.
- Coufalová, J. (2006). *Projektové vyučování pro první stupeň základní školy.* Praha: Fortuna.
- Kašová, J. (1995). *Škola trochu jinak: Projektové vyučování v teorii a praxi.* Kroměříž: IUVENTA.
- Kratochvílová, J. (2006). *Teorie a praxe projektové výuky.* Brno: Masarykova Univerzita.
- Langmaier, J., & Krejčířová, D. (2007). *Vývojová psychologie.* Praha: Grada.
- Maňák, J., & Švec, V. (2003). *Výukové metody.* Brno: Paido.
- Mazáčová, N. (2008). *Vybrané pedagogické inovace v současné škole.* Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.
- Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2003). *Pedagogický slovník.* Praha: Portál.
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání.* (2017). Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.
- Rusek, M. (2016). Australia: Case Study of a Project Day. In M. Rusek (Ed.) *Project-based Education in Science Education* (s. 55-61), Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000375780600008.
- Rusek, M., & Becker, N. (2011). "Projectivity" of Projects and Ways of its Achievement. In M. Rusek (Ed.) *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields IX* (s. 12-23), Praha: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000343674000001.
- Rusek, M., & Dlabačová, Z. (2013). What is and what is not a project? In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech* (s. 14-19): Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900002.
- Rusek, M., & Vojíř, K. (2018). Konference o projektovém vyučování: ohlédnutí za 15 ročníky. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-based education in science education: empirical texts XV.* (s. 36-44), Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000455249900004
- Skalková, J. (2007). *Obecná didaktika.* Praha: Grada.
- Švecová, M. (2001). *Teorie a praxe zařazení školních projektů ve výuce přírodopisu, biologie a ekologie.* Praha: Karolinum.
- Tomková, A., Kašová, J., & Dvořáková, M. (2009). *Učíme v projektech.* Praha: Portál.

Kontaktní adresa

PhDr. Karel Vojíř

Katedra biologie a environmentálních studií, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: karel.vojir@pedf.cuni.cz

Reakční cyklus vápníku jako experimentální podpora výuky kritického učiva chemické reakce na základní škole

Reaction cycle of calcium as an experimental support for teaching chemical reaction as critical subject-matter in lower secondary education

Karel Kolář, Kateřina Chroustová, Veronika Machková

Abstract

Chemical reactions are among the key and critical points of chemistry teaching and learning in lower secondary school. Implementation of experimental calcium cycles in pupils' laboratory work was proposed as an innovation of teaching the topic of chemical reactions and developed in four steps based on design-based research approach. The original proposal of innovation was commented and subsequently verified and evaluated by in-service teachers in various regions of the Czech Republic in their chemistry lessons. Teachers found this innovation favourably but suggested some optimizations proposals. Based on the teachers' comments and optimizations proposals, modifications of the laboratory exercise were proposed.

Key words

Chemistry teaching and learning; experimental cycle; calcium cycle; lower secondary education

ÚVOD

V rámci řešení projektu OP VVV „Didaktika: Člověk a příroda A“ zaměřeného na počáteční kurikulum přírodních věd bylo z polostrukturovaných rozhovorů se 40 učiteli zjištěno, že chemické reakce považují za klíčové, ale zároveň i kritické, místo učiva počáteční výuky chemie na základní škole (Rychtera et al., 2018). Důvody, proč jsou chemické reakce řazeny mezi kritická místa kurikula, vychází z komplexnosti této problematiky zahrnující velký počet reakcí různých typů a nejednotnosti v jejich klasifikaci (Kolář, Bílek, Rychtera, Machková, & Chroustová, 2019). Jako řešení kritičnosti tohoto tématu byla navržena inovace výuky tématu chemických reakcí v podobě experimentální podpory, jejíž inspirací se staly tzv. reakční cykly.

Chemický experiment patří k esenciálním prostředkům formování vědeckých poznatků z chemie, ať už jde o obecné principy metody studia látek či chemických reakcí (Beneš, 1999). V současné době je školní žákovský experiment klíčovou součástí výuky zejména díky trendu projektového vyučování (viz Rusek & Vojíř, 2018; Rusek & Gabriel, 2013), popř. badatelsky orientované výuky (Rusek, Slavík,

& Najvar 2016). V obou případech musí být žák nejprve dobře obeznámen s prováděním experimentální činnosti, s průběhem modelových reakcí a zkoumáním průběhu neznámých reakcí. K tomu lze ve výuce chemie na základní škole využít reakční cykly v podobě tzv. koncepční laboratoře (v originále concept lab, van den Berg, 2013), které slouží jako odrazový můstek pro komplexnější metody a samostatnou práci.

Cílem naší práce bylo navrhnout a ověřit v praxi inovaci výuky tématu chemické reakce v podobě experimentální podpory. Ta byla zpracována jako návrh žákovské laboratorní práce, ve které byl realizován reakční cyklus vápníku, a ověřena na vybraných základních školách. Proces ověřování navržené inovace vycházel z principů tzv. konstrukčního výzkumu. V jeho průběhu bylo naším cílem od učitelů základních škol zjistit, zda je navržená inovace realizovatelná v reálných podmínkách výuky chemie na základní škole v plném rozsahu, zda a jak navržená inovace přispívá ke zmírnění kritičnosti výuky učiva o chemických reakcích. A na základě těchto zjištění inovativní návrh optimalizovat pro reálné podmínky výuky učiva o chemických reakcích na základních školách.

DESIGN EXPERIMENTÁLNÍ PODPORY KRITICKÉHO UČIVA CHEMICKÉ REAKCE

Námětem pro tvorbu inovativního návrhu experimentální podpory výuky kritického učiva o chemických reakcích se stal reakční cyklus vápníku. Ten je založen na postupných přeměnách vápenatých sloučenin, kdy je výsledným produktem stejná látka jako výchozí látka na začátku reakčního cyklu (Kolář, Bílek, Chroustová, Rychtera, & Machková, 2019). Reakční cyklus zahrnuje různé typy chemických reakcí, reprezentující chemické vlastnosti sloučenin vápníku a ukazuje na vzájemné souvislosti chemických přeměn, charakteristických sloučenin tohoto prvku a dalších prvků též skupiny (např. hořčíku). Nevýhodou navrženého reakčního cyklu vápníku je menší rozmanitost typů chemických reakcí, barevných změn i změn skupenství, jako tomu je například v případě reakčního cyklu mědi (Condike, 1975; Todd & Hobey, 1985; Walker, Noll, Panders, Winnebeck, & Courtney, 2012). Reakční cykly vápníku jsou do výuky zařazovány jen v relativně malém počtu případů, které reprezentují koloběh vápníku v přírodě (Duesing, 1985), případně jsou orientované na technologické procesy spojené s praktickým životem: pálení vápence – hašení vápna – tuhnutí malty (viz Nuffield Foundation & Royal Society of Chemistry, 2015).

Inovativní návrh experimentální podpory výuky kritického učiva chemické reakce má formu laboratorní práce pro žáky druhého stupně základní školy a jeho námětem je reakční cyklus vápníku. Reakční cyklus vápníku je tvořený čtyřmi dílčími kroky:

1. termický rozklad uhličitanu vápenatého,
2. reakce oxidu vápenatého s vodou,
3. reakce hydroxidu vápenatého s kyselinou chlorovodíkovou,
4. reakce chloridu vápenatého s uhličitanem sodným.

Podle klasifikace chemických reakcí první dvě reakce představují chemický rozklad a chemické slučování, další je reakce acidobazická, poslední pak je reakce srážecí, která vede k produktu, totožnému s výchozí látkou reakčního cyklu. Reakční cyklus tedy reprezentuje významné základní typy chemických reakcí anorganických látek. Jednotlivé kroky reakčního cyklu jsou dále doprovázeny řadou testů, umožňujících prokázat přítomnost výchozích látek a produktů v reakční směsi: vznik suspenze či roztoku ve vodě, měření pH reakční směsi, důkaz přítomnosti oxidu uhličitého např. hořící špejlí nebo visutou kapkou vápenné vody, důkaz přítomnosti vápenatých iontů kyselinou šťavelovou, popř. plamenovou zkouškou, důkaz chloridových iontů reakcí s dusičnanem stříbrným.

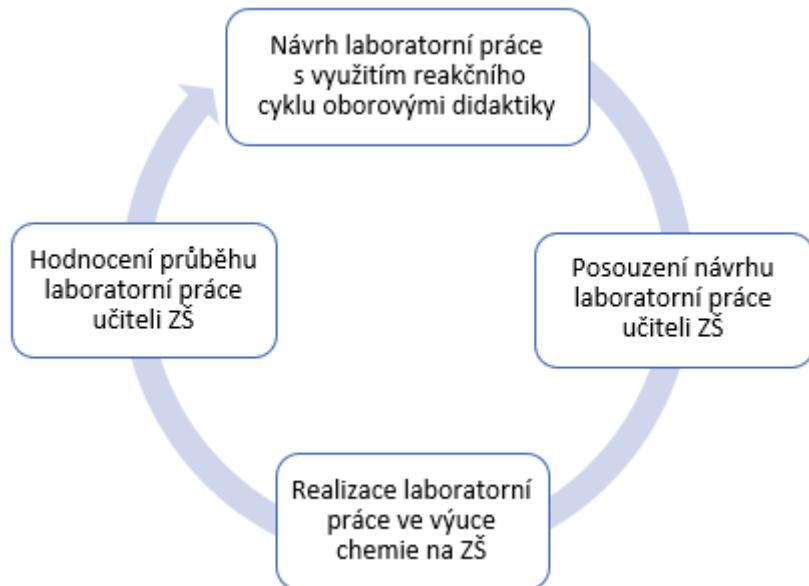
Laboratorní práce je žákům zadána učitelem prostřednictvím připraveného pracovního listu. Úkolem žáků je provést jednotlivé kroky reakčního cyklu vápníku a důkazové reakce meziproduktů a výsledného produktu podle uvedeného pracovního návodu a na závěr provedenou úlohu vyhodnotit podle připravené osnovy (celé zadání a původní verze pracovního listu viz Rychtera, Bílek et al., 2020). Předpokládalo se, že laboratorní práci zpracují žáci samostatně v průběhu jedné vyučovací hodiny.

V průběhu experimentálního cyklu žáci provádějí řadu laboratorních operací, např. zahřívání kahanem, filtrace, ověřování hodnoty pH, srážecí reakci, tedy řadu laboratorních technik, které jsou potřebné pro další laboratorní činnost. A protože na sebe jednotlivé chemické reakce navazují, je třeba, aby žáci následující kroky dobře promýšleli a plánovali. To v důsledku přispívá k rozvíjení pracovních kompetencí žáků. Na závěr laboratorní práce žáci vyhodnocují průběhy provedených kroků a testů vzniklých (mezi)produků a na základě jejich posouzení reakce zařazují do skupin podle klasifikace chemických reakcí.

PROCES VÝVOJE A OVĚŘOVÁNÍ EXPERIMENTÁLNÍ PODPORY KRITICKÉHO UČIVA CHEMICKÉ REAKCE

Proces vývoje a ověřování laboratorní práce reakčního cyklu vápníku jako experimentální podpory výuky kritického učiva chemické reakce na základní škole byl založen na tzv. konstrukčním výzkumu

(Trna, 2011), jehož schéma zobrazuje obr. 1, a realizován ve spolupráci mezi oborovými didaktiky a učiteli vybraných základních škol.



Obr. 1 Fáze procesu vývoje a ověřování experimentální podpory kritického učiva chemické reakce.

Jak bylo popsáno výše v první fázi byl připraven návrh experimentální podpory kritického učiva, tj. zařazení reakčního cyklu vápníku do výuky v podobě laboratorní práce žáků. Tato laboratorní práce žákům ukazuje postupně chemické reakce sloučenin vápníku, umožnuje pozorování jejich průběhu v souvislosti s jejich různorodou chemickou podstatou a jejich klasifikací.

Ve druhé fázi byl prvotní návrh posouzen třemi učiteli z praxe (T1, T2, T3), kteří jej detailně prostudovali a zvážili okolnosti jeho realizace. Následně s nimi byl veden polostrukturovaný rozhovor, ve kterém byly evidovány věcné připomínky a konstruktivní návrhy změn v postupu realizace laboratorní práce v podmírkách dané školy.

Ve třetí fázi proběhla realizace navržené experimentální podpory ve školní praxi. Ta se uskutečnila v průběhu března a dubna 2019. Zúčastnili se jí výše uvedení tři učitelé a 81 žáků ve věku 15 let v jejich čtyřech třídách základních škol. Hodnocení přínosu navržené experimentální podpory ve výuce bylo provedeno učiteli prostřednictvím jejich zúčastněného pozorování výuky, prostřednictvím skupinových rozhovorů se žáky a analýzou produktů žáků (v tomto případě jejich laboratorních protokolů). Na základě těchto získaných primárních dat učitelé zpracovali písemné reflexe.

Písemné reflexe učitelů byly následně analyzovány oborovými didaktiky (autory návrhu inovace). Zjištěné názory pro i proti byly evidovány a dále využity k optimalizaci návrhu experimentální podpory kritického učiva v podobě laboratorního cvičení včetně vytvoření metodického postupu implementace

návrhu ve výuce jako čtvrtá závěrečná fáze konstrukčního výzkumu a jako vstup do dalšího cyklu ověřování plánovaného na rok 2020.

HODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍ PODPORY KRITICKÉHO UČIVA CHEMICKÉ REAKCE UČITELI ZÁKLADNÍCH ŠKOL

Vybraní učitelé základních škol hodnotili návrh experimentální podpory výuky učiva o chemických reakcích ve dvou kolech (1) před jeho realizací ve školní praxi, (2) po jeho realizaci ve školní praxi.

V rozhovorech provedených s vybranými učiteli před realizací návrhu ve školní praxi byla komentována hlavně organizační stránka provedení laboratorní práce. Problémy učitelé spatřovali v materiálním a organizačním zabezpečení realizace laboratorní práce na základních školách, kde často nemají dostatek vybavení: „...náročnost prací na pomůcky a chemikálie, už jen sestavit filtrační aparaturu může být na některých školách problém, plynové kahany to samé. Z chemikálií – kyselinu šťavelovou a dusičnan stříbrný také nenajdete téměř nikde, dusičnan je navíc velmi drahý, takže ho vedení nejspíš nezakoupí...“ (T2), nemají možnost spojit výuku do dvouhodinových bloků anebo si žáky rozdělit na dvě skupiny: „...v prvé řadě si neumím představit praktickou realizaci, ve třídách bývá kolem 25 žáků, a pouze na pár školách mají možnost si třídu rozdělit na laboratorní cvičení do skupin... samostatná práce žáků tak vůbec nepřipadá v úvahu, vzhledem ke složitosti jednotlivých prací...“ (T2). Dále byla připomínkována původně navržená časová dotace jedné vyučovací hodiny, za kterou žáci obsah laboratorní práce dle jejich názorů nemohou stihnout, na některých školách tedy přistoupili k dvouhodinovému laboratornímu cvičení, jinde ovšem nemají možnost výuku takto spojit a museli přistoupit k rozdelení činností do dvou samostatných vyučovacích hodin. Obsah laboratorní práce byl hodnocen kladně: „...soubor jsem si pročetl, osobně se mi velmi líbí, nemám nic, co bych k tomu dodal či změnil, naopak, je pro mě inspirací – domnívám se, že i děti ocení navazující experimenty s produkty reakce...“ (T1).

V získaných reflexích vytvořených po realizaci navržené experimentální podpory ve školní praxi se učitelé zaměřili na jednotlivé kroky provedené laboratorní práce se žáky. Podle výpovědí byly největší potíže s prvním krokem cyklu, tj. s termickým rozkladem uhličitanu vápenatého, „...celou vyučovací hodinu žíhali a stejně se nedostali dál...“ (T1), „...tepelný rozklad uhličitanu nebyl dostatečný...“ (T2). Další problémy vycházely z nezkušenosti žáků s laboratorními technikami: „...při filtrace protrhl papír...“ (T1). I přes obtíže se žáci k finálnímu produktu experimentálního cyklu dopracovali: „...také vyšla nakonec i sraženina $CaCO_3$...“ (T1), ačkoliv v jedné skupině ho vzniklo velmi omezené množství „...vzniklého uhličitanu vápenatého bylo opravdu jen velmi málo...“ (T3).

Z doprovodných důkazových reakcí, které žáci prováděli, byl nejsložitější důkaz vzniku oxidu uhličitého při termickém rozkladu uhličitanu vápenatého pomocí visuté kapky roztoku hydroxidu vápenatého, zejména kvůli neporozumění instrukcím: „...problém s kapkou vápenné vody – nicméně každý si jinak vyložil, co je ústí zkumavky, co má pozorovat...“ (T1), „...info o ukončení zahřívání – až se přestane tvořit zákal na tyčince, je dosti zavádějící...“ (T2). Důkaz vápenatých iontů kyselinou šťavelovou i přes jeho úspěšnost učitel T1 pro využití na základní škole nedoporučuje: „...reakce s kyselinou šťavelovou také vyšla...co bych možná vynechal, nebo uvedl jako úlohu rozšiřující, je kyselina šťavelová – žáci ji neznají...“ (T1).

Navzdory problémům a nesrovnalostem, které se během realizace kroků reakčního cyklu vápníku vyskytly, je hodnocení laboratorní práce ze strany vyučujících ale i žáků víceméně pozitivní: „...samotná úloha mi přijde skvělá, návaznost jednotlivých kroků na sebe – žáci si ověří, že když nezvládnou jeden, celá práce je špatně, nutí je to k zodpovědnosti a pečlivé práci...“ (T1), „...Přesto, že se jedná o reakce jen s bílými sloučeninami, práce žáky zaujala. Návrat k výchozí sloučenině je zajímavý. Líbí se mi komplexnost navrhovaného cyklu... Navržený cyklus mám v úmyslu využít ve výuce nadále...“ (T3). Objevily se i kritické názory „...tato LP není příliš vhodná na ZŠ. Jedná se o práci náročnou na vybavení učebny, které je na menších školách často nedostatečně až téměř nulové. Problémem je také časová náročnost, ...“ (T2).

RE-DESIGN NÁVRHU EXPERIMENTÁLNÍ PODPORY KRITICKÉHO UČIVA CHEMICKÉ REAKCE

Získané názory učitelů na realizaci navržené inovace v praxi a vlastní provedení reakčního cyklu vápníku žáky jsou, jak je patrné z předchozího textu, v mnoha ohledech kritické (časová náročnost, vybavení laboratoře, potřebné chemikálie aj.), ale i příznivé – soubor úloh učí žáky pečlivosti, přesnosti a zodpovědnosti v experimentální práci, cyklus nabízí realizaci souboru základních typů reakcí, reprezentujících významné typy vzájemných přeměn chemických látek. Na základě těchto vyjádření učitelů jsme přistoupili k adaptaci původního návrhu experimentální podpory kritického učiva o chemických reakcích.

Jak vyplývá z evidovaných vyjádření, obsahová stránka, tj. využití reakčního cyklu vápníku jako námětu pro laboratorní práci žáků, byla učiteli vnímána jako zajímavá a komplexní a byla hodnocena kladně. Proto byl navržený námět experimentální podpory a forma její realizace, tj. žákovská laboratorní práce s námětem reakčního cyklu vápníku, zachována v původní podobě i v optimalizovaném návrhu.

K významným adaptacím došlo v oblastech, kde byly učiteli identifikovány problémy. Ty souvisely s organizačním a materiálovým zabezpečením. V první řadě šlo o úpravu časové dotace

na dvouhodinovou z původní jednohodinové a úpravy některých formulací v zadání a postupu laboratorní práce.

Další adaptace souvisely s řešením materiální nevybavenosti některých základních škol, kdy pro provedení jednotlivých kroků byla nabídnuta alternativní možnost využití demonstračního pokusu učitele namísto žákovského experimentu. Tato možnost se jeví jako významně užitečná u prvního kroku reakčního cyklu, tj. tepelného rozkladu uhličitanu vápenatého. Problematičnost jeho provedení byla učiteli uváděna nejčastěji a souvisí s potřebou využít Meckerův kahan s vyšší výhřevností a s rizikem roztavení skleněné zkumavky (alternativně lze použít porcelánový kelímek či porcelánovou misku, to ovšem vyžaduje vybavení také stojanem, kruhem, trianglem a sítkou).

Tyto adaptace původního návrhu experimentální podpory kritického učiva o chemických reakcích budou dále ověřovány dalšími učiteli základních škol s cílem další optimalizace navržené inovace pro reálné podmínky experimentálních činností ve výuce chemie na základních školách.

ZÁVĚR

Jako experimentální podpora kritického učiva o chemických reakcích byla navržena laboratorní práce s námětem reakčního cyklu vápníku. Tento reakční cyklus zahrnuje základní typy chemických reakcí, které lze klasifikovat podle různých kritérií: chemický rozklad, chemické slučování, chemické nahrazování (reakce acidobazické) a podvojná záměna (reakce heterogenní, reakce srážecí). Jednotlivé reakce žáci po provedení laboratorní práce klasifikují a mají tak jednotlivé typy reakcí spojené s praktickým příkladem chemické reakce, kterou sami realizovali. Protože nedochází k barevným přeměnám, je potřeba provedení důkazových reakcí ve formě jednoduchých zkumávkových testů či použití detekčních papírků apod., proto tento reakční cyklus žákům předává další znalosti a seznamuje je s postupy, jak se tyto na první pohled nerozeznatelné chemické látky v praxi rozlišují. Navržená laboratorní práce s reakčním cyklem vápníku v sobě zahrnuje řadu základních laboratorních technik a s ohledem na svůj charakter učí žáky pečlivé a promyšlené práci. Osvojení jednotlivých laboratorních technik, které se žáci naučí pod vedením učitele, je nezbytné pro realizaci samostatné badatelské činnosti. Takto navržená experimentální aktivita k rozvoji této kompetence bez pochyby přispívá.

Návrh laboratorní práce s reakčním cyklem vápníku byl realizován ve výuce chemie na 3 základních školách a hodnocen 3 učiteli z praxe. Navzdory řadě problémů s realizací, a to obzvláště u prvního kroku reakčního cyklu vápníku, byl návrh hodnocen učiteli příznivě. Proto se domníváme, že reakční cykly představují vhodnou alternativu cesty k poznávání přeměn chemických látek. Na základě zjištěných výsledků hodnocení návrhu experimentální podpory učiteli byly připraveny úpravy jeho implementace do školní praxe spočívající zejména v úpravě časové dotace a realizaci prvního kroku jako

demonstračního pokusu učitelem. Nová podoba návrhu zařazení laboratorní práce s námětem reakčního cyklu vápníku bude dále ověřována v pedagogické praxi.

Poděkování

Autoři děkují za finanční podporu projektu OP VVV „Didaktika – Člověk a příroda A“, č. CZ.02.3.68/0.0/16_011/0000665 a projektu „Progres Q17 Příprava učitele a učitelská profese v kontextu vědy a výzkumu“ Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy.

LITERATURA

Beneš, P. (1999). Reálné modelové experimenty ve výuce chemie. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Condike, G. F. (1975). Near 100% student yields with the "cycle of copper reactions" experiment. *Journal of Chemical Education*, 52(9), 615. doi: 10.1021/ed052p615

Duesing, B. (1985). The calcium cycle. *Skeletal Materials-Biomineralization*. Yale-New Haven Teachers Institute, 2018, 7 Retrieved from
<http://teachersinstitute.yale.edu/curriculum/units/1985/7/85.07.08.x.html>

Kolář, K., Bílek, M., Chroustová, K., Rychtera, J., & Machková, V. (2019). Calcium Cycle in Chemistry Teaching at the Lower Secondary School. In Lamanauskas, V. (Ed.). *Science and Technology Education: Current Challenges and Possible Solutions: Proceedings of the 3rd International Baltic Symposium on Science and Technology Education, BalticSTE2019* (pp. 95–98). Šiauliai: Scientia Socialis Ltd.

Kolář, K., Bílek, M., Rychtera, J., Machková, V., & Chroustová, K. (2019). Chemické reakce jako kritické místo učiva chemie na základní škole. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 28(4), 2-11. doi: 10.14712/25337556.2019.4.1

Nuffield Foundation & Royal Society of Chemistry. (2015). Thermal Decomposition of Calcium Carbonate. *RSC – Advancing the Chemical Sciences*. Retrieved from <https://rsc.li/2DAZnH4>

Rusek, M., & Gabriel, S. (2013). Student Experiment insertion in Project-based Education. In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields X* (pp. 38-44). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000339813900006.

Rusek, M., & Vojíř, K. (2018). Konference o projektovém vyučování: Ohlédnutí za 15 ročníky. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education: Empirical Texts XV*. (pp. 35-43). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900004.

Rusek, M., Slavík, J., & Najvar, P. (2016). Obsahová konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie. *Orbis scholae*, 10(2), 71-91.

Rychtera, J., Bílek, M., Bártová, I., Chroustová, K., Sloup, R., Šmídl, M., Machková, V., Štrofová, J., Kolář, K., Kesnerová-Řádková, O. (2018). Která jsou klíčová, kritická a dynamická místa počáteční výuky chemie v České republice? *ARNICA –Acta Rerum Naturalium Didactica*, 8(1), 35–44.

Rychtera, J., Bílek, M. et al. (2020). *Kritická místa kurikula chemie na 2. stupni základní školy I.* Plzeň: Fakulta pedagogická ZČU v Plzni (v tisku).

Todd, D. & Hobey, W., D. (1985). An Improvement in the Classical Copper Cycle Experiment. *Journal of Chemical Education*, 62(2), 177. doi: 10.1021/ed062p177

Trna, J. (2011). Konstrukční výzkum (design-based research) v přírodovědných didaktikách. *Scientia in educatione*, 2(1), 3-14. doi: 10.14712/18047106.11

van den Berg, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in Educatione*, 4(2), 74-92.

Walker, M., Noll, M., Panders, J., Winnebeck, K., & Courtney, M., E. (2012). *Types of Reactions: The Copper Cycle*. Potsdam: New York State Pollution Prevention Institute. Retrieved from https://hhw.uvlsrpc.org/files/2613/7218/4212/NYSP2I_Green_Chem_Module_Types_of_Reactions_Copper_Cycle.pdf

Kontaktní adresy

prof. Ing. Karel Kolář, CSc.^{1,2}, RNDr. Kateřina Chroustová, Ph.D.^{1,3}, RNDr. Veronika Machková, Ph.D.²

¹Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

²Katedra chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové
Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové III

³Centrum biologie, geověd a evnigogiky, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 2732/8, 301 00 Plzeň

e-mail: karel.kolar@pedf.cuni.cz, katerina.chroustova@pedf.cuni.cz, veronika.machkova@uhk.cz

Analysis of the atom and its structure in chemistry textbooks

Dominika Koperová, Ľubomír Held, Katarína Kotuláková

Abstract

The aim of this paper is to analyse presentation of an atom as a particle in selected chemistry textbooks as a part of didactic reconstruction of the atom concept. We analysed the textbooks by applying several criteria - science education models, approximation of an atom at sub-microscopic and/or subatomic level, and the function and number of pictures. We also took into consideration the difficulty of texts. Based on the diversity of textbooks in terms of length, we quantified the text into the number of words and sentences in function-based categories. We could conclude that, in the selected textbooks, the atom is described and visualised, however, there is no emphasis placed on understanding the atom, which can lead to pupils' misconceptions.

Key words

Chemistry textbooks; textbook analysis; atom; atomic structure

INTRODUCTION

There are many definitions of textbooks and it is difficult to choose the "correct one", as mentioned by Maňák and Knecht (2007). In Slovak didactic textbooks we can find the definition of Turek (2014) who says that the textbook is a bearer of educational content. A similar explanation is offered by Petlák (2016) who describes the textbook as a medium of educational process that has many functions – motivational, informative, developing teaching strategies etc. Recent studies have also proved that teachers use textbooks mostly as a starting point of teaching (Knecht, 2007; Vallová, 2012). Educational research which is focused on textbooks helps us to understand the development of knowledge and what teachers have been teaching pupils in past decades. Also, it has the potential to help us prepare improved educational materials (Rusek & Vojíř, 2019).

The analysis of textbooks is one of the starting points of didactic reconstruction, where pupils' representations are considered. The retrospective view of pupil's perception is enabled by the preserved textbooks and dominant teaching scenarios which followed textbook instructions. In the last few decades there has been an increasing number of published papers about science-based educational research and science textbook analysis, but only 18 % of analysed published papers in recent systematic literature review were focused on chemistry (Vojíř & Rusek, 2019). There is a variety of books and manuals which present instruction for analysis (Průcha, 1998; Knecht et al., 2008). Analysis focuses on different criteria depending on the author's perspective – e.g. text-difficulty (Hrabí,

2005; Beneš, Janoušek, & Novotný, 2009; Ganajová, Macurová, & Bačovčinová, 2016; Rusek, Stárková, Metelková, & Beneš, 2016), textbook readability (Rusek & Vojíř, 2019), learning content, non-textual explanations or pictorial material obtained in textbooks (Čáp & Mareš, 2001). Chemistry textbook analysis is also part of didactically oriented final theses in our department (e.g. Tarajová, 2019; Žemlová, 2019).

CHEMISTRY TEXTBOOK ANALYSIS

The data source for our analysis was a sample of 30 chemistry textbooks published from 1924 to 2011. We analysed 20 textbooks for lower-secondary schools, 8 textbooks for upper-secondary schools and 2 textbooks for teacher training. The list of analysed textbooks is given at the end of the article. These textbooks describe chemistry education in the former and current Czechoslovakian context and neighbouring countries (Germany and Poland). There was also one Science textbook which represented a different approach to teaching based on constructivism. Our analysis is focused on topics about the atom. Based on thorough content analysis we chose 4 analytical categories:

- science education models,
- function and quantification of the text,
- function and number of visual components,
- conceptual arrangement of atomic representation.

The large body of data were collected and the limited space in this article only the most interesting or surprising findings are presented in this report.

Science educational models

Johnstone (1991) explains difficulty of learning science by identifying 3 levels in presenting (not only) school science content: macro, sub-micro and symbolic one. Having this in mind, we went a bit further and used Holada's model (1985) to analyse the content presents in selected chemistry textbooks. He differentiated 7 science education models based on presented knowledge and activities relations. The presented tool is useful while considering its correspondence to contemporary concept of scientific literacy. The presence of patterns of the model are represented by "+" (Tab. 1). Holada (1985) considers the praxeological ideal, but difficult to find. This was proven in the schoolbooks obtained for this study. While applying this tool, we identified 5 of 7 models of science education (Fig. 1).

In older books, the phenomenological model was dominant. In the 1960s and 1970s, industrial society was corresponding to the polytechnical model (Škoda & Doulík, 2009). Chemistry textbooks of the last three or four decades are created structurally (mostly textbooks for upper-secondary schools) or they

create a scientific representation of the world (mostly for lower-secondary schools). The date was compared with a similar study by Priškinová and Held (2019) who analysed organic chemistry in a sample of similar textbooks. Textbooks written by the same authors or published in the same time period represented the same model.

Tab. 1 Science educational models (Holada, 1985)

Model	Knowledge			Activities		
	Empirical	Theoretical	Practical	Sensorimotor	Intellectual	Social
Phenomenological	+	(+)	+			
Structural	(+)	+				
Polytechnical	+	(+)	+	+		
Integrated	+	+	+			
Personality oriented	+		+	+		+
Creating science representation of the world	+	+	+	(+)	(+)	(+)
Praxeological (Ideal)	+	+	+	+	+	+

Notes: “+” the relative proportion of the areas, the prevailing area

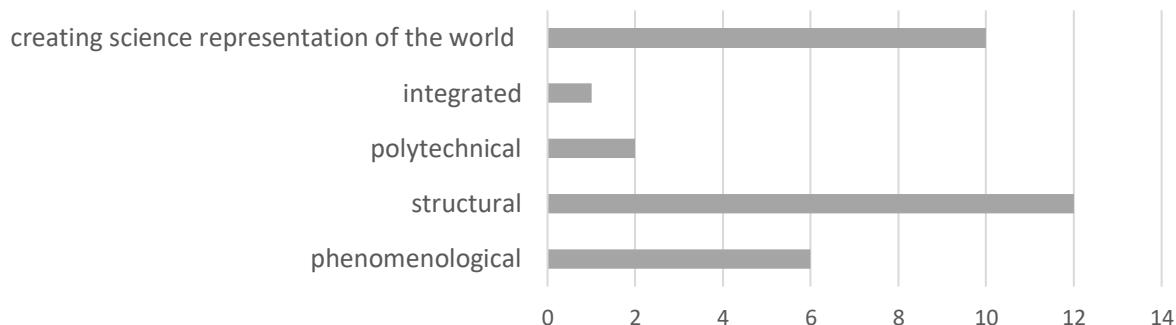


Fig. 1 Science education models identified in chemistry textbooks

Function and quantification of the text

In order to determine the range of the content in the textbooks we decided to quantify the text. We counted the number of sentences and words in the topic. We omitted the headlines, prepositions and additional texts. The text was quantified in three categories - A) explanatory text, B) active tasks, C) questions and tasks for repetition. Using these categories also helped us to identify textbooks which were oriented towards experiments or other active tasks. The findings can be seen in figure 2. We counted the average length of sentences for each category. The shortest sentences were detected in category B (9 words) and the longest sentences in texts of category A (12.91 words). The average length of a sentence in category C is 9.91 words.

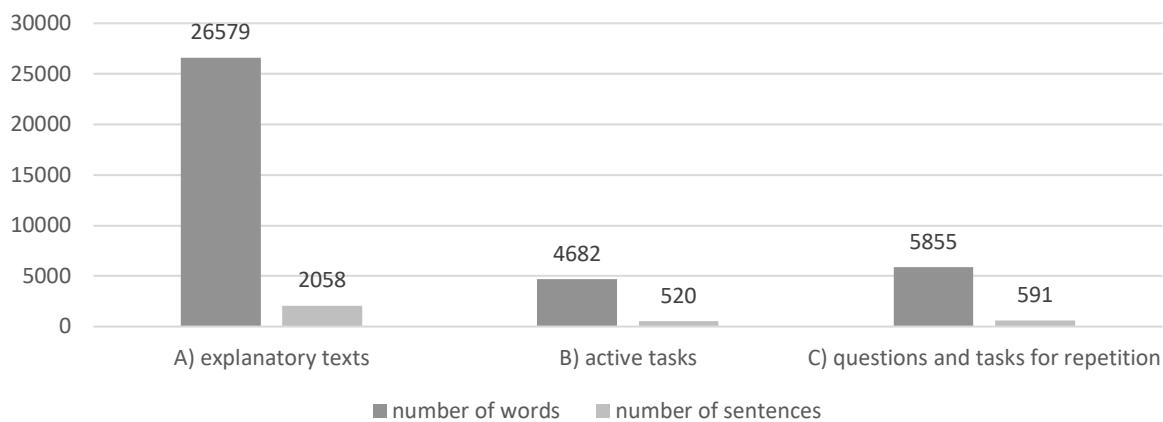


Fig. 2 Quantification of content in textbook

The most specific findings of quantification are related to category B) active tasks (Fig. 3). This content was identified only in 6 textbooks for secondary schools (Beneš, Pumpr, & Banýr, 2003; Adamkovič, Růžičková, & Šramko, 2000; Beneš, Pumpr, & Banýr, 1997; Beneš & Pumpr, 1996; Bäurle, Hoppe, Menzel, Quinzler, & Vaclavicek, 1995; Pottenger, Young, & Klemm, 1994). The science textbook FAST 2 (Pottenger, Young, & Klemm, 1994) showed similar specific findings in category C), too. The number of sentences and words in this book (2171 words and 251 sentences) was considerably higher than in other textbooks where the number of words was around 200.

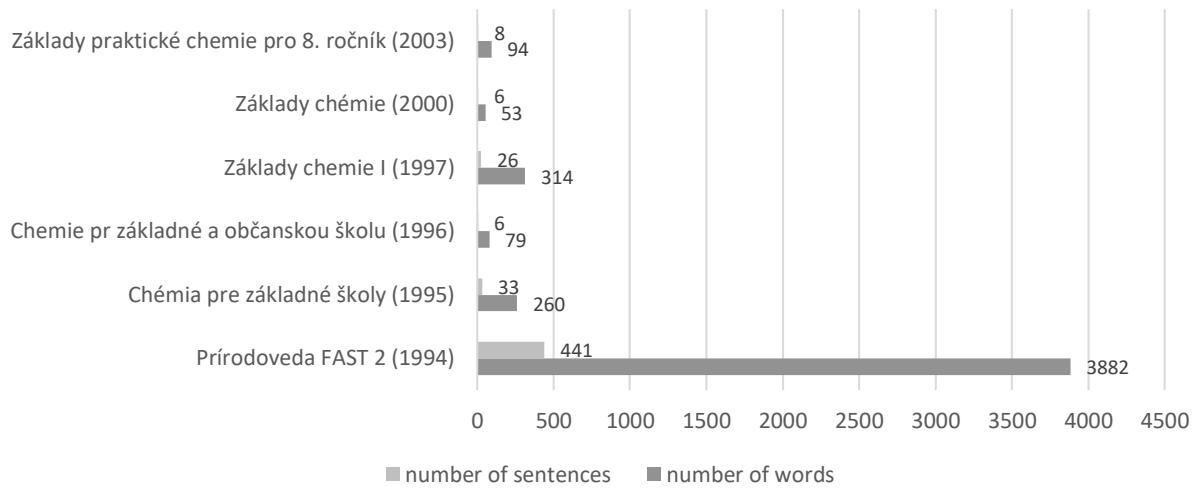


Fig. 3 Quantified text for category B) active tasks

Function and count of visual components

While applying several criteria, we differentiated the pictures in the textbooks (Tab. 2). The most sensitive criteria we chose (Levin, Anglin, & Carney, 1987 in Čáp & Mareš, 2001) distinguish a variety of cognitive functions in 4 various features. As Čáp and Mareš say (2001), it is difficult to find a

transformative image in the textbooks and we were not able to detect these images in our sample of textbooks either. We excluded images referring to questions and tasks about repetition from the analysis.

In total, we identified 170 images (Fig. 4). The most frequent images were representative pictures (70% of the total number of images), then decorative (25.29%) then interpretative (3.53%). Only 1.18% of pictorial materials represented organisational pictures.

Tab. 2 Different types of functions of pictures

Author	Levin, Anglin and Carney (1987) in Čáp and Mareš (2001)	Peeck (1987) in Čáp and Mareš (2001)	Průcha (1998)
Function	Decorative	Affectively – motivational	Cognitive
	Representative	Cognitive – regulatory	Motivational
	Organisational	Concentration of attention	Aesthetic
	Interpretative		
	Transformative		

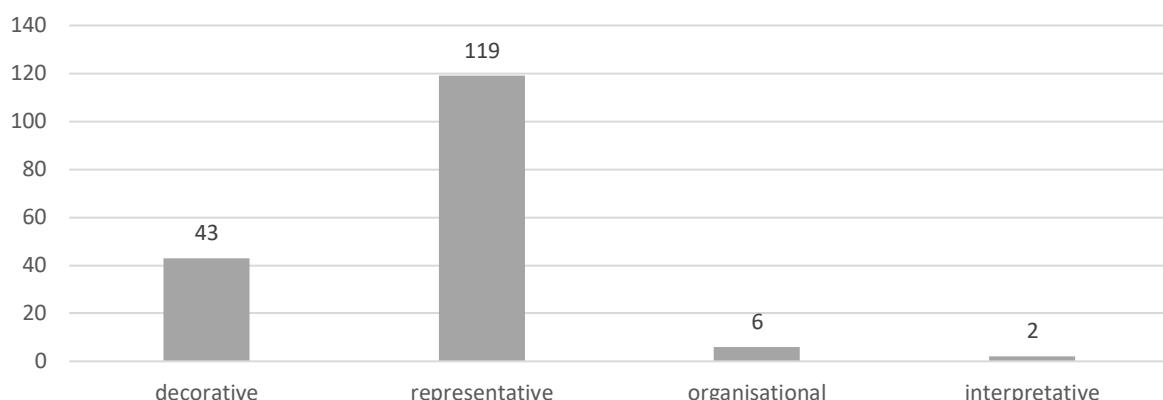


Fig. 4 The number of images represent different functions

Conceptual arrangement of atomic representation

Based on the content analysis we can identify 4 levels of approximation of atom inspired by Johnstone's levels of science (chemistry) content – its sub-micro or molecular and invisible part (Johnstone, 1991). The levels of atomic representations in the textbooks can be characterized as follow: sub-microscopic level (atom as a "small ball" without its inner structure), subatomic level (atom with the inner structure of atomic nucleus and cover), both levels (sub-microscopic and subatomic) which are close to each other and both levels (sub-microscopic and subatomic) which are far apart. The dominant representation of the atom (in 17 textbooks, 57 %) is at both levels, mostly in one chapter (Fig. 5). In only 3 textbooks (7 %), both representations of atom are used - at least one chapter apart.

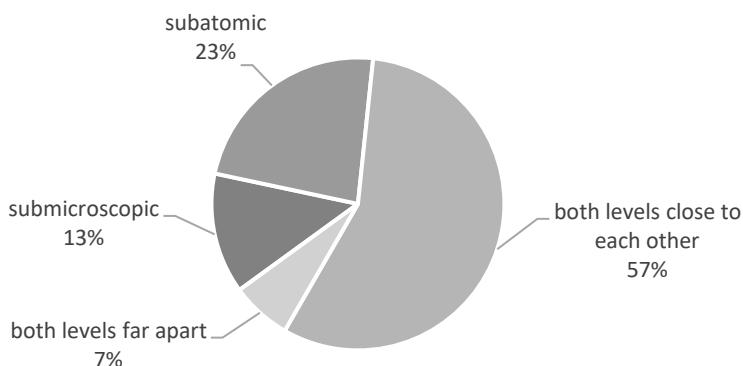


Fig. 5 Levels of atomic representation

CONCLUSION

It is obvious that there are differences in the textbooks - not only in correctness but also in terms of a rapid increase in the amount of knowledge conveyed. Based on our research, we can conclude that the key chapter of chemistry – an atom – is described mostly theoretically. The textbooks reflect information which is abstract for students (e.g. quantum numbers at upper-secondary schools). Based on the results of the text quantification, it is difficult to find tasks which motivate and encourage students to develop their science process skills - part of scientific literacy. Instead of presenting students finalised models, we should lead them to explore an atom by using various science process skills and encourage them to gradually build the functioning model(s) by themselves.

LITERATURE

- Adamkovič, E., Hoffmannová, V., Pumpr, V., Šramko, T., & Tomeček, O. (1982). *Chémia pre 7. ročník základnej školy*. Bratislava: SPN.
- Adamkovič, E., Beneš, P., Pumpr, V., Šramko, T., & Tomeček, O. (1990). *Chémia pre 7. ročník základnej školy*. Bratislava: SPN.
- Adamkovič, E., Beneš, P., Pumpr, V., Šramko, T., & Tomeček, O. (1993). *Chémia pre 7. ročník základnej školy*. Bratislava: SPN.
- Adamkovič, E., Ružičková, M., & Šramko, T. (2000). *Základy chémie*. Bratislava: SPN.
- Adamkovič, E., & Šimeková, J. (2005). *Chémia pre 8. ročník základných škôl*. Bratislava: SPN.
- Adamkovič, E., Šimeková, J., & Šramko, T. (2000). *Chémia pre 8. ročník základných škôl*. Bratislava: SPN.
- Banýr, J., Beneš, P., Hally, J., Holada, K., Novotný, P., & Pospíšil, J. (2001). *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN.

- Bäurle, W., Hoppe, B., Menzel, P., Quinzler, G., & Vaclavicek, J. (1985). *Umwelt: Chemie*. Stuttgart: Ernst Klett.
- Bäurle, W., Hoppe, B., Menzel, P., Quinzler, G., & Vaclavicek, J. (1995). *Chémia pre základné školy*. Bratislava: SPN.
- Beneš, P., Janoušek, R., & Novotný, M. (2009). Hodnocení obtížnosti textu středoškolských učebnic. *Pedagogika*. 59, 291-297.
- Beneš, P., & Pumpr, V. (1996). *Chemie pro základní a občanskou školu*. Praha: Kvarta.
- Beneš, P., Pumpr, V., & Banýr, J. (1997). *Základy chemie 1*. Praha: Fortuna.
- Beneš, P., Pumpr, V., & Banýr, J. (2003). *Základy praktické chemie 1*. Praha: Fortuna.
- Blažek, J., & Fabini, J. (2003). *Chémia pre stredné odborné školy a stredné odborné učilišťa nechemického zamerania*. Bratislava: SPN.
- Čáp, J., & Mareš, J. (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha: Portál.
- Čollák, M. (1944). *Anorganická chémia pre V. triedu slovenských gymnázií*. Bratislava: Štátne nakladateľstvo.
- Ganajová, M., Macurová, V., & Bačovčinová, V. (2016). Analýza učebních chémie pre 8. a 9. ročníka základnej školy. *Dnešná škola – človek a príroda*. 4(1), 6-11.
- Holada, K. (1985). Modelování a školní chemie III. *Přírodní vědy ve škole*. 37(9), 347-348.
- Hrabí, L. (2005). Učebnice přírodopisu a jejich obtížnost. *Pedagogická orientace*. 3, 118-122.
- Janiuk, R. M., & Skrok, K. (1999). *Chemia i my, Podręcznik gimnazjalisty*. Krakow: OPAL PG.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Kmeťová, J., Vydrová, M., Silný, P. & Medveď, M. (2010). *Chémia pre 1. ročník gymnázií*. Bratislava: Expol Pedagogika.
- Knecht, P. (2007). Didaktická transformace aneb od "didaktického zjednodušení" k "didaktické rekonstrukci". *Orbis scholae*, 2(1), 67-81.
- Knecht, P., Janík, T., et al. (2008). *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu*. Brno: PAIDO.
- Kout, R. (1938). *Chémia pre IV. triedu stredných škôl*. Olomouc.
- Maňák, J., & Knecht, P. (2007). *Hodnocení učebnic*. Brno: PAIDO.
- Mareček, A., & Honza, J. (1998). *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. Brno.
- Mašek, F., Křehlík, F., & Toulová-Dluholucká, A. (1938). *Chémia pre prvý ročník učiteľských ústavov*. Praha.

- Matzner, J. (1924). *Chemia pre ústavy učiteľské*. Praha: Nakladateľstvo J. Otto.
- Paško, J. R. (2000). *Chemia część I dla gimnazjum*. Krzeszowice: Kubajak.
- Pauková, M., Hájek, B., & Otčenášek, L. (1963). *Chémia pre 9. ročník základných deväťročných škôl*. Bratislava: SPN.
- Petlák, E. (2016). *Všeobecná didaktika*. Bratislava: IRIS.
- Pottenger, F. M., Young, D. B., & Klemm, E. B. (1994). *Prírodoveda FAST 2 Pohyb látok a energie v biosfére*. Bratislava: ŠPÚ.
- Priškinová, N., & Held, Ľ. (2019). Vývin koncepcie výučby organickej chémie v sekundárnom vzdelávaní. *Project-based education and other activating strategies in science education XVI.*, Praha (pp. 81-89). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Průcha, J. (1998). *Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média*. Brno: PAIDO.
- Rusek, M., & Vojíř, K. (2019). Analysis of text difficulty in lower-secondary chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 8-16. doi: 10.1039/c8rp00141c.
- Rusek, M., Stárková, D., Metelková, I., & Beneš, P. (2016). Hodnocení obtížnosti textu učebnic chemie pro základní školy. *Chemické Listy*, 110, 953-958.
- Škoda, J., & Doulík, P. (2006). *Chemie 8*. Plzeň: Fraus.
- Škoda, J., & Doulík, P. (2009). Vývoj paradigmátu přírodovědného vzdělávání. *Pedagogická orientace*, 19(3), 24-44.
- Sotorník, V., Vurm, V., & Pauk, F. (1956). *Chémia pre 9. ročník všeobecnovzdelávacích škôl*. Bratislava: SPN.
- Tarajová, S. (2019). *Rýchlosť chemickej reakcie – didaktická reprezentácia*. (diplomová práce), Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Trnava.
- Trtílek, J., Krsička, R., & Ondráček, J. (1979). *Chémia pre 8. ročník základných deväťročných škôl*. Bratislava: SPN.
- Trtílek, J., Pauk, F., & Širůčková, J. (1962). *Chémia pre 9. ročník základných deväťročných škôl*. Bratislava: SPN.
- Turek, I. (2014). *Didaktika*. Bratislava: Wolters Kluwer.
- Vacík, J., Antala, M., Čtrnáctová, H., Petrovič, P., Strauch, B., Šimová, J., & Zemánek, F. (1984). *Chémia pre prvý ročník gymnázia*. Bratislava: SPN.
- Vacík, J., Čtrnáctová, H., Petrovič, P., Strauch, B., Šimová, J., & Zemánek, F. (2003). *Chémia pre prvý ročník gymnázií*. Bratislava: SPN.

- Vallová, N. 2012. *Biochemická problematika a jej reflexia v príprave učiteľov na vyučovanie*. (diplomová práce), Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Trnava.
- Vicenová, H. (2011). Chémia pre 8. ročník základnej školy a 3. ročník gymnázia s osemročným štúdiom. Bratislava: Expol Pedagogika.
- Romanová, D., Adamkovič, E., Vicenová, H., & Zvončeková, V. (2009). Chémia pre 6. ročník základnej školy a 1. ročník gymnázia s osemročným štúdiom. Bratislava: Expol Pedagogika.
- Vojíř, K., & Rusek, M. (2019). Scicence education textbook research trends: a systematic literature review. *International Journal of Science Education*. 41(11), 1496-1516.

Žemlová, M. (2019). *Vlastnosti plastov a ich štruktúra – didaktická rekonštrukcia*. (diplomová práce), Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Trnava.

Contact addresses

Mgr. Dominika Koperová, prof. PhDr. Ľubomír Held, CSc., PaedDr. Katarína Kotuláková, PhD.

Department of chemistry, Faculty of Education, Trnava University
Priemyselná 4, 918 43, Trnava, Slovakia

e-mail: dominika.koperova@tvu.sk, lheld@truni.sk, katarina.kotulakova@truni.sk,

V hlavní roli kyslík: experimentální ověření výukové aktivity

Starring Oxygen: An Educational Activity Experimental Evaluation

Lucie Kuncová, Martin Rusek

Abstract

This activity was presented at PBE 2018 as a model piloted on a group of chemistry pre-service teachers. In this paper the same, only slightly modified activity, was evaluated on one class of 8th graders. They underwent a four-lesson-long course which consisted of a traditionally-designed activity and an activity with inquiry context. The effect of the activity was measured using a pre- and post-test focused on the students' knowledge about the topic and the IMI questionnaire to assess their intrinsic motivation. The students were also interviewed in groups for the researchers to find out more about their opinion about the activities. The results show majority of the students improved in the pre-test. The results of the IMI suggest the inquiry-based versions of the activities were more successful.

Key words

Experimental learning; inquiry-oriented learning; motivation; health education

ÚVOD A TEORETICKÁ VÝCHODISKA¹

Tento příspěvek je pokračováním práce autorů (Kuncová & Rusek, 2019) v dané oblasti. Hlavní motivací bylo přinést důkaz o funkčnosti badatelsky orientovaného vyučování ve srovnání s tradičně pojatou laboratorní aktivitou. Edukační experimenty jsou poměrně častými aktivitami směrovanými na žáka (Gabriel & Rusek, 2014; Rusek & Gabriel, 2013). Mimo dokladů o efektivitě badatelsky orientovaného vyučování (viz Rocard, Csermely, Jorde et al., 2007) existuje řada výzkumů představujících jednotlivé badatelské aktivity včetně jejich ověření (Antonoglou, Salta, & Koulougliotis, 2019; Iskandar, Sastrandika, & Defrianti, 2019; Vojíř, Honzusová, Rusek, & Kolář, 2019; Wolf & Fraser, 2008).

Z důvodu poměrně širokého záběru badatelsky orientovaného vyučování (potvrzující bádání – otevřené bádání, viz Banchi & Bell (2008)) se však objevuje celá řada aktivit, které svým pojetím nenaplňují základní principy badatelsky orientovaného vyučování (srov. Rusek, 2015; Rusek & Becker,

¹ Příspěvek vychází z diplomové práce první autorky s názvem V hlavní roli kyslík: návrh a ověření badatelské aktivity obhájené na Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta v září 2019.

2011). Jak již bylo uvedeno v předchozím textu autorů (Kuncová & Rusek, 2019), obdobně jako v případě projektového vyučování je právě přesné dodržování terminologie nezbytné pro to, aby docházelo k efektivnímu sdílení příkladů dobré praxe. Zároveň je třeba minimalizovat nepřesnosti a formalizmy, kdy dochází k využívání těchto termínů i pro aktivity, které daných parametrů nedosahují. To může vést k devalvací dané aktivity u všech skupin zainteresovaných aktérů.

Aktivita byla vedena požadavky na transparentnost (Trna, 2013), relevantnost (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013) i na jednoduchost co do přístrojového vybavení i samotného provedení (viz Kuncová & Rusek, 2019). Pro vyšší aktivizaci žáků (viz např. Janštová & Rusek, 2015) a jejich maximální samostatnost (přiblížení otevřenému bádání) byly využity tzv. *tip cards*, tj. návodky (pomůcky, postup aj.), o které mohou žáci vyučujícího požádat v případě, že nemohou dál pokračovat v práci. Pozitivní efekt této formy tzv. *scaffoldingu*, tj. podpory práce žáků při zachování jejich autonomie je poměrně dobře zdokumentován (Lin, Hsu, Lin et al., 2012).

V tomto příspěvku jsou striktně oddělovány tradiční pojetí žákovského experimentu a badatelsky orientované vyučování. Obě aktivity jsou porovnány s ohledem na přínos v kognitivní i afektivní oblasti žáků s cílem zajistit co největší efekt (srov. Antonoglou et al., 2019; Iskandar et al., 2019; Vonášek & Rusek, 2013).

CÍLE A METODOLOGIE

Cílem autorů bylo ověřit efektivitu badatelské aktivity založenou na experimentální činnosti s důrazem na aktivizaci žáků v porovnání s tradičně pojatou experimentální prací. Výzkumné otázky byly definovány takto: *Jak se liší vnitřní motivace žáků při provádění klasicky a badatelsky pojaté aktivity?* Hypotézou bylo, že badatelsky orientovaná aktivita povede k vyšší vnitřní motivaci žáků nežli aktivita tradiční (viz např. van den Berg, 2013). *Tradičním pojetím* laboratorní aktivity se rozumí úloha, při které aktivita žáků spočívá pouze ve sledování přesně zadaného postupu. Aktivita v badatelském pojetí oproti tomu míří na rozvíjení schopnosti žáků experimentovat, tj. navrhovat hypotézu, navrhovat možnosti jejího ověření, pozorovat a vyvozovat závěry (Beneš, 1999).

Organizace šetření

Samotná aktivita probíhala na katedře chemie a didaktiky chemie Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. Před příchodem na fakultu žáci vyplnili test preferencí témat. K tomuto účelu byly položeny otázky: „Z čeho je složen vzduch? Má vzduch všude na světě stejné složení? Proč musí člověk při tělesném cvičení dýchat více než při odpočinku? Co je úkolem plic? Čím se distribuuje kyslík po těle? Co to je resuscitace a jak funguje? Jak dlouho vydrží člověk bez přístupu vzduchu?“ (Kuncová, 2019).

Pro zjišťování preference tématu žáky byl zvolen sémantický diferenciál s přídavnými jmény např.: téma užitečné – k ničemu mi nebude, zábavné – nudné apod.

Podle výsledků byli žáci rozděleni do skupin tak, aby byly všechny skupiny co možná nejvíce srovnatelné, tj. obsahovaly žáky s různou úrovní postoje k tématům. Žáci byli rozděleni do čtyř skupin po třech, pouze v jedné skupině byly čtyři žáci. Každé dvě skupiny pak dostaly stejné zadání:

Skupina 1:

- I. Klasicky pojatý experiment na téma Fotosyntéza (vliv světla na produkci kyslíku zelenou rostlinou)
- II. Badatelsky pojatý experiment na téma Dýchání (měření koncentrace kyslíku ve (opakovaně) vydechovaném vzduchu)

Skupina 2:

- I. Klasický experiment na téma Dýchání
- II. Badatelsky pojatý experiment na téma Fotosyntéza

Klasické úlohy byly v celé podobě převzaty z „Kuchařky“ společnosti Vernier². Badatelské aktivity byly na motivy těchto úloh vytvořeny autory tohoto textu (viz Kuncová & Rusek, 2019).

Jako první byla vždy zvolena aktivita v klasickém pojetí, aby nedocházelo ke zkreslení údajů. Žáci nejprve vypracovali pre-test (vstupní test). Poté následovala samotná aktivita I. Po jejím provedení žáci vyplnili post-test a dotazník vnitřní motivace (IMI – viz níže) vztažený k dané úloze. Další krokem byla aktivita II. Po jejím provedení žáci opět vyplnili post-test a dotazník vnitřní motivace k daným tématům. Následoval polostrukturovaný rozhovor s celou skupinou žáků. V každé skupině vedl rozhovor učitel (autor tohoto textu), který během experimentu dohlížel na druhou skupinu.

Zhodnocení aktivity

Zhodnocení aktivity probíhalo jednak prostřednictvím pozorování práce žáků na aktivitě včetně analýzy jejich laboratorního protokolu, jednak prostřednictvím pre- a post-testu, v neposlední řadě s využitím nástroje IMI (Intrinsic Motivation Inventory (Ryan & Deci, 2000), v české verzi (Kekule & Žák, 2011) a rozhovorů.

² Pracovní list pro pokus Fotosyntéza je dostupný na:

<http://www.vernier.cz/stahnout/kucharka/kod/fotosynteza>

Pracovní list pro pokus Dýchání je dostupný na: <http://www.vernier.cz/stahnout/kucharka/kod/spotreba-kysliku-pri-dychani>.

V laboratorním protokolu k tématu Fotosyntéza měli žáci odpovídat na čtyři otázky před zahájením pokusu: 1. V jakém případě (denní světlo, lampa, tma) bude produkce kyslíku rostlinou nejvyšší? Odůvodněte své tvrzení. 2. Ve kterých buněčných strukturách probíhá fotosyntéza? 3. O který děj se z energetického hlediska jedná? Spotřebovává se energie nebo naopak vytváří³? 4. Na kterém z uvedených míst je ve vzduchu vyšší koncentrace kyslíku, na pláži v turecké Antalii, na vrcholu Milešovky nebo ve druhém výškovém táboře při výstupu na K2? Seřaďte uvedené sestupně podle koncentrace kyslíku.

Po provedení pokusu měli žáci za úkol úlohu odpovědět na tyto otázky a úkoly: 1. Vysvětlete jednotlivé části výsledného grafu. Jaký vliv má působení světla na fotosyntézu? 2. Porovnejte vámi navržený postup s daným postupem. 3. Vytvořte název k této úloze.

Laboratorní protokol pro druhou polovinu žáků obsahoval tyto otázky před zahájením pokusu, jehož tématem bylo Dýchání: 1. Nadechujeme-li se za účelem získání kyslíku, a vydechujeme-li oxid uhličitý, jak je možné, že funguje dýchání z úst do úst jako metoda resuscitace? 2. Jak se mění složení plynu, který vydechujeme? 3. Kde ve třídě je vyšší koncentrace kyslíku, u země nebo u stropu? Proč tomu tak je? 4. Vysvětlete, proč atleti před závody jezdí trénovat do míst s vyšší nadmořskou výškou.

Na závěr celé úlohy žáci vypracovávali tyto otázky a úkoly: 1. Vysvětlete jednotlivé části grafu, popište, kterým aktivitám odpovídají. 2. Navrhnete postup, jakým byste zjistili maximální dobu, kterou vydrží člověk v uzavřené místnosti bez přístupu vzduchu. 3. Porovnejte vámi navržený postup s daným postupem. 4. Vytvořte název k této úloze.

Pre-test a post-test byly postaveny podle klasických úloh převzatých ze stránek společnosti Vernier společně s přihlédnutím k učivu obsaženém v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání (*Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*, 2017). Test se skládal z 10 uzavřených otázek vždy s jednou správnou odpovědí (a-d). Žáci jej vyplňovali samostatně bezprostředně před zahájením aktivity. Post-testy byly vytvořeny dva, vznikly rozdělením pre-testu na poloviny podle daného tématu (OTOSYNTÉZA a DÝCHÁNÍ).

V nástroji *IMI* respondenti odpovídali na sedmistupňové škále (1 – zcela nepravdivý, 7 – zcela pravdivý) na celkem 25 tvrzení. Ta se vztahují k pěti oblastem: *zájem o aktivitu* (7 tvrzení), *úsilí vynaložené při řešení aktivity* (5 tvrzení), *užitečnost aktvitou získaných znalostí a dovedností* (7 tvrzení), *vnímaná*

³ Dle zákona zachování energie otázka není položena zcela přesně. Autoři se však domnívají, že by formulace s využitím slovesa „přetváří“ byla pro žáky matoucí.

kompetence při práci (6 tvrzení) a *tlak* vnímaný při zpracování úkolu (5 tvrzení). S ohledem na distribuci škály jsou hodnoty ordinální, tj. při jejich zpracování byly počítány mediány hodnot odpovědí v jednotlivých oblastí (srov. Chytrý & Kroufek, 2017).

Polostrukturovaný rozhovor byl zvolen z toho důvodu, že byli žáci rozděleni na dvě skupiny, díky stejným úvodním otázkám se dají názory žáků lépe porovnat:

1. Co byste rádi ještě zkoumali?
2. Která úloha vám byla bližší?
3. Ze které úlohy jste se víc naučili a co? Co si odnášíte?
4. Co byste nám doporučili pro příště?

Pre-test – post-test

Výsledky jsou uvedeny na obrázku 1. U devíti žáků došlo k pozitivnímu a u jednoho k negativnímu posunu. Při detailním pohledu na test čtyř žáků, kteří své vědomosti nezlepšili je vidět, že dva žáci měli na všechny otázky totožné odpovědi u obou testů, třetí žák odpověděl na dvě otázky jinak, žák s horším výsledkem post-testu odpověděl v post-testu oproti pre-testu špatně na otázku číslo 1. To může být vysvětleno jako falešně pozitivní výsledek a k objasnění by bylo zapotřebí kvalitativní výzkumné metody (viz Rusek, Koreneková, & Tóthová, 2019).

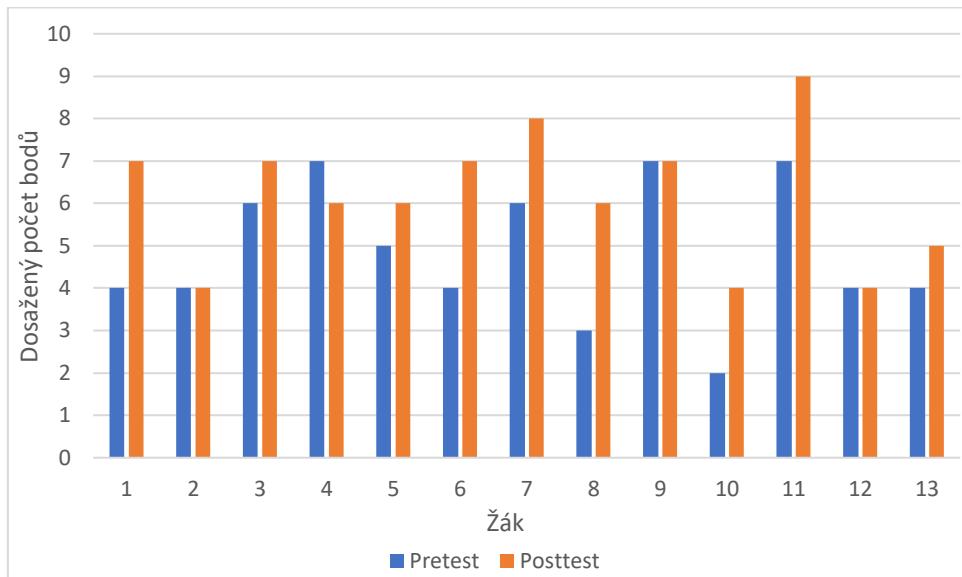
Badatelské pojetí úloh se v dopadech na kognitivní cíle jeví jako efektivnější. Žáci, kteří pracovali na badatelských úlohách na téma Dýchání, dosáhli výrazně lepších výsledků v post-testu na téma dýchání (zlepšení z 12 na 23 bodů), naopak v post-testu na téma Fotosyntéza se mírně zhoršili (z 24 na 22 bodů). Ke zhoršení došlo u většiny žáků u otázky (Za kterých podmínek bude průběh fotosyntézy nejfektivnější?). Žáci, kteří pracovali na badatelské úloze na téma Fotosyntéza, se více naučili právě z tématu Fotosyntéza (zlepšení ze 14 na 19 bodů). Rozdíl mezi pre- a post-testem u tématu pojatého klasicky (dýchání) byl 3 body (z původních 13 na 16 bodů). Výsledky tak korespondují s výše citovanou literaturou.

S ohledem na nízký počet žáků nebyla hodnocena statistickou významnost rozdílů.

Vnitřní motivace žáků

Výsledky je v afektivní oblasti možné hodnotit za dobré. Žáci se cítí kompetentní k vypracování úloh, tj. úlohy pro ně nejsou příliš obtížné. Vypracování úloh věnovali nadprůměrné *úsilí*. Interpretaci tohoto zjištění poskytly rozhovory se žáky. *Úsilí* vnímali jako náročnost. V případě úlohy zaměřené na dýchání bylo zapotřebí *úsilí* vynaložit právě na foukání vzduchu do plastového sáčku. Výsledky naznačují, že badatelsky orientované pojetí je pro žáky zajímavější a vnímají téma jako užitečnější (viz Obr. 2).

Pod tlakem se žáci cítili pouze zřídka, vyšší pocit tlaku byl způsobem nestrukturovaným zadáním a potřebou plánovat experiment samostatně.

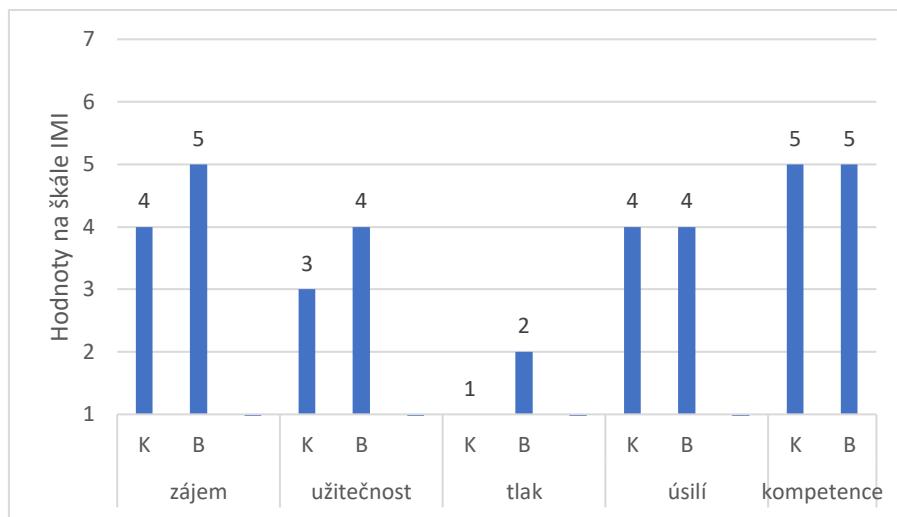


Obr. 1 Výsledky žáků v pre- a post-testu

Pozorování řešení žáků a analýza protokolů

Přestože žáci dle jejich vyučující na praktické činnosti nebyli zvyklí, bylo patrné, že ve škole pracují ve skupinách, což jejich práci značně usnadnilo. Po očekávaných počátečních problémech s přečtením zadání žáci začali pracovat na úloze. V případě klasicky pojatých úloh jednoduše sledovali předepsaný postup. V případě nově navržených badatelsky pojatých, adaptovatelných aktivit byli žáci nuceni postup vymyslet. Případnou ná povědu získali až poté, co nejprve sami přemýšleli, následně konzultovali s učitelem, který jim po vyhodnocení, že vyvinuli dostatečné úsilí, poskytl další kus zadání. Tato pasáž sloužila k monitorování postupu žáků. Zde se do budoucna nabízí využití hodnotícího nástroje pro učitele, který by tak získal představu o schopnostech žáků řešit úlohy, resp. úrovni jejich kompetencí (především k řešení problémů, pracovní či k učení).

Obě skupiny pracující na badatelsky pojaté aktivitě Dýchání postupovaly stejným způsobem, žáci vždy nejprve o otázce ve skupině diskutovali a poté svoji odpověď formulovali na papír. S výjimkou jedné otázky, na kterou jedna skupina odpověděla na základě klasické miskoncepce (ve složení vydechaného vzduchu převládá CO₂) žáci odpověděli na otázky v protokolu správně. Obě shodně k sestavení postupu využily dvou ná pověd (tip cards).



Obr. 2 Výsledky IMI pro obě pojetí experimentů, (K – klasické pojetí, B – badatelské pojetí).

Druhá polovina žáků zpracovávala badatelskou aktivitu na téma Fotosyntéza. Obě skupiny postupovaly rovněž stejným způsobem. Otázka na organely, ve kterých probíhá fotosyntéza, zůstala jednou skupinou nevyplněna. Při rozhovoru se však ukázalo, že odpověď znají a pouze ji nenapsali do protokolu. Zbytek otázek žáci vyřešili správně. V tomto smyslu tak úlohy plní roli úloh učebních.

V rozhovorech žáci potvrdili, že jim byla bližší badatelsky orientovaná úloha. Měli pocit, že takové úloze více rozumí, zároveň vyjádřili pocit, že se jejím prostřednictvím více naučí. To jen potvrzuje závěry výzkumů (Rocard et al., 2007). Obě skupinky se shodly na tom, že se více naučily při aktivitě zaměřené na problematiku dýchání. V jedné ze skupin žáci uvedli, že díky tomu si uvědomili, jak funguje resuscitace. Cílem původně navržené aktivity, již v rámci projektu (Kuncová & Rusek, 2019) bylo s žáky plynule navázat k diskuzi na téma první pomoci. V experimentální činnosti žáků na to nebyl prostor, potenciál tak zůstal nevyužit. Zjištění, že i tento skrytý záměr aktivity žáci odhalili, je pozitivním námětem do další činnosti, např. tvorby komplexnějších badatelských úloh či přímo projektů.

Téma fotosyntézy žáci pokládali za méně důležité, učivo znali z výuky, a tak neviděli takový přínos aktivity. Žáci uvedli, že by přivítali úlohy, kde by byli více aktivní a vykonávali složitější úlohy u kterých je potřeba více přemýšlet. Při diskusi o tom, že fotosyntézou se produkuje kyslík, a tedy nebyl by ani život, tak, jak jej známe, žáci odpověděli, že „pro ně není podstatné vědět, kde se kyslík bere, více je zajímá, jak oni sami mohou ovlivnit (... například již zmíněnou) resuscitaci“. Tento fakt je dobré vzít v potaz při dalším vybírání aktivit pro stejně staré žáky. Hlavním výstupem rozhovoru s oběma skupinami je, že žáky více baví řešení problémových úloh, a „nejen slepé následování předloženého postupu“.

ZÁVĚR

Výsledky provedeného šetření naznačují, že nově navržené badatelské aktivity vytvořené na motivy původních experimentů se senzory mohou mít přínos jak na kognitivní, tak na afektivní složku vzdělávacích cílů. Příprava úloh do různých úrovní otevřenosti se rovněž ukázala jako funkční, a to nejen po technické, tak i po praktické stránce.

Pro přesnější údaje je zapotřebí aktivitu opakovat s větším počtem žáků. Nabízí se také několik variant úpravy obou experimentů (variabilita tmy a různých zdrojů světla v případě pokusu s fotosyntézou nebo tvorba sofistikovanějších nádob na zachycení a následné měření složení vydechnutého vzduchu, včetně přidání měření CO₂).

Autoři hodlají na tématu dále pracovat a rozšířit portfolio připravených adaptovatelných badatelských úloh.

Poděkování

Tato publikace byla podpořena programem Univerzitní výzkumná centra UK č. UNCE/HUM/024.“ a PROGRES Q16 – Environmentální výzkum.

LITERATURA

Antonoglou, L., Salta, K., & Koulougliotis, D. (2019). Integration of Web-based Tools in Science Teaching in Secondary Education in Greece In T. M. Mishonov & A. M. Varonov (Eds.), *10th Jubilee Conference of the Balkan Physical Union* (Vol. 2075).

Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.

Beneš, P. (1999). Reálné modelové experimenty ve výuce chemie. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Gabriel, S., & Rusek, M. (2014). Moderní aktivizační metody ve výuce přírodovědných předmětů. In M. Rusek & D. Stárková (Eds.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech*, 2013 (pp. 34-39). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000350024400005.

Chytrý, V., & Kroufek, R. (2017). Možnosti využití Likertovy škály–základní principy aplikace v pedagogickém výzkumu a demonstrace na příkladu zjišťování vztahu člověka k přírodě. *Scientia in Educatione*, 8(1), 2-17.

Iskandar, Sastradika, D., & Defrianti, D. (2019). Optimizing Inquiry-based Learning Activity in Improving Students' Scientific Literacy Skills In T. Herawan (Ed.), *International Seminar on Science Education* (Vol. 1233).

Janštová, V., & Rusek, M. (2015). Ways of Student Motivation towards Interest in Science. In M. Rusek, D. Stárková, & I. Metelková (Eds.), *Project-based Education in Science Education XII*. (pp. 28-33). Praha: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000357160200003.

Kekule, M., & Žák, V. (2011). Zahraniční standardizované nástroje pro zjišťování zpětné vazby z výuky přírodních věd. In T. Janík, P. Knecht, & S. Šebestová (Eds.), *Smíšený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu* (pp. 149-156). Brno: Masarykova univerzita.

Kuncová, L. (2019). *V hlavní roli kyslík: návrh a ověření badatelské aktivity*. [Diplomová práce], Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Kuncová, L., & Rusek, M. (2019). V hlavní roli: kyslík. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 47-55). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600006.

Lin, T. C., Hsu, Y. S., Lin, S. S., et al. (2012). A review of empirical evidence on scaffolding for science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(2), 437-455.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. (2017). Praha: MŠMT.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., et al. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brusel: European Commission.

Rusek, M. (2015). Australia: Case study of a project day. In M. Rusek (Ed.), *Project-based Education in Science Education XIII*. (pp. 55-61). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000375780600008.

Rusek, M., & Becker, N. (2011). "Projectivity" of Projects and Ways of its Achievement. In M. Rusek (Ed.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields IX*. (pp. 12-23). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000343674000001.

Rusek, M., & Gabriel, S. (2013). Student Experiment insertion in Project-based Education. In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields X* (pp. 38-44). Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900006.

Rusek, M., Koreneková, K., & Tóthová, M. (2019). How Much Do We Know about the Way Students Solve Problem-tasks. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 98-104). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600012.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34. doi:10.1080/03057267.2013.802463

Trna, J. (2013). Fyzika: Záhadná setrvačnost těles v jednoduchých experimentech In T. Janík, J. Slavík, V. Mužík, J. Trna, T. Janko, V. Lokajíčková, J. Lukavský, E. Minaříková, Z. Šalamounová, E. Šebestová, N. Vodnrová, & P. Zlatníček (Eds.), *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky* (pp. 284-293). Brno: Masarykova Univerzita.

van den Berg, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in Educatione*, 4(2), 74-92.

Vojíř, K., Honskusová, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitrace aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. In M. Rusek & K. Vojir (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 131-141). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600016.

Vonášek, M., & Rusek, M. (2013). A naučí se vůbec něco? In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Projektové vyučování v chemii a příbuzných oborech X*. (pp. 55-61). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.

Wolf, S. J., & Fraser, B. J. (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education*, 28(3), 321-341.

Kontaktní adresy

Mgr. Lucie Kuncová, PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: kuncova.lucka@seznam.cz, martin.rusek@pedf.cuni.cz

A MOOC for teachers to guide project-based flexible STEAM-learning in basic education

Anssi Lindell, Antti Lehtinen

Abstract

Flexible thinking means an ability to apply knowledge in different occasions. We have designed a MOOC of flexible STEAM learning by project-based approach for the pedagogical development of teachers for grades 1 to 9. One of the main objectives of the course is to make teachers comfortable to leave the classrooms with their students to meet new challenges outside. We analysed teachers' reports and found out that 92% included out of classroom environments in their project plans but only 69% had them included in their final lesson plans. Public facilities were the most popular environments. This indicates that teachers are willing to leave the classroom, but the practical implementation is not trivial.

Key words

MOOC; STEAM; flexible thinking; learning environment

INTRODUCTION

Policy makers are worried about Finnish students' scoring in international assessments of science and mathematics. Even though the absolute average values are not catastrophically bad, the downward trend of the Finnish students' performance in OECD's Programme for International Student Assessment (PISA) is an issue. In Figure 1. we have plotted the averages for age 15 years PISA scores in tests between 2006-2018. For a comparison, we have also included in the chart the averages from the organizing country of Project Based Education (PBE) –conference Czech Republic and our neighbouring country Estonia, as well as the International averages of the OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development) countries.

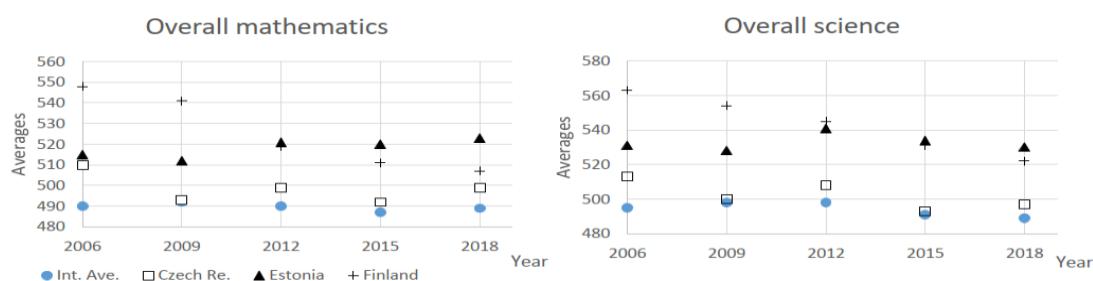


Fig. 1 Averages of age 15 PISA scales by all students. Generated by PISA International Data Explorer. <http://pisadataexplorer.oecd.org>

Another worrying issue is that Finnish students do not like science and mathematics. For example in 2016 published international Trends in International Mathematics and Science Study (TIMMS) assessment, 31% percent of Finnish 4th graders reported that they do not like learning mathematics, which is the highest number in Europe. The international average was 19%.

FLEXIBLE SCIENCE AND MATHEMATICS

“Calculate the number of the pens in the picture”. In the picture, there are three boxes including 10 pens each. The answer $10 * 3 = 30$ by a primary student is not correct, as the commutativity of multiplication has not been taught yet! This is a real life example of nonflexible mathematics. According to Heinze, Star & Verschaffel (2009), flexibility includes an ability to solve tasks by a diversity of meaningfully acquired strategies and representations, taking into account the subject, task and/or context characteristics”. The student in the example may have been considering a context where there are different colour pencils, for example, in each box and students are asked to pick up one from each to get a three-colour set of pens. Spiro & Jehng (1990) had expressed the flexibility as an ability to restructure spontaneously one's knowledge, in adaptive response to radically changing situational demands. In addition to adjusting into new occasions, flexibility is also assessing and adjusting individual behavior to make collaboration in a group functioning (McComb, Green, & Compton, 2007). OECD’s trends shaping education (2013) included also learning environments (LE) into flexibility. This report considers flexible thinking as a “key competency necessary for adapting to new learning environments, for transferring knowledge to new situations, and for understanding and solving unfamiliar problems” (OECD, 2013, p. 21). Concluding the above, flexibility may be defined as changing one's strategies and representations subject to the task, group and environment.

Barak and Levenberg (2016) divided flexible thinking in learning into three sub-categories. Acceptance of new technologies means perceived ease of use and usefulness, attitudes toward using technology, and behavioural intention. Second category is open-mindedness to others' ideas. This is closely related to McComb, Green & Comptons (2007) ideas of adjusting individual behavior to group work. Open-mindedness means also an ability to consider new possibilities, different opinions, and alternative explanations (Stanovich & West, 1997). The third category of flexible thinking in learning is adapting to new learning situations. This is an ability and willingness to transfer what have been learned to new situations, problems and tasks with diverse social and environmental aspects (Bransford, Brown, & Cocking, 2000). Thus, flexible thinking may be practised collaborating with other people in novel environments using modern technological solutions.

FLEXIBLE MATHEMATICS –PROGRAM

In this article we describe our design and experiences of 2 ECTS on-line course “Flexibility in science education, learning environments and subjects”. The course is a part of Flexible mathematics (JoMa) (<https://www.flexibility.fi>) teacher pedagogical development program to respond to the challenge to bring flexibility into the science and mathematics education. It is a collaboration between the universities of Jyväskylä, Oulu and Turku in Finland. JoMa consists of 15 ECTS of studies divided into three parts. The first part (3 ECTS) is compulsory introduction to flexible thinking and learning for all the participating teachers. In the second part the teachers can choose one of the 6 ECTS modules. These modules are targeted to the teachers of different grades: Kindergarten, 1-2, 3-6, 7-9 and 10-12. In the third part, the teachers are free to choose three 2 ECTS courses.

The whole program has been implemented as a massive on-line open course (MOOC). The on-line platform includes materials, technological solutions and games to support flexible thinking in teaching and learning. The MOOC opened 1.10.2019 and about 1000 Finnish teachers have been enrolled into it. The program has also received three years follow-up funding for years 2020-2022.

Flexibility in science education, learning environments and subjects -course

This course is one of the optional courses in the third part of the JoMa –program. The course design takes an advantage of our Checkpoint Leonardo (CPL) STEAM –education (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) development scheme. In CPL (r.jyu.fi/CPLN) we have unified primary and science student teachers and introduced them to some external community to design multidisciplinary learning in that out of classroom environment. A typical partner has been a museum, but we also have visited a company, parental union and several schools in different occasions. In this course we used CPL Illusions –project as a case for teachers to see an example how to realize a project to design multidisciplinary learning in out of classroom environments.

The learning outcomes of the course include:

- Ability to design and assess the quality of authentic STEAM driving questions, that are interesting to students and suitable for their grades
- Ability to select and evaluate diverse representations for project outcomes
- Understanding the flexible nature of STEAM –knowledge and its connections to different school subjects
- Willingness and ability to construct out of classroom environments (LE) and communities of Learners (CoL) for multidisciplinary STEAM learning

We consider the last outcome in the list maybe the most novel approach to promote flexible thinking in education. In that sense, we have set two research questions (RQ) to develop our course design:

1. What kind of learning environments do the teachers intend to use in STEAM –learning of their own reference?
2. How is the intended out of classroom learning implemented in their lesson plans?

The content in the course is divided into two parts. In the first part, the teachers study the principles and resources of multidisciplinary project-based learning in basic education. In the second part, the teachers design, test and assess a project-based learning module tailored into their own reference.

The first part starts with three about 10 minutes video clips dealing with fundamental issues of multidisciplinary project-based learning in basic education, driving questions and artefacts of PBE and LEs and assessment. To reflect the content of the videos, teachers generate and answer questions and discuss about them online. Next, examples of earlier CPL –projects are introduced. Most specific the previous CPL Illusions –project, where primary student teachers and a science museum produced an exhibition and a learning module about illusions in science and arts. The teachers are presented a description of the project, interviews of the participants and learning materials of the modules. After analysing this project, the teachers are asked to design their own multidisciplinary STEAM –project using the template shown in Figure 2. The LEs teachers designed for their own reference were analysed in order to answer RQ1 from these plans.

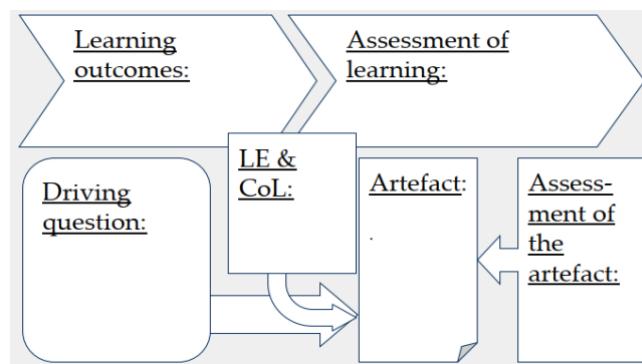


Fig. 2. The template for teachers to design the sections of their own STEAM -project.

The second part of the course is an assignment: “Using what you have learned, design and test a STEAM learning project with your own CoL. Share your design with others. Evaluate two other designs”. The RQ2 was answered analysing the contents of these reports. Finally, there is a self-assessment of learning during the course. The course performance will be passed or failed considering the usefulness of the technology applied, design of the LEs, how the CoL’s are exploited, quality of the driving question and the diversity of the project outcomes and if these are in line with the driving question.

FINDINGS FROM THE COURSE

Originally 88 teachers enrolled the course. Most of them (54) also actually started the course, 24 finished the first part and 20 (23%) completed the course. 92% of the teachers included out of classroom environments in their preliminary project plans but only 69% had them in their final lesson plans. The distribution of the teachers' ideas of external LEs after the first part is presented in Table 1.

Tab. 1 The distribution of various out of classroom learning environments in the teachers' preliminary plans.

Learning Env.	Built environment	Nature	Public facility	Virtual environment	Home	Company	Inside school
N	3	3	11	2	1	4	1

Built environments include cemeteries, roads and town structure, Nature is typically the near forest. Public facilities are mainly museums, but also research centres etc. Companies ranges from farms to department stores and power plants. Inside school covers the area from the classroom door to the border of the school area.

In the final reports of the assignment after the second part of the course, three of the teachers had changed their topic and the LEs completely. Climate phenomena were changed to dental studies and electricity to wood industry, for example. None of the lesson plans showed explicit designs of how to take an advantage of the out of classroom environments and people. Typical lesson plan included just a mention "In the 4th class we will visit ..." In some of the plans the visit was optional: "We may possible visit somewhere". Only one lesson plan (about how animals are preparing for the winter) had some instructions, what to study and observe in the forest. Many of the LE's mentioned in the preliminary plan had been skipped or changed to studying in virtual environments.

CONCLUSION

Out of the classroom LEs are an effective way to learn flexible thinking as they serve possibilities to apply one's strategies and representations subject to these novel environments, groups and tasks. Most of the teachers finishing the first part of this MOOC relied on traditional public facilities, such that museums as a LEs. This proves the importance of those in education, but also raises a question, why is the collaboration with other kind of environments so rare. The fact that practically none of the teachers made any explicit plans for the actual visits or for the collaboration with other people, outside the classroom suggests that teachers may consider the visits just as excursions, without any distinct contact with the syllabus before or after that. This is the challenge to develop this MOOC. The yield of 23% finishing this MOOC to instruct project-based flexible STEAM-learning may be considered as a reasonable number as the dropout rates in MOOCs may be as high as 90% (Leef, 2013).

LITERATURE

- Barak, M., & Levenberg, A. (2016). Flexible thinking in learning: An individual differences measure for learning in technology-enhanced environments. *Computers & Education*, 99, 39-52.
- Bransford, J. D., Brown, A., & Cocking, C. RR (1999) *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press.
- Heinze, A., Star, J. R., & Verschaffel, L. (2009). Flexible and adaptive use of strategies and representations in mathematics education. ZDM: *The International Journal on Mathematics Education*, 41, 535-540.
- Leef, G. (2013). *Will Online Education Render Traditional College Obsolete?* Retrieved from <http://www.forbes.com/sites/georgeleef/2013/10/29/will-online-education-render-traditional-college-obsolete/>
- McComb, S. A., Green, S. G., & Compton, W. D. (2007). Team flexibility's relationship to staffing and performance in complex projects: An empirical analysis. *Journal of Engineering and Technology Management*, 24(4), 293-313.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- OECD (2013), *Trends shaping education 2013*. OECD Publishing, Paris.
- Spiro, R.J. & Jehng, J.C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. In D. Nix, R.J. Spiro (Eds.), *Cognition, education, and multimedia: Explorations in high technology*, (pp. 163-205) Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Stanovich, K. E., & West, R. F. (1997). Reasoning independently of prior belief and individual differences in actively open-minded thinking. *Journal of Educational Psychology*, 89(2), 342-357.

Contact addresses

Ph.D Anssi Lindell, Ph.D. Antti Lehtinen

Department of Teacher Education,
40014 University of Jyväskylä, Finland

e-mail: anssi.lindell@jyu.fi, antti.t.lehtinen@jyu.fi

Genetics in the perspective of Czech lower-secondary schools: misconceptions and solutions

Markéta Machová

Abstract

Although genetics is well-established topic in lower secondary school curricula (ISCED 2), students still have difficulty understanding the basic principles of inheritance and hold various misconceptions about it. To identify the factors influencing the student's understanding the analysis of textbooks, a questionnaire survey among teachers and test of students' understanding were conducted. Results showed that teachers are qualified in the subject of genetics, but the topic itself is scattered among the curriculum, which makes it hard for students to understand the concepts clearly. School lesson modifications to prevent misconceptions are discussed.

Key words

Genetics; misconceptions; students; ISCED 2

INTRODUCTION

Even though genetics is a well-established part of national curriculums around the world (Lewis, Leach & Wood-Robinson, 2000; Osman, BouJaoude & Hamdan, 2017; Saka, Cerrah, Akdeniz & Ayas, 2006), studies show that students' understanding of basic genetics concepts is rather poor (Stern & Kampourakis, 2017). In the Czech Republic, similar situation was revealed among high-school students and absolvents (Machová & Ehler, 2019; Vlčková, Kubiak & Usak, 2016). Though the reasons, why students hold various misconceptions in genetics, are not clear. Complicated and abstract nature of the topic were labelled as possible causes (Havelková, Kachlík, Strnadová & Weisová, 2008; Knippels, 2002), as well as the poor interconnection of learned knowledge (Vlčková et al., 2016). Yet there was no detail analysis of this problem at lower secondary level in the Czech Republic.

As genetics is firstly taught at this level, primary misconceptions are probably already rising here. Therefore, this study focuses to broader evaluation of the situation at the lower secondary school level using various methods to find out the possible causes of the misconceptions in genetics.

METHODS

Combination of three methods was used to comprehensively cover the area of interest. Firstly, a content analysis of currently used textbooks was done, as they are commonly used at ISCED 2 level.

Secondly, students' knowledge and understanding were analysed through the test, and details about the lesson programs were gathered from their biology teachers.

Analysis of textbooks

Biology textbooks, chosen for the analysis, were released after 1995 and all aimed for lower secondary schools. Textbooks had to contain any parts devoted to genetics and heredity and proved to be still used in the Czech schools. It was 20 titles from 8 publishers (alphabetically: Fortuna, Fraus, Jinan, Nakladatelství České geografické společnosti, Nová škola, Prodos, Scientia, SPN). Analysis was based on the data collected during previous study of the author (Machová, 2017). Information about the content (covered topics), the way topic is explained and overall approach to it was collected and analysed.

Students' testing

Altogether 1 110 of various lower secondary schools in the Czech Republic were asked via email to participate in wider study focused on genetics and molecular biology understanding among the Czech ISCED 2 students during the school year 2018/2019. This study is nearly completed, and to this time, 20 lower secondary schools with 34 classes (584 students) participated. In this study, only part of preliminary results was used.

Questionnaires were distributed no sooner than week and not later than a month after the students completed the topic of genetics in school to be sure all of them were familiar with the topic. Therefore, all students are 8th or 9th graders.

The whole questionnaire consisted of knowledge test (10 problem tasks) and part with demographic and attitudes questions. For the purpose of this analysis, only selected items from the knowledge test were used. Specifically answers for following questions:

1. How would you explain term genetic/hereditary information to the person unfamiliar with the topic? (open question)
2. What is a function of a nucleus? What is it for and what would happen if cell do not have it? (open question)
3. DNA (deoxyribonucleic acid) is the main part of the genetic information. Protein is a type of complex chemical compound that helps build structures in the body (muscles, hair, etc.). Is there anything these two have in common? (multiple choice with needed explanation)

Given answers were classified into categories by open coding from all students' answers (right and wrong answers and their subtypes according to the main idea of the answer).

Teachers' questionnaire

Biology teachers ($N = 22$) of the tested classes were given a questionnaire with multiple-choice or open questions to give basic information about their educational background, and to describe details about their approach to the lessons, the lesson plans and used textbooks.

RESULTS

Results of all parts are described individually below.

Textbooks

Content related to genetics is distributed very unevenly during the four grades of lower secondary level. Most of the topic is usually placed in the textbooks for 8th (sometimes 9th grade) as a part of "Human biology". Even though, first mentions about DNA and role of genetic information are already in the 6th grade in the topics of the "Cell".

Textbooks for 6th grade only states a genetic information as a part of the nucleus (all textbooks mention nucleus as the organelle with a governing function, few mentioning it being crucial for the reproduction). After two-years gap, textbooks for the 8th grade directly introduce the concept of heredity, chromosomes, genes and Mendelian genetics of certain traits (often hair or eye colour). Chapters of genetics mostly do not mention the role of individual cells in the whole process of heredity. With one exception, genetic information is always described as manual for various traits of organisms (mostly some visual features). Only in 3 cases, simple explanation of the main function of DNA – carrying instructions for creation of proteins – is mentioned in the text.

Students' testing

Students of lower secondary schools mostly fail to give any kind of the right answer in the task (as they were open, students could state more types of right answers in one task). Wrong answers were divided into two groups – tried to explain, but failed (wrong), and did not state any explanation at all (no answer) (see Table 1).

Tab. 1: Success rate and most common answers to the questions. If students gave more right answers to one question, they were all counted (i.e. percentage does not sum up to 100).

Question	% wrong	% no answer	most common right answers
1. definition of DNA	64%	21%	13% - manual for body characteristics 2% - specific chemical structure in nucleus
2. role of the nucleus	35%	13%	22% - directs the cell 13% - holds genetic information 11% - enables reproduction 11% - cell would die without it
3. relation of DNA and proteins	50%	41%	6% - both have important function in the body 3% - proteosynthesis

Various misconceptions were found among the answers – their frequency was not high, as the lack of longer written answers complicated their detection. Examples are stated below for each question:

1. definition of the DNA – DNA carry traits rather than predispositions; mistook genetic information for genetics as a science; directs heredity of temper or personality characteristics; heredity of the DNA from other relatives than parents
2. role of the nucleus – comparison of nucleus to human heart and brain; processes food or creates energy for life
3. relation between DNA and proteins – DNA consists of proteins; both are connected through peptide bonds; proteins are only reachable as food

Teachers' questionnaire

86% of teachers stated that genetics was a part of their previous university education, and with one exception, they find genetics rather attractive and interesting topic.

Implemented curriculum mostly consists of basic genetics terms (heredity, chromosome, DNA, etc.), additionally with heredity of diseases and mutations. Mendelian laws of genetics are taught in half of all the observed cases. Only one teacher stated importance of DNA for making proteins as a part of implemented curriculum. As the topics that are hardest to explain to students were labelled meiosis and mitosis (36%), translation and transcription (23%) and allelic interactions (18%).

According to the teachers, topics of implemented curriculum are distributed very similarly among the grades as they are in the textbooks.

DISCUSSION

Studied sample cannot be considered big enough to comprehensively describe the distribution of existing misconceptions. Though, some important trends, explaining the origin of students' misunderstandings, are visible.

Possible causes of misconceptions

Most of the teachers at the lower secondary level were educated in the subject of genetics at the university. Textbooks do not contain major errors and state current information (Machová, 2017). Still, the current way of teaching basics of genetics at lower secondary level seems to be rather unfortunate.

The topic is divided in the implemented curriculum with not enough continuity (often no connection between description of nucleus in the 6th grade with introduction to genetics in the 8th or 9th grade). This could explain a poor interconnection of genetic concepts to other knowledge found by Vlčková et al. (2016) among Czech high school students. In many cases, students at lower secondary level are taught Mendelian laws of genetics without even knowing the function of DNA in the body, though it is known as very hard topic at the secondary as well as at the tertiary level of education (Knippels, Waarlo & Boersma, 2000). Function of proteins (usually taught in parallel chemistry classes), is not properly connected with DNA. If so, teachers find it rather hard to explain it via processes of translation and transcription. Therefore, students mostly see proteins as a part of nutrition, but do not reflect their various functions and origin, which leads into troubles to understand how genetic information is "translated" into the visible traits.

Students claimed that nucleus is governing all the functions of the cell, but it is rather misleading and contradicts their knowledge of DNA inside the nucleus being a carrier of predispositions for the traits. In a certain way, DNA does govern the body, but it is done through the process of gene expression and its regulation. This is something students at this level are not taught at all. Therefore, it is not strange that students hold misconceptions about the topic as its very introduction brings them up.

Recommendations for further practice

Firstly, it is necessary to state that genetics is incredibly complicated abstract topic introducing lot of new terms, but Duncan, Freidenreich, Chinn & Bausch (2011) showed that it can be successfully taught at ISCED 2 level. The key, how to reach better understanding of the topic, is simplify it to the level, where only necessary information needed to understand the process of heredity will be transmitted to the students (without need to learn enormous amount of new abstract terms).

Recommendations for further practise are rather simple:

1. do mention the genetic information as a “body manual” already from its first introduction in the 6th grade
2. do not introduce the nucleus as a “governing organ” of the cell (also do not compare it to the organs of the human body), rather introduce it as a “case” needed to separate the DNA from other content of the eukaryotic cell
3. introduce the relation between DNA and protein as a manual and product, all without the necessity of a detailed description of transcription and translation as it is not needed for the understanding of the process itself
4. introduce various ways of how the well-known proteins function in our body along with the genetics (transport function - haemoglobin, mechanical function – actin and myosin, endocrine function – insulin etc.)
5. do not be afraid of omitting complicated parts of genetics as Mendelian laws and Punnet squares as without proper knowledge of the basics of genetics, they can only contribute to misunderstandings

Understanding genetic information as a “cookbook” for proteins means understanding the basic principles of genetics – known as central dogma of molecular biology. It creates a natural “mind bridge” to other topics like mutations, heredity diseases and others. Students built upon the knowledge that proteins are the building blocks (and regulatory parts) of human body. Therefore, all living beings cannot just take them from the environment, they must create their own (specific for their species).

According to their education, Czech teachers know these basics of genetics well – they just need to do it explain it in a bit different way.

CONCLUSION

Although the resources seem to be sufficient, the way genetics is taught at Czech lower secondary schools is problematic. It results in a low level of understanding and a rise of misconceptions. If given recommendations will have a significant positive impact on misconception prevention, needs to be further studied, though they seem to be a promising start.

Acknowledgement

This research was supported by PROGRES Q17 grant of the Charles University. Author also would like to heartily thank to all the involved teachers for their precious time.

LITERATURE

- Duncan, R. G., Freidenreich, H. B., Chinn, C. A. & Bausch, A. (2011). Promoting middle school students' understandings of molecular genetics. *Research in Science Education*, 41(2).
- Havelková, M., Kachlík, P., Strnadová, Š. & Weisová, A. (2008). Health Education and Teaching Genetics at Elementary Schools. *School and Health*, 21(3), 47-57.
- Knippels, M. C. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: The yo-yo learning and teaching strategy. (dissertation thesis), Utrecht University, Utrecht.
- Knippels, M. C., Waarlo, A. J. & Boersma, K. (2000). Biology teachers' perception of learning problems in Mendelian genetics. In B. Andersson, U. Harms, G. Helldén & M. Sjöbeck (Ed.), *Proceedings of the Second Conference of European Researchers in Didaktik of Biology 1998*, Goeteborg (pp. 271-276). Goeteborg: University of Goeteborg.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes? - young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.
- Machová, M. (2017). *Přehled výuky genetiky na ZŠ a gymnáziích*. (Master thesis), Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, České Budějovice.
- Machová, M. & Ehler, E. (2019). Revealing students' misconceptions about basics of molecular biology and genetics. In J. Fejfar, M. Fejfarová, M. Flégl, J. Husák & I. Krejčí (Ed.), *Proceedings of the 16th International Conference Efficiency and Responsibility in Education 2019*, Prague (pp. 168-174). Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Economics and Management.
- Osman, E., BouJaoude, S. & Hamdan, H. (2017). An investigation of Lebanese G7-12 students' misconceptions and difficulties in genetics and their genetics literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1257-1280.
- Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R. & Ayas, A. (2006). A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: how do they image the gene, DNA and chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 192-202.
- Stern, F. & Kampourakis, K. (2017). Teaching for genetics literacy in the post-genomic era. *Studies in Science Education*, 53(2), 193-225.
- Vlčková, J., Kubiatko, M. & Usak, M. (2016). Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: preliminary results. *Journal of Baltic Science Education*, 15(6), 738-745.

Contact address

Mgr. Markéta Machová

Department of Biology and Environmental Studies, Faculty of Education, Charles University
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Czech Republic

e-mail: marketa.machova@students.pedf.cuni.cz

Hodnocení školní aktivity na téma plasty a jejich třídění

Evaluation of school activities on plastics and their recycling

Adéla Horáková, Barbora Kolafová, Klára Malúšová

Abstract

The paper is focused on teaching about the plastics crisis in the 9th grade. Four student classes received a task to propose a solution for waste situation improvement in their neighbourhood. The class was approached as an agency with particular groups as the company departments with a common goal. The results show that students' attitudes toward the topic have slightly improved. However, the final summary of the collective solution was not accomplished in any of the classes. The groups simply did not collaborate well enough to reach the goal. This aspect needs to be addressed first before more activities of similar nature can be put into action at this or similar school levels.

Key words

Recycling attitudes; waste-sorting; school project; science education

ÚVOD A TEORETICKÁ VÝCHODISKA

V současných podmínkách škol, kdy tempo doby a ikoničnost vnímání žáků přímo vyžaduje změnu pojetí výuky, se zvyšuje význam zapojování aktivizačních strategií řízení učební činnosti žáků (viz Janštová & Rusek, 2015). Do pozornosti učitelů i výzkumníků v této oblasti se tak dostávají badatelsky orientované vyučování (viz Rocard et al., 2007), projektové vyučování i různé varianty integrované, tematicky orientované výuky (Šindelková, Málková & Plucková, 2016). Jednou z možností aktivizace žáků je zvýšení aktuálnosti či relevance (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013) tématu. Potenciál „projektovosti“ tématu (Rusek & Becker, 2011) není vždy snadné odhadnout (viz např. Tóthová, Matoušová, Šubová & Rusek, 2019, s. 65). Přesto se však opakují témata, která, jak se zdá, tímto potenciálem disponují (Rusek & Vojíř, 2018). Jedním z takových témat je i problematika odpadů (viz např. Kováčová, Held, Pipíška, 2019; Machalová, 2015; Pavlátová, 2018).

Téma plastů pro žáky zpravidla nebývá novinkou, ale může být pojato i jiným způsobem výuky. Aktivita může sloužit převážně ke zvýšení zájmu žáků o recyklaci, ale také spolupráci ve skupinách. Žáci v průběhu předkládané aktivity přichází sami na otázky, které se k tématu vztahují a také sami hledají na tyto otázky odpovědi. Aktivita vybízí žáky o tříděném odpadu více přemýšlet a věnovat pozornost výrobkům, se kterými přichází denně do kontaktu. Motivačním prvkem je využití soutěží a her. Hlavní cíl aktivity je podpořit zájem žáků o tzv. „plastovou krizi“. Jejich společným úkolem je navrhnut

plýtvání plastů v jejich okolí (Praha 4 – Modřany). Mimo samotný výstup aktivity je sledována míra spolupráce, rozvoj postojů, dovedností a znalostí žáků, i jejich schopnost vypořádat se s otevřeným zadáním.

V rámci RVP je těžiště aktivity ukotveno ve vzdělávacím oboru chemie, tematické oblasti *Chemie a společnost*: „*orientuje se v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka*“. Dále aktivita zasahuje do tematické oblasti Pozorování, pokus a bezpečnost práce: „*pracuje bezpečně s vybranými dostupnými a běžně používanými látkami a hodnotí jejich rizikovost; posoudí nebezpečnost vybraných dostupných látek, se kterými zatím pracovat nesmí*“ zaměřením na hodnocení rizikovosti plastů. Ve vzdělávacím oboru přírodopis lze tento projekt propojit se základy ekologie, kde se přímo hovoří o tématech globálních problémů a jejich řešení (RVP ZV, 2017).

METODOLOGIE

Výzkumný vzorek

Předložená aktivita byla ověřena u čtyř tříd (53 žáků) 9. ročníku (13-15 let) běžné základní školy. Všechny třídy vyučuje stejný učitel.

Použité nástroje

Intrinsic Motivation Inventory

Vnitřní motivace žáků byla vyhodnocována dotazníkem IMI (Intrinsic Motivation Inventory). Jedná se o nástroj určený k posouzení subjektivní zkušenosti žáků, které se vztahují k cílové, prakticky laděné, činnosti. Výzkumy prokázaly vysokou validitu téhoto dotazníků (McAuley, Duncan, & Tammen, 1989, Ryan & Deci, 2000), které tak našly využití nejen při hodnocení laboratorních činností, ale i badatelských a projektových aktivit (viz Kuncová & Rusek, 2019; Tóthová a kol., 2019; Vojíř, Honškusková, Rusek & Kolář, 2019). K hodnocení aktivity byly použity tři subškály IMI (viz Kekule & Žák, 2011) obsahující 25 položek v subškálách: *zájem a potěšení, hodnota a užitečnost a vnímaná možnost volby*. Žáci vyjadřovali svůj postoj k jednotlivým výrokům prostřednictvím Likertovy škály od 1 (výrok je zcela nepravdivý) do 7 (výrok je zcela pravdivý).

Pre-test/post-test

Pro vyhodnocení dopadu aktivity byl také použit pre-test a post-test, složený ze tří částí. Úvod tvořily postojové otázky zkoumající názor žáků na třídění odpadu a jejich zájem o recyklaci. Další část byla zaměřena na znalosti žáků týkající se recyklačních značek na obalech a způsob nakládání s obaly při

jejich třídění. Post-test obsahoval tytéž otázky, přidány byly otázky týkající se celkového hodnocení realizované aktivity.

POPIS AKTIVITY

Jedná se o aktivitu zaměřenou na tzv. „plastovou krizi“. Aktivita cílí na osvojení znalostí a dovedností spojených s využíváním plastů. (zodpovědné nakládání s odpady, recyklace, ...), zároveň by u nich měla aktivita formovat postoj k aktuální situaci.

Úkolem žáků bylo vytvořit imaginární firmu, zaměřenou na řešení „plastové krize“ v dané lokalitě. Úkolem firmy bylo vyřešit aktuální závažnou situaci s přebytkem plastů. Uskutečnění návrhů nebylo nutné, plány však měly být realizovatelné.

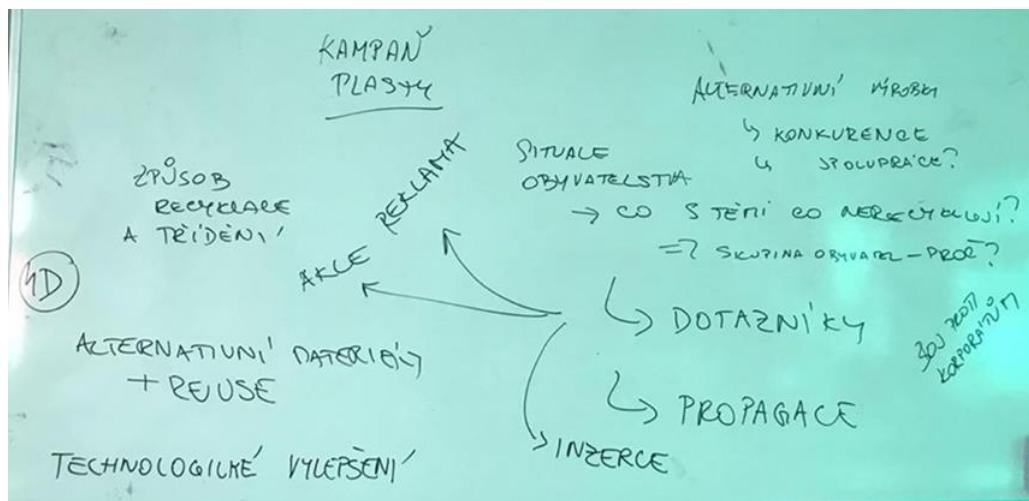
Školní třída měla vystupovat jako firma. Žáci dostali za úkol rozdělit se do několika oddělení (propagace, financování, návrhy, ...). Dílčí cíle oddělení měly vést k jednotnému cíli firmy. Proto byla důležitá spolupráce nejen ve skupinách, ale také napříč skupinami. Kromě kooperace vede aktivita k samostatnému plánování a rozvoji schopnosti argumentovat. V kognitivní oblasti aktivita rozvíjí znalosti tematicky se vztahující k plastům, jako odpadům (co říkají symboly na obalech, kam mám danou věc vyhodit, existují klady a zápory využívání plastových výrobků, co to plasty jsou nebo zda je možné, že plasty nadužíváme).

REALIZACE AKTIVITY

Aktivita probíhala po dobu jednoho měsíce. Společné kroky byly sdíleny jednou týdně v průběhu vyučovací hodiny. Na konci měsíce byl prezentován společný návrh řešení předloženého problému.

Úvodním motivačním prvkem bylo promítnuté video (<https://tinyurl.com/tgbd42j>), které upozorňuje na problém s plasty ve světě a jeho dopad na planetu. Po zhlédnutí videa byl žákům představen jejich úkol spolu s objasněním kontextu pro práci ve „firmě“ a časovým harmonogramem aktivity. Následoval brainstorming žáků. Jejich nápady byly zapisovány na tabuli (viz Obr. 1).

Další vyučovací hodina probíhala v rozdělených skupinách. Úkolem žáků bylo představit konkrétní záměr dané skupiny. Třetí týden realizace žáci sdíleli získaná data, zpracovávali materiály a finalizovali své závěrečné výstupy (viz Soupis odevzdaných materiálů). Poslední hodina v měsíci byla věnována, jak vyhodnocení aktivity, tak žákovským prezentacím výstupů.



Obr. 3 Brainstorming žáků

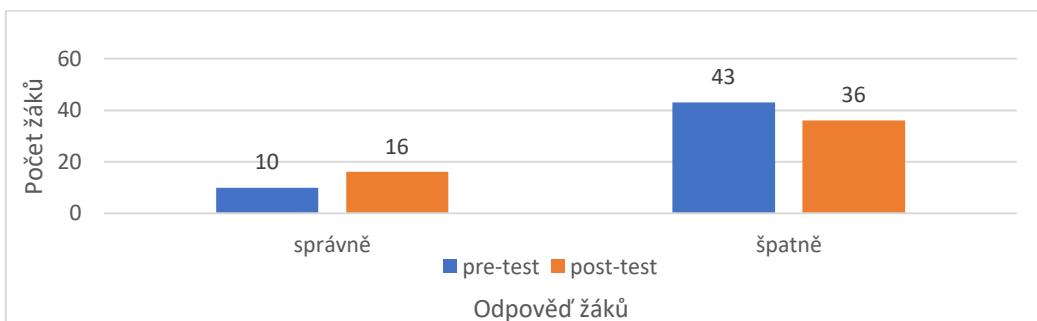
VÝSLEDKY

Soupis odevzdaných materiálů:

Skupiny jako výsledky své práce představily: powerpointovou prezentaci, esej o možnostech recyklace, odstrašující video, sběračské akce, referát s obecnými informacemi, propagační plakáty, webové stránky: (<https://tinyurl.com/vqq9dyk>; <https://tinyurl.com/w9qm5p7>), facebookové a instagramové stránky: (<https://tinyurl.com/wfvgrcp>; <https://tinyurl.com/suy6mqd>).

Pre-test, post-test

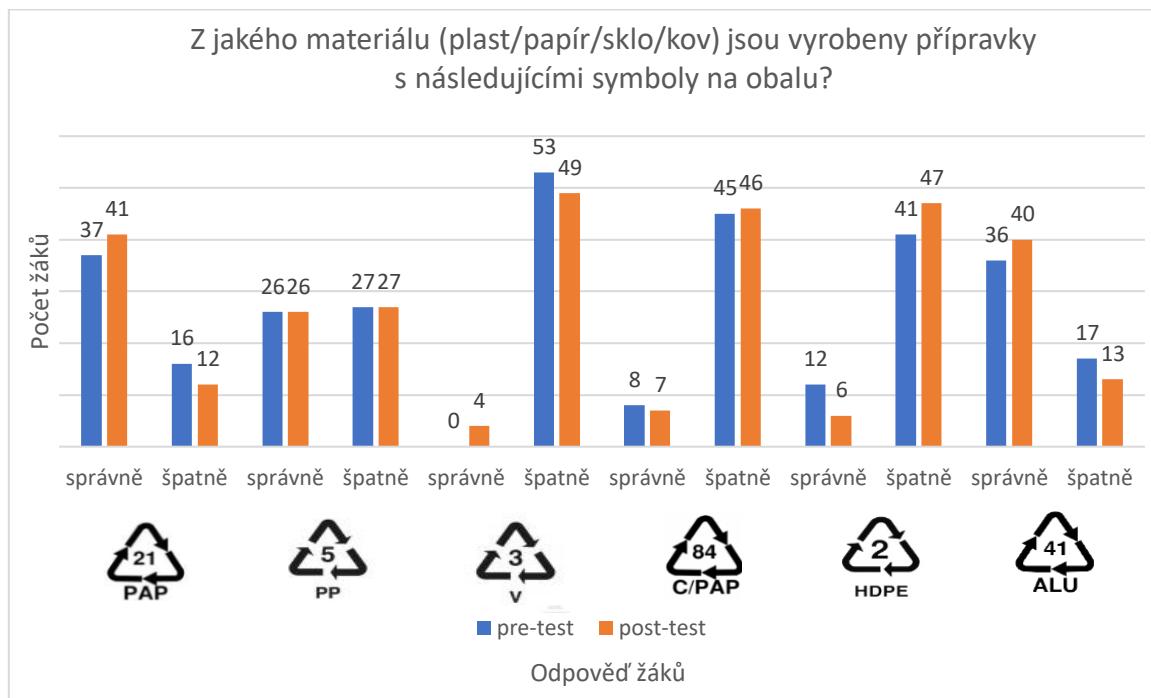
V otázce týkající se nádoby na kombinované materiály vykazují odpovědi žáků mírné zlepšení (viz Obr. 2 a 3). Z 10 žáků v pre-testu, kteří správně odpověděli, kam vyhodit obal z kombinovaného materiálu, jich v post-testu správně odpovědělo 16.



Obr. 2 Odpovědi žáků na otázku „Kam patří kombinované materiály?“

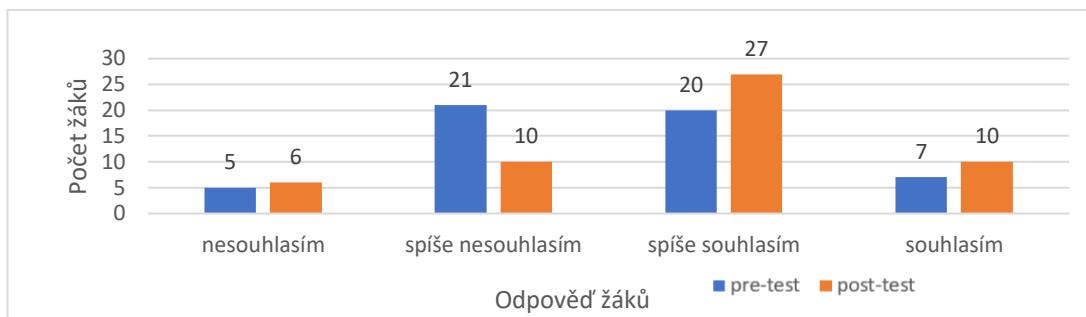
Znalosti žáků týkající se recyklačních symbolů a jejich přiřazení k jednomu z materiálů ukazuje graf na obrázku 3. Výsledky nevykazují jednotný trend. U tří symbolů (PAP, V, ALU) počet správných

odpovědí vzrostl. U symbolu PP se poměr správných a špatných odpovědí nezměnil. U dalších dvou symbolů (C/PAP, HDPE) došlo po proběhnutí aktivity ke snížení správných odpovědí.



Obrázek 3 Výsledky žáků v otázce týkající se materiálu obalu výrobcu dle jejich symbolu na obalu

V části testu zaměřujícím se na postoje žáků odpověděli žáci na výrok „třídění odpadu považuji za důležité“ kladně v obou testech – pre-test: spíše souhlasím 14, souhlasím 39; post-test: spíše souhlasím 6, souhlasím 47. Tento nárůst však vzhledem k velikosti vzorku nelze považovat za statisticky významný. Zájem žáků o otázku recyklace (Obr. 4) se až na výjimku jednoho žáka rovněž posunul k souhlasu s výrokem. Na otázku přístupu k pravidelnému třídění žáci odpověděli v post-testu srovnatelně jako v pre-testu – souhlasí nebo spíše souhlasí s výrokem, že odpad doma třídí (v post-testu mírně nižší). Obdobný výsledek byl zaznamenán i u otázky směrované na vnímání recyklace ostatními lidmi. Tento výsledek však pravděpodobně vychází z jejich větším srozuměním s daným tématem, a tedy úpravou počátečního stanoviska. Negativní efekt dané aktivity na postoj rodin žáků k třídění odpadu je méně reálný.



Obrázek 4 Vyjádření žáků k tvrzení „Zajímám se o aktuální téma týkající se recyklace.“

Intrinsic Motivation Inventory

Odpovědi z inventáře IMI se pohybovaly ve středních hodnotách. V dimenzi zájmu a potěšení je medián pět, ve zbylých dvou dimenzích (hodnota a užitečnost, vnímaná možnost volby) je hodnota mediánu čtyři. Žáci tedy celou aktivitu vnímali se zájmem a považovali ji za přínosnou. Složitější odpovědi jsou v oblasti volby, kdy někteří žáci hodnotili možnost rozložení práce v rámci skupiny, ale někteří možnost volby také necítili.

DISKUZE

Problémy při realizaci

Realizaci aktivity doprovázely některé problémy, které mohly ovlivňovat výsledky žáků, a to jak pracovního, tak postojového charakteru. Přes neklasifikování testů, měli žáci tendence napříč skupinami spíše soutěžit než spolupracovat, což se projevilo i ve vyplňování testů, kdy žáci měli tendence opisovat. Dalším problémem byla samostatná práce žáků. Vzhledem k tomu, že žáci byli zvyklí spíše na frontální výuku, bylo pro ně rozvrhování času a „přílišná volnost“ (nekonkrétní zadání) příliš obtížné. Stejným problémům v rámci projektového vyučování uvádí i další autoři (Bednářová, Šafránková & Bílek, 2020; Tóthová, Matoušová, Šubová & Rusek, 2019). Žáky by tak i v tomto případě bylo třeba nejprve naučit samostatné práci, práci ve skupinách a efektivnímu využití času a tím je „rozprojektovat“, stejně jako jsou postupně „rozbádávání“ (Kuncová & Rusek, 2020) při badatelských aktivitách různé úrovně volnosti (viz Banchi & Bell, 2008). Tyto problémy vedly k tomu, že žáci často nespolupracovali napříč skupinami a návrhy jednotlivých skupin nevedly ke společnému cíli.

Pre-test, post-test

Dopad aktivity na znalostní složku nebyl příliš markantní. V některých položkách se žáci proti pre-testu dokonce zhoršili. Ke zhoršení došlo i u symbolu C/PAP, se kterým se žáci v průběhu aktivity nemuseli (z důvodu zaměření na plasty) setkat. Ke zhoršení došlo i u symbolu HDPE. Možná příčina může tkvít

v nepozornosti při vyplňování nebo falešně pozitivních výsledcích v pre-testu (viz Rusek, Koreneková, Tóthová, 2019).

Intrinsic Motivation Inventory

Dle dotazníku vnitřní motivace se žáci k aktivitě stavěli spíše neutrálne, čemuž odpovídají mediány subškál „vnímané možnosti volby“ i „hodnoty a užitečnosti“ aktivity. Tyto hodnoty mohou být vysvětleny tím, že se jednalo o aktivitu zahrnutou do školní výuky, kterou plnili na základě zadání učitele. Právě iniciativa žáků by mohla mít velký vliv na vnímání aktivity žáky. Aktivita by tím zvýšila svůj projektový potenciál (viz Rusek & Becker, 2011).

ZÁVĚR

Článek popisuje realizaci školní aktivity zaměřenou na plasty jako odpady. Mimo rozvoje kognitivních, psychomotorických a postojových oblastí aktivity cílí na rozvoj spolupráce a skupinovou činnost. Úkolem žáků bylo navrhnut řešení nadbytečného užívání plastů v jejich okolí. V oblasti rozvoje znalostí došlo v průběhu trvání aktivity pouze k malým změnám, které nevykazují jasný trend zlepšení. Rovněž úroveň postojů k dané aktivitě se zdá být spíše neutrální. V oblasti spolupráce se vyskytovaly problémy a žáci nedokázali dosáhnout společného výstupu v rámci celé třídy. Záměry učitele se tak neshodovaly se záměry žáků. Pro zefektivnění aktivity by bylo třeba postupovat po menších krocích, které by postupně vedly k většímu projektu. Poté by bylo možné, aby aktivity vzešla od žáků, čímž by byla dodržena „projektovost“ projektu. Iniciativa ze strany žáků by mohla vést k větší možnosti volby činnosti, kterou v tomto případě spíše nepočítovali.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen projektem PROGRES Q16 – Environmentální výzkum.

LITERATURA

Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and children*, 46(2), 26.

Bednářová, K., Šafránková, M., & Bílek, M. (2020). Projekt učitele jako iniciace projektu žáka. In M. Rusek, M. Tóthová, & K. Vojíř (Eds.). *Project-based Education and other Activating Strategies in Science Education XVII*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, s. 9 – 17.

Janštová, V., & Rusek, M. (2015). Ways of Student Motivation towards Interest in Science. In M. Rusek, D. Stárková, & I. Metelková (Eds.), *Project-based Education in Science Education XII*. (pp. 28–33). Praha: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000357160200003.

Kekule, M., & Žák, V. (2011). Zahraniční standardizované nástroje pro zjišťování zpětné vazby z výuky přírodních věd. In T. Janík, P. Knecht, & S. Šebestová (Eds.), *Smíšený design v pedagogickém výzkumu*:

Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu (pp. 149-156). Brno: Masarykova univerzita.

Kováčová, L., Held, L., & Pipíška, M. (2019). Ecological and carbon footprints and their role in the perception of climate change among pre-service science teachers. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI* (pp. 37-46). Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600005.

Kuncová, L., & Rusek, M. (2020). V hlavní roli kyslík: experimentální ověření výukové aktivity. In M. Rusek, M. Tóthová & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVII*. (pp. 47-55). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Kuncová, L., & Rusek, M. (2019). V hlavní roli: kyslík. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 47-55). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600006.

Machalová, M. (2015). Eco-Project. In M. Rusek, D. Starkova, & I. Metelkova (Eds.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XII*. (pp. 92-99). Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000357160200013.

McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis (pp. 48-58). Research quarterly for exercise and sport, 60(1).

Pavlátová, V. (2018). Využití vrstevnického vyučování při realizaci environmentálně zaměřeného projektu. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education: Empirical Texts XV* (pp. 154-160). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000455249900017.

Rusek, M. & Becker N. (2011). "Projectivity" of Projects and Ways of its Achievement. In Martin Rusek (Ed.). *Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech*. (pp. 12-23) Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000343674000001.

Rusek, M., & Vojir, K. (2018). Konference o projektovém vyučování: Ohlédnutí za 15 ročníky. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education: Empirical Texts XV*. (pp. 35-43). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900004.

Rusek, M., Koreneková, K., & Tóthová, M. (2019). How Much Do We Know about the Way Students Solve Problem-tasks. In M. Rusek & K. Vojir (Eds.), *Project-Based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 98-104). Prague: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600012.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34. doi:10.1080/03057267.2013.802463

Šindelková, M., Málková, A., & Plucková, I. (2016). Projektová výuka nebo integrovaná tématická výuka? In M. Rusek (Ed.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech* (pp. 148-153). Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000375780600023.

Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š., & Rusek, M. (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 65-70). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600008

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. (2017). Praha: MŠMT.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now. A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Comission.

Vojíř, K., Honškusková, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitrace aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. In M. Rusek & K. Vojir (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 131-141). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600016.

Kontaktní adresy

Bc. Adéla Horáková, Bc. Barbora Kolafová, Bc. Klára Malúšová

Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: Horakova-A@email.cz; kolafova@kgm.cz; klara.malusova@email.cz

Is CLIL in biology thriving at Czech upper secondary schools (ISCED 3)?

Zuzana Marcineková, Lenka Pavlasová

Abstract

This paper focuses on teachers' application of CLIL in biology lessons in the Czech Republic. The main aim of the study was to determine the extent of teachers' application of CLIL in biology at upper secondary schools (ISCED 3). The research of the paper consists of an analysis of the teachers' responses ($n=108$) to particular items in the questionnaire. The percentage of teachers who use CLIL in their biology lessons was 32 %. Teachers realize CLIL the most often in lessons of basic type, then in projects and laboratory lessons. Human biology is the most frequently used topic of teaching units they teach in CLIL in biology.

Key words

Biology teaching; CLIL; secondary school; biology teacher

INTRODUCTION

Nowadays we may notice increase of new methods and strategies in science and biology education leading towards enhancement of students' practical skills. It is not only about laboratory or terrain skills which include manipulation with natural products, equipment and instruments, but modern teaching puts emphasis on knowledge and practical use of a foreign language in biology lessons, too. CLIL (Content and Language Integrated Learning) is one of the innovative, worldwide used approach and it also belongs to the significant curriculum trends of current European education. The term CLIL was for the first time used by David Marsh at Jyväskylä university in Finland in 1994 (Benešová, 2010). It can be seen as a new pedagogical approach in the whole educational system, whereas nowadays its main task is to enrich teaching process in the Czech Republic. When we speak about CLIL, it is not a new way of teaching languages or foreign language teaching in different way (Šmídová, Tejkalová, & Vojtková, 2012).

Progressive teaching approach CLIL includes teaching of specific subject with application of foreign language, which serves not only as a communication instrument, but it also helps us to share a content of a specific subject. Through this connection it is possible to teach biology effectively and at the same time practise and strengthen communication in English language. During the teaching both the language and the content are equally important (Marsh, 2002).

According to 4Cs curriculum (Coyle, 2007) successful CLIL lesson should combine four basic components:

- **Content** – integrating content from across the curriculum through high quality language interaction.
- **Communication** – using language to learn and mediate ideas, thoughts and values.
- **Cognition** – engaging learners through higher order thinking and knowledge processing.
- **Culture** – interpreting and understanding the significance of content and language and their contribution to identity.

Teaching in CLIL has a wide range of realization. For example, it can be realized through instructions or short activities in foreign language which are integrated to the specific subject or even whole teaching unit can be realized in a foreign language. Mother tongue may be integrated as well, transition between foreign and mother language is a natural part of teaching in CLIL (Marsh, 2002).

CLIL as an innovative approach offers variety of advantages. According to Bieliková (2010), Hlaváčová (2011) a Baladová (2009) we clarify several reasons, why it is beneficial for students to apply CLIL:

- offers possibilities to study a content from different perspectives,
- allows students to be more often in contact with a target language,
- increases students' motivation and self-confidence in both foreign language and specific subject,
- completes other subjects instead of rivalry,
- develops key competences, teaching strategies, cognitive processes and critical thinking of students in a meaningful way,
- uses foreign language in utterly natural environment, not in situations, which are structured artificially.

The studies of Swiss biology lessons conducted in English traced the complex interrelatedness of participants' orientations to language and academic content. They showed that attention to language form was embedded in work on scientific concepts. Furthermore a comparison of Austrian CLIL and EFL (English as a Foreign Language) classrooms showed that students make significantly more language errors in CLIL, not only because they generally talk more, but also because they monitor less. Moreover, the Canadian model of immersion and its European applications have shown that instructing through languages different than learners' mother tongue can lead to successful results in the areas of both language and content proficiency (Nikula, Dalton-Puffer & García, 2013).

The Department of Mathematics and the Department of English language and literature of Charles University in Prague, Faculty of Education has run a special optional course whose aim is to give students insight into both theoretical and practical aspects of CLIL. In other words this course provides students enhanced qualifications in teaching mathematics in English. The course covers language and cultural preparation, classroom observations, microteaching of peers with the use of innovative teaching methods and challenging activities (Novotná, Hadj-Moussová & Hofmannová, 2001).

Since hardly any work has so far been done with regard to the extent of CLIL application in teaching of particular subjects, therefore the fundamental goal of our research was to determine the extent of teachers' application of CLIL in biology at upper secondary schools in the Czech Republic (ISCED 3).

METHODOLOGY

The research was carried out through self-created on-line questionnaire in the google documents. Our research sample consisted of biology teachers at upper secondary schools in the Czech Republic. A total of 108 biology teachers 77 women (71 %) and 31 men (29 %) completed our questionnaire. The process of collecting data has been divided into two stages. Our questionnaire was sent to the teachers twice in a row with three months space. Collected data were evaluated by MS Excel.

RESULTS

In our research we focused on teachers' responses to particular items in the questionnaire. The main topics of our questionnaire were teaching forms and concrete teaching units from biology they taught in CLIL. The questionnaire is composed of both closed and open items. The most frequent type of the questions is multiple choice, but there are also single choice questions and text questions with short and long free texts.

The first question deals with the extent of CLIL application in biology. Altogether 34 teachers said they applied CLIL in biology. They were 23 women (68 %) and 11 men (32 %). 74 teachers did not apply CLIL in biology. They were 54 women (73 %) and 20 men (27 %). All the percentages are represented in figure 1. We can see nearly no gender differences in using CLIL.

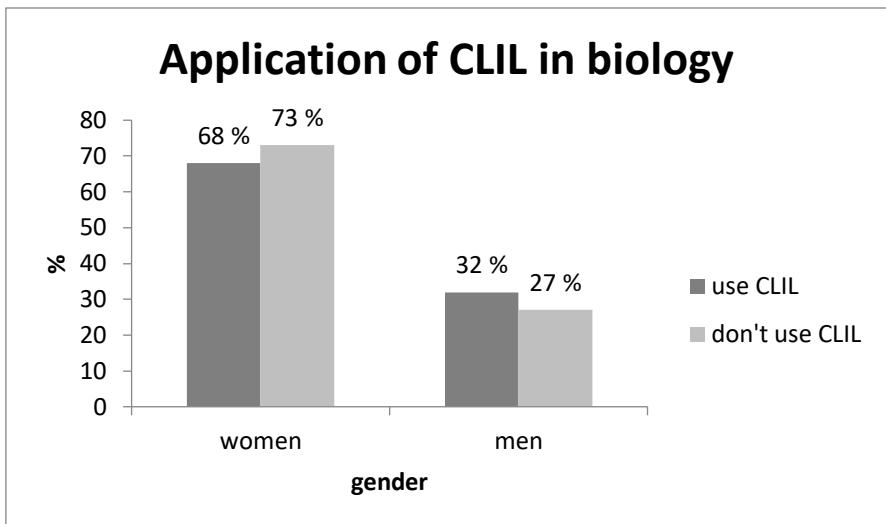


Fig. 1 Application of CLIL in biology (n=34)

In the second question we asked the teachers in which particular teaching forms they realized CLIL lessons. In the figure 2 we can see that the most frequent teaching form was the lesson of basic type (88 %). 11 teachers (32 %) realize CLIL through projects and 8 teachers (24 %) through laboratory lessons. Only 3 teachers (9 %) use CLIL during the excursions. The teachers who said they applied CLIL (34) could label more than one option (altogether 53 responses). As a result of this total number of all percentage proportions does not represent 100 % in the figure 2.

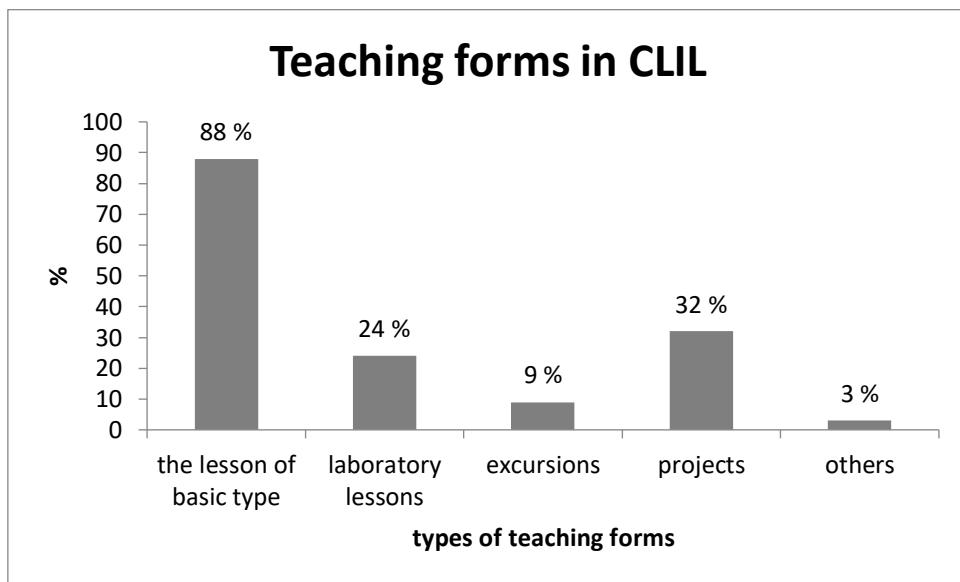


Fig. 2 The most frequent teaching forms in CLIL

In the third question we asked the teachers which concrete teaching units from biology they taught in CLIL. Their responses are represented in the table 1. According to the biology teachers the most favourite teaching unit in CLIL is human biology which represents 62 %. Within human biology they put

emphasis on organ systems and physiological processes. In zoology (48 %) they focus on ethology, vertebrates and insect. Within general biology (45 %) they usually apply CLIL in cytology and within plant biology (38 %) they focus on plant physiology for example photosynthesis. They also apply CLIL in genetics (24 %), ecology (10 %), biology of protists (10 %) and biology of viruses (7 %). Only 3 % of teachers use CLIL in biology of bacteria and biology of fungi. The teachers who applied CLIL (34) could write more than one response (altogether 73 responses). As a result of this total number of all percentage proportions does not represent 100 % in the table 1.

Tab. 1 The most favourite teaching units from biology taught in CLIL (% are rounded to whole numbers)

Topics of teaching unit*	Percentage (%)
Human biology	62
Zoology	48
General biology (cytology etc.)	45
Biology of plants and fungi	41
Genetics	24
Biology of protists, viruses and bacteria	21
Ecology	10

* according to Framework Educational Programme for Grammar Schools (Rámcový vzdělávací program pro gymnázia, 2007)

DISCUSSION AND CONCLUSION

The teachers who are excellent in specific subject and foreign language at the same time are very precious. They have to feel confident enough in foreign language, mainly in cognitive academic variety and in specific requirements, to be able to control the language of the subject and express the range of pedagogical strategies in teaching. Successfulness of CLIL may be influenced by both teacher's and students' language proficiency. Without self-confidence and adequate fluency in foreign language CLIL teachers are not able to teach their subject effectively, and this may contribute to a decay of subject curriculum (Ball, Kelly & Clegg, 2015). Our research has proven that only 32 % of teachers who completed the questionnaire apply CLIL in biology. Based on this survey it is very important for biology teachers to get more familiar with this approach and to focus more on teaching in CLIL, because it may highly enrich biology lessons. The most favourite teaching unit in CLIL was human biology. We did not

examine in depth the reasons that led teachers to do so, but we assume that in their opinion this topic is most suitable for practical use in everyday life of students.

Acknowledgement

The paper was supported by the project PROGRES Q17 *Teacher preparation and teaching profession in the context of science and research*.

LITERATURE

Ball, P., Kelly, K. & Clegg, J. (2015). *Putting CLIL into Practice*. Oxford: Oxford University Press.

Baladová, G., & Sladkovská, K. (2009). *Výuka metodou CLIL* [online]. [cit. 2019-09-25]. Available at: <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/2965/vyuka-metodou-clil.html/>

Benešová, B. (2010). *Metoda CLIL: krátký pohled do historie, využití metody CLIL v Evropě, přínosy a úskalí používání metody CLIL ve výuce*. ZČU v Plzni, Ústav jazykové přípravy [online]. [cit. 2019-09-25]. Available at: http://clil.nidv.cz/dokument_2.html.

Bieliková, V. (2010). *Rozvoj hudobných zručností prostredníctvom metódy Jazykovo-Integrované vyučovanie*. Bratislava: Univerzita Komenského.

Coyle, D. (2007). *Content and Language Integrated Learning. Motivating Learners and Teachers* [online]. [cit. 2019-09-25]. Available at: https://www.scilt.org.uk/Portals/24/Library/slriissues/13/SLR13_Coyle.pdf

Hlaváčová, M., Hořáková, P., Klečková, G., Novotná, J., & Tejkalová, L. (2011). *Seznamte se s CLILem*. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků (NÚV), divize VÚP.

Marsh, D. (2002). *CLIL/EMILE- The European Dimension: Actions, Trends and Foresight Potential*. Bruxelles: The European Union.

Nikula, T., Dalton-Puffer, C., & García, A. L. (2013). CLIL classroom discourse: Research from Europe. *Journal of Immersion and Content-Based Language Education*, 1(1), 70-100. Available at: https://www.unifg.it/sites/default/files/allegatiparagrafo/21-01-2014/nikula_dalton-puffer_and_llinares_clil_classroom_discourse.pdf

Novotná, J., Hadj-Moussová, Z., & Hofmannová, M. (2001). *Teacher training for CLIL – Competences of a CLIL teacher*. In: Proceedings SEMT 01. Eds. J. Novotná, M. Hejný. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta: 122-126.

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. (2007). Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze.

Šmídová, T., Tejkalová, L., & Vojtková, N. (2012). *CLIL ve výuce. Jak zapojit cizí jazyky do vyučování*. Praha: Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků. Available at: http://www.nuv.cz/uploads/Publikace/CLIL_ve_vyuce.pdf.

Contact addresses

Mgr. Zuzana Marcineková, RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.

Department of biology and environmental studies, Faculty of Education, Charles University
Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, Czech Republic

e-mail: zuzik.marcinekova@gmail.com, lenka.pavlasova@pedf.cuni.cz

Twelve-years masters-research works of graduate of Wadowice Children University

Małgorzata Nodzyńska

Abstract

In the academic year 2018/2019, an experiment was carried out intended to verify whether the young students Children University of Wadowice, in age 10-13 years, are able to independently carry out all the activities that are necessary to write a master's thesis and examine what benefits will bring their activities. Master's theses were evaluated by a team of university professors and experts from the fields of data. During their work, students completed a questionnaire that examined the increase in knowledge and skills acquired by the student during the project. Test results show the level of maturity and independence in the implementation of student projects.

Key words

Early childhood education; experiential learning; informal learning; project based education

INTRODUCTION

The history of children's universities is not as rich and long as the history of, for example, universities of the third century. They were created only at the beginning of the 21st century, inspired by journalists Steuernagel and Janssen from Germany in 2002 (Jansen, Steuernagel 2006). Innovation has gained great popularity among children and their parents, as well as at universities. The efforts of the creators of children's universities have been noticed and appreciated by the European Commission, which awarded them the Descartes Prize for outstanding services in popularizing knowledge. The first Polish children's universities were founded in 2007. Initially, they were created and developed mainly in large cities at well-known universities. However, the increase in expenditure on non-formal education, as well as the development of small towns, has resulted in a significant increase in the number of children's universities also in smaller non-academic cities. In 2014, the Wadowice Children's University (WChU) started working at the Wadowice Cultural Center. WChU is under the patronage of the Pedagogical University of Krakow, which is about 60 km away.

Review of the literature

It is widely believed that the main goals of universities for children are: developing and enriching existing interests, knowledge and skills, awakening cognitive curiosity and inspiring to discover new areas of interest, shaping the intellect, enthusiasm for learning and children's personality; showing the

benefits of university education, helping children search, discover and start their own path to success; presenting a diverse educational offer, open to all talents and allowing each child to discover his talent. However, research is rarely carried out to check whether Children's Universities have reached their goals. In his publication Overton wrote (2010): "There has been very little research undertaken into aspects of Children's Universities". Until today nothing has changed in this topic. There are research apparent related to aspects of the formation of a Children's University the study carried out by MacBeath and Waterhouse (2008) of the University of Cambridge and research on the previously mentioned Owerton (2010). Most of the publications constitute the so-called descriptions of good practice (for example, van Stam & Wahlberg, 2009). There are also studies on children's satisfaction with various types of activities (Es, 2015). Only a few publications relate to research on the effectiveness of this form of learning (Cakici & Bayir, 2012; Moskal & Nodzyńska, 2014; Nodzyńska & Kopek-Putala, 2017).

DESCRIPTION OF THE EXPERIMENT

It was decided to examine whether the methods used so far in formal education (e.g. the project method) also work in non-formal education. Namely, whether students aged 10-13 know how to work independently, without the help of a teacher (while working on the project), and whether such independent work would bring measurable benefits regarding the expansion of students' knowledge and skills. To this end, it was proposed that students who had been attending Wadowice Children's University (WChU) classes for five years prepare an independent work summarizing the period of their learning. This work in its character was to correspond to the master thesis written by students after the five years of study at the University. The next stages of WCU students' work on their master thesis precisely reflected the next steps in the project method (Rusek & Dlabola, 2013).

Since even adult students have their own promoter who supports their scientific activities, similar activities were proposed to children. To help students work independently on a new challenge for them a Master's seminar was held, at which explained to students how to: put research questions and hypotheses, look for the literature and how to save a bibliography, how to conduct scientific research, how to process the obtained data, how to draw conclusions and discuss the results obtained, etc. The aim MA-project is to develop profound cognition in some field of their interest, self-study competencies, critical thinking and to gain independence in the processing a research information. Until now, this type of independent activity has been studied in older students (Machkova & Bilek, 2017).

Tab. 1 Comparison of the next steps in the project method and in this experiment

Steps in Project Method Education	Steps in the experiment - writing Ma thesis
1 Introduction to the project	<i>Lectures, classes, workshops</i>
Select topic, project name	Select topic, project name
2 Formulating objectives and tasks: - necessary measures and solution to perform tasks - works schedule - actions and procedures	Formulating objectives and tasks: - necessary measures and solution to perform tasks - works schedule - actions and procedures
Division into groups	---
3 Implementation of planned activities, task assignment, and partial targets: - individual search and verification of information examination - verification on hypotheses - processing results (graphs, spreadsheets ...) - discussion of results in the group - preparation of 'product'	Implementation of planned activities, task assignment and partial targets: - individual search and verification of information examination - verification on hypotheses - processing results (graphs, spreadsheets ...) - --- - preparation of 'product'
4 Presentation of the product to the public	Presentation of the product to the public
5 Evaluation of the results of the project: • publication of the results, presentation of the product and description of the course of the product • birefringent evaluation of the product • evaluation of the product by teacher • evaluation of the benefits and 'curiosity' of the project • public assessment - school leadership and other teachers with students	Evaluation of the results of the project: • publication of the results, presentation of the product and description of the course of the product • --- • evaluation of the product <i>by the experts</i> • evaluation of the benefits and 'curiosity' of the project • public assessment - <i>viewers (parents and other children)</i>

Goals, research methods

The goal of the research work was to check whether students aged 10-12 would be able to complete the project while working independently at home and also what additional knowledge and skills would be gained during the project. New knowledge and skills regarding the subject of the project as well as those that did not directly concern the topic of their work were of interest to us.

A team of university professors and specialists in checked the students' master's theses given fields. The reviewers were to assess the students' MA theses taking into account the following criteria:

occurrence/number of factual errors at work, compliance of the subject of the MA thesis with its content, subject exhaustion, work aesthetics, references to literature. The task of the reviewers was also to check whether the given master's thesis contains all the elements that are necessary to recognize a given thesis as a master's thesis (introduction, research question / research hypothesis, description of the research method, description of the tests carried out, test results, conclusions, confirmation or refutation of the hypothesis, summary). The reviewers filled out a special form in which they filled in the appropriate fields - this was the first research tool. The results obtained with its help were to answer the question: Are students aged 10-13 able to write their own research MA thesis?

The second research tool was a self-assessment questionnaire. After the work, the students were asked to complete a survey, which examined the growth of knowledge, skills they have acquired in the course of the project. The questionnaire questions belonged to two types:

1. Questions focusing on the subject of the MA thesis:

- 1A. The main purpose of my work was ...
- 1B. Before I started my work, I knew that ...
- 1C. During the preparation of the work I learned that ...
- 1D. As I was working on my task, the following new questions appeared ...

2. Questions focused on students' feelings:

- 2A. During the preparation of the work I learned that (from other areas than the subject of the project) ...
- 2B. While preparing the work, I gained the following skills ...
- 2C. During the preparation of work, it was difficult for me ...
- 2D. During the preparation of work, it surprised me ...
- 2E. During the preparation of the work I was proud of ...
- 2F. What else would I like to learn?

Research results

At the end of the 2018/2019 academic year, 13 students completed their MA thesis (Tab.2). All these students began their studies at the Children's University of Wadowice in October 2014. Among them were six girls and seven boys, which corresponds to the gender distribution among children studying at WChU. The age distribution of the surveyed students was equal (three students were 10, 11, 12 and 13 years old; one student did not provide his age). The subjects of students' work were very diverse - they were classified into three areas: work in the field of Art, work in the field of natural sciences and work in the field of sociological sciences.

The form of the MA thesis was equally diverse: from typical printed works, through presentations, models, essays and even films. However, all papers were highly rated by reviewers. There were no factual errors in the assessed MA theses. In all the papers there was a great agreement between the topic of the master's thesis and its content. The topic has been exhausted. There were references to literature. And the aesthetics of the work was high. All works contained the required elements: introduction, research question/research hypothesis, description of the research method, description of the tests carried out, test results, conclusions, confirmation or refutation of the hypothesis, summary (with the exception of work in the field of art - this work was assessed on a different basis).

Only nine students completed the self-assessment questionnaire. The students did a lot of different answers to the questions because the questions in the questionnaire were open. Therefore, the questions were grouped for further analysis. However, nevertheless, the studies should be treated as qualitative rather than quantitative.

Students used different wording to indicate the purpose of their work (question 1A). However, all of them can be reduced to one description: I wanted to broaden my knowledge about (*topic*) and examine in the research part (*research question*).

By answering question 1B (*Before I started my work, I knew that ...*), students demonstrated extensive knowledge of the subject. This is a very big change compared to the responses of younger students who wrote their BA thesis (Nodzyńska, Kopek-Putała, 2017). Forty-four students wrote their BA theses but only eighteen completed the self-assessment questionnaire.

Tab. 2 Students' free answers to question 1B were classified into 5 types of answers (own study).

Before I started writing, I knew that ...	BA thesis	MA thesis
... what will be the form of work	1	0
... what will be the theme and form of work	1	1
... daily observations on the topic	1	0
... basic information about the subject	11	0
... extensive knowledge about the topic	4	8

The division of students' knowledge into three categories:

- daily observations on this subject,
- basic information on this subject,
- extensive knowledge on the subject,

was based on a comparison of students' knowledge contained in their responses to the information contained in the Core Curriculum. The category "Basic information on this subject" means that the student's knowledge corresponds to the content of the Core Curriculum appropriate to his age. The

category "extensive knowledge on the subject" means that the student's knowledge is broader than the content of the Core Curriculum appropriate to his age. In contrast, the "Daily observations on this topic" category mean that the student's knowledge is small - lower than described in the Core Curriculum appropriate for his age.

The purpose of the third question (1C. During the preparation of the work I learned that ...) was to check whether, during the implementation of an individual project, students broadened their knowledge. It can be seen that all of the students not only significantly expanded their knowledge but also made it more detailed. Answering this question, students also supplemented it with comments, e.g. during the preparation of my master's thesis, I learned that: there is more work than I thought, I really like to conduct scientific research, I learned to draw conclusions from surveys.

The fourth question (1D. As I was working on my task, the following new questions appeared ...) was to check whether the students performing the project focused only on solving problems and tasks related directly to their project, or they were also developing themselves scientifically by asking themselves new scientific questions. All students asked themselves questions that were further research questions and could have been the beginning of new research.

Since, during performing the project, students also gain skills and knowledge outside the scope of the subject of the thesis, further questions were related to this area.

Only three students answered question 2A (*During the preparation of the work I learned that (from other areas than the subject of the project) ...*). Two answers concerned the technical side of writing a master's thesis (how to save files, create charts). Only one of the students whose work related to volcanoes stated that while working on the subject he became acquainted with mythology.

And so to question 2B: *While preparing the work, I gained the following skills* In total, nine people exchanged ten new skills. Three students mentioned as new skills: collecting and searching for information, carrying out research, experiments. Two people named the construction of the survey and quick typing on the computer. Individual students mentioned as a new skill: analysing survey results, making charts, taking notes, operating the InDesign graphic program, preparing a multimedia presentation, and waiting patiently.

Answering question 2C: *During the preparation of the work, it was difficult for me...,* the students gave very personal answers: The most difficult for me was: starting work, the very beginning, operating the InDesign program, seeking information and research analysis, forcing myself to do the experiment on myself, I preferred to do the experiment on my sister at the beginning, coming up with survey questions that would give me real data on the problem I was investigating, handing out surveys, break

laziness, sit down and do something without interruption, learning new concepts and principles in physics and chemistry, because I do not have such lesson subjects at school, writing short but to the point.

Questions 2D and 2E concerned the emotions experienced by students during the project. And so the answers to question 2D: *During the preparation of the work, it surprised me...*, were classified into 2 types of answers. Answers regarding topics of research work (e.g. I was surprised, how the respondents answered questions; I was surprised how much knowledge and experience is needed to control the water treatment process) and answers regarding the process of writing the work (e.g. I was surprised by the amount of time it took to count the responses from surveys to receive the results of the study). However, as can be seen, the students did not experience 'creative anxiety' during their work on the project. All surveyed students were proud of the final result of their work (answers to question 2E: *During the preparation of the work, I was proud of...*).

Also the answers to the last question in this series: 2F. *What else would I like to learn?* were very similar. Students wanted to expand their knowledge of the subject of their master's thesis and wanted to be able to use this knowledge in practice. There were no new research topics.

Discussion of results

All students' work met the formal requirements of the thesis. The work contained a purpose and hypothesis. The bibliography has been attached correctly. Twelve works in the field of natural and social sciences had correctly described research tools, research methodology, and correctly presented research results. It can, therefore, be concluded that students of this age are able to carry out an independent research project.

The students' answers to question 1A show that MA-project was an opportunity to broaden their knowledge (understood here as information, skills, and attitudes). The results of the research (question 1B) show that the task has been fulfilled - all students have expanded their knowledge. Work in the MA project has also become a basis for students to pose new, scientific questions.

During the MA-project, students also acquired 'soft' competencies and could expand their knowledge from other fields than the subject of their project. However, it seems that the young age of students makes it difficult to explore this area (compare answers to questions 1B and 2B).

The description of the difficulties encountered by young researchers (answer to question 2C) is very honest and identical to the difficulties faced by scientists (start work, information search and research analysis, coming up with survey questions that would give real data on the problem being studied, handing out surveys, overcoming laziness, writing short but to the point).

The aim of the research was to fill the research gap (Overton, 2010) regarding the effectiveness of non-formal education - in this particular case classes for students conducted as part of the University of Wadowice Children's. The results of the conducted research show that the activities for children under WChU actually develop and enrich the existing interests, knowledge, and skills of students. Thanks to participating in these classes, students were able to independently choose the topic of the thesis, put hypotheses and research questions and answer them. Classes conducted as a part of WChU aroused their curiosity, cognitive possibilities and inspired them to discover new areas of interest. This can be inferred from the fact that although participation in the master's project was not compulsory for students, the vast majority of them took part in it. Analysis of reviews of master's theses shows that students aged 10-13 very well fulfilled their task. Master's theses they wrote met all the criteria for this type of work. It can, therefore, be concluded that the hypothesis has been confirmed and the students of WChU, by procuring themselves, using the project method, created a thesis that resulted in obtaining a master's degree in Wadowice Children's University.

It can therefore be concluded that it is possible and effective to use the project method in non-formal education.

Further research is planned in two directions. The first of these will be an attempt to apply the project method in non-formal remote education. It is planned to create remote (post-graduate) courses for students who, due to their age (over 12 years old) will have to complete education at the Children's University of Wadowice. The second direction of the planned research will be the extension of the possibility of obtaining a master's degree in Wadowice Children's University to new fields: art, engineering sciences Development of new criteria for the evaluation and evaluation of this type of work.

LITERATURE

Cakici, Y., & Bayir, E. (2012). Developing children's views of the nature of science through role play. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1075-1091.

Es, H. (2015). A grade opportunity for environment education: Chlodren university. *Oxidation communications*, 38(1A), 570-585.

Jansen, U., & Steuernagel, U. (2006) *Uniwersytet Dziecięcy [Children University]* Warszawa, Dwie Siostry.

MacBeath, J., & Waterhouse, J. (2008). Evaluation of the Children's University First report. *Cambridge: University of Cambridge*.

Machková, V., & Bilek, M. (2017). Towards Students' Individual Research Projects in the Context of Secondary School. In M. Rusek, D. Starkova, & I.B. Metelkova, (Eds.), *Projektové vyučování v přirodovedných predmetech XIV*, (pp. 115-121) Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000405467100013.

Moskal, K., & Nodzyńska, M. (2014). The Impact Of E-Learning On The Interest In Nature Among Students Of The University Of Children And Parents At The Pedagogical University Of Kraków In M. Nodzyńska, P. Cieśla & K. Różowicz (Eds.), *New Technologies in Science Education* (pp. 66-79). Kraków: Pedagogical University Of Kraków

Nodzyńska, M., & Kopek-Putała, W. (2017). Project Method in non-formal Education. In M. Rusek, & K. Vojíř (Eds.) *15th Conference on Project-based Education in Science Education* (pp. 62-73) Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000455249900007.

Overton, D. T. (2010). Formation of a Children's University: Formative issues and initial concerns. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3876-3882.

Rusek, M., & Dlabač, Z. (2013). What is and what is not a project? In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields* (s. 14-19): Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900002.

van Stam, J., & Wahlberg, S. (2009, August). CHED 445-Bringing chemistry to children: Children's University. In *Abstracts of papers of the American chemical society* (Vol. 238). Washington, DC, USA: American chemical society.

Contact address

dr hab. Małgorzata Nodzyńska prof. UP

Department of Didactics of Natural Sciences, Pedagogical University of Cracow
Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Poland

malgorzata.nodzynska@up.krakow.pl

Science process skills in discourse of in-service teachers

Natália Priškinová, Katarína Kotuľáková, Ľubomír Held

Abstract

The aim of the contribution is to find out how teachers perceive objectives of chemistry education, implement them and perceive the goal of their pupils' work during chemistry lessons. Using the analysis of 10 semi-structured interviews, we tried to determine whether the traditional (mostly deductive) approach is still predominant or the instruction has the features of inductive teaching (or even inquiry-based science education). Our next objective is to analyse teachers' way and forms of pupils' assessment. The first results suggest that teachers are not familiar with terms related to inductive teaching and they tend to assess dominantly factual knowledge.

Key words

Science process skills; assessment; inquiry-based science education

INTRODUCTION

The current concept of science education puts emphasis on science process skills development, since focusing on content alone seems to be insufficient (Minner, Levy, & Century, 2010; Eurydice, 2011; National Research Council, 2012, 2013; Orolínová & Kotuľáková, 2014; Osborne, 2014; Roberts & Bybee, 2014; European Commission, 2015; Jessani, 2015; Furtak & Penuel, 2018). Numerous studies confirm educational shortcomings, such as the focus on studying theory instead of developing the required skills, the lack of opportunities for solving real problems from everyday life, a prevailing deductive teaching, implementation of demonstration methods, and the focus on assessing isolated theoretical knowledge (Benedict-Chambers, Kademian, Davis, & Palincsar, 2017; McNeill, González-Howard, Katsh-Singer, & Loper, 2017; Herranen, Kousa, Fooladi, & Aksela, 2019).

Dominant transmissive teaching in science education does not provide the expected learning outcomes of Slovak students whose scientific literacy is lower than the OECD average (Miklovičová & Valovič, 2019). At the same time, unsatisfying results lead to educational changes in an attempt to reverse this undesirable situation (Miklovičová, Galádová, Valovič, & Gondžúrová, 2017). One of the appropriate solutions seems to be the inquiry-based science education leading to inductive learning about science concepts, development of critical thinking and skills acquisition (Rocard, 2007).

The development of science process skills is anchored in the State Education Programme (Štátny pedagogický ústav, 2015), which underlines the view that students should not become passive

recipients of knowledge but, instead, conditions for their active learning should be created. The educational standard for chemistry (2015) provides the room to „*manipulate specific objects, observe phenomena, measure, experiment, discuss, solve open questions, practical and theoretical problems*”, and thus enables them to not only acquire knowledge but also adopt science process skills (Štátnej pedagogický ústav, 2015). The demand for skills in the current labour market is evidenced by employers with specific skill requirements, such as the ability to communicate, design procedures, solve problems, evaluate data, make decisions based on conclusions and work in a team (McFarlane, 2013; OECD, 2015; Haile, Príbel'ský, Akáč, & Mikušincová, 2017).

PISA (2017) defines scientific literacy as „*the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen*” (OECD, 2017). Definition includes being able to design and evaluate scientific inquiry, interpret data, explain phenomena and apply scientific knowledge in the context of real-life situations. According to this, science process skills, as one of the components of scientific literacy, constitute the general skills of an individual that are applicable in their professional and personal life (Kireš, Ješková, Ganajová, & Kimáková, 2016). Moreover, science process skills are also an important part of the 21st century skills needed to thrive in the modern world (Trilling & Fadel, 2009). We used a classification of science process skills based on intellectual demand or student age, according to which we distinguish between *basic science process skills*, which include observing, inferring, predicting, classifying, measuring and *integrated science process skills*, which include interpreting data, controlling variables, formulating hypotheses, experimenting, tabulating and graphing data, describing relationships between variables, drawing conclusions, and generalising (Beaumont-Walters & Soyibo, 2001; Held, Žoldošová, Orolínová, Juricová, & Kotuláková, 2011).

RESEARCH GOALS AND METHODOLOGY

The main goals of our research included mapping the science process skills in the discourse of in-service teachers, finding out how these skills are perceived by teachers and how they are being developed during chemistry lessons. Our plan was to construct a uniform thinking model representing in-service teachers' perception of science process skills. Another goal was to help identify whether the traditional (predominantly deductive) approach is still prevalent or whether elements of inductive teaching (or even inquiry-based science education) are being put to use during lessons. We also focused on methods and forms of student assessment in order to determine what importance teachers place on knowledge, skills and attitudes in the student assessment process.

For this purpose, the *individual semi-structured interview method* was used in the qualitative study. It allowed us to expose the perspective and experiences of individuals (Adams, 2015). This method not

only ensured that individual interviews were headed in a similar direction but also provided respondents with maximum freedom in their responses (Hendl, 2005). Our sample consisted of 10 lower-secondary chemistry teachers (8 females and 2 males). The majority of the respondents (6) had more than 15 years of experience, 2 teachers had experience ranging from 10 to 15 years and the remaining teachers had less than 10 years of experience. A convenience sampling method, where the members of the sample are selected on the basis of their easy accessibility (Moser & Korstjens, 2018), was used to choose the sample. The data saturation, as a methodological principle in qualitative research, was used as a criterion for discounting data collection (Saunders et al., 2018). Based on the similar qualitative studies using semi-structured interviews (e.g. Tuysuz, Bektas, Geban, Ozturk, & Yalvac, 2016; Görgüt & Tutkun, 2018), we may consider the number of participants satisfactory.

RESEARCH PROCESS AND DATA ANALYSIS

Interviews were conducted at lower-secondary schools, where the selected teachers work. The interviews were recorded via mobile phones for further verbatim transcription. The average length of an interview was 40 minutes. The teachers were assured that the gathered data would remain anonymous. Despite the efforts to create a positive environment, one of the participants declined to consent to being recorded. Research reliability was ensured by describing the data collection method and the conditions for conducting the research. In order to show the validity of the research, the results were supported by the teachers' responses.

The data gathered from interviews were assessed via a *phenomenological interpretation* method (Hendl, 2005). It focused on personal experience recounted through language, which is closest to this experience, without including theoretical constructs (Hendl, 2005). In our case, the "phenomenon" constituted science process skills. We found the teachers' responses to be significantly divergent. That is why in the following section we present statements answering selected research questions.

RESULTS OF INTERVIEW ANALYSIS

Every interview began with a question, which was used to determine goals the teachers consider important during chemistry lessons at lower-secondary schools. One of the most frequent goals given by the teachers as a response to our question was to connect pupils' chemistry knowledge with everyday life:

„(...) for students to learn not only theoretical knowledge but also knowledge that can be applied in everyday life – for example, when they see a pictogram of an exclamation mark inside a red rhombus on a detergent, they will know it contains a harmful substance.“ (T10).

Another goal was for students to acquire knowledge by autonomous active learning:

„(...) for students to not only memorise information from a textbook but learn autonomously, explore, research and thus discover the natural order of things...” (T1).

During the interview, we asked teachers a direct question concerning science process skills. We were interested in learning in what context, if any, they have encountered this term. The majority of the teachers in our sample was not familiar with this term:

„Translate it into my language so that I know what you mean.” (T9),

„These are (ahem), these are, how should I say this, these smart words, yes, they sound smart, they have a certain name. Maybe if I knew whether these belonged there, then yes, that’s what children do, it’s automatic.” (T8).

The responses that were closest to the correct definition of the skills were the ones given by those teachers who tried to explain them intuitively:

„Well, the way I see it, working as scientists, working in the laboratory, learning to work with laboratory glass, learning to work with chemicals, examining, and drawing conclusions...” (T10).

The teachers' statements showed their understanding of the skills differed significantly, and we also noticed a certain inaccuracy in their terminology. This is evidenced by a situation where a teacher understood the term “graphing” to mean drawing a pie chart of air composition. Despite the fact that science process skills were not mentioned spontaneously during interviews, teachers automatically brought up several of the skills in the context of laboratory exercises or protocols. When talking about the science process skill of observing, the identification of necessary details of an examined phenomenon and the engagement of numerous senses (in addition to sight) were often missing. The skill of drawing conclusions and generalisations was perceived as generalising results of the observations on an experiment or as answering questions following an experiment in a textbook. The skill of measuring was mentioned in some interviews and was associated either with the measurement of volume using a graduated cylinder or with the accuracy of measuring:

„(...) they need to measure the volume using a graduated cylinder or pipette precisely, let’s say 37 drops to a test tube, so the students count the individual drops.” (T4).

Experimenting is a great tool for developing science process skills, which is why we were trying to find out whether it is employed during chemistry lessons. The teachers' understanding of experimenting was fundamentally different from ours. The teachers talked about carrying out experiments, but not about experimenting in the true sense of the word. It is necessary to realise that developing the skill

of experimenting means teaching a student to formulate a hypothesis, to search for ways to test it, to control variables, to observe and, on the basis of the findings, create generalisations (Harlen, 2000). Our initial intention was to classify the experiments that were carried out during lessons according to research levels (Bell, Smetana, & Binns, 2005). We discovered that almost all experiments mentioned by the teachers did not extend past confirmation inquiry. Teachers stated that students often know what to do (problem), how to do it (procedure) and what they want to achieve (result). This is why we relied upon the classification of chemical experiments at schools (Prokša, Drozdíková, Igaz, & Gašparík, 2015), which enabled us to perform a more sensitive differentiation. From a gnoseological point of view, it is safe to say that, among the teachers in our sample, the most common method of explaining the subject matter to students is the explanatory experiment. From the point of view of the internal form of teaching, teachers preferred demonstrative experiments. Several teachers agreed that, if the laboratory exercises were not obligatory, they would also reconsider whether to continue with student experiments:

„(...) I still carry out a minimum of 5 laboratory exercises, which was mandatory in the past. At present, none are mandatory.” (T3).

They reasoned that they do not have suitable conditions to carry out experiments (lack of chemicals, laboratory in a poor state, it requires time and preparation).

We discovered that 7 out of 10 respondents predominantly use the deductive method of teaching, which was confirmed by a statement from one of the teachers:

„(...) I give a presentation or explain the subject and write notes on a blackboard and the students take notes.” (U4).

Inductive teaching elements were present with only 3 teachers in our sample. Elements that suggested the inductive approach included:

- student-oriented teaching: „*(...) we are building on those education programmes, we see that they are geared towards students experimenting, student activity and less on teacher activity...*” (U6),
- students construing their own reality: „*(...) I want them to reflect on this piece of knowledge and try to develop it in their own minds first...*” (U10),
- raising a complex real-life problem: „*There must be an interesting situation to capture students' interest in what we are going to do and then we either verify a hypothesis or do an experiment.*” (U6).

The responses from teachers who strive to include inquiry-based elements into their teaching methods show that they consciously develop several science process skills. However, they perceive the inquiry-

based science education merely as one of many alternatives and apply it to selected topics only. Out of all the benefits the inductive teaching method entails, the teachers pointed out the lasting nature of acquired knowledge and better understanding of the subject matter.

During interviews, we touched upon several aspects related to student assessment. In case of examination methods and forms, we relied upon Turek's classification (2008). Due to the way students express themselves, teachers prefer written examination for its exactness, objectivity and simplicity for correction. Despite the fact teachers understand the importance of developing students' communication skills, they tend to refrain from oral examination for several reasons, such as: parents' discontent on account of objectivity, the demonstrable nature of written examination, and students' fear of being examined in front of their classmates. From the point of view of the number of students examined simultaneously, the frontal examination dominated. Another element teachers discussed in connection with student assessment was the so-called "*grade weight*", which they assign in the electronic grade book for the subject of chemistry. Their value is either half (0.5), standard (1) or double (2). The various grade weights correspond to their share in the overall assessment. The data in Table 1 show that the highest importance is given to the so-called "major tests" which are meant to check the theoretical knowledge from a certain thematic unit.

Tab. 1 Grade weights in chemistry

teacher	oral examination	test	"major" test	activity	homework	laboratory work	project
1	1	1	2	-	-	-	0.5
2	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5
3	-	1	2	-	-	0.5	-
4	1	1	2	0.5	-	0.5	0.5
5	1	1	2	-	-	0.5	-
6	1	1	1	-	-	-	-
7	1	0.5	1	0.5	-	0.5	0.5
8	-	1	2	-	-	0.5	0.5
9	1	1	1	1	1	1	-
10	1	1	2	1	-	0.5	-

CONCLUSION

Interviews with teachers are a valuable tool for mapping the perception of education and its aspects. Based on their content analysis, the results suggest that in-service teachers may not be aware of terms referring to the inductive method of teaching. Especially, science process skills represent an unknown term for the majority of the teachers. This finding is confirmed by previous studies that indicate

teachers' poor conceptual understanding of the science process skills (e.g. Chabalengula, Mumba, & Mbewe, 2012). Since the results are limited by research sample, further research is needed taking into account for example the attitudes of teachers to inquiry, their professional background, teaching experience or even aspects of the school context. Because of the significant divergence of teachers' responses, we could not develop a uniform thinking model of science process skills.

Although the teachers are aware of the importance of acquiring manual skills and competences, they carry out few experiments and students have lack opportunities to experiment. Additionally, we identified such confusion between teachers' understanding of "carrying out experiments" and "experimenting". The prevalence of the deductive method of teaching was confirmed by using explanatory and demonstrative experiments, where teachers only "deliver content". As Crawford (2014) say, such laboratory instruction does not lead to teaching for scientific literacy. However, the fact that some elements of the inquiry-based science education were also present is encouraging. The interviews showed that teachers place greater emphasis on knowledge instead of skills. This is a result reported by different researchers (e.g. Gyllenpalm, Wickman, & Holmgren, 2010).

It is important to realise that teachers need to be aware of science process skills in order to incorporate them in their teaching practice. Similarly, Kurtdede-Fidan & Aydoğdu (2018) pointed out teachers' significant role in the process of acquiring skills. Moreover, many researches stated that teachers who have a poor understanding of the science process skills are less equipped to teach science through inquiry (e.g. Lotter, Harwood, & Bonner, 2007;). For this reason, it is a challenge to raise teachers' awareness of science process skills and consequently include the development of these skills in the student assessment process.

In the next step of our research, we will compare obtained data with results gathered from interviews with teachers involved in the (inquiry-based) project *ExpEdícia – skús, skúmaj, spoznaj* (ExpEdícia, n.d.).

Acknowledgement

This work was supported by Slovak Research Development Agency under the contract No. APVV-14-0070.

LITERATURE

Adams, W. (2015). Conducting Semi-Structured Interviews. In K. Newcomer, H. Hatry, & J. Wholey, *Handbook of Practical Program Evaluation* (pp. 492-505). New Jersey: Jossey-Bass.

Beaumont-Walters, Y., & Soyibo, K. (2001). An Analysis of High School Students' Performance on Five Integrated Science Process Skills. *Research in Science and Technological Education*, 19(2), 133-145.

Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 26-29.

Benedict-Chambers, A., Kademian, S. M., Davis, E. A., & Palincsar, A. S. (2017). Guiding students towards sensemaking: teacher questions focused on integrating scientific practices with science content. *International Journal of Science Education*, 39(15), 1977-2001.

Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Mbewe, S. (2012). How Pre-service Teachers' Understand and Perform Science Process Skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(3), 167-176.

Crawford, B. A. (2014). From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. In N. G. Lederman, & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 515-541). New York: Routledge/Taylor & Francis Group.

European Commission. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Brussels: European Union.

Eurydice. (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.

ExpEdícia. (n.d.). Retrieved from <https://www.indicia.sk/aktualne-skolenia/expedicia>

Furtak, E. M., & Penuel, W. R. (2018). Addressing the persistence of "hands-on" and other reform terminology in the era of science as practice. *Science Education*, 103(1), 167-186.

Görgüt, İ., & Tutkun, E. (2018). Views of Physical Education Teachers on Values Education. *Universal Journal of Educational Research*, 6(2), 317-332.

Gyllenpalm, J., Wickman, P., & Holmgren, S. (2010). Teachers' language on scientific inquiry: Methods of teaching or method of inquiry? *International Journal of Science Education*, 32(9), 1151-1172.

Haile, M., Príbel'ský, V., Akáč, R., & Mikušincová, A. (2017). *Analýza dopytu a potrieb na trhu práce v SR*. Retrieved from https://www.ia.gov.sk/data/files/NP_CSD_II/Analyzy/Stat/Analyza_dopytu_a_potrieb_na_trhu_prace_v_SR.pdf

Harlen, W. (2000). *The Teaching of Science in Primary Schools*. London: David Fulton Publishers.

Held, Ľ., Žoldošová, K., Orolínová, M., Juricová, I., & Kotuľáková, K. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodrovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte)*. Trnava: TYPI UNIVERSITATIS TYRNAVIENSIS.

Hendl, J. (2005). *Kvalitativní výzkum – Základní metody a aplikace*. Praha: Portál.

Herranen, J., Kousa, P., Fooladi, E., & Aksela, M. (2019). Inquiry as a context-based practice - a case study of pre-service teachers' beliefs and implementation of inquiry in context-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 41(14), 1977-1998.

Jessani, S. (2015). Science Education: Issues, Approaches and Challenges. *Journal of Education and Educational Development*, 2(1), 79-87.

Kireš, M., Ješková, Z., Ganajová, M., & Kimáková, K. (2016). *Bádateľské aktivity v príroovednom vzdelávaní (časť A)*. Bratislava: Štátny pedagogický ústav.

Kurdede-Fidan, N., & Aydoğdu, B. (2018). Life Skills from the Perspectives of Classroom and Science Teachers. *International Journal of Progressive Education*, 14(1), 32-55.

Lotter, C., Harwood, W. S., & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1318-1347.

McFarlane, D. A. (2013). Understanding the Challenges of Science Education in the 21st Century: New Opportunities for Scientific Literacy. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 4(1), 35-44.

McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R., & Loper, S. (2017). Moving Beyond Pseudoargumentation: Teachers' Enactments of an Educative Science Curriculum Focused on Argumentation. *Science Education*, 101(3), 426-457.

Moser, A., & Korstjens, I. (2018). Series: Practical guidance to qualitative research. Part 3: Sampling, data collection and analysis. *European Journal of General Practice*, 24(1), 9-18.

Miklovičová, J., Galádová, A., Valovič, J., & Gondžúrová, K. (Eds.). (2017). *Národná správa PISA 2015 Slovensko*. Bratislava: Národný ústav certifikovaných meraní vzdelávania. Retrieved from https://www.nucem.sk/dl/3482/NS_PISA_2015.pdf

Miklovičová, J., & Valovič, J. (Eds.). (2019). *Národná správa PISA 2018 Slovensko*. Bratislava: Národný ústav certifikovaných meraní vzdelávania. Retrieved from https://www.nucem.sk/dl/4636/Narodna_sprava_PISA_2018.pdf

Minner, D.D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction – What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

OECD. (2015). *OECD Skills Outlook 2015: Youth, Skills and Employability*. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. Paris: OECD Publishing.

Orolínová, M., & Kotuľáková, K. (2014). *Rozvoj spôsobilostí vedeckej práce v podmienkach kontinuálneho vzdelávania učiteľov*. Trnava: TYPI UNIVERSITATIS TYRNAVIENSIS.

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196.

Prokša, M., Drozdíková, A., Igaz, C., Gašparík, V. (2015). *Didaktika a technika školských pokusov z chémie*. Bratislava: Univerzita Komenského.

Roberts, D., & Bybee, R. (2014). Scientific Literacy, Science literacy, and Science Education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 545-558). New York: Routledge.

Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/science-society/library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., ... Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & Quantity*, 52(4), 1893-1907.

Štátny pedagogický ústav (2015). *Inovovaný štátny vzdelávací program ISCED 2 – nižšie stredné vzdelávanie*. Bratislava: Ministerstvo školstva Slovenskej republiky.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. San Francisco: Jossey-Bass.

Turek, I. (2008). *Didaktika*. Bratislava: Iura Edition.

Tuysuz, M., Bektas, O., Geban, O., Ozturk, G., & Yalvac, B. (2016). Pre-Service Physics and Chemistry Teachers' Conceptual Integration of Physics and Chemistry Concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(6), 1549-1568.

Contact addresses

Mgr. Natália Priškinová, PaedDr. Katarína Kotuláková, PhD., prof. PhDr. Ľubomír Held, CSc.

Department of Chemistry, Faculty of Education, Trnava University
Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovakia

e-mail: natalia.priskinova@tvu.sk, katarina.kotulakova@truni.sk, lheld@truni.sk

Identifikácia druhového názvoslovia organizmov u žiakov základných škôl v predmete biológia (ISCED 2) v súčasnosti a pred zavedením školskej reformy na Slovensku

Identification of species nomenclature of organisms in lower secondary school pupils in the subject of biology (ISCED 2) at present and before the implementation of school reform in Slovakia

Radoslav Kvasničák

Abstract

The aim of research was to compare pupil's knowledge of the nomenclature of organisms before school reform (2004/2005) and now (2017/2018). By comparing the results we observe higher level within the species nomenclature of organisms and information regarding the way of life of pupil with pre-reform period compared to the present. At present, statistically significant differences have been confirmed in terms of plant and animal nomenclature as well as in comparison of lower secondary school grades, while pupils of the 5th grade are on average more successful than those of the 9th grade.

Key words

Species nomenklature; animal; plant; lower secondary school; school reform

ÚVOD

Pred školskou reformou na Slovensku (r. 2008) bol obsah učiva o rastlinách a živočíchoch na úrovni nižšieho sekundárneho vzdelávania systematicky preberaný na základných školách lineárnym osnovením učiva, pričom botanika bola súčasťou 5. ročníka (Hantabálová et al. 1997), zoología 6. ročníka (Hanatabálová et al. 1999) s dôrazom na binomickú nomenklatúru druhového názvoslovia preberaných organizmov. V súčasnosti po zavedení Štátneho vzdelávacieho programu (ISCED II) sú rastliny a živočíchy preberané špirálovitým osnovením učiva vo viacerých ročníkoch. V 5. a 6. ročníku učebnice biológie (Uhoreková et al. 2008, 2009) sú modelové organizmy preberané v kontexte s prírodným prostredím (voda, lúka, les, ľudské obydlia) s ohľadom na morfologicko-anatomickú charakteristiku, pričom druhové názvy organizmov sú často redukované len na rodové. Na poznanie druhových názvov rastlín a živočíchov v školskom prostredí upozorňujú aj zahraničné výskumy (Randler, 2008), kde znalosť druhovej taxonómie organizmov je základným predpokladom pre

chápanie ekológie prírodného prostredia. Zistilo sa, že vedomosti o druhových názvoch živočíchov narastajú s vekom žiaka a závisia od osobného kontaktu so živočíchom (Patrick et al. 2013), pričom dôležitým faktorom je práve veľkosť, tvarová variabilita a pohybová aktivita živočícha (Kattmann, 2001). V rámci osvojenia taxonómie rastlín, ich obľúbenosť u žiakov súvisí s farbou kvetu, s ich veľkosťou a vzrastom (napr. machy, bylinky, dreviny), ich využitím (liečivé vs. jedovaté) a od vlastnej skúsenosti žiaka, napr. pri návštive botanických záhrad (Fančovičová, 2014). Postoje k rastlinám možno pozitívne ovplyvniť aj skúsenosťou žiaka pri pozorovaní a určovaní názvoslovia rastlín priamo v prírode doplnenou vlastnou tvorbou herbárových položiek v tradičnom vyučovaní (Kvasničák, 2015). V podmienkach základných škôl sa zistilo (Prokop & Rodák, 2009), že vedomosti o druhových názvoch vtákov môžeme ovplyvniť aj na základe vizuálnych (sfarbenie) a akustických stimulov (spev). Zistilo sa, že správne určené názvy súvisia aj s veľkosťou, farebnosťou a atraktivitou pozorovaných jedincov hmyzu (napr. lienka vs. ucholak, denné vs. nočné motýle) prezentovaných pri ich poznávaní s využitím kreslených obrázkov a farebných fotografií (Kvasničák & Kuklišová-Nemečkayová, 2014). Práve znázornenie rastlín a živočíchov vo forme kreslených obrázkov a autentických fotografií reprezentuje grafickú realizáciu učebníc prírodopisu a biológie používaných na základných školách v minulosti (2004/05) a v súčasnosti (2017/18). Aj na základe uvedených obsahových a grafických zmien v učebniciach prírodopisu/biológie vo vzdelávacom štandarde predmetu Biológia (ISCED 2) porovnávame súčasné vedomosti o druhovom názvosloví organizmov a informácie o spôsobe života z pred (2004/05) a po reformného obdobia (2017/18) a následne v 5. a 9. ročníku ZŠ s cieľom poukázať na význam ekosystémového hľadiska špirálovitého osnovenia učiva o modelových druhoch organizmov aktuálne preberaných v kontexte s prírodným prostredím.

METODIKA VÝSKUMU

Komparatívneho výskumu sa zúčastnilo 712 žiakov z desiatich základných škôl, ktoré boli náhodne vybrané v meste Trnava a v príľahlých obciach trnavského regiónu. Výskum bol realizovaný v dvoch etapách a to pred školskou reformou (2004) v 9. ročníku základných škôl ($n_1 = 263$) a následne v súčasnom školskom systéme (ISCED 2) v 5. a 9. ročníku ($n_2 = 449$) základných škôl lokalizovaných v meste ($n_3 = 208$) a na vidieku ($n_4 = 241$). Získané údaje sme podrobili univariátnej štatistickej analýze (ANOVA) pomocou programov Statistica ver. 12 for Windows a Microsoft Excel 2010. Frekvencia výskytu jednotlivých kategórii bola analyzovaná neparametrickým χ^2 testom (Chí kvadrát 2x2), pričom údaje boli vzájomne porovnávané na hladine štatistickej významnosti $\alpha = 0,05$.

Pri zisťovaní kvalitatívnej úrovne žiackych vedomostí o druhovom názvosloví modelových organizmov lúčneho ekosystému sme použili metódu testu s voľnou tvorbou odpovede, pričom validita skúmaných kategórií bola testovaná v predchádzajúcim výskume (Kvasničák, 2013). Hodnota reliability použitého

merného nástroja bola aj v našom prípade dostatočne vysoká (Cronbachovo alfa = 0,7047). Úlohou žiakov bolo na základe zvoleného príkladu lúčneho hmyzu uviesť štyri typické druhy živočíchov žijúcich na lúke. Žiaci mali následne uviesť k druhovým názvom živočíchov zaujímavú informáciu o spôsobe života. Ako vzor pre uvedenie druhového názvu sme zvolili v tejto úlohe živočíchy, nakoľko sú oproti rastlinám u žiakov v mladšom školskom veku viac obľúbené (Patrick – Tunnicliffe, 2011). V rámci hodnotenia boli uvedené kategórie podľa správnosti rodového a druhového názvu živočícha a jeho bionómie skórované bipolárne (1/0) s možnosťou správnej (1) a nesprávnej odpovede (0). Podmienkou hodnotenia binomickej nomenklatúry živočíchov bolo odlišiť druhový názov od rodového názvu, ktorému bola pridelená polovičná hodnota bodov. Pri hodnotení sme evidovali aj neúplné a nepresné názvy živočíchov, ktoré sme do celkového hodnotenia nezapočítali.

Súčasťou analýzy výsledkov bolo vyhodnenie kvantitatívnej a kvalitatívnej úrovne vedomostí o názvosloví organizmov tetovaných osobitným testovacím hárkom s dostatočne vysokým koeficientom reliability (Cronbachovo alfa = 0,7801). V teste sme využívali otvorené otázky vyžadujúce stručnú odpoveď žiaka.

Predmetom skúmania (úloha č. 1) bolo doplnenie druhového názvu pre rodové názvy živočíchov (veverica, ďateľ, salamandra). Klasifikácia organizmu (salamandry) v zoologickom systéme (úloha č. 2) bola zastúpená aj dvojúrovňovým testom s možnosťou testovania hĺbky chápania poznatkovej štruktúry žiaka, pričom prvá úroveň bola zastúpená otázkou s výberom odpovede obsahovo zameranej na identifikáciu triedy zoologického systému stavovcov (obojživelníky, plazy, vtáky, cicavce). Druhá úroveň bola zastúpená s otázkou na odôvodnenie prvej úrovne s dôrazom na výber klasifikácie modelového organizmu - salamandry, ktorá v rámci miskoncepcí je u žiakov často nesprávne radená medzi plazy, s možnosťou správneho priradenia do triedy obojživelníky. Úlohou žiakov bolo v rámci živočíchov vymenovať tri príklady na chránené druhy plazov a chránené druhy cicavcov (úloha č. 3). V rámci rastlín mali žiaci uviesť tri druhy liečivých rastlín a tri druhy jedovatých rastlín (úloha č. 4). Kvantitatívna úroveň vedomostí bola zastúpená otázkou s voľnou tvorbou odpovede (úloha č. 5), obsahovo zameranej na tri reprezentatívne druhy rastlín lúčneho prostredia. Posledná úloha č. 6 bola zároveň obohatená o obrázkovú časť, ktorá má funkciu kognitívnu. Úlohou žiakov bolo správne použiť rodové meno listnej dreviny (obrys listovej čepele jednoduchého a zloženého listu), ale aj správne identifikovať daný list na obrázku (pagaštan, dub, buk).

Uvedenú procedúru absolvovali žiaci výskumných skupín pred odučením učiva (pre-test) a šesť dní po realizácii tradičného vyučovania (post-test), čo nám umožňovalo spoľahlivo porovnať úroveň osvojeného názvoslovia rastlín a živočíchov s ohľadom na ich bionómiu druhového názvoslovia v súlade s koncepciou špirálovitého osnovenia učiva v kontexte s ekosystémovým prístupom

prírodovedného vzdelávania preberaného na základných školách v súčasnosti (ISCED 2). Vplyv osobnosti učiteľa na získané poznatky žiakov o druhovom názvosloví rastlín a živočíchov sme eliminovali realizáciou triednej výučby viacerými pedagógmi spolupracujúcich pri overovaní obsahového štandardu predmetu biológia z pred (2004) a poreformného obdobia (2017) a následne v súčasnom školskom systéme 5. a 9. ročníka základných škôl situovaných v meste a na vidieku.

VÝSLEDKY

Analýza vedomostí o názvosloví organizmov pred školskou reformou a v súčasnosti

Predmetom výskumu bolo porvnať vedomosti žiakov o názvosloví organizmov v 9. ročníku ZŠ v predmete biológia (prírodopis) pred školskou reformou (2004) a v súčasnosti (2017). Analýzou žiackych vedomostí (Tab. 1) sme zistili vyššiu úspešnosť žiakov pri uvádzaní druhového názvoslovia organizmov pred školskou reformou (Priemer₂₀₀₄: 2,7980) ako v súčasnosti (Priemer₂₀₁₇: 1,2401), pričom zistené rozdiely boli štatisticky významné ($P < 0,001$). Vysoko signifikantný vplyv ($P < 0,001$) sa potvrdil aj pri porovnaní vedomostí medzi 5. a 9. ročníkom ZŠ, pričom žiaci 9. ročníka sú v priemere úspešnejší (12,4011) ako žiaci 5. ročníka ZŠ (8,4813). Vplyv lokalizácie školy v meste alebo na vidieku bol potvrdený u žiakov v prospech mestských základných škôl (5,521 vs. 4,601, $P < 0,001$).

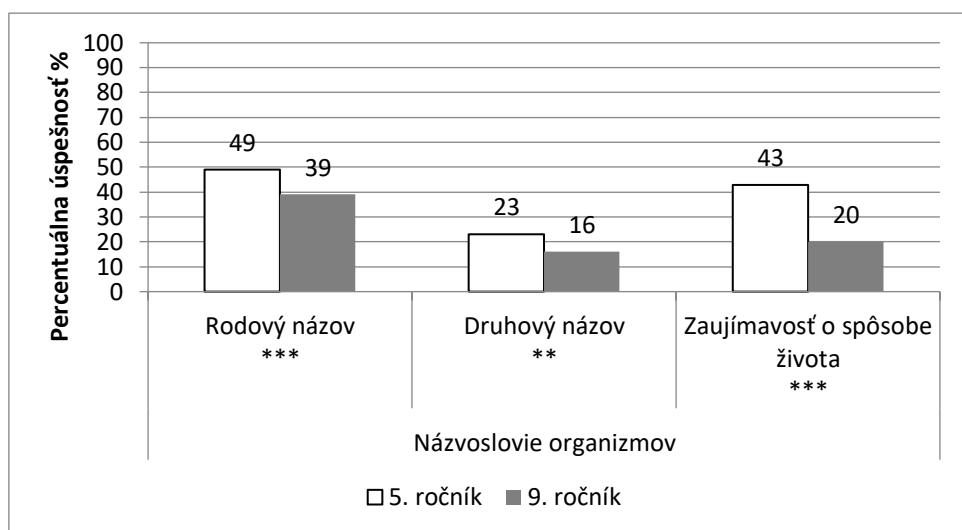
Tab. 1 Rozdiely vo vedomostiach o názvosloví organizmov medzi žiakmi 5. a 9. ročníka v súčasnosti (2017) a pred školskou reformou (2004) na ZŠ v meste a na vidieku (ANOVA)

Názvoslovie organizmov	Ročník / ZŠ	N	Priemer	F	d.f.	P
Cronbachovo alfa = 0,7047	9. ročník (2004)	263	2,7980	303, 6620	1	0,0001 ***
	9. ročník (2018)	192	1,2401			
Cronbachovo alfa = 0,7801	5. ročník (2018)	237	8,4813	28,0805	1	0,0001 ***
	9. ročník (2018)	192	12,4011			
Cronbachovo alfa = 0,7903	ZŠ mesto (2018)	208	5,521	14,2283	1	0,0002 ***
	ZŠ vidiek (2018)	241	4,601			

$P < 0,001***$

Názvoslovie organizmov lúčneho ekosystému

Cieľom skúmania bolo porovnať súčasnú úroveň poznatkov o názvosloví živočíchov lúčneho ekosystému (Obr. 1) v rámci 5. (Uhoreková et al. 2008) a 9. ročníka (Uhoreková – Bizubová, 2013) základných škôl. Zaujímavým zistením je, že žiaci 5. ročníka vykazovali vyššie vedomosti o rodovom názve živočícha (49 %) ako žiaci 9. ročníka (39 %). Podobne nízke vedomostné skóre boli potvrdené aj v rámci druhového názvoslovia organizmov, kde žiaci 5. ročníka (23 %) boli v priemere úspešnejší ako žiaci 9. ročníka (16 %). Zistené rozdiely boli vo všetkých skúmaných kategóriách názvoslovia organizmov štatisticky významné ($P < 0,01$). Signifikantný rozdiel ($P < 0,001$) bol potvrdený aj na úrovni uvedenia informácie o spôsobe života modelového druhu, kde žiaci 5. ročníka (43 %) vykazovali porovnatelne lepšie výsledky ako žiaci 9 ročníka (20 %).

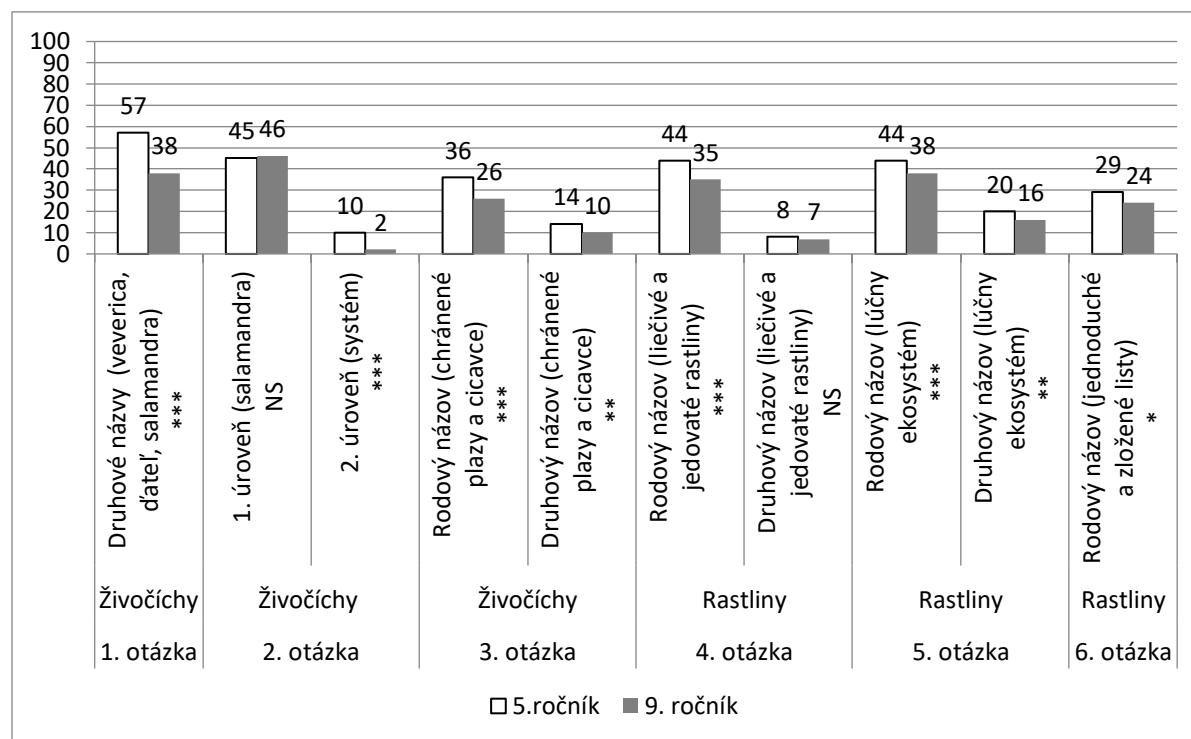


Obr. 1: Percentuálna úspešnosť názvoslovia organizmov žijúcich v lúčnom ekosystéme u žiakov 5. (biele stípce) a 9. ročníka (sivé stípce) ZŠ v šk. roku 2017/2018 (χ^2 – test 2x2), $P < 0,01^{**}$, $P < 0,001^{***}$

Identifikácia názvoslovia modelových druhov rastlín a živočíchov

Predmetom skúmania bolo porovnať vedomostnú úroveň osvojených poznatkov druhového (rodového) názvoslovia rastlín a živočíchov u žiakov 5. a 9. ročníka základných škôl v súčasnosti (ISCED 2). Porovnaním výsledkov (Obr. 2) sme zistili, že žiaci 5. ročníka sú v priemere úspešnejší ako žiaci 9. ročníka ZŠ. Štatisticky významné rozdiely ($P < 0,001$) sme zistili v otázke č. 1, zameranej na priradenie druhových názvov k rodovým názvom živočíchov lesného ekosystému (veverica, d'atel', salamandra), pričom žiaci 5. ročníka (57 %) boli v priemere úspešnejší ako žiaci 9. ročníka ZŠ (38 %). V otázke č. 2 (dvojúrovňový test) v rámci prvej úrovne testu zameranej na systematické zaradenie modelového organizmu salamandry do triedy obojživelníkov evidujeme podobnú percentuálnu úspešnosť u žiakov 5. aj 9. ročníka (45 % resp. 46 %) ZŠ, pričom štatisticky významné rozdiely sa nepotvrdili ($P > 0,05$).

V rámci druhej úrovne testu pri systematickom odôvodnení spomínaného živočícha evidujeme vyššie vedomostné skóre u žiakov 5. ročníka (10 %) oproti 9. ročníku (2 %), pričom zistené rozdiely boli vysoko signifikantné ($P < 0,001$). Štatisticky významné rozdiely sme zistili pri kategorizácii názvoslovia chránených druhov plazov a cicavcov (otázka č. 3), kde evidujeme vyššie vedomostné skóre pri rodovom názvosloví ako pri druhovom, pričom žiaci 5. ročníka (36 %) vykazujú vyššie vedomosti ako žiaci 9. ročníka (26 %). Podobne aj pri názvosloví jedovatých a liečivých rastlín (otázka č. 4) evidujeme vyššiu úspešnosť so signifikantným vplyvom ($P < 0,001$) pri rodovom názvosloví u žiakov 5. ročníka oproti 9. ročníku (44 % vs. 35 %). Naopak druhové názvoslovie rastlín je porovnatelne nízke u piatakov (8 %) ako aj u deviatakov (7 %), pričom štatisticky významné rozdiely neevidujeme ($P > 0,05$). Otázka č. 5 s výrazným signifikantným vplyvom ($P < 0,01$) charakterizuje modelové druhy rastlín lúčneho ekosystému, kde rodové názvy (5. ročník = 44 %, 9. ročník = 38 %) vykazujú vyššie vedomostné skóre ako druhové názvoslovie (5. ročník = 20 %, 9. ročník = 16 %). Aj pri otázke č. 6 v rámci určenia rodového názvoslovia rastlín pri listoch drevín evidujeme štatisticky významné rozdiely ($P < 0,05$), medzi 5. a 9. ročníkom, pričom piataci (29 %) dosahujú vyššie vedomostné skóre ako deviataci (24 %), aj keď na porovnatelne nízkej vedomostnej úrovni.



Obr. 2: Percentuálna úspešnosť determinácie druhového (rodového) názvoslovia rastlín a živočíchov žiakmi 5. (biele stĺpce) a 9. ročníka (sivé stĺpce) ZŠ v šk. roku 2017/2018 (χ^2 – test 2x2), $P > 0,05$ NS, $P < 0,05^*$, $P < 0,01^{**}$, $P < 0,001^{***}$

ZÁVER A ODPORÚČANIA PRE PEDAGOGICKÚ PRAX

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že úroveň žiackych vedomostí o druhovom názvosloví organizmov je porovnatne vyššia v období pred školskou reformou (2004/2005) ako v súčasnosti (2017/2018). Uvedené zistenia pravdepodobne súvisia s frekvenciou výskytu druhových názvov rastlín a živočíchov uvedených v učebniciach prírodopisu pre 5. a 6. ročník (Hantabálová a kol., 1997; 1999), oproti súčasne používaným učebniciam biológie v 5. a 6. ročníku ZŠ (Uhoreková a kol., 2008; 2009), kde rastliny a živočíchy sú preberané špirálovitým osnovením učiva vo viacerých ročníkoch, pričom ich druhové názvy sú často redukované len na rodové názvoslovie. Vo všeobecnosti môžeme konštatovať nižšiu úroveň osvojeného druhového názvoslovia živočíchov oproti rodovým názvom živočíchov, kde žiaci 5. ročníka determinujú rastliny a živočíchy žijúcich v lúčnom type prostredia s vyššou úspešnosťou ako žiaci 9. ročníka, pričom uvedené druhové názvoslovie je zobrazované s nižšou frekvenciou a je často nepresné, príp. neaktuálne. Nižšie vedomostné skóre druhového názvoslovia preberaných organizmov, pravdepodobne súvisí s koncepciou učiva o modelových druhoch rastlín aj živočíchov preberaných v učebniciach biológie v kontexte s prírodným prostredím. Vzhľadom na získané výsledky o názvosloví organizmov v súčasnom školskom systéme odporúčame v budúcnosti integrovať do klasickej výučby aj prvky neformálneho prírodovedného vzdelávania skúmajúce modelové druhy organizmov spolu s ekosystémom (Prokop et al. 2007; Kvasničák, 2013), čo potvrdzujú aj zahraničné štúdie (Randler, 2008). Alternatívou tradičnej výučby nielen vo vyšších ročníkoch ZŠ môže byť bádateľsky orientovaná výučba v školskom prostredí s využitím jednoduchých pokusov a pozorovaní živých prírodnín. Ako inšpirácia môže poslúžiť pozorovanie modelových druhov hmyzu žijúcich bežne vo vodnom, pôdnom, lúčnom a lesnom type prírodného prostredia (Kvasničák, 2016 a 2017), preberaných v súčasnosti na základných školách v súlade s obsahovým štandardom učiva biológie (ISCED 2).

POĎAKOVANIE

Podávanie za realizáciu komparatívneho výskumu patrí riaditeľom, učiteľom a žiakom základných škôl situovaných v meste Trnava, menovite: ZŠ Spartakovská, ZŠ Vančúrova, ZŠ A. Kubinu, ZŠ Bottova, ZŠ Slovenského učeného Tovarišstva, ZŠ Atómová a súčasne na vidieku trnavského kraja: ZŠ s MŠ Voderady, ZŠ s MŠ Križovany, ZŠ s MŠ Brestovany, ZŠ s MŠ Zavar, ZŠ s MŠ Bučany, ZŠ s MŠ Trakovice, ZŠ s MŠ Suchá nad Parnou, ZŠ s MŠ Jaslovské Bohunice a ZŠ s MŠ Kátlovce. Úprimná vďaka patrí aj prof. PaedDr. Pavlovi Prokopovi, DrSc. z Katedry environmentálnej ekológie Prif UK v Bratislave za pomoc pri štatistickom vyhodnotení získaných výsledkov. Podávanie vyslovujeme aj recenzentom za konštruktívne priponienky k predkladanému rukopisu článku.

LITERATÚRA

- Fančovičová, J. (2014). *Zvyšovanie záujmu žiakov o rastliny. Od teórie k praxi.* Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis, 2014.
- Hantabálová, I., Hroznárová, V. & Paldiová, V. (1997). *Prírodopis pre 5. ročník základných škôl:* Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava 1997.
- Hantabálová, I., Čumová, K., Galvánek, J. & Slobodník, V. (1999). *Prírodopis pre 6. ročník základných škôl:* Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava 1999.
- Hantabálová, I. & Uhereková, M. (2003). *Prírodopis pre 9. ročník základných škôl:* Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava 2003.
- Kattmann, U. (2001). Aquatics, Flyers and Terrestrials - students' conceptions of animal classification, *Journal of Biological Education*, 2001, 35(3), 141-147.
- Kvasničák, R. (2013). Krátkodobý vplyv skúsenostného vyučovania v teréne na vedomosti žiakov o ekosystéme. *Pedagogika*, 63(2), 198-219.
- Kvasničák, R. (2015). Aké sú v súčasnosti vedomosti a predstavy žiakov o rastlinách osvojených s využitím obrázkov, fotografií a herbárových položiek rastlín? *Acta Facultatis Pedagogicae Universitas Tyrnaviensis*, Ser. D., 2015, 19, 45-59.
- Kvasničák, R. (2016). *Metodická príručka pre učiteľov základných škôl a osemročných gymnázií so zameraním na skúmanie vybraných typov ekosystémov v prírodnom prostredí (1. časť: Vodný a pôdny ekosystém, 2. časť: Lúčny a lesný ekosystém).* Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2016a. Retrieved from: <http://pdf.truni.sk/veda-vyskum?e-kniznica#metodicke-prirucky>.
- Kvasničák, R. (2017). *Praktické cvičenia s vybranými zástupcami hmyzu v školskom a prírodnom prostredí ako inšpirácia pre bádateľsky orientované vyučovanie na základných školách.* Trnava : Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave, 2017. Retrieved from: <http://pdf.truni.sk/veda-vyskum?e-kniznica#metodicke-prirucky>.
- Kvasničák, R. & Kuklišová-Nemečkayová, K. (2012). Vplyv audiovizuálnej prezentácie učiva na postoje vedomosti a predstavy žiakov základných škôl o hmyze. In R. Dytrtová, B. Jordánová, & A. Sandanusová (Eds.), *Dynamika institucionálного vzdělávání v kontextu přípravy učitelů přírodotědných, zemědělských a příbuzných oborů* (pp. 19-24). Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Patrick, P. & Tunnicliffe, S., D. (2011). What Plants and Animals Do Early Childhood and Primary Students' Name? Where Do They See Them? *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 630-642.
- Patrick, P., Byrne, J., Tunnicliffe, D., S., Asunta, T., Carvalho, G., S., Havu-Nuutinen, S., Sigurjónsdóttir, H. - Óskarsdóttir, G. & Tracana, R.,B. (2013). Students (ages 6, 10, and 15 years) in six countries knowledge of animals. *Nordic Studies in Science Education*, 9(1), 18-32.

Prokop, P. & Rodák, R. (2009). Ability of Slovakian pupils to identify birds. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 5(2), 127-133.

Prokop, P., Tuncer, G. & Kvasničák, R. (2007). Short-Term Effects of Field Programme on Students' Knowledge and Attitude Toward Biology: a Slovak Experienc. *Journal of Science Education and Technology*, 2007 16(3) 247-255.

Randler, C. (2008). Teaching species identification—a prerequisite for learning biodiversity and understanding ecology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(3), 223-231.

Uhereková, M., Hantabálová, I., Trévaiová, I., Margálová, E., Piknová, Z. & Zvončeková, V. (2008). *Biológia pre 5. ročník základnej školy*. Expol Pedagogika s. r. o. Bratislava, 2008.

Uhereková, M., Hantabálová, I., Trévaiová, I., Margálová, E., Piknová, Z., Sitár, A. & Zvončeková, V. (2009). *Biológia pre 6. ročník základnej školy*. Expol Pedagogika s. r. o. Bratislava, 2009.

Uhereková, M. & Bizubová, M. (2013). *Biológia pre 8. ročník základnej školy a 3 ročník gymnázia s osemročným štúdiom (Geológia, Ekológia)*, SPN – Mladé letá, s.r.o., Prešov, 2013.

Kontaktná adresa

PaedDr. Radoslav Kvasničák, PhD.

Katedra biológie, Pedagogická fakulta Trnavskej Univerzity, Trnava, Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovenská republika

e-mail: radoslav.kvasnicak@truni.sk

Micro-teaching as a strategy of learning to teach from the perspective of novice teachers

Jiřina Rajsiglová, Kateřina Přibylová

Abstract

The paper presents, through a qualitative study led by semi-structured interviews with 13 novice teachers, an insight into how micro-teaching has helped as a training strategy of learning to teach. We conclude that teachers welcome micro-teaching, yet some of them criticized it especially for its distance from reality. Novice teachers who have appropriately coped with potential disagreements in the class perceive micro-education as a suitable practice for future real school practice. Those teachers who did not manage pupils' conflict situations perceived micro-education as a secondary matter and would welcome in the undergraduate training to strengthen the component of pedagogical practice.

Key words

Micro-teaching; university preparation; subject didactics; novice teachers

INTRODUCTION

There is a gradual change in the way of preparation at universities that educate future teachers along with the transformation of education at primary and secondary schools. The transmissive conception of teaching is slowly retreating to the constructivist conception, whose essence is the creation of one's own knowledge based on the reflection of experience. There are a number of strategies that support this way of learning, and in this paper we will focus on one of them - micro-teaching.

THEORETICAL OVERVIEW

The micro-teaching method can be found in the work of foreign authors as an effective methodology of university training of future teachers since the 1960s. It is a useful method that allows students to train teaching skills in a safe environment while not feeling the pressure on performance as in real life as well as to try the complexity of a teacher's role (Bakir, 2014). Thanks to micro-teaching, students are able to plan and realize their next learning lessons (Kpanja, 2001), provide feedback and work with it (Benton-Kupper, 2001) and, last but not least, reflect their own skills and hereby increase their own self-efficacy (Fernández & Robinson, 2006).

Universities preparing future teachers are paying different attention to the development of this skill. Teachers can learn more in further education courses (McDermott, Shaffer & Constantinou, 2000),

gain information from publications with methodical guides for teachers or from the internet (cf. e.g. Rajsiglová, 2017; Číháková, 2018; Janštová, Pavlasová, & Lindner, 2018).

To support the students before entering the real practice by means of video analysis, because analysing the recorded micro-teaching the students gain important feedback before their own practice. Using this method, students, future teachers, in pregradual preparation discover and analyse their strengths, including hidden ones, and can work on weaknesses that could play a significant role in teaching (Kolková, 2011).

At the same time, there has been a tendency to strengthen practical training through teaching practices or observations (MŠMT, 2017), which may make them more attractive to future teachers for their authenticity, that is for closeness to real practice (see Kolková, 2011; Hesson, 2016; Salazar Noguera & McCluskey, 2017). However, research by Švec (2006) suggests that only passive encounters with various situations are not enough for future teachers and they require their reflection in the context of professional background and theory.

In accordance with the foregoing, we subject the teaching method of micro-teaching to investigation and we examine through the perspective of novice teachers, to which extent this method used in university preparation is effective and beneficial at the beginning of real school practice.

RESEARCH PART

Importance and aims of research

The aims of our research were:

- To describe, how novice teachers perceive the impact of micro-education, which was implemented in biology didactics in their master degree study.
- In case of a negative attitude of individual teachers towards micro-teaching, to find out which form of university training could facilitate their beginnings in the real school practice after graduated.

Research methodology

In order to fulfil the set aims, we chose a method of qualitative research, which allows to obtain a lot of detailed information and to provide a comprehensive view of the issue. We used a semi-structured interview to collect detailed information from the novice teachers. The statements were recorded on a dictaphone with the consent of the respondents. The sound recordings were transcribed into text files and the data from these interviews were subsequently evaluated by the method of grounded theory.

As a part of the grounded theory method we firstly did open coding, where some meaning units have been assigned codes that were later grouped into categories.

Within axial coding, the categories were put into relationships that resulted in creating paradigmatic model, which graphically illustrates the relationships between categories, has been created. The basic analytical story that generally described the perception of micro-teaching in university training by novice teachers was drawn up in the last stage of the coding (Švaříček & Šedová, 2007).

Research sample

Because we chose the method of grounded theory, we had to adapt not only the data collection to it, but also research sample selection. According to this method, the research sample should be as varied much as possible in order to obtain enough data that could feed the resulting theory. Therefore, we tried to choose a sample of novice teachers as broad as possible and we established criteria for selecting these teachers.

The selection criteria were time spent teaching (from one to five years) and the condition of full completion of a Master's degree in biology and an additional field of study. Individual teachers were contacted by e-mail through their headmasters, some of them personally thanks to previous personal connections. Because of the data diversity, we tried to ensure that novice teachers come from different universities. That is why we addressed the heads of primary and secondary schools from five regions - Vysočina, South Bohemian, Plzeň, South Moravian and Prague region. The choice of regions was limited by our transport possibilities. We subsequently personally selected novice teachers coming also from our faculty. In total, we conducted interviews with twelve novice teachers. Anonymity was guaranteed through using pseudonyms for each of them.

Results of research

The way novice teachers perceived the meaning of micro-teaching for their initial practice depended on a large number of factors. In the following text we will put these factors, which were detected from the conversation of the novice teachers, into relationships and describe them in accordance with qualitative research; and we also depict them graphically in Fig. 1.

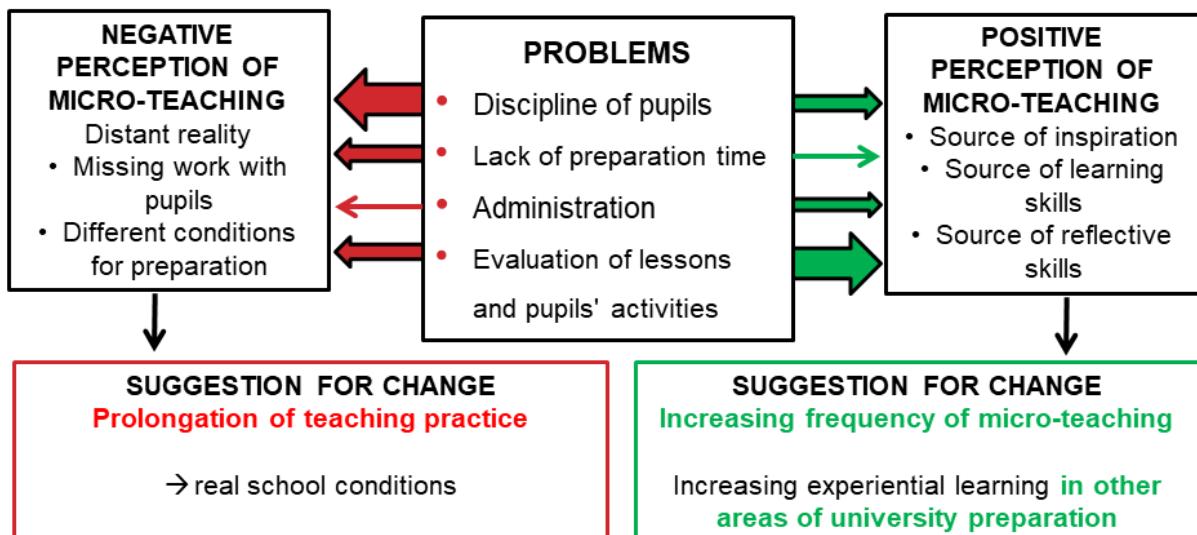


Fig. 1: Diagram illustrating the relationships between the factors that influence novice teachers' perception of micro-teaching in their university preparation, source: authors

Novice teachers started teaching with many expectations, which had been formed mainly through their university education and their own experience. In some cases, the novice teachers' expectations corresponded with school reality, however in other cases it did not. We can say that the latter group of teachers experienced a shock of reality or school teaching. All novice teachers mentioned more or less similar problems that they were aware of at the beginning of their career. The problems were related mainly to discipline pupils', lack of preparation time, coping with administrative duties and correct choice and evaluation of lessons and pupils' activities.

Types of problems the novice teachers considered more acute depended on the degree of fulfilment of their expectations and the possibility to moderate some problems through good support from the management or the teachers' team at the school. Novice teachers, whose expectations differed greatly from school reality, reported that they were shocked by the pupils' behaviour and by the lack of time for their lessons preparation. For these reasons, they identified mastery of discipline and time pressure as their greatest problems. Conversely, novice teachers who did not experience the shock of reality were more aware of the problems of correct choice and evaluation of lessons and pupils' activities.

Problems could be moderated but also enhanced by the quality of support at a given school. While problems related to the choice and evaluation of lessons and pupils' activities were moderated thanks to a colleague's informal help and or a lesson observation, more experienced colleagues failed to help novice teachers with disciplinary problems or time constraints.

Based on the above, we can see two novice teachers' views of micro-teaching. Novice teachers, who experienced a shock at school and whose biggest problem was pupils' discipline and a lack of preparation time, considered micro-teaching to be too far from reality, given that the training of teaching skills was quite different, to say in "laboratory" conditions. For these reasons, they suggested a higher number of teaching practice lessons in which not only the teaching skills but also the discipline-solving skills could be strengthened. Mainly the fact that discipline solving skills are not developed during most teaching practices due to their short-term nature could change with their prolongation or improvement of the conditions of implementation. Thus, these longer-term practices could both help reduce the gap between actual school practice and the expectations of future teachers.

In contrast, the second group of teachers, who considered the correct choice and evaluation of pupils' activities and lessons as their greatest difficulty, did not dislike micro-teaching, recognizing that this method was limited in the lack of time. However, they saw a great potential not only thanks to the ideas provided, but also through of the possibility of training instructional skills such as time management or clarity of instructions. Last but not least, they mentioned micro-teaching as a tool that taught beginners to think more about teaching and to use these reflective skills for further improvement. However, micro-teaching was not often implemented in the field of didactics, especially with older and more experienced teachers, and where it was, only a limited amount of training was registered. For these reasons, they wished to increase the frequency of such activation form of teaching. In addition, the novice teachers were also aware of the importance of situational learning outside the field didactics, which is confirmed by their further suggestions for introducing for instance video analysis and role play in the course of psychology.

DISCUSSION

It is evident from the research that novice teachers evaluate the micro-teaching strategy with two extreme perspectives, which are consistent with the studied literature. Teachers who perceive benefits of micro-education welcome, in accordance with Bakir (2014), the possibility to train a number of school situations in a safe environment, which is particularly reflected in the didactics subjects; furthermore, they positively evaluate feedback from their classmates and teachers or themselves, last in case of micro-learning is recorded and they can view it afterwards by themselves (see also Benton-Kupper, 2001; Kolková, 2011) and, last but not least, perceive this training as an opportunity to increase professional self-efficacy, which can also be seen in literature (Fernández & Robinson , 2006).

Novice teachers, who do not value micro-teaching as highly as the previous group, provide valuable feedback and recommendations for how they would like to strengthen this learning strategy and increase its effectiveness for their own needs. Since they were a group of teachers who did not manage relationship and disciplinary situations in their beginning, they called for practice of such micro-teaching situations that would reflect real school situations more closely. But they did not demand situations only in the areas of education, which were trained in didactics subjects. They demanded a socio-training to reflect the educational discipline situations they have already encountered in teaching practice. They would appreciate discussing such situations with teachers at university, especially in pedagogy and psychology courses, which is in line with the results of Švec's research (2006). At the same time, they would appreciate an increase in number of teaching practice lessons in order to strengthen professional self-efficacy and comprehensive training of possible real school situations. Experts are aware of these positive impacts of teaching practice and, therefore, in 2017 there was a change in requirements for curricula that prepare future teachers which resulted in increasing the amount of teaching practice (MŠMT, 2017).

CONCLUSION

In conclusion, as our research suggests, we would like to point out that frequent criticism of academic although practical university preparation may be a result of the shock that novice teachers experience after starting their teaching career. Given that the shock of reality arises from a mismatch of expectations and reality, the effort to mitigate its consequences may not only consist in changes at the level of university education, but could be aided, for instance, by quality support for novice teachers when they start teaching. However, with respect to the current situation, where the introduction of novice teachers is not defined in any way, responsibility remains at the moment at universities, which should be much more involved in future teacher's education.

One possible way to decrease of novice teachers' shock of reality is functionally integrate the academic component in university preparation through increasing the proportion of teaching practice and using micro-teaching based on experiential learning and self-reflection training. As a result, the skills acquired in this way could be better used and therefore more durable for teaching careers. Teachers involved in the research appealed to the inclusion of such subjects in undergraduate training that reflect real situations arose especially in the course of pedagogical practice; this could better prepare them for their future teaching profession.

Acknowledgement

The research was financially supported by the Charles University project UNCE/HUM/024 "Center of didactic research in natural sciences, mathematics and their interdisciplinary connections". The authors are grateful for this support.

LITERATURE

- Bakir, S. (2014). The effect of microteaching on the teaching skills of pre-service science teacher. *Journal of Baltic Science Education*, 13(6), 789–801.
- Benton-Kupper, J. (2001). The microteaching experience: Student perspectives. *Education*, 121(4), 830–835.
- Čiháková, K. (2018). Teaching skills for Inquiry Based Science Education. In M. Rusek & K. Vojíř (Ed.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI.*, Praha (pp. 163-171). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600020.
- Fernández, M. L., & Robinson, M. (2006). Prospective teachers' perspectives on microteaching lesson study. *Education*, 127(2), 203–215.
- Hesson, N. (2016). How Do Selected Novice Middle School Teachers from Various Certification Pathways Perceive the Effectiveness of Their Teacher Preparation? *Middle Grades Review*, 2(1), 1–14.
- Kolková, J. (2011) Využití videotréninku v profesní přípravě studentů učitelství biologie. In: D. Linhartová, L. Danielová & P. Máchal (Eds.), *ICOLLE 2011*. (pp. 117-124). Brno: Mendelova Univerzita v Brně.
- Kpanja, E. (2001). A study of the effects of video tape recording in microteaching training. *British Journal of Educational Technology*. 32(4), 483–486. Available from <https://doi.org/10.1111/1467-8535.00215>
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S., & Constantinou, C. P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, 35(6), 411.
- MŠMT. (2017). *Rámcové požadavky na studijní programy, jejichž absolvováním se získává odborná kvalifikace k výkonu regulovaných povolání pedagogických pracovníků*. Available from: http://www.msmt.cz/file/44244_1_1/ [cit. 22. 11. 2019]
- Pavlasová, L., Janštová, V. & Lindner, M. (2018). Skills of pre-service biology teachers to solve an inquiry-based task. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-based Education in Science Education: empirical texts XV.* (pp. 74-82). Prague, Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900008.
- Rajsiglová, J. (2017). Alternative Energy Sources – School Project in Chemistry Lesson. In M. Rusek, D. Stárková, I. B. Metelková (Eds.), *Project-based Education in Science Education XIV.*, (pp. 99-105). Prague, Charles University, Faculty of Education. WOS:000405467100011.

Salazar Noguera, J., & McCluskey, K. (2017). A case study of early career secondary teachers' perceptions of their preparedness for teaching: lessons from Australia and Spain. *Teacher Development*, 21(1), 101–117.

Švaříček, R., & Šeďová, K. (2007). *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál.

Švec, V. (2006). Od znalostí k pedagogické kondici: nový vhled do pedagogické přípravy studentů učitelství? *Pedagogika*, 56(1), 91–102.

Contact addresses

RNDr. Jiřina Rajsiglová, Ph.D.¹, Mgr. Kateřina Přibylková²

¹Department of Education and Didactics of Biology, Faculty of Science, Charles University, Viničná 7, 128 43 Praha 2

²VOŠ, SOŠP a Gymnázium, Evropská 33, 160 00 Praha 6

e-mail: jirina.rajsiglova@natur.cuni.cz, pribylk3@gmail.com

Group work as a part of project-based learning: difficulties perceived by pupils

Jiřina Rajsiglová, Barbora Škarková

Abstract

Group work is one of the teaching organizational forms used in school practice and is an integral part of project-based learning. In this article we present the difficulties of group work perceived by pupils, which were revealed in research on project based learning and its implementation in school practice. A semi-structured interview was chosen as a research method. The survey was attended by 50 pupils from 3 regions of the Czech Republic. Difficulties during group work, that pupils accented, were e.g. unequal workload of group members, disciplinary problems, giving work as a homework instead of solving them at school. The paper presents possibilities of elimination of these shortcomings.

Key words

Project-based learning; group work; secondary school pupils; semi-structured interview; social aspects of learning

INTRODUCTION

We are confronted with the term project almost daily from many different sources; it seems that this word is currently overused. In connection with this, great attention is also paid to school projects and concept of project-based learning (PBL). As Rusek and Dlábola (2013) recall, it should be pointed out that the concept of PBL is in fact questionable in schools, since many schools implement it methodically incorrectly and use only the name project teaching as a sign for something that is not a project.

In most schools, PBL is understood as "something" associated with real life. That is why teachers often name group work, trips, excursions, various activation methods or workshops as PBL (Kašová, 2013; Rajsiglová & Škarková, 2019).

Hanney and Savin-Baden (2013) explain the problematic definition of project teaching, mainly because the term project is far-reaching and truly broad, meaning different things in different sectors of human activity. Thus, many teachers refer to project teaching as having either little or nothing to do with it (Kašová, 2013; Tretten & Zachariou, 1997).

However, PBL must adhere to certain principles, most often not following the cross-curricular nature of PBL, as well as the initiative of pupils, as many projects are planned by the teachers themselves and

the pupils only perform the assigned tasks. Often there is a lack of a real outcome of project teaching, which is supposed to have an impact on pupils' lives (Thomas, 2000).

Through the Framework educational program (FEP, 2007), schools were obliged to include, among other things, activation methods and forms of teaching, which we can include, for example in accordance with Kolková (2012), as well as PBL.

It is clear from the literature that teachers were not sufficiently familiar with the overall concept and methodology of project teaching (cf. eg. Hanney & Savin-Baden, 2013; Pawson, Fournier, Haigh, Muniz, Trafford & Vajoczki, 2006; Rusek & Becker, 2011; Rusek & Dlabola, 2013), so it is understandable that various larger or smaller school activities are referred to as project teaching, although they have little to do with it.

In our research, we did not analyze the reasons why teachers could not lead PBL in line with PBL principles, but we focused on pupil statements and their perception of PBL in relation to group work taking place within PBL.

THEORETICAL BACKGROUND

PBL was based on criticism of the Herbart school, the basic model of teaching in America and Europe, which was applied at the turn of the 17th - 18th centuries. The critique of the Herbart school at the beginning of the 20th century stems from its immense rigidity, from the separation of curriculum from everyday life and experience, or from the absence of activity by the pupil. At that time, pedocentrism has come to the fore. The idea that pupils' interests and own experiences should also be applied at school, as technical skills are no more important than creativity. Teaching should be not only systematic, but also in accordance with the psychology of pupils. The main representative of this idea was John Dewey (Ulrich, 2016).

Kilpatrick (1918), Dewey's pupil, sees the main purpose of the project in freedom of action, not in dictation by the teacher. If this purpose disappears, the project is no longer a project, but becomes a mere task. Pupils' motivation is thus an essential feature of project teaching and the projects should have 4 phases: intent, planning, execution and evaluation. The aim of PBL is to be based on the pupils' interests; the teacher only works as a guide. When evaluating, pupils themselves evaluate how they managed to achieve the set goal. Ideally, all four phases were initiated and completed by the pupils themselves, not the teacher. When pupils can act freely, they can learn their own independence, trust their own judgment, and learn to act.

The prerequisite for project teaching is group work. Properly realized project teaching is about solving complex problems that require cooperation and group effort. However, many studies have come to

light that group work is a very common stumbling block in PBL. One important factor that makes group work difficult may be that pupils in a group are reluctant to openly assess the work of their classmates because of the group's harmony (Du, Su, & Liu, 2013). Another problem is disregarding cooperation because of focusing on one's own individual success (Pawson, Fournier, Haigh, Muniz, Trafford, & Vajoczki, 2006). Of course, pupils often do not avoid major or minor conflicts in group work, so conflicts were also cited as a difficulties of group work (Mills & Treagust, 2003).

The aim of our research was therefore to analyze how the monitored pupils perceive the work within the group within the PBL and then to find out whether the pupils themselves make certain recommendations as to how they would work better in the group during the PBL.

RESEARCH METHODOLOGY AND ITS APPLICATION

In our paper, we present qualitative research. A semi-structured interview was chosen as a research method that combines the advantages and minimizes the disadvantages of both extreme forms of the interview, i.e. unstructured and structured. The semi-structured interview method was selected for personal contact with the respondents and thus the possibility of obtaining authentic answers with the possibility of next asking if necessary.

For the purpose of answering our research questions, open coding of the semi-structured interviews was first carried out, whereby the meaning units of the text were assigned codes, which were then grouped into categories; these have been correlated within axial coding to create a paradigmatic model linking the relationships between categories. In the final coding phase, a basic analytical story was written describing the group work in PBL in general (see below for details).

Description of the research

The research was carried out in two steps. First, we created a set of broadly defined questions in relation to research questions such as: What do the PBL lessons look like? How does group work with PBL work? What do you like / perceive as problematic in such work? etc., which was also guided by the processing literature dealing with PBL (see especially Pawson et al., 2006; Hanney & Savin-Baden, 2013; Rusek & Dlabač, 2013), which were used for interviews. After interviews were realized open and axial coding of transcribed texts.

Research sample of respondents

The first step was to select suitable respondents - pupils whose teachers declare that they are carrying out project teaching in biology lessons. The selection of teachers was made by browsing the websites of Prague and the Central Bohemia Region grammar schools and looking for a reference to project

teaching in science subjects. When we found this information, we addressed an email either the headmaster of the grammar school he / she recommend a teacher who realize a PBL in biology lessons or the biology teacher directly, if it was mentioned that he / she implements the PBL in his /her lessons. During the evaluation and further data collection, we decided, in accordance with theoretical sampling, to obtain data not only from the Central Bohemia Region and Prague, but also from other regions of the Czech Republic, namely the Ústí nad Labem Region and the Vysočina Region with regard to the authors' range.

According to the above methodology, 13 grammar schools were addressed, of which 6 were involved in the research, only these schools agreed to involve pupils in interviews. First, interviews were conducted with pupils of the upper secondary school. Subsequently, the pupils of the lower secondary school were included in the research to illustrate the problems of working in groups during PBL and to find out possible differences between younger and older pupils.

A total of 50 pupils participated in the research. The number of pupils in the lower-secondary school was 23 (13 girls). The number of pupils from the upper-secondary school was 27 (16 girls). They were pupils of six selected grammar schools in three regions of the Czech Republic.

The conversations were recorded on the recorder with the consent of the interviewees. Each pupil was given a pseudonym in order to maintain the anonymity of the respondents. The interviews with the pupils took place in groups at the attended school, with the group size being max. of 5 pupils.

RESEARCH RESULTS

Based on the analysis of interviews with pupils, a scheme has been created in which the relationships between categories decoded by qualitative analysis are shown, see Fig.1. The following is a description of the relationships between the different categories of the scheme in the text below. This brought insight into the issues and crystallized in common characteristics of group work perception during PBL between older and younger pupils.

Commentary of results - analytical research story

How each category we relate to each other is illustrated by the following analytical commentary.

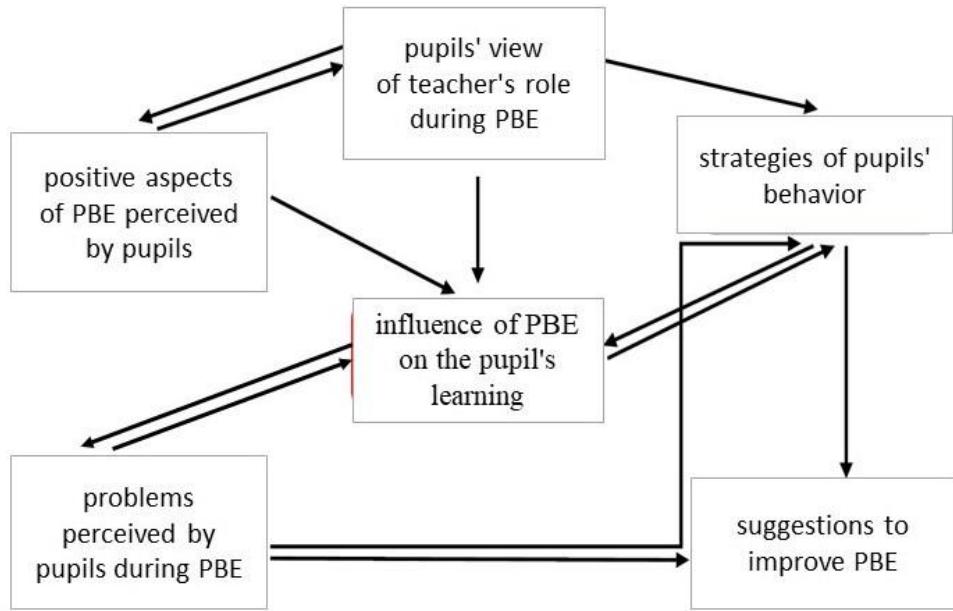


Fig. 1 The relationships between categories decoded by qualitative analysis

The influence of PBL on the pupil's learning is a central category, *phenomena*, of the scheme because, we notice a trend in pupils' testimonies that shows that pupils are aware that they can learn a lot through PBL, even in a fun way. However, as will be mentioned below, the depth of learning during PBL is determined by the degree to which pupils perceive problems in PBL and whether or not they are solved.

The impact of PBL is also influenced by **the perceived positive aspects of PBL** (*causal conditions*), which are of different levels, and relates in particular to the organizational structure within or outside the classroom. This is one of the reasons why pupils consider PBL to be a pleasant variegation and a supplement to normal lessons: "It's fun and better than sitting in the class."

The role of the teacher enters into project teaching in several phases and in several circumstances, and therefore takes the role of context in our scheme. Pupils identify the role of teacher as essential to the learning process itself, often turning to him / her to make sure that they are working properly. Pupils also perceive teacher as project evaluator after the project has been completed. Pupils are positive if they know in advance what and how it will be evaluated: "In biology there are evaluation categories where it is evaluated by points and those evaluation criteria are strictly given. I know exactly what I get the highest point value for, and it seems good to me that we are well informed."

Pupils assess how PBL affects pupils' learning according to what **problems they perceive during PBL**. Within this category, sub-aspects that may affect the depth of the pupils' learning were uncovered. Pupils negatively evaluate when the topic of PBL is not connected with their interest. If the topic is not in line with their interest, then their activity during the PBL is lower than it would be if they were

interested in the topic. In addition to the uninteresting topic, pupils describe as PBL problem when the tasks that are part of working in a group during PBL must be solved as a homework. All interviewed pupils emphasized as undesirable if the members of group work unevenly. We consider the latter to be an essential feature of this category, as it has been recorded across all groups of interviewed pupils. As a result, discipline problems were also partially generated. Here are a few claims of the pupils that prove it: "The team sometimes doesn't do a good job, and if only one or two people work in a team of four, it doesn't make you happy." "It depends what kind of people you meet, but when you are in a group where others don't work, it's hard enough, and I don't know if it's beneficial to the person who makes the most of it. But when we are in a group where people work together, it's definitely beneficial."

With regard to the latter, pupils choose different negotiation strategies (*strategy of action and interaction*) and, with regard to the strategy, propose certain aspects that would improve PBL, which would also have an impact on **improving their learning process** (*consequences*).

As shown in Tab. 1, lower and upper grammar school pupils agree with the assertions that should ensure (and should be taken into account by the teachers) smooth workflow in groups during PBL.

Tab. 1 Suggestions of pupils for smooth work within group, source: Rajsiglová and Škarková.

lower secondary school pupils recommendations	upper secondary school pupils recommendations
We appreciate it when the PBL topic is interesting and we can participate on the topic.	
In the case of a school-wide project, we welcome cooperation between pupils across grades.	
All members of the group work evenly.	
We enjoy when we can learn something in a fun way with group of classmates.	
We do not like it if the disputes in the group are not resolved.	
It is good if the teacher asks how we worked and if we were able to reach an agreement.	We prefer it when the group work is done within the lesson of the project at school, not like a homework.

DISCUSSION

Based on the results of our research, we have found that pupils sensitively perceive inconsistency in group work during PBL. This is in line with Mills and Treagust (2003), however group dispute resolution can be beneficial for pupils' future lives, provided that teachers reflect the situation appropriately; this can be considered a prevention of how to prevent similar conflicts in future group work (not only) during PBL. We found that group work is unlikely to be in line with all of the principles of PBL, as the pupils of both upper and lower grades of grammar schools often referred among perceived drawbacks of PBL following: they complained about the uneven workload of group members, or the disciplinary problems of classmates that disturb them in learning. Properly realized project teaching is about solving complex problems that require cooperation and group effort (Kolková, 2013; Rajsiglová

& Škarková, 2019). In connection with the perceived disadvantages of project learning concerning group work, it is therefore possible that teachers did not provide proper support to pupils in project learning. In group work, as stated by Chin & Chia (2004), the teacher must strive for the pupils to act as a team in the group, to cooperate and not to rely on the pupils' 'somehow' solving their problems themselves.

We are confident that it is necessary for the teacher to train the pupils so that the group work shows elements of active and shared cooperation and can serve well in the project teaching as a support for quality work, where all group members are responsible for the resulting product of work. This is also reflected in the personal and social aspects of group work and these aspects of group work are necessary to train in a safe school environment (cf. e.g. Chin & Chia, 2004; Du, Su & Liu, 2013; Kolková, 2012; Mills & Treagust, 2003).

CONCLUSION

There are many publications dealing with effectiveness of PBL, nevertheless the success of this method in school practice largely depends on the ability of pupils to work in groups. Therefore, the skills of pupils to work in groups are considered very important. Difficulties during the group work, that pupils accented in our research, were especially unequal workload of group members, disciplinary problems, giving work as a homework instead of solving them at school etc. By training appropriate behavior within group learning, the teacher can help develop the social aspects of learning and the smooth running of group learning and subsequently also project based learning. It is also in line with the requirements of curricular documents, which is reflected in the requirements of developing key competencies and integrating social aspects of learning into education.

LITERATURE

- Chin, C., & Chia, L. G. (2004). Implementing project work in biology through problem-based learning. *Journal of Biological Education*, 38(2), 69-75.
- Du, X., Su, L., & Liu, J. (2013). Developing sustainability curricula using the PBL method in a Chinese context. *Journal of Cleaner Production*, 61, 80-88.
- FEP (2007). *Framework Education Programme for Secondary General Education (Grammar Schools)*. Prague, VÚP.
- Hanney, R., & Savin-Baden, M. (2013). The problem of projects: understanding the theoretical underpinnings of project-led PBL. *London Review of Education*, 11(1), 7-19.

Kašová, J. (2013). *Magické slovo projekt. Metodický portál: Články* [online]. 2013 [cit. 2018-04-13]. Available from: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/17853/MAGICKE-SLOVO>
PROJEKT.html%3E.%20ISSN%201802-4785./

Kilpatrick, W. H. (1918). *The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Education Process. Teachers College Record, 19*, 319-335. [online]. 1996 [cit. 2018-11-23]. available from URL: <https://archive.org/details/projectmethodus00kilpg0og/page/n4>

Kolková, J. (2012). Aktivizační metody a formy ve výuce přírodovědných předmětů. (dissertation thesis), Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta.

Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer. *Australasian Journal of engineering education, 3*(2), 2-16.

Pawson, E., Fournier, E., Haigh, M., Muniz, O., Trafford, J., & Vajoczki, S. (2006). Problem-based learning in geography: Towards a critical assessment of its purposes, benefits and risks. *Journal of Geography in Higher Education, 30*(1), 103-116.

Rajsiglová, J. & Škarková, B. (2019). *Project based learning, its realization and influence on pupil's learning*. [online 26. 03. 2019] available from URL: <https://conference.pixel-online.net/NPSE/files/npse/ed0008/FP/5552-EST3758-FP-NPSE8.pdf>

Rusek, M., & Becker, N. (2011). "Projectivity" of Projects and Ways of its Achievement. In M. Rusek (Ed.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields IX*. (pp. 12-23). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000343674000001.

Rusek, M., & Dlabač, Z. (2013). What is and what is not a project? In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields X*. (s. 14-19): Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900002.

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: Autodesk Foundation.

Tretten, R., & Zachariou, P. (1997). *Learning about project-based learning: Assessment of project-based learning in Tinkertech schools*. San Rafael, CA: The Autodesk Foundation, 37.

Ulrich, C. (2016). John Dewey and the project-based learning: landmarks for nowadays Romanian education. *Journal of Educational Sciences and Psychology, 54*-60.

Contact addresses

RNDr. Jiřina Rajsiglová, Ph.D., Mgr. Barbora Škarková

Department of Education and Didactics of Biology, Faculty of Science, Charles University
Viničná 7, 128 43 Prague 2, Czech Republic

e-mail: jirina.rajsiglova@natur.cuni.cz, baraskarkova@seznam.cz

Interactive quiz games in chemistry as an active teaching method for lower-secondary students

Timur Sadykov, Hana Čtrnáctová

Abstract

The goal is to present created and tested interactive quiz games for lower secondary schools based on the characteristics of interactive ICT-supported education. The use of ICT allows teachers to create interactive quiz games in various programs such as Microsoft PowerPoint or Learning apps, Kahoot. The first verification in Kazakhstan showed that more than 75 % of students enjoy working with quiz games and this positively affects their opinions towards the subject. In the next part, therefore, we will focus on verification of the use of interactive quiz games in the Czech Republic.

Key words

Quiz game; ICT enhanced teaching and learning; secondary school; chemistry; student interest

INTRODUCTION

The upcoming generation of children has grown up playing games on consoles, mobile phones, computers (including laptops and notebooks), tablets and other mobile digital devices; these are a part of everyday life for young people. They have developed a different set of attitudes, which may have created a disconnection between their expectations and the learning environment found in classrooms (Oblinger, 2004, p. 2). Educational games are good for learning. This is a general declaration that may be challenged by some educators, but the beneficial effects of games on learning cannot be denied. Perhaps it is best to say that different types of games may be better suited for different learning goals than others, so the secret is to find the right educational games (Shaffer et al., 2008; Kurt et al., 2004). Cordova and Lepper (1996) found that providing concrete contextualization for games significantly enhanced student motivation and learning outcomes as well as made them more deeply involved in the activities. Virvou et al. (2005) in their research found that interactive games could improve the performance of students who suffer from academic difficulties. Their study proved the idea that most children and teenagers prefer games-based teaching rather than the traditional way based on chalk and board. Kebritchi et al. (2010) found a significant improvement in mathematic achievement in students who worked with interactive and computer games.

Nowadays, scientists from the Faculty of Chemistry, Karaganda State University study interactive teaching methods including interactive games, which could increase the motivation and involvement

of participants in the process of solving a problem (Sadykov, 2015). There have been few studies in this field in Kazakhstan, and most of the studies have focused on the implementation of interactive games. Since the implementation of interactive games in Kazakh schools, there have been no studies that explore how teachers use these tools in transmitting knowledge to the students and the impact that the use of interactive games has brought to schools (Sadykov, 2016).

WHY SHOULD WE USE INTERACTIVE GAMES IN CHEMISTRY?

Despite the increasing number of teachers using interactive games in the classroom, only a few fully understand the educational potential of interactive games. The reason may be that they are unaware of or unfamiliar with games that provide situated learning experiences and foster 21st-century skills (Yun-Jo & Li, 2017, p. 162). The interactive game provides an interesting approach to active learning, as they merge the building of knowledge with playful activities intensified by cheerful competition (Zelinová, 2007, p. 65). A central issue in chemistry education is the relation between the real world and the world of molecules. Many students studying the periodical tables in chemistry have difficulties in recalling an element's position in the periodic table and connecting the elements to their physical and chemical properties (Weiss et al., 2002, p. 470). The research (Bílek & Nodzyńska et al., 2018) showed that the use of computer simulation allowed children aged 8-12 to understand the ideas of balancing chemical equations. It is possible to teach children how to balance equations of chemical reactions (without a chemical context). This allows the introduction of balancing chemical reactions at lower levels of education (e.g. on math lessons). Students would better understand chemistry and use their understanding of difficult chemistry concepts if they were able to make deeper connections between concepts and reality. Educators ought to make science education more valuable and pertinent for a large and more diverse population (Wu et al., 2001, p. 830).

There are some examples of interactive games for chemistry teaching at ISCED 2 level:

- Concentration (Nowosielski, 2007) is a set of multiple games that have been developed to teach concepts related to the periodic table.
- Elements (Alexander et al., 2008) is a card matching game in which two to four players have to match cards with the names of elements to cards with their symbols.
- ChemPoker (Kavak, 2012) is a modification of the standard 52-card poker deck based on periodic trends such as group and period of the periodic table.
- Cheminoes (Moreno et al., 2014) adapted traditional dominoes to teach the relationship between valence and atomic number for the first 36 elements in the periodic table.

INTERACTIVE QUIZ GAME AS A METHOD OF ACTIVE LEARNING

Interactive quiz games are especially good at improving strategic thinking. The quiz is a way of playing; however, students have to think of a smart strategy in order to win this kind of game. Competitiveness acts as an extra motivation factor, which makes the process of playing more engaging and fun at the same time. The quiz games can teach, reinforce knowledge, and act as a memorizing tool in many fields of chemistry (Capps, 2008, Angelin & Ramstrom, 2010).

The use of ICT allows the teacher to create interactive games in various programs such as Learningapps.org, for example, the Kahoot game-based system. The students are allowed to use their own devices and the teachers are also able to see the students' results on their device (Sadykov & Čtrnáctová, 2019). This is referred to as the Bring Your Own Device (BYOD) or Bring Your Own Technology (BYOT) models. Milrad and Spikol (2007) report the results of on-going activities regarding the use of smartphones and mobile services in university classrooms. The purpose of their trials was to explore and identify what content and services could be delivered to the smartphones in order to support learning and communication in the context of university studies. Students generally perceived the services as useful to learning.

We would like to show two created of interactive quiz games for chemistry teaching at ISCED 2 level.

Kahoot

Chaiyo and Nokham (2017) concluded that Kahoot improves the students' level of interactivity, which helps them to be active in class and learn collaboratively, increasing their engagement in the learning process. Kahoot has become increasingly popular in a variety of settings, ranging from primary school to bar quizzes, and it has been found to be engaging and motivational, thus able to promote learning (Stige, 2017). In Poland, for example, Kahoot was introduced as a permanent element of teaching students - as a tool for collecting students' opinions, researching their initial knowledge, quick tests or even final exams (Nodzyńska & Cieśla, 2018).

Kahoot is a game-based learning platform used in classrooms. It can be used with any subject, any age, and any device equipped with either cell signal or internet - and players do not even need to register for an account (Fig.1). This game also provides a tool for creating quizzes, including adding pictures and videos to the questions. It also allows to publish and share your own quizzes, and edit quizzes made by others. An example of Kahoot game on the topic "Oxygen": <http://bit.ly/2kf3faY>.



Fig. 1 How to play Kahoot (Sadykov & Čtrnáctová, 2018)

Who wants to be a millionaire?

According to research (Cochran, 2001), the game “Who wants to be a millionaire” has been demonstrated to keep students engaged, and to provide exposure and reinforcement of course topics. We currently use the computer version of “Who wants to be a millionaire” which was created on the service learningapps.org. During this game, students do not have to wait for the whole class to answer a question before they continue to the next one, while the teacher determines Kahoot’s pace. Moreover, the class can stop and discuss after each question. The questions are presented as a sequence of six increasingly difficult multiple-choice questions with four choices of which exactly one is correct. The points are increased with every correctly answered question, starting from 500, approximately doubling every round, and finally reaching 1,000,000. If they answer the question incorrectly, the participants are eliminated. If they answer correctly, they can continue the game.

An example of an interactive quiz game on the topic “Non-metals”

(<https://learningapps.org/watch?%20v=pmjr042sk19>) shows Fig.2.

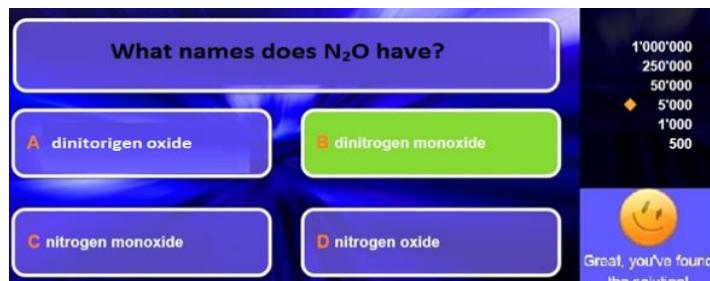


Fig. 2 The game who wants to be a millionaire.

RESEARCH METHODOLOGY

General Background

The research was carried out in December 2018 at specialized information technologies school in Karaganda (Kazakhstan). The main objective of the educational program of the school is the development of individual, creative and research abilities of students during active study of the use of information and communication technologies. According to the types of school, we created one Kahoot game with twelve questions and two versions of the “Who wants to be a millionaire” game with six questions each. The first game lasts for fifteen minutes, while the millionaire games are ten minutes apiece.

Sample

The sample included four classes: 8 “C” – 6 female adolescents and 7 male adolescents; 8 “D” – 5 female adolescents and 7 male adolescents; 9 “C” – 4 female adolescent and 9 male adolescents; 9 “D” – 5 female adolescents and 9 male adolescents. There were 52 respondents in total (20 female adolescents and 32 male adolescents), which entailed a total of 1 hour of experimental action per student. Their age ranged from 13 to 15 years old.

Data Analysis

We have created a questionnaire to measure the students' enjoyment and perceived learning based on two interactive games. The questionnaire used in this research consisted of four questions. It used a three-point Likert scale from agree (1) to neutral (2), to disagree (3), which was selected as being the most appropriate to measure participants' opinions.

RESULTS

The results of the analysis of the questionnaires are presented in the form of figures. Q1- Q2 shows the results from questionnaires for statements related to enjoyment (fig 3).

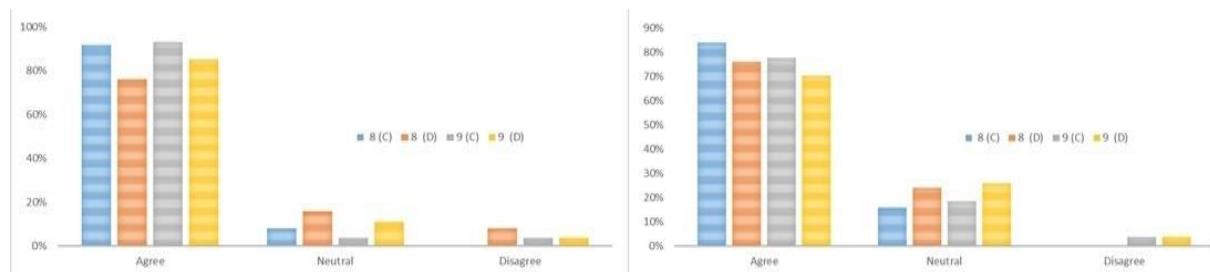


Fig. 3 The students' answers to questions 1: “Do you Think that interactive quiz games are more interesting than traditional lesson?” and 2: “Would you like if interactive quiz games like this could be carried out more often?”

There was no significant difference between the four groups regarding answers. It is interesting to note that more than 73 % of the students believe that interactive quiz games are more interesting than traditional lessons and would like them carried out more often, while less than (25%) say they are “neutral” in this area. Only 4 % of 9th-grade students rate themselves as “disagree”, while none of the 8th-grade students chose this option.

Q3- Q4 shows the results from questionnaires for statements related to perceived learning (fig 4).

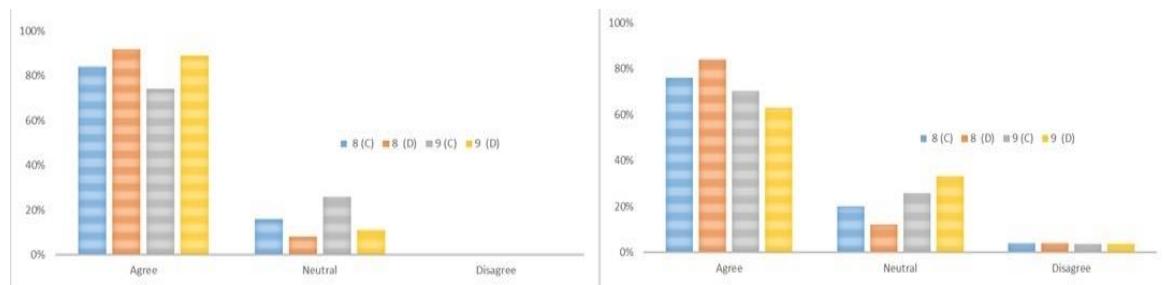


Fig. 4 The students' answers to questions 3: “Were you interested in solving the quiz games using a mobile phone or a tablet?” and 4: “Does the Kahoot Who wants to be a millionaire game help me to check my knowledge?”

It can be seen from figure 4 that more than three-quarters of students (76%) like using a mobile phone or tablet while solving quiz games and believe that quiz games such as “Kahoot” and “Who wants to be a millionaire” help them to check their knowledge. Approximately one in five students (20%) say that they are “neutral” in this area. Moreover, there were significant differences between the four groups regarding the “neutral” answer; for example, twice as many 9th-grade students chose this option compared to 8th-grade students.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The literature review of previous studies showed that gamification used for assessment purposes improved achievement and engagement. The study of Fotaris et al. (2016) determined the impact of gamification applications (Kahoot, Who wants to be a Millionaire and Code Academy). The collected data indicated a positive effect on students' motivation, retention, and performance. Göksüna and Gürsoy (2019) concluded that online assessment tools (Kahoot and Quizzes) developed students' grammar knowledge and the students desired to specialize in the content of online tools.

In this study, we developed and adapted interactive quiz games for lower secondary schools. This study was limited by relatively small sample size; however, the findings have important implications for teacher professional development and educational game design. This result suggests that interactive quiz games supports learning and increases student enjoyment. The games offer an inquiry environment, development of imagination and creativity, and creation of winning strategies and

tactics. We think that one way to address this challenge is to involve teachers in the game design process. Collaboration among teachers, researchers, and game developers would lead to the creation of effective interactive games that can be used by teachers in schools. Moreover, we believe that the combination of mobile phones and tablets allows multiple students to perform the activities at the same time, and this encouraged them to interact with each other.

Gradually, new interactive quiz games will be created for most of the chemistry subject themes for lower secondary schools. In the next part, therefore, we will focus on verification of the use of interactive quiz games in other schools in both Kazakhstan and the Czech Republic.

LITERATURE

Alexander, S., Sevcik, R., Hicks, O., & Schultz, L. (2008). Elements: A Card Game of Chemical Names and Symbols. *Journal of Chemical Education*, 85(1), 514-515.

Angelin, M., & Ramstrom, O. (2010). Where's Ester: a game that seeks the structures hiding behind the trivial names. *Journal of Chemical Education*, 87(4), 406–407.

Bílek, M., Nodzyńska, M., Kopek-Putała, W., & Zimak-Piekarczyk, P. (2018). Balancing chemical equations using sandwich making computer simulation games as a supporting teaching method. *Problems of Education in the 21st Century*, 76(6), 779-799.

Capps, K. (2008). Chemistry Taboo: An Active Learning Game for the General Chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 85(2), 518-519.

Chaiyo, Y., & Nokham, R. (2017). The effect of Kapoor, Quizizz and Google forms on the student's perception in the classrooms response system. *International Conference on Digital Arts, Media and Technology*. Proceedings of the 9th Conference of the Chiang Mai (pp. 178-182). Chiang Mai, Thailand.

Williams, J., & Seary, K. (2010). Bridging the divide: Scaffolding the learning experiences of the mature age student. In J. Terrell (Ed.), *Making the links: Learning, teaching and high quality student outcomes*. Proceedings of the 9th Conference of the New Zealand Association of Bridging Educators (pp. 104-116). Wellington, New Zealand.

Cochran, J. (2001). Who Wants To Be A Millionaire: The Classroom Edition. *Transactions on Education*, 1(3), 112-116.

Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of educational psychology*, 88(4), 715.

Fotaris, P., Mastoras, T., Leinfellner, R., & Rosunally, Y. (2016). Climbing up the leaderboard: An empirical study of applying gamification techniques to a computer programming class. *Electronic Journal of e-Learning*, 14(2), 94–110.

- Göksüna, D., Gürsoyb, G. (2019). Comparing success and engagement in gamified learning experiences via Kahoot and Quizizz. *Computers & Education*, 135, 15-29.
- Kavak, N. (2012). ChemOkey: A game to reinforce nomenclature. *Journal of chemical education*, 89(8), 1047-1049.
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers & education*, 55(2), 427-443.
- Milrad, M., & Spikol, D. (2007). Anytime, anywhere learning supported by smart phones: Experiences and results from the MUSIS project. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(4), 62-70.
- Moreno, L. F., Hincapié, G., & Alzate, M. V. (2014). Cheminoes: a didactic game to learn chemical relationships between valence, atomic number, and symbol. *Journal of Chemical Education*, 91(6), 872-875.
- Nodzyńska, M., & Cieśla, P. (2018). Kahoot! As an Examinalional Tool at University Level. In M.Nodzyńska, M., P.Cieśla (Eds.), *Science Teaching in the XXI Century*, Kraków (pp.164-175). Kraków: Pedagogical University of Cracow.
- Nowosielski, D. A. (2007). Use of a concentration game for environmental chemistry class review. *Journal of chemical education*, 84(2), 239.
- Oblinger, D. G. (2004). The Next Generation of Educational Engagement. *Journal of Interactive Media in Education*, 8(8), 1-18.
- Sadykov, T. (2015). Application case studies on lessons petrochemistry. *International journal of applied and fundamental research*, 3(3), 447-449.
- Sadykov, T. (2016). The history of the development of interactive technologies in Kazakhstan. *Problems of modern science and education*, 43(1), 219-221.
- Sadykov, T., & Čtrnáctová, H. (2018). Využití interaktivních metod a prostředků ve výuce chemie na úrovni ISCED 2. In H. Čtrnáctová, K. Nesměrák, & M.Teplá (Eds.), *DidSci Plus – Research in Didactics of Science PLUS* (pp. 357-363). Praha: Charles University, Faculty of Science.
- Sadykov, T., & Čtrnáctová, H. (2019). ICT-supported Interactive Tasks in Chemistry teaching at the ISCED 2 Level as a Method of Active Teaching. In M. Rusek, K. Vojíř (Eds.), *Project-based education and other activating strategies in Science Education XVI*, Praha (pp.8-17). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600001.
- Shaffer, D. W., Squire, K., Halverson, R., & Gee, J. P. (2008). Video games and the future of learning. *Phi Delta Kappan*, 87(2), 104-111.
- Stige, S. H. (2017). «Kahoot!» as a tool for adjusting teaching to match students' knowledge level and promoting active learning in a lecture setting. In *Program for universitetspedagogikk*, Bergen: University of Bergen, Norway [online] Available: <http://hdl.handle.net/1956/15649>

- Squire, K., & Jenkins, H. (2003). Harnessing the power of games in education. *Insight*, 3(1), 5-33.
- Virvou, M., Katsionis, G., & Manos, K. (2005). Combining software games with education: Evaluation of its educational effectiveness. *Educational Technology & Society*, 8(2), 54-65.
- Weiss, R. E., Knowlton, D. S., & Morrison, G. R. (2002). Principles for using animation in computer-based instruction: theoretical heuristics for effective design. *Computers in Human Behavior*, 18(4), 465-477.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 821-842.
- Yun-Jo, A., & Li, C. (2017). The Effects of Game Design Experience on Teachers' Attitudes and Perceptions Regarding the Use of Digital Games in the Classroom. *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, 61(2), 162-170.
- Zelinová, M. (2000). Hry pro rozvoj emocí a komunikace. Praha: Portál

Contact addresses

Mgr. Timur Sadykov, Prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.

Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova
Albertov 6, 128 43, Praha 2

e-mail: sadastayer@mail.ru ; ctr@natur.cuni.cz

The Influence of Inquiry activity – electrolysis of aqueous salt solutions – on High-School Students’ Motivation and Performance

Milada Teplá, Hana Sloupová, Martin Šrámek, David Šarboch

Abstract

The aim of this paper is to introduce Inquiry-Based Science Education (IBSE) and evaluate its influence on pupils. A specific task focusing on the electrolysis of aqueous salt solutions is presented in this paper. This activity was realized at 9th grade of elementary school and at 3rd grade of eight-year grammar school in Chemistry as a laboratory session. There were 46 pupils included in this pilot study. The standardized questionnaire based on Intrinsic Motivation Inventory (IMI) tool was used to gain feedback. The results show that pupils evaluated this task as an average or slightly positive activity. Grammar-school pupils perceived the activity more positively regarding the importance of the task and realising their own abilities necessary for completing this task than the pupils at elementary school.

Key words

Inquiry based teaching; science education; chemistry; electrolysis; intrinsic goal motivation

INTRODUCTION

Nowadays, the most serious problems of the school system is the pupils’ passivity. The whole phenomenon starts to develop when a pupil enters the primary school. It is the moment when there is the change from an active children into a passive pupils who just follow the instructions of their teachers. Furthermore, the whole responsibility is on the teacher and pupils get used to this arrangement rapidly. Thus, it is necessary to replace or complete the ex-cathedra teaching by activating methods that focus on the pupils’ activity during the educational process. In that case, pupils take the responsibility for their results back. One of these activating approaches is the inquiry-based science education (IBSE), which proceeds from the constructivist theories (Dostál, 2015). The IBSE principles form the base for the methodology of the TEMI project (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated), in which the Faculty of Science, Charles University was incorporated. This science education project is addressed especially to the science teachers.

In contrast with the IBSE method, the TEMI use the unexpected and unknown phenomena or mysteries to awaken the pupils’ curiosity. One of the factors that influence pupils’ engagement is the way the teacher presents the mystery. Undoubtedly, there are many ways to do that – an attractive story

drawing pupils into action is one of such examples (Carpineti, 2015). The goal of the authors was to design, verify and assess one inquiry-based science activity. However, this activity is not processed for an open-ended enquiry but for directed enquiry (see below).

In this paper, authors present a pilot study that should be followed by a research investigation in 2019/2020, the aim of which will be assessment of IBSE effectiveness in science education. A lot of researchers have already investigated the effectiveness of IBSE. Their conclusions are summarized in Rokos dissertation thesis (2017). These studies prove a positive impact of IBSE on different aspects of educational process, not only on pupils' knowledge outcomes, but also on their cognitive development, laboratory skills and understanding of scientific terms and work of scientists.

ENQUIRY ACTIVITY FEATURES AND THEIR INCORPORATION INTO THE EDUCATIONAL PROCESS

In 9th grade of elementary school, the term electrolysis is presented to pupils for the first time. This topic is often processed in the majority of elementary school chemistry textbooks as a theoretical approach as well as suggestion of a laboratory practical (Beneš, Pumpr & Banýr, 1995; Škoda & Doulík, 2007; Šibor, Plucková & Mach, 2011). The laboratory task presented in this paper is focused on the electrolysis of the aqueous solutions of chosen salts and the detection of its products. The topic is introduced by a guided inquiry with a motivational fairy tale (The Little Mermaid by Christian Andersen, 1990) at the beginning. The story of The Little Mermaid has a motivational character in the introductory task in which the salt water and the sea foam creates a link between the task and the story – the Little Mermaid dressed in a beautiful dress changed into sea foam as it is said in the story. The task of the students is to find out the colour of the dress. This task is presented as a mystery, which students are supposed to solve. The products of electrolysis are either colourful or colourless substances and it is possible to detect them by adding indicators into their solutions. Thanks to the reaction of the indicators with the products of the electrolysis, it is possible to detect the changes of the colour of the solution which pupils can observe and it leads them to the correct answer to the motivational question: What was the colour of The Little Mermaid's dress right before she changed into sea foam.

At the beginning of the laboratory practical, the pupils receive a working sheet, chemicals and laboratory aids. During the laboratory course, pupils find out the link between the theory and practice, derive which electrode is cathode and anode and also where the reduction and the oxidation occur and why the colour changes can be observed.

Before the laboratory course starts, the teacher and pupils can discuss the seawater composition and whether seawater can be an electrolyte or not. Afterwards they focus on the solutions of chosen salts (NaCl, NaBr, NaI) and their electrolysis. It's suggested to discuss the progress with pupils and their expectations (how the electrolysis will be in motion, what chemical changes occur on the both electrodes, what chemical compounds are going to be produced and how we can indicate them). The teacher invites pupils to suggest how the electrolysis can be carried out, how they can indicate its products (e.g. with a suitable indicator). The pupils formulate hypothesis, discuss them with the teacher and with his permission verify afterwards. In the end of the laboratory course, the pupils present their outcomes to their classmates.

The pupils can make different modifications of the experiment: instead of sodium salts they can use potassium salts. They can also use a potassium iodide-starch paper strip.

Moreover, the link between the laboratory task and the everyday life should be also promoted – electroforming, blackened silver cleaning etc.

Realization in school practice

The inquiry-based way of teaching is more difficult to organise than the traditional one. The activity has to be well-prepared and the pupils should be motivated. The motivation is represented by the fairy tale as well as colour changing occurring during the experiment. The task was verified at elementary school and high school in Sušice. The pupils worked in groups in the laboratory. They had the possibility to consult the progress with the teacher, repeat the reactions and look for the information in notes and literature. As the result, pupils presented their outcomes with aid of the completed working sheets. In the end, the teacher summed up the laboratory course. It was quite difficult to activate the pupils during the experiment. One of the possible reasons is that they are not used to this way of learning. Therefore, it is hardly recommended to start by the lower levels of IBSE and then continue with the open-ended enquiry.

RESEARCH QUESTIONS

The aim of the pilot study was to find out how the pupils perceive the implementation of the inquiry-based task into the educational process in relation to their intrinsic motivation.

The following research questions (RQ) were defined:

RQ1: How do pupils perceive the implementation of the inquiry-based task in relation to their intrinsic motivation (specifically, how the pupils perceive the activity according to these 4 examined scales: *interest/enjoyment; effort/importance; perceived competence; value/usefulness*)?

RQ2: What is the influence of divers' factors (school type, sex) on perception of the implementation of the activity into the educational process in relation to their intrinsic motivation?

RQ3: Is there any relation among the examined scales of the intrinsic motivation concerning the realization of the activity in the school practice?

METHODOLOGY

The designed activity was verified during a two-hours chemical laboratory practical at Lerchova secondary school in Sušice at 9th grade ($N = 15$) and at high school in Sušice at 8th grade ($N = 27$). In both classes, the same teacher taught throughout the school year 2018/2019 and also accomplished the activity. The pilot study was carried out in the school year 2018/2019.

The implementation of the activity into the classroom was evaluated both in terms of observation of pupils' work during the laboratory course and through a standardized questionnaire: Intrinsic Motivation Inventory (IMI) (McAuley, Duncan & Tammen, 1989; Ryan, 1982). For the purpose of the pilot study, the specific statements were chosen. These statements made parts of the following four examined scales: interest; effort; perceived competence and value usefulness.

This tool (IMI) had been already used many times in numerous studies exploring the pupils motivation in science education (Teplá, 2019; Stratilová Urválková, Šmejkal, Skoršepa, Teplý & Tortosa, 2014; Skoršepa, 2015; Šmejkal, Skoršepa, Stratilová Urválková & Teplý, 2016; Míka, 2017; Vojíř, Honskusová, Rusek & Kolář, 2018; Kuncová & Rusek, 2018; Tóthová, Matoušová, Šubová & Rusek, 2018).

The aim of IMI questionnaire was to find out how pupils perceive the implementation of IBSE into the educational process regarding their motivation. The questionnaire was created by choosing 25 statements from IMI tool in the way that every statement (item) referred to one of the 4 examined scales: (i) *interest/enjoyment*, (ii) *effort/importance*, (iii) *perceived competence*, (iv) *value/usefulness*. All of the scales reflect the intrinsic motivation. The pupils chose their level of agreement with every statement using a seven-point scale (from "totally disagree" to "totally agree") (Pintrich, Smith, García & McKeachie, 1991; Ryan, 1982). The questionnaire was filled in by pupils anonymously after the laboratory course had been finished.

The obtained data were statistically processed via IBM SPSS Statistics 25 programme (IBM Corp., 2017).

OUTCOMES OF THE PILOT STUDY

Reverse (negative) statements included in the Post-Questionnaire were firstly coded inversely and then the Cronbach alpha was calculated for all scales for all respondents. The results show fairly good internal consistency (all calculated alphas are over 0.8) as well as good level of reliability.

Based on conformational analysis which was included in one research study the construct validity of the research tool was proven (Skoršepa & Šmejkal, 2015). Based on this certified model, the 4 new variables were defined as an average of individual answers in the Post-Questionnaire: (i) *interest/enjoyment*, (ii) *effort/importance*, (iii) *perceived competence*, (iv) *value/usefulness*.

Before choosing a suitable statistic method (parametric, non-parametric), it was necessary to test whether the new obtained variables show aspects of normal distribution – tested by Shapir-Wilk test (Shapiro & Wilk, 1965) and Kolmogorov-Smirnov test (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1948). The normality of the variables wasn't rejected except for perceived competence, but just in case of high-school pupils. To interpret the obtained data, the parametric tests were used in the study (using non-parametric tests led to identical results).

Pupils evaluated the activity rather positively (RQ1). Based on data from all participants, the average value of all variables was between 4.51 and 4.85 on a scale 1 to 7. The obtained data suggest that the activity encouraged pupils *interest* ($M = 4.85$), pupils were willing to put *effort* in the task ($M = 4.84$) and the pupils also *perceived their competence* in the lesson rather positively ($M = 4.51$). Moreover, the pupils also perceived the subject matter as more *useful* for them ($M = 4.7$).

Secondly, we focused on testing whether there is a significant difference in the data collected from elementary school and the data from high school (RQ2). For each variable, the null hypothesis was settled (H_0 : *The average evaluation of individual variables from high school pupils equals to the average evaluation of individual variables from elementary school pupils.*) and the alternative hypothesis (H_1 : *The average evaluation of individual variables from high school pupils is not equal to the average evaluation of individual variables from elementary school pupils.*).

The validity of null hypotheses was verified by two-sample *t*-test. Consequently, the null hypotheses were rejected for these variables: *perceived competence* and *usefulness* and weren't rejected for the other these variables: *interest/enjoyment* and *effort/importance* (see Table 1). Based on the results of the *t*-test, there is a significant difference between elementary school pupils and high school pupils regarding using this activity in a class, specifically in 2 scales: *perceived competence* and *value/usefulness* (*p* value is smaller than 0.05, see Table 1). There is a large size effect in both of the scales (see Cohen's *d* in Table 1).

Table 1: The independent samples t-test between elementary school pupils and high school pupils.

Variables	df	t	Mean of elementary school pupils ($M_{elementary}$)	Std. Deviation of $M_{elementary}$	Mean of high shool pupils (M_{high})	Std. Deviation of M_{high}	p value (2-tailed)	Cohen's d
interest / enjoyment	40	-1.331	4.50	1.18	5.03	1.24	0.191	0.438
effort / importance	40	0.12	4.89	1.24	4.84	1.31	0.905	0.064
perceived competence	40	-4.013	3.71	1.00	4.96	0.94	0.000	1.28
value / usefulness	40	-2.309	4.17	1.06	5.00	1.14	0.026	0.781

To answer the question of the influence of the sex of the pupil on evaluating this activity in lesson (RQ2), the following null hypothesis was settled (H_0 : *The average value for individual questions in Post-Questionnaire is the same for male and female pupils.*) and the alternative hypothesis (H_1 : *The average value for individual questions in Post-Questionnaire is not the same for male and female pupils.*). The results of the two-sample t-test didn't reject any of the null hypotheses (*p* value is higher than 0.05, see Table 2). The obtained data show that the sex of the pupils does not influence the evaluation of this activity. The results are in comply with the conclusions of P. Šmejkal except for one variable - effort / importance. According to the cited study, girls were willing to put more effort into the task than boys (Šmejkal, 2019). This trend was also tracked in our results, however, it was not statistically significant (*p* value = 0.179, Cohen's *d* = 0.43). These conclusions are surprising as many of the previous researches conclude that boys are more interested in Chemistry than girls (Höfer & Svoboda, 2005; Škoda, 2003; Veselský & Hausnerová, 2010).

Table 2: The independent samples t-test between female and male pupils

Variables	df	t	Mean of female pupils (M_{female})	Std. Deviation of M_{female}	Mean of male pupils (M_{male})	Std. Deviation of M_{male}	p value (2-tailed)
interest / enjoyment	40	0.599	4.94	0.28	4.71	1.19	0.553
effort / importance	40	1.367	5.10	1.34	4.56	1.15	0.179
perceived competence	40	-0.074	4.50	1.21	4.53	1.06	0.941
value / usefulness	40	0.023	4.71	1.00	4.70	1.38	0.982

The relationships between two attributes (RQ3) were tracked using the Pearson coefficients of linear correlation (table 4). Five out of six possible correlations can be considered as significant. There is a strong correlation between *interest/enjoyment* and *effort/importance* ($r = 0.74$) as well as *interest/enjoyment* and *value/usefulness* ($r = 0.52$) and also *effort/importance* and *value/usefulness* ($r = 0.49$). These phenomena can be interpreted in a following way – an activity which encourages the interest of pupils (the pupils considered it as interesting and they enjoyed doing the activity) if and only they consider the activity as useful and at the same time the pupils are willing to put the effort into the activity. There is also a strong correlation ($r = 0.46$) between *interest/enjoyment* and *perceived competence* which shows that pupils are interested in the subject matter when they feel they are able to understand it.

CONCLUSION

According to the realized study, the designed activity concerning electrolysis of aqueous salt solutions has an educational potential. Even though the pupils were not used to work independently and it was hard to motivate them, they all completed the task at the end. Furthermore, the pupils were able to suggest different solutions of ion detection and realize them with the teachers' supervision afterwards. Based on the results of IMI questionnaire, the activity was perceived rather on average or slightly positive. In addition, the high school pupils became aware better of the realized sense of the task and also realized better their skills while solving the activity (higher feeling of success) than the elementary school pupils of the comparable school grade. The sex of the pupils does not influence the evaluation of this activity.

Acknowledgement

This work has been supported by Charles University Research Centre program No. UNCE/HUM/024 and Progres Q17.

LITERATURE

Andersen, H. Ch. (1990). *Pohádky*. Praha: Albatros.

Beneš, P., Pumpr, V. & Banýr, J. (1995). *Základy chemie 2: pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a střední školy*. Praha: Fortuna.

Carpineti, M. at al. (2015). *Výuka způsobem TEMI: Jak používání záhad podporuje učení přírodních věd*. Praha: P3K.

Dostál, J. (2015). *Badatelsky orientovaná výuka: kompetence učitelů k její realizaci v technických a přírodovědných předmětech na elementarych školách*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Höfer, G. & Svoboda, E. (2005). Některé výsledky celostátního výzkumu: Vztah žáků ZŠ a SŠ k výuce obecně a zvláště pak k výuce fyziky. In K. Rauner (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 2*, (pp. 52–70). Plzeň: ZČU Plzeň.

IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Verze 25) [Windows]. Armonk, NY: IBM Corp.

Kolmogorov, A. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *G. Ist. Ital. Attuari.*, 4, 83–91.

Kuncová, L., & Rusek, M. (2019). V hlavní roli: kyslík. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 47-55). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600006.

McAuley, E., Duncan, T. & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58.

Míka, L. (2017). *Moderní pomůcky ve výuce chemie*. (disertační práce). Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

Pintrich, P. R., Smith, D. A. F. , García, T. & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the motivated strategies questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI: University of Michigan, National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning.

Rokos, L. (2017). *Hodnocení badatelsky orientované výuky biologie* (Disertační práce). Pedagogická fakulta, Jihoceská univerzita v Českých Budějovicích.

Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43(3), 450–461.

Shapiro, S. S., Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591–611.

Skoršepa, M. (2015). *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní* (1. vyd.). Banská Bystrica: Belianum (Vydavateľstvo UMB).

Skoršepa, M. & Šmejkal, P. (2015). Psychometrické vlastnosti nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie žiakov v digitálnom prírodovednom laboratóriu. In H. Cídlová (Ed.), *Didaktika chemie a její kontexty*. (pp. 180–186). Brno: Masarykova Univerzita.

Smirnov, N. (1948). Table for Estimating the Goodness of Fit of Empirical Distributions. *The Annals of Mathematical Statistics*, 19(2), 279–281.

Stratilová Urválková, E., Šmejkal, P., Skoršepa, M., Teplý, P. & Tortosa, M. (2014). *MBL Activities Using IBSE: Learning Biology in Context*. In P. Cieśla & A. Michniewska (Eds.), *Teaching and Learning Science at all Levels of Education* (pp. 131–134). Krakow: Pedagogical University of Krakow.

Šibor, J., Plucková, I. & Mach, J. (2011). *Chemie: Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů*. Brno: Nová škola.

- Škoda, J. (2003). *Motivace žáků v chemii (Od chemofobie k respektování chemizace)*. (Dissertation thesis). Prague: Charles University, Faculty of Education.
- Škoda, J. & Doulík, P. (2007). *Chemie 9: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus.
- Šmejkal, P. (2019). *Vybrané aspekty zavádění školních měřicích systémů do výuky přírodovědných předmětů se zaměřením na chemii*. (Habilitation thesis). Prague: Charles University, Faculty of Science.
- Šmejkal, P., Skoršepa, M., Urválková, E. S., & Teplý, P. (2016). Chemické úlohy se školními měřicími systémy: motivační orientace žáků v badatelsky orientovaných úlohách. *Scientia in educatione*, 7(1), 29-48.
- Teplá, M. (2019). *Vliv aplikace Corinth na vnitřní motivaci žáků a jejich poznatky v přírodovědně zaměřených předmětech*. (Výsledky pilotního šetření, průběžná výzkumná zpráva). Přírodovědecká fakulta: Univerzita Karlova, Praha.
- Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š., & Rusek, M. (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 65-70). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600008
- Veselský, M. & Hausnerová, R. (2010). Motivácia žiakov učiť sa prírodonopis – biológiu na zakladnej škole. *Technológia vzdelávania*, 18(8), 11–15.
- Vojíř, K., Honskusová, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitrace aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. In M. Rusek & K. Vojir (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 131-141). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600016.

Contact addresses

RNDr. Milada Teplá, Ph.D.; Mgr. Hana Sloupová; Mgr. Martin Šrámek; Mgr. David Šarboch

Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6, 128 43, Praha 2

e-mail: milada.tepla@natur.cuni.cz, hana.sloupova@centrum.cz, sramekm123@seznam.cz, david.sarboch@seznam.cz

The Influence of Interdisciplinary Interactive Animations on High-School Students' Motivation and Performance

David Šarboch, Milada Teplá, Martin Šrámek, Hana Sloupová

Abstract

This paper presents the results of the pilot study pursuing the influence of animations on pupils' motivation and level of knowledge. The study was realized in 2018 at a secondary school. 30 pupils participating in the experiment were divided into a control group and an experimental group. Two types of questionnaires were used as a research tool: MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) and IMI (Intrinsic Motivation Inventory). Furthermore, the pupils filled in a pre-test and post-test in order to acquire the difference in the level of knowledge. According to the results, using animations in Science classes has a major influence of almost all aspects of motivation. Moreover, the appropriate inclusion of the animations during the lessons has a positive influence on pupils' level of knowledge.

Key words

Animation; motivation; education; natural sciences

INTRODUCTION

Recently, the motivation of students has been widely discussed (Ikluwa & Samuel, 2017). Many experts point out that leaving the ex-cathedra teaching and following more attractive forms of teaching for students and teachers is necessary. Using interactive animations can be one example of such an approach to teaching (Ikluwa et al., 2017; Kainz & Jakab, 2013).

The aim of the authors is to test education animations developed by Šarboch (2018). All of the tested animations focus on teaching the topic of digestion in human body.

ANIMATION

Animations can be perceived as dynamic visual aids (Ainsworth & Van Labeke, 2004). Nowadays, the general attitude says that animations can increase the effectivity of teaching. In fact, most of the researches support this hypothesis – one such an example is the study of Bétrancourt & Tversky (2000). The authors compared 17 studies focusing on the difference between teaching with the support of animations and teaching with the support of more prevalent teaching methods (ex-cathedra teaching, text analysis ...). Out of these 17 studies, 12 of them were run in an experimental way and 5 of them were run in a terrain – meaning in the education process. The result of this comparative analysis is that

10 of these studies showed a prevalent positive effect of using animations on pupils whereas 7 of the 17 studies proved that the negative effects on pupils are more dominant than the positive ones. On the other hand, other authors also discuss the possible positive effects on pupils (Ikwuka et al., 2017; Kainz et al., 2013; Barak & Ashkar, 2011; Stith, 2004). Nevertheless, Stith states that there are just few studies focusing on the influence of animations on pupils and therefore it is necessary to widen the level of knowledge of their potential advantages and disadvantages (Stith, 2004).

The animations used in the pilot study described in this article focus on digestion in the human body. This topic is a part of Czech high-school curriculum in Biology as well as in Chemistry (RVP G, 2008). Based on this fact, it is obvious that this topic can be considered as interdisciplinary. This statement is also supported by the research in 2017 based on a questionnaire among Czech teachers (Šarboch & Teplá, 2019). They perceive the topic of digestion in the human body as interdisciplinary despite the fact it is mainly taught in Biology lessons. The interactive education animations were created in Adobe Flash Professional CS6.

The set of animations contains one introductory and a sequence of twenty-five short animations which follow track of the food through each organs of the digestive system. Each short animation can be controlled by animation buttons – “start, play, pause, back, forward, end”. Moreover, it is possible to show or hide a commentary track describing the on-going process. These features make this set of animations an interactive education material and the interdisciplinary links are supported by not only anatomic, but also physiological and biochemical aspects of each digestive process.

THE AIM OF THE PILOT STUDY

The aim of the pilot study was to find out the influence of the set of animations on intrinsic motivation (specifically the interest in the specific topic, perceived competence in this task, the effort to understand the topic and perceiving the importance and usefulness of the topic) and well as on the students' level of knowledge in the area.

These three research questions (RQ 1 – RQ 3) were settled in our research:

- RQ 1: Is there a statistically significant difference between the traditional education process and education process with the support of animations regarding pupils' intrinsic motivation?
- RQ 2: Does the effect of incorporating animation in education process regarding students' intrinsic motivation and obtained level of knowledge depend on their gender?

- RQ 3: Is there a statistically significant difference between the traditional education process and education process with the support of animations regarding pupils' obtained level of knowledge?

THE METHODOLOGY OF THE RESEARCH

The pilot study was carried at one Czech high school in 2018 in lessons of Biology. There were 30 students participating (3rd grade of lower stage of General High school) in this experiment. These students were divided in two groups – an experimental group (16 pupils) and a control group (14 pupils). Pupils in the control group were taught without the support of animations - the way pupils were used to, whereas the students in the experimental group were taught with the support of animations. Both groups of students were taught by the same teacher. In order to measure the influence on pupils' motivation, there were two of standardised questionnaires used in this study – before (Pre-Questionnaire) and after (Post-Questionnaire) the experiment. Furthermore, the level of pupils' knowledge was also tested by a Pre-Test and a Post-test so that it would be possible to measure the progress of each student.

The Pre-Questionnaire was created by selecting sixteen statements from MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) (Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1991) in a way that each of the selected statement belong to one of these scales: *intrinsic goal motivation, extrinsic goal motivation, self-efficacy for learning and performance and control beliefs*. This Pre-Questionnaire was used in the control group as well as in the experimental group at the beginning of the first lesson – before the incorporation of animations in lessons in the experimental group.

The Post-Questionnaire was created by selecting twenty-five statements from IMI (Intrinsic Motivation Inventory) (McAuley, Duncan & Tammen, 1989; Ryan, 1982) in a way that each of the statements belong to one of these scales: *interest / enjoyment, effort / importance, perceived competence and value / usefulness*. All of these scales belong to the area of pupils' intrinsic motivation. The Post-Questionnaire was created in 2 modifications – one for the experimental group (focusing on using the animations in education process - Post-Questionnaire A) and one for the control group (focusing on traditional teaching methods in education process - Post-Questionnaire B). The Post-Questionnaires were completed at the end of the second lesson (after the lessons supported by education animations in the experimental group). In all of these questionnaires, the 7-point scale was used so that pupils could show their level of agreement with each of the statements in the questionnaires (from "absolutely agree" to "absolutely disagree") (Pintrich et al., 1991; Ryan, 1982).

Both of these tools had previously been used in numerous researches focusing on tracking the pupils' intrinsic motivation towards Natural Sciences (Vojíř, Honskusová, Rusek & Kolář, 2019; Kuncová & Rusek, 2019; Tóthová, Matoušová, Šubová & Rusek, 2019; Míka, 2017; Šmejkal, Skoršepa, Stratilová Urválková & Teplý, 2016; Skoršepa, 2015; Stratilová Urválková, Šmejkal, Skoršepa, Teplý & Tortosa, 2014).

In order to measure the level of pupils' obtained knowledge in the pilot study, a test of knowledge was used twice – before the experiment (Pre-Test) and after the experiment (Post-test). There were 8 tasks in this test and all of these questions focused on the topic of the lesson and students needed the knowledge of Chemistry as well as Biology to complete the (interdisciplinary) tasks. The test contained open questions as well as cloze ones. Before the test was given to students, it had been approved by an expert panel formed of 4 Biology-Chemistry didactics and teachers.

The obtained data were statistically analysed by IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp., 2017) with the support of appropriate methods of statistics. The research was anonymous.

THE RESULTS OF THE PILOT STUDY

Some of the results based on the analysis of data from the questionnaires (Post-Questionnaire A, Post-Questionnaire B and Post-test) are presented in this article.

Firstly, the reliability of each scale of each questionnaire used in this study was calculating using the Cronbach alpha. The generally accepted value of Cronbach alpha is 0.7 (Nunnally, 1978; DeVellis, 2012; Kline, 2011). Although most of the Cronbach alphas calculated in this study reach this value, one of them did not exactly reach this generally accepted limit. Despite the lower value of one of the Cronbach alpha ($\alpha = 0.61$), it can be stated that the collected data are internally consistent and reliable. Based on the confirmation analysis of verified model (Skoršepa & Šmejkal, 2015) the 4 new variables were calculated as a mean of individual answers in the post-questionnaire: *interest / enjoyment; effort / importance; perceived competence and value / usefulness*.

Before answering the first research question (RQ 1), it was necessary to compare the state of both groups (the experimental and the control group) at the beginning of the research. The aim of this step was to find out whether there is a statistically significant difference between the two groups of students regarding perceiving traditional styles of teaching based on the data obtained from the Post-Questionnaire B. The independent-samples *t*-test was chosen as an appropriate statistical method regarding the collected data. This *t*-test indicates that the mean of evaluation of individual variables was in average the same for the control and for the experimental group (*p* value is higher than 0.05, see Table 1). Pupils in the experimental and in the control group experience similar level of interest in

the subject matter and they also show the same effort to understand the topic. Moreover, their feeling of understanding the subject matter and its importance is also similar in both groups.

Tab. 1 The independent samples t-test between the control and the experimental group of Post-Questionnaire B

Variables	df	t	Mean of control group ($M_{control}$)	SD of $M_{control}$	Mean of exper. group ($M_{experimental}$)	SD of $M_{experimental}$	p value (2-tailed)
interest / enjoyment	25	-1.113	4.51	1.29	5.13	1.58	0.276
effort / importance	25	0.220	4.05	1.62	3.93	1.04	0.828
perceived competence	25	-1.332	4.13	1.40	4.75	1.01	0.195
value / usefulness	25	-1.463	4.86	1.28	5.5	0.97	0.156

Subsequently, regarding the intrinsic motivation of students, the difference in their perceiving the traditional teaching methods and the education process with the support of education animations was evaluated within the pupils of the experimental group. As some of the data obtained from the Post-Questionnaire A (with the support of education animations) did not show the normal distribution, the non-parametric Wilcoxon Signed-ranks Test was used instead. The Wilcoxon Signed-ranks Test compared the data obtained from the Post-Questionnaire A and Post-Questionnaire B of the pupils of the experimental group. The test indicated that pupils evaluated 3 out of 4 desired scales significantly higher in lessons with the support of animations (experimental lesson) than in lessons where the animations had not been used (traditional lesson) (p value is smaller than 0.05, see Table 2). Based on the data, it is possible to conclude that using education animations in lessons of Natural Sciences has a major positive effect on almost all components of pupils' intrinsic motivation - (*interest / enjoyment*, *perceived competence* and *value / usefulness*) and minor positive effect on *effort / importance* – see r value of effect size in table 2.

Tab. 2 The Wilcoxon Signed-ranks Test between the traditional lesson and the experimental lesson

Variables	Z	Median of traditional lesson ($Md_{\text{traditional lesson}}$)	Median of experimental lesson ($Md_{\text{experimental lesson}}$)	p value (2-tailed)	r
interest / enjoyment	-2.905	5.14	6.5	0.004	0.57
effort / importance	-1.434	4.00	4.80	0.151	0.281
perceived competence	-2.357	4.33	5.58	0.018	0.462
value / usefulness	-2.623	5.14	6.29	0.009	0.514

In order to answer the second research question (RQ 2) (the role of pupils' gender on incorporation of education animations in lessons of Natural Sciences), the non-parametric Mann Whitney Test (2 Independent Samples) was used for this purpose. This test indicated that male and female students evaluated the experimental lesson equally (p value is higher than 0.05, see Table 3). Based on the collected data, this test did not prove that the gender of the students plays a significant role regarding the components of students' intrinsic motivation. Despite this conclusion, the comparison of r coefficient, it is obvious that male students evaluated the experimental lesson more positively.

Tab. 3 The Mann Whitney Test between the male and female students in the experimental lesson

Variables	U	Median of male students ($Md_{\text{male students}}$)	Median of female students ($Md_{\text{female students}}$)	p value (2-tailed)	r
interest / enjoyment	11 500	6.71	5.57	0.430	0.211
effort / importance	14 500	4.80	4.80	0.754	0.084
perceived competence	13 500	5.67	5.5	0.639	0.125
value / usefulness	8 500	6.29	5.86	0.209	0.335

The data from the traditional lessons were statistically processed in the same way (the non-parametric Mann Whitney Test). This test also did not prove that the gender of the students plays a significant role regarding the components of students' intrinsic motivation (p value is higher than 0.05, see Table 4). Surprisingly, the traditional teaching methods were more positively evaluated by the female students in the control group.

Tab. 4 The Mann Whitney Test between the male and female students in the traditional lesson

Variables	<i>U</i>	Median of male students (<i>Md</i> _{male students})	Median of female students (<i>Md</i> _{female students})	<i>p</i> value (2-tailed)	<i>r</i>
interest / enjoyment	61 500	4.55	5.57	0.190	0.25
effort / importance	67 000	3.700	4.400	0.298	0.20
perceived competence	82 000	4.333	4.667	0.767	0.06
value / usefulness	78 000	6.286	5.571	0.209	0.10

The third aim of this study was to find out whether the support of education animations in lessons of Natural Sciences has an influence on students' level of obtained knowledge of the subject matter (RQ 3). At first, it was necessary to find out the level of students' knowledge of the specific subject matter at the beginning of the experiment. The Non-parametric Mann Whitney Test (2 Independent Samples) did not prove a statistically significant difference in this variable between the control and the experimental group - based on the results of the Pre-Test ($U = 57\ 000$, $p = 0.163$, $Mdn_{control} = 8.542$, $Mdn_{experimental} = 10.5$, $r = 0.274$). The level of students' knowledge of the subject matter was equal in both groups. Based on non-parametric Wilcoxon Signed-ranks Test, it was concluded that the pupils in the experimental group reached significantly better results in the Post-test ($Mdn_{post\ test} = 14.286$) compared to their Pre-Test ($Mdn_{pre\ test} = 10.500$), $Z = -2.486$, $p = 0.013$, $r = 0.470$. The same phenomenon could not be proven for the students in the control group – with the support of paired Wilcoxon Signed-ranks Test ($Z = -1.693$, $p = 0.09$, $Mdn_{pre\ test} = 8.524$, $Mdn_{post\ test} = 10.469$, $r = 0.346$). Nevertheless, based on the coefficient r and the level of pupils' knowledge in control group, their level of knowledge also improved during the education process, only not significantly. In conclusion, the improvement in knowledge of the subject matter was greater for students who experienced the teaching process supported by the education animations. The last step of the analysis of the collected data was comparison of the results of Post-tests between the control and the experimental group. The non-parametric Mann Whitney Test (2 Independent Samples) proved that students in the experimental group reached statistically better results ($Mdn_{experimental} = 14.286$) than the students in the control group ($Mdn_{control} = 10.469$), $U = 36\ 000$, $p = 0.002$; $r = 0.580$. For the comparison of the results of Pre-tests and Post-tests between experimental and control groups see Figure 1.

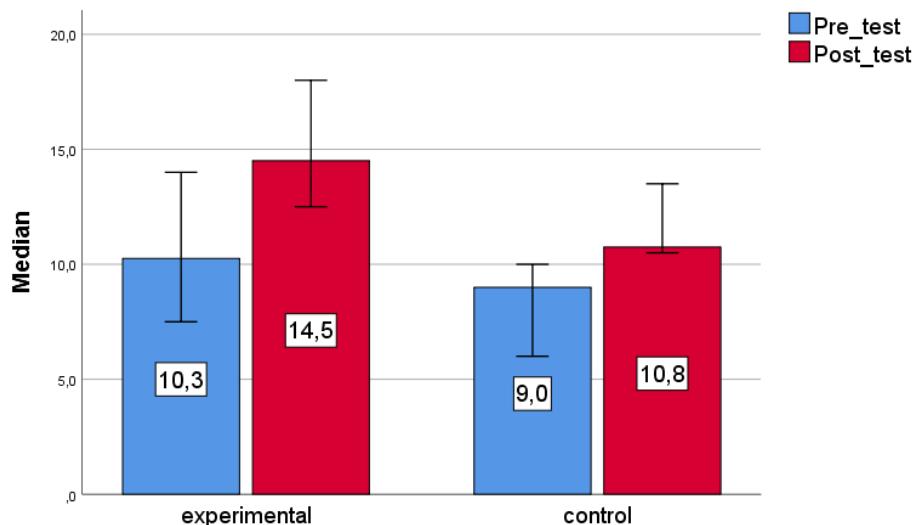


Fig. 1 The comparison of the results of Pre-tests (blue) and Post-tests (red) between experimental and control groups.

DISCUSSION AND CONCLUSION

This pilot study focused on the influence of incorporating education animations in lessons on pupils' intrinsic motivation and the level of obtained knowledge in Chemistry lessons.

Firstly, it was proven that using education animations in Chemistry lessons has a major positive effect on 3 out of 4 tested scales of pupils' intrinsic motivation - *interest / enjoyment, perceived competence* and *value / usefulness* and a slightly positive effect on the remaining one - *effort / importance*.

Secondly, the research proved that none of the tested scales of intrinsic motivation was significantly influenced by the pupils' gender in either group (the control group and the experimental group). Although, male pupils evaluated the experimental method of teaching more positively.

Thirdly, this study concludes that pupils in experimental group reached significantly better level of knowledge than the students in the control group.

Acknowledgement

This work has been supported by Charles University Research Centre program No. UNCE/HUM/024 and Progres Q17.

LITERATURE

Ainsworth, S. & Van Labeke, N. (2004). Multiple Forms of Dynamic Representation. *Learning and Instruction, 14*(3), 241-255.

Barak, M. & Ashkar, T. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education, 56*(3), 839-846.

- Bétrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of Computer Animation on Users' Performance: a Review. *Travail-Humain*, 63(4), 311-329.
- DeVellis, R. F. (2012). *Scale development: theory and applications* (3rd ed). Thousand Oaks, Calif: SAGE.
- IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Verze 25) [Windows]. Armonk, NY: IBM Corp.
- Ikwuka, O. I. & Samuel, N. N. C. (2017). Effect of computer animation on chemistry academic achievement of secondary school students in Anambra state, Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Education Research and Policy Studies (JETERAPS)*, 8(2), 98-102.
- Kainz, O., Jakab, F. & Kadoš S. (2013). The computer animation in education, *11th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. (pp. 201-206). Stara Lesna, Slovakia.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed). New York: Guilford Press.
- Kuncová, L., & Rusek, M. (2019). V hlavní roli: kyslík. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodrovědných předmětů XVI*. (pp. 47-55). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600006.
- McAuley, E., Duncan, T. & Tammen, V. V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: a confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48–58.
- Míka, L. (2017). *Moderní pomůcky ve výuce chemie*. (Ph.D.), Charles University, Faculty of Science, Prague.
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T. & McKeachie, W. J. (1991). *A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED338122.pdf>.
- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. (2008). Praha: MŠMT.
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43(3), 450–461.
- Skoršepa, M. & Šmejkal, P. (2015). Psychometrické vlastnosti nástrojov na zisťovanie motivačnej orientácie žiakov v digitálnom prírodovednom laboratóriu. In H. Cídlová (Ed.), *Didaktika chemie a její kontexty* (pp. 180–186). Brno: Masarykova univerzita.
- Skoršepa, M. (2015). *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní*. Banská Bystrica: Belianum.
- Stith, B. J. (2004). Use of animation in teaching cell biology. *Cell Biology Education*, 3(3), 181-188.

Stratilová Urválková, E., Šmejkal, P., Skoršepa, M., Teplý, P. & Tortosa, M. (2014). *MBL Activities Using IBSE: Learning Biology in Context*. In P. Cieśla & A. Michniewska (Eds.), *Teaching and Learning Science at all Levels of Education* (pp. 131–134). Krakow: Pedagogical University of Krakow.

Šarboch, D. (2018). *Trávení jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů*. (Mgr.), Charles University, Faculty of Science, Prague.

Šarboch, D. & Teplá, M. (2019). Digestion in human body in Science education - results of a questionnaire. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-based Education and Other Activating Strategies in Science Education XVI*. (pp. 121-130). Prague: Charles University, Faculty of Education.
WOS:000482135600015.

Šmejkal, P., Skoršepa, M., Stratilová Urválková, E. & Teplý, P. (2016). Chemické úlohy se školními měřicími systémy: motivační orientace žáků v badatelsky orientovaných úlohách. *Scientia in educatione*, 7(1), 29-48.

Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š., & Rusek, M. (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 65-70). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600008

Vojíř, K., Honskusová, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitrace aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. In M. Rusek & K. Vojir (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI*. (pp. 131-141). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600016.

Contact addresses

Mgr. David Šarboch, RNDr. Milada Teplá, Ph.D., Mgr. Martin Šramek, Mgr. Hana Sloupová

Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova
Albertov 6, 128 43, Praha 2

e-mail: david.sarboch@seznam.cz, milada.tepla@natur.cuni.cz, sramekm123@gmail.cz,
hana.sloupova@centrum.cz

Zaměřeno na chemické pokusy: výsledky akčního výzkumu

Focused on chemical experiments: an action research results

Martina Tóthová, Martin Rusek, Pavlína Matoušová, Ondřej Solnička

Abstract

Chemistry experiment is essential in chemistry teaching. The present action research was aimed at identification and implementation of IBSE elements to the experimental activities at lower-secondary school. By linking observation with analysis of students' experiment descriptions, the original state of experimentation was evaluated. At first, most of the activity was teacher-centered. Students' understanding to the nature and the purpose of the experiments was also on a lower level. The intervention caused student activation. However, only the changed design of the experiment itself seems insufficient for the students' understanding the experiments.

Key words

Action research; IBSE; chemistry experiment

ÚVOD

Zájem žáků o přírodovědné předměty je dle řady výzkumů (např. Čtrnáctová & Zajíček, 2010; Jarvis & Pell, 2005; Kubiatko, Švandová, Šibor, & Škoda, 2012; Rusek, 2013) nízký. U jednotlivých témat však kolísá. Největší motivační potenciál ve výzkumech vykazuje experimentování ve výuce (Rusek, 2013; Rusek, Chytrý, & Honskusová, 2019). Při provádění experimentů zájem žáků o vyučovací předmět chemie dokonce roste (Švandová, 2012). V této souvislosti se objevují negativní argumenty stran nedostatečného pomůckového vybavení k realizaci školních experimentů. Reakcí na ně je promyšlené zařazování virtuálních experimentů (viz např. Škoda & Doulík, 2009) nebo využití některé z dostupných sad sloužících jako alternativa chemické laboratoře (Beneš, Rusek & Kudrna, 2015).

Někteří autoři (např. Held a kol., 2011; Rusek, Slavík & Najvar, 2016; van den Berg, 2013) diskutují efektivitu experimentu, zvláště kvůli nedostatečnému důrazu na přemýšlení žáků při probíhajícím pokusu. Jako efektivní pojetí experimentu se proto jeví badatelsky orientovaná výuka (BOV) (Janštová & Rusek, 2014), která svým pojetím přímo vyžaduje aktivní zapojení žáků. Jak dokazují výzkumy z Číny, samotní učitelé mají k badatelskému pojetí výuky přírodovědných předmětů kladný vztah. Přesto jim v častějším využívání brání podmínky jejího uskutečňování, a to například vysoký počet žáků ve třídě, nedostatek vybavení nebo nevhodující předepsané učivo (Zhang, Krajcik, Sutherland, Wang, Wu, & Qian, 2005). Přitom pro žáky základní školy, kteří se s chemií setkávají většinou poprvé, je

experiment a nové objevování nejdůležitějšími prvky jejich další motivace (Škoda & Doulík, 2009). Některé výzkumy (např. Taylor & Bilbrey, 2012) ukazují lepší výsledky žáků, kteří prošli BOV oproti jejich vrstevníkům, kteří prošli klasicky vedenou výukou.

Přesun těžiště výuky na aktivní učení se žáka je v praxi bržděn potřebou učitelů předávat objemné celky učiva v domění, že je právě toto cílem chemického vzdělávání. Tento důraz na transmisi poznatků (učiva) a zavedené pořadí témat (viz Vojíř & Rusek, 2020), však bývá kritizován pro přílišnou nekritičnost (Johnstonne, 2010). Stávající kurikulum pro výuku chemie na ZŠ plně umožňuje hojně zařazování aktivizujících metod, experimenty nevyjímaje.

Ke zjištění dosavadního pojetí experimentů ve výuce byla zvolena metoda akčního výzkumu. Jedná se o formu praktického výzkumu, který si klade za cíl porozumět a identifikovat problém z praxe (Kuhne & Quigley, 1997). Akční výzkum se skládá z několika kroků, jejichž počet a pojetí se u různých autorů liší. Tento akční výzkum si klade za cíl zapojit prvky BOV do výuky na základní škole, a pomoci tak učiteli k aktivizaci žáků při hodinách a vyšší efektivitě využívaných experimentů.

METODOLOGIE

Výzkumná otázka

Vzhledem k důležitosti empirické složky výuky chemie a z ní plynoucích požadavků učitele byl akční výzkum veden těmito výzkumnými otázkami: *Jakým způsobem lze zařadit prvky BOV do demonstračního pokusu?* V souvislosti se sledováním aktivit žáků pomocí záznamového archu byl výzkum veden i druhou otázkou: *Jak se změní schopnost žáků popisovat chemické experimenty po zařazení prvků BOV do výuky chemie?*

Design výzkumu

Předkládaný akční výzkum byl realizován dle třífázového modelu (Kuhne & Quigley, 1997) rozděleného do šesti kroků. Ve **fázi plánování** je prvním krokem porozumění a identifikace problému s cílem určit, ve kterém kritickém místě a jak by mělo docházet k intervenci. V tomto kroku se výzkum opírá nejen o diskusi v týmu, ale také o odbornou literaturu. V dalším kroku je projednáván přístup a možnosti intervence. Poslední krok fáze plánování výzkumu zahrnuje navržení použitých metod, časový harmonogram a kritéria hodnocení intervence. V **akční fázi** výzkumu dochází k implementaci intervence do výuky a sběru dat. V poslední, **reflektivní fázi**, jsou v jednom kroku data hodnocena na základě předem určených kritérií, v dalším kroku je hodnocena úspěšnost intervence a případně započetí nového cyklu akčního výzkumu k dosažení stanovených cílů.

Výzkumný vzorek tvořili žáci osmého a devátého ročníku ZŠ Mníšek pod Brdy spolu s učitelem chemie. Časová dotace předmětu pro oba ročníky je dvě hodiny týdně.

Tvorba hodnotícího nástroje

Pro hodnocení učitelova pojetí provedení experimentu a zjišťování aktivity žáků byl vytvořen nástroj vycházející z výzkumu dosažených badatelských schopností (viz Balogová & Ješková, 2016). Tento nástroj je založen na klasifikaci badatelských zručností pro experimentální aktivity (Tamir & Lunetta, 1981; van den Berg, 2013) a autorkami Balogovou a Ješkovou (2016) dále upraven o část „sdílení a prezentace“ po vzoru Fradda, Lee, Sutmana a Saxtona (2001). V akčním výzkumu bylo zapotřebí také klasifikovat hodnocení průběhu vyučovací hodiny. K tomu byl využit výzkumný nástroj Žáka (2007) určený pro hodnocení vyučovacích hodin metodou pozorování, ve kterém výzkumník zaznamenává pozorované jevy do archu s posuzovací škálou (viz tabulku 1). Propojením obou nástrojů (Balogová & Ješková, 2016; Žák, 2007) vznikl záznamový arch sloužící pozorovateli k záznamu výskytu a kvality badatelských prvků v pozorovaném experimentu.

Tab. 1 Posuzovací škála záznamového archu (dle Žáka, 2007)

N	--	-	+	++
Nevyskytlo se, neproběhlo, nebylo pozorováno.	Vyskytlo se, ale zcela nevydařené, zcela neefektivní.	Vyskytlo se, ale málo vydařené, málo efektivní.	Vyskytlo se a poměrně vydařené, poměrně efektivní	Vyskytlo se a mimořádně vydařené, mimořádně efektivní.

PRŮBĚH AKČNÍHO VÝZKUMU

Zjišťování počátečního stavu provedení a dopadu demonstračního experimentu

Po vzoru výzkumů prokazujících efektivitu badatelsky orientovaného vyučování (např. Gormally, Brickman, Hallar, & Armstrong, 2009; Minner, Levy, & Century, 2010; Taylor & Bilbrey, 2012) byl dosavadní stav experimentů využívaných při výuce učitele účastnícího se akčního výzkumu hodnocen na základě schopností žáků bádat. Počáteční stav byl zjištován dvěma metodami, které vyžadovaly přítomnost výzkumníků přímo ve výuce: První z nich bylo využití záznamového archu (viz výše), který byl hodnocen dvěma hospitujícími výzkumníky a vyučujícím. Dále byl analyzován žákem psaný popis sledovaných experimentů. Reflexe byly hodnoceny podle dvou kritérií: faktická správnost popisu a zapojení principu experimentu do vlastního popisu. Tyto byly hodnoceny jako:

- nerozvinuté, např.: „Změnila barvu, pak začala bublat a zahřívala se, potom to vyprsklo a doutnalo.“ nebo

- objasňující princip pozorovaného děje, např.: „*Zkumavka s peroxidem vodíku a oxidem manganičitým reagovala tak, že zvyšovala teplotu, až se látka začala vařit. Při reakci vznikal kyslík.*“

Každý popis experimentu žákem byl posuzován třemi nezávislými hodnotiteli. Výsledná hodnota byla získána po vzájemné shodě (*consensus by agreement*). Pokud nedošlo ke shodě alespoň dvou hodnotitelů, posuzoval popis experimentu čtvrtý nezávislý hodnotitel. Do hodnocení byli zařazeni pouze žáci, kteří se účastnili obou vyučovacích hodin, ve kterých docházelo k evaluaci. Výzkumný vzorek tedy tvořilo 18 žáků osmého ročníku a 18 žáků devátého ročníku.

Návrh intervence

Na základě rozhovoru s učitelem a sledování vyučovací hodiny byl vyhodnocen výchozí stav výuky. Z hospitací této hodin mj. vyplynulo, že v nich nebyl příliš kláden důraz na aktivitu žáků. Proto byl intervenční plán vytvořen s cílem přenést aktivitu z učitele na žáky a transformaci demonstračního experimentu v experiment se zapojením prvků BOV. Intervenční plán zahrnoval metodické návody pro realizaci učitelem plánovaných experimentů. Ty byly upraveny tak, aby vybízely žáky k jednotlivým krokům bádání:

- pozorování a popis skutečnosti,
- formulace problému, tvorba hypotéz,
- ověření experimentem,
- potvrzení či vyvrácení hypotézy,
- zobecnění experimentu (viz Dostál, 2015).

Pokusy byly navrženy pro první dvě úrovně bádání – potvrzující a strukturované (Banchi & Bell, 2008)

Intervence

Intervence probíhala v rozsahu 6 vyučovacích hodin. V jejich průběhu byly do výuky zařazovány experimenty, jejichž průběh byl zpracován studentkami Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta ve spojení s akademickým pracovníkem. Experimenty byly zpracovány do podoby scénáře či manuálu, ve kterém byly zahrnuty i jednotlivé kroky bádání, spolu s aktivizačními otázkami pro žáky. Vyučující tyto návrhy zařazoval do vyučovacích hodin chemie, ve kterých experimenty prováděl.

VÝSLEDKY INTERVENCE

Počáteční stav byl v osmém ročníku hodnocen ve vyučovací hodině, jejíž součástí byla demonstrace *hašení hořčíku*⁴. Data po intervenci byla získána z vyučovací hodiny s efektním pokusem – *amoniakální fontánou*⁵. V devátém ročníku byla úvodní vyučovací hodina zaměřena na *rozklad peroxidu vodíku*⁶. Hodnocení výsledků intervence probíhalo při demonstraci *blesky ve zkumavce*⁷.

Aktivita učitele

Výsledky pro obě třídy, ve kterých akční výzkum probíhal, jsou shrnuty v tabulkách 2 a 3. Před zahájením intervence byla ve výuce pozorována čtyři kritéria badatelských dovedností z 24 hodnocených (viz Balogová & Ješková, 2016) v osmém a pět kritérií v devátém ročníku.

V osmém ročníku se ve výuce vyskytlo *zobecňování výsledků a formulace závěrů*, které bylo hodnoceno jako zcela nevydařené, stejně tak byla hodnocena položka *tvorba předpovědi na základě výsledků zkoumání*. Jako poměrně vydařená byla hodnocena pouze položka *pozorování*. Výsledky záznamového archu tak jsou v souladu s pozorovaným průběhem hodiny. V té učitel sice pokus prováděl, výuka byla však orientovaná na učitele. Aktivita žáků nebyla vyžadována.

Tab. 2 Výsledky záznamového archu, 8. ročník

Ročník 8.	Nevyskytlo se	Vyskytlo se			
		Zcela nevydařené	Málo vydařené	Poměrně vydařené	Mimořádně vydařené
Výchozí stav	20	2	1	1	0
Po intervenci	3	0	3	15	3

Po provedení intervence byly ve výuce v osmém ročníku identifikovány situace, které rozvíjely 21 dovednosti pro badatelsky orientované vyučování. Jako zcela nevydařená nebyla hodnocena ani jedna položka archu. Tři položky (*předpovídání výsledku pokusu, vysvětllování či úprava postupů a zaznamenávání výsledků pozorování*) byly hodnoceny jako málo vydařené, zbylé položky hodnotitelé posoudili jako poměrně či mimořádně vydařené.

V devátém ročníku v počátečním stavu akčního výzkumu dominoval důraz na *předpověď na základě výsledků zkoumání*. Všechny tyto kategorie byly hodnoceny jako zcela nevydařené. Jako málo vydařená

⁴ viz např. <http://old.studiumchemie.cz/pokus.php?id=146>

⁵ viz např. <http://old.studiumchemie.cz/pokus.php?id=20>

⁶ viz např. <https://studiumchemie.cz/experiment/katalyticky-rozklad-peroxidu-vodiku/>

⁷ viz např. <https://studiumchemie.cz/experiment/blesky-ve-zkumavce-ethanol-s-kmno4/>

byla hodnocena formulace závěrů. Poměrně vydařené bylo před zahájením intervence působení na pozorování pokusu.

Po intervenci učitel v devátém ročníku zapojil do výuky 17 dovednostních položek BOV. Z nich nebyla ani jedna hodnocena jako zcela nevydařená, dvě (*formulace hypotézy, vysvětlování či úprava postupů*) byly hodnoceny jako málo vydařené. Patnáct zahrnutých položek bylo výzkumníky hodnoceno jako poměrně či mimořádně vydařených (viz Žák, 2007).

Tab. 3 Výsledky záznamového archu, 9. ročník

Ročník 9.	Nevyskytlo se	Vyskytlo se			
		Zcela nevýdařené	Málo vydařené	Poměrně vydařené	Mimořádně vydařené
Výchozí stav	19	3	1	1	0
Po intervenci	7	0	2	10	5

Schopnost interpretace pokusů žáky

Posuny ve schopnosti žáků popisovat pokusy zařazené do výuky jsou shrnuty v tabulkách 4 a 5. Žáci osmého ročníku volili při popisu pozorovaných experimentů častěji nerozvinutý popis, který byl z větší části (v 8 z 15 případů) hodnotiteli posouzen jako chybný. Všichni žáci (3), kteří volili popis principu pokusu jej vystihli správně. Po intervenčním zásahu došlo ke zlepšení. Jako *fakticky správné* popisy principů sledovaných reakcí identifikovali hodnotitelé 7 výstupů a jako *nerozvinuté* výstupy polovinu žáků.

Tab. 4 Schopnost žáků interpretovat pokusy, 8. Ročník

Ročník 8.	Nerozvinutý popis		Popis principu reakce	
	Fakticky chybný	Fakticky správný	Fakticky chybný	Fakticky správný
Výchozí stav	8	7	0	3
Po intervenci	7	2	2	7

V devátém ročníku popisovalo experiment nerozvinutým způsobem 8 žáků. Jako správný ale povrchní popis bylo hodnoceno 6 popisů. Princip reakce popisovalo 10 žáků, polovina těchto popisů bylo fakticky správných. Po intervenci se počet nerozvinutých popisů zvýšil na 12, šest jich bylo zhodnoceno jako správných. Princip reakce po provedení intervence popsalo 6 žáků, přičemž 5 popisů bylo fakticky správných.

Tab. 5 Schopnost žáků interpretovat pokusy, 9. ročník

Ročník 9.	Nerozvinutý popis		Popis principu reakce	
	Fakticky chybný	Fakticky správný	Fakticky chybný	Fakticky správný
Výchozí stav	6	2	5	5
Po intervenci	6	6	1	5

DISKUZE

Výuka v počátečním stavu sice zahrnovala experimentování, jeho pojetí však neodpovídalo zásadám správného provedení experimentů. Především tím, že nebyl kladen důraz na aktivizaci žáků (viz např. Held a kol., 2011; Gabriel & Rusek, 2014; Janštová & Rusek, 2014). Žáci nad experimenty dostatečně neuvažovali (Beneš 1999). Pokus se tak stává pouhou demonstrací některých jevů bez didaktického přínosu (srov. Rusek et al., 2016; Trna, 2013). Snahou autorů tohoto textu je mj. zdůraznit potřebu získávání zpětné vazby k dané činnosti i dodržováním kritérií pro danou aktivitu (Rusek & Becker, 2011; Vonášek & Rusek, 2013).

Návody předložené učiteli se jeví jako dostatečné pro jeho schopnost zařazení prvků BOV a všech dílčích kroků bádání do výuky. V obou ročnících se projevil znatelný rozdíl v množství zapojených prvků BOV, přičemž většina z nich se vydařila (*poměrně* nebo *mimořádně*). V osmém ročníku byla intervence v podobě aktivizování žáků prostřednictvím BOV úspěšná. Počet popisů principů experimentů i počet správných popisů experimentu se zvýšily. V devátém ročníku výsledky tento trend nevykazují. Tyto výsledky však mohou být ovlivněny druhem využitého experimentu, zejména jeho nižší transparentností (viz Trna, 2013). Učitel do výuky zapojoval experimenty, se kterými měl osobní zkušenosť. Jejich didaktický přínos je však vzhledem k výstupům žáků diskutabilní. Ve sledovaném případě byl zvolen pokus „blesky ve zkumavce“ (viz výše). Přestože jde o efektní pokus, popis chemizmu reakce je neúměrný poznání žáků v osmém ročníku. V tom je možné spatřovat jeden z výstupů intervence. V daném časovém rozmezí a v podmírkách, kdy má učitel připravené experimenty jejichž provedením si je jistý a na jejichž provedení má dostatečné vybavení i chemikálie, nelze provádět výraznější změny. Ke změně přístupu jako k inovaci, a její plošnější difuzi mezi učitele, může dle Rogerse (2005) dojít až tehdy, dostanou-li učitelé důkaz o její funkčnosti. V tomto případě je možné uvažovat o další práci s konkrétním učitelem, který už pravděpodobně k inovacím v tomto ohledu bude přistupovat zcela otevřeně (srov. Rogers, 2005; Rusek, Stárková, Chytrý, & Bílek, 2017).

Další impuls směřuje i k přípravě učitelů. Učebnice chemie obsahují řadu námětů na experimenty, existuje i množství webů schraňujících podobné návody, učitelé mají k dispozici dostačující pomůckové vybavení (Beneš et al., 2016). Mezi námětem na pokus a jeho efektivním provedením však stojí potřeba dokonale transformovat danou demonstraci v pokus.

Vzhledem k rozdílům výsledků tříd po aplikování stejného přístupu učitele k experimentům vyplývá, že samotné zapojení prvků BOV k lepšímu pochopení experimentů žáky nestačí a roli v jejich porozumění a schopnosti popisu hraje i volba použitého experimentu. Hodnocení vhodnosti experimentu však zůstává otázkou. Demonstrace by měla ukázat pouze prezentovaný jev a potlačovat jevy doprovodné,

které by mohly komplikovat porozumění (Trna, 2013). Tím se dále otvírá další problematika hodná zkoumání v rámci konferencí PBE (viz Rusek & Vojíř, 2018) i oblasti didaktiky přírodních věd obecně.

ZÁVĚR

Akční výzkum se zabýval problematikou zapojení pokusů do výuky chemie. V původním pojetí výuka s využitím demonstrací probíhala s minimální aktivizací žáků. Akční výzkum byl zaměřen na zapojení prvků BOV ke zvýšení schopnosti žáků interpretovat sledované jevy, a tím na zvýšení celkové efektivity experimentu. Učiteli byly nabídnuty konkrétní kroky zvýšení efektivity experimentální činnosti. Jejich adopce se ukázala možná. Výsledky naznačují, že návrh zpracování experimentu pro učitele je funkční a učitel je schopen prvky BOV úspěšně zapojovat do výuky. Schopnost interpretace experimentů však pouhé zaktivizování žáků a forma provedení experimentu neovlivňuje. Dopad na tyto schopnosti může mít také zvolený experiment. Ten by měl splňovat určité zásady, především transparentnost a motivační potenciál. Výběr pokusů s vhodnými parametry pro porozumění žáků je námětem pro další výzkum.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen projektem Zvýšení kvality vzdělávání žáků, rozvoje klíčových kompetencí, oblastí vzdělávání a gramotnosti, reg. č. CZ.02.38/0.0/0.0/16_011/0000664 a projektem PROGRES Q16 – Environmentální výzkum.

LITERATURA

Balogová, B. & Ješková, Z. (2016). Analýza bádatel'ských aktivít. In D. Krupa & M. Kireš (Eds.), *Zborník konference Tvorivý učitel'fyziky VIII. Národný festival fyziky 2015* (14–21). Košice: Slovenská fyzikálna spoločnosť.

Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and children*, 46(2), 26.

Beneš, P. (1999). *Reálné modelové experimenty ve výuce chemie*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta

Beneš, P., Rusek, M., & Kudrna, T. (2015). Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice. *Chemické listy*, 109(2), 159-162.

Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2).

Čtrnáctová, H., & Zajíček, J. (2010). Současné školství a výuka chemie v České republice. *Chemické listy*, 104(8) 811-818.

Dostál, J. (2015). *Badatelsky orientovaná výuka: pojetí, podstata, význam a přínosy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Fradd, S. H., Lee, O., Sutman, F. X., & Saxton, M. K. (2001). Promoting science literacy with English language learners through instructional materials development: A case study. *Bilingual Research Journal*, 25(4), 479-501.

Gabriel, S., & Rusek, M. (2014). Moderní aktivizační metody ve výuce přírodovědných předmětů. In M. Rusek & D. Stárková (Eds.), *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech*, 2013 (pp. 34-39). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000350024400005.

Held, Ľ., a kol. (2011). *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte)*. Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis.

Janštová, V., & Rusek, M. (2015). Ways of Student Motivation towards Interest in Science. In M. Rusek, D. Stárková, & I. Metelková (Eds.), *Project-based Education in Science Education XII*. (pp. 28-33). Praha: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000357160200003.

Jarvis, T., & Pell, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Centre. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 53-83.

Ješková, Z., Lukáš, S., Šnajder, Ľ., Guniš, J., Balogová, B., & Kireš, M. (2016). Hodnotenie bádateľských zručností žiakov gymnázia. *Scientia in educatione*, 7(2), 48-70.

Johnstone, A. H. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29. doi:10.1021/ed800026d

Kuhne, G. W., & Quigley, B. A. (1997). Understanding and using action research in practice settings. *New directions for adult and continuing education*, 73, 23-40.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th edition). New York: Simon and Schuster.

Rusek, M. (2013). Vliv výuky na postoje žáků SOŠ k chemii. *Scientia in educatione*, 4(1).

Rusek, M., & Becker, N. (2011). "Projectivity" of Projects and Ways of its Achievement. In M. Rusek (Ed.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields IX*. (pp. 12-23). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000343674000001.

Rusek, M., Slavík, J., & Najvar, P. (2010). Obsahová konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie 1, 2. *Kvalita*, 31.

Rusek, M., Stárková, D., Chytrý, V., & Bílek, M. (2017). Adoption of ICT Innovations by Secondary School Teachers and Pre-service Teachers within Education. *Journal of Baltic Science Education*, 16(4), 510-523.

Rusek, M., & Vojíř, K. (2018). Konference o projektovém vyučování: Ohlédnutí za 15 ročníky. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education: Empirical Texts XV*. (pp. 35-43). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900004.

Škoda, J., & Doulík, P. (2009). Lesk a bída školního chemického experimentu. *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX.*, 1, 238-245.

Švandová, K. (2012). *Faktory ovlivňující postoje studentů gymnázii k vyučovacímu předmětu chemie* (Disertační práce), Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta.

Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65(5), 477-484.

Taylor, J., & Bilbrey, J. (2012). Effectiveness of Inquiry Based and Teacher Directed Instruction in an Alabama Elementary School. *Journal of Instructional Pedagogies*, 8.

Trna, J. (2013). *Fyzika: Záhadná setrvačnost těles v jednoduchých experimentech*. T. Janík, J. Slavík, V. Mužík, J. Trna, T. Janko, V. Lokajíčková, J. Lukavský, E. Minaříková, Z. Šalamounová, E. Šebestová, N. Vondrová & P. Zlatníček (Eds.).

Van den Berg, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. *Scientia in educatione*, 4(2), 74–92.

Vonášek, M., & Rusek, M. (2013). A naučí se vůbec něco? In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Projektové vyučování v chemii a příbuzných oborech X*. (pp. 55-61). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900009.

Vojíř, K., & Rusek, M. (2020). Vývoj kurikula chemie pro základní vzdělávání v České republice po roce 1989. *Chemické listy*, 114(5), 366-369.

Zhang, B., Krajcik, J. S., Sutherland, L. M., Wang, L., Wu, J., & Qian, Y. (2005). Opportunities and challenges of China's inquiry-based education reform in middle and high schools: Perspectives of science teachers and teacher educators. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(4), 477-503.

Žák, V. (2019). *Kvalita fyzikálního vzdělávání v rukou učitele*. Praha: Karolinum Press

Kontaktní adresy

PhDr. Martina Tóthová¹, PhDr. Martin Rusek, PhD.¹, Bc. Pavlína Matoušová¹, Mgr. Ondřej Solnička²

¹Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

²Základní škola Mníšek pod Brdy
Komenského 420, 252 10 Mníšek pod Brdy

e-mail: martina.tothova@pedf.cuni.cz, martin.rusek@pedf.cuni.cz

Komparace výsledků bádání na téma směsi

Comparison of research results on the topic of mixture

Kateřina Trčková, Petr Bujok

Abstract

The article provides a comparison of the results of the research tasks focused on dividing of multi-component mixtures, which were verified by 83 pupils from two different multi-year grammar schools and a class of primary schools of science. The results of the solution of 25 two-member groups of pupils who completed both research days were used for statistical comparison by the paired t-test. It was found that pupils have the greatest difficulty in recording observation results, using accurate teaching terminology and formulating the research problem. Based on the analysis and comparison of completed worksheets, the possibilities of removing obstacles arising from the solution were proposed.

Key words

Peer assessment; peer learning; problem solving; project based learning; reflective Inquiry

ÚVOD

V badatelsky orientované výuce (BOV) jsou činnosti žáků zaměřeny na shromažďování, zpracování a analyzování údajů s cílem objevit pro ně nové poznatky velmi podobným způsobem a podobnými prostředky jako to provádějí skuteční vědci (Čížková & Čtrnáctová, 2016; Činčera, 2014; Held, Žoldošová, Orolínová, Juricová, & Kotuláková, 2011). Vzhledem k tomu, že žáci nejsou na tuto formu výuky ve školách připravováni (Rusek & Gabriel, 2013), je potřeba vybrat vhodné experimenty, které vycházejí z běžného života, z oborových znalostí a dovedností, které jsou nezbytné k jejímu řešení a lepšímu porozumění (Rusek, 2013; Janík & Stuchlíková, 2010). Během bádání je nutné práci žáků pozorně sledovat a v případě neprozumění zadání je návodnými otázkami přimět k řešení (Petty, 2013, s. 309) a interpretaci jednotlivých faktů tak, aby byli schopni aplikovat získané poznatky a zkušenosti z řešení podobného problému při řešení problému nového (Honzíková & Sojková, 2016, s. 63; Lokšová & Lokša, 2003, s. 124). Mezi překážky, které vznikají při zavádění BOV do výuky přírodních předmětů, patří nejasná metodologie hodnocení badatelských úloh (Radvanová, Čížková & Martinková, 2018; Čížková & Čtrnáctová, 2016). Při praktických činnostech jsou nejčastěji žáci hodnoceni souhrnnou známkou na základě kvality vypracovaného protokolu. Sumativní hodnocení neumožňuje ohodnotit výkon žáka v dílčích činnostech ani zachytit rozvoj badatelských dovedností (Rokos, Lišková, Váčková, Cihlářová, Chadová & Strapková, 2019), proto se za účelem poskytnutí

zpětné vazby žákům i učitelům, podpory efektivního učení žáků, práce s chybou a motivace využívá formativního hodnocení (Orosová, Ganajová, Szarka & Babinčáková, 2019; Rokos et al., 2019; Ganajová, Sotáková & Siváková, 2016).

METODOLOGIE

Obsah a výzkumný záměr příspěvku navazuje na práci (Trčková & Kričfaluši, 2018; 2019a; 2019b; Bartoňová, Richtář & Trčková, 2019), jejímž cílem bylo prezentovat postupné kroky při sestavování, ověřování a hodnocení badatelských úloh v rámci projektu SGS. Na katedře chemie Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity probíhaly pro tři vybrané školy (dvě víceletá gymnázia A, B a jednu ZŠ) Badatelské dny (BD) v květnu (1. BD) a v září (2. BD), během nichž dvoučlenné skupiny 14-15letých žáků řešili problémové úlohy zaměřené na téma směsi, analýzu látek a určování látek podle jejich vlastností. Ve dvou BD se ověřování úloh zúčastnilo celkem 83 žáků. Za výzkumné nástroje byly zvoleny záznamové archy dvoučlenných skupin žáků, dotazníky vyplněné žáky a učiteli vybraných škol. Hlavním cílem tohoto výzkumného šetření bylo vzájemně statisticky srovnat párovým Wilcoxonovým testem výsledky řešení úloh ve dvou BD stejnou skupinou žáků. Na základě dotazníkového šetření a výsledků hodnocení záznamového archu vyplněného dvoučlennými skupinami žáků byly pro tento příspěvek vybrány úlohy zaměřené na dělení směsi. V dotazníku žáci označili tyto úlohy jako nejnáročnější, vyžadující manuální dovednost sestavování aparatury a zahrnující velké množství postupů.

V prvním BD žáci řešili úlohu „*Chemická katastrofa*“, ve druhém BD úlohu „*Popelčino chemické trápení*“ (Tab. 1). Záznamový arch (ZA) zahrnoval motivační text k úloze, na jehož základě žáci sestavili výzkumný problém a navrhli jeho řešení, doplnili pomůcky a postup, zapsali a zdůvodnili výsledky řešení.

Tab. 1 Charakteristika testovaných badatelských úloh

Název úlohy	Problémová situace
Chemická katastrofa	V kádince byla nasimulovaná katastrofa výbuchu ropného tankru v moři. Do slané mořské vody unikla ropa (olej), inkoust sépie (modré potravinářské barvivo) a na vodní hladině plavalý řasy (majoránka). Úkolem bylo vyřešit problém a oddělit jednotlivé složky ze směsi.
Popelčino chemické trápení	Do Petriho misky byla sesypána směs složená z železných pilin, soli, kokosu, písku a červeného barviva. Úkolem bylo vyřešit problém a oddělit jednotlivé složky ze směsi.

Hodnocení pracovních listů

Veškeré výsledky hodnocení ZA byly vyplněny do „*Hodnotící karty*“ dle předem stanovených kritérií hodnocení uvedených v Tab. 2.

Pokud dokázal dvoučlenný tým na základě motivačního textu poskytnutého v zadání analyzovat problémovou situaci a úlohu řešit samostatně, pracoval v nejvyšší úrovni bádání 4. Pokud byla týmem

poskytnuta ná pověda s rozborem výzkumného problému, byly přiděleny body za úroveň 3. Pokud nedokázal tým prakticky řešit úlohu v úrovni 3, byl mu poskytnut postup práce a přiděleny body za řešení v úrovni 2. Pokud měl tým problémy se sepsáním výsledků řešení, dostal k dispozici rozpracovaný závěr k vyplnění a pracoval v úrovni 1. Hodnocení týmové spolupráce a času praktické realizace úlohy prováděli instruktoři z řad studentů učitelství chemie v laboratoři. Hodnocení jednotlivých položek ZA probíhalo na základě srovnání správného řešení a skutečnosti zapsané v ZA. Bylo-li řešení bezchybné odpovídající hodnocení výborný, byly přiděleny body za úplné řešení. Pokud řešení odpovídalo hodnocení chvalitebný až dobrý, byly přiděleny body za částečné řešení.

Tab. 2 Kritéria hodnocení záznamových archů

Badatelské úrovně		Týmová spolupráce		Čas realizace úlohy		Pracovní list		
Úroveň	Body	Přístup	Body	Čas t [min]	Body	Hodnocení položky	Body za úplné řešení	Body za částečné řešení
1	10	Aktivní	5	$t \leq 30$	5	Výzkumný problém a jeho řešení	10	5
2	20	Průměr	3	$30 < t \leq 45$	3	Pomůcky	2	1
3	30	Pasivní	0	$45 < t \leq 60$	0	Postup práce	3	2
4	40					Výsledky řešení	5	3

Charakteristika výzkumného vzorku

Výzkumný vzorek je charakterizován na základě výsledků dotazníkového šetření učitelů a žáků, strukturovaného a cíleného pozorování žáků instruktory a žáky vyplňených ZA. Ověřování se zúčastnila dvě víceletá gymnázia (A a B) a jedna ZŠ s rozšířenou výukou přírodovědných předmětů. Na víceletém gymnáziu A probíhala výuka učitelem bez odborné kvalifikace v chemii. Žáci byli teoreticky seznámeni s aplikací dělících metod v praxi, ve výuce nebyly prováděny žádné demonstrační ani frontální pokusy, nebyla vyžadována přesná terminologie chemického skla, přesná vysvětlení principů dělících metod. Během BD žáci poprvé sestavovali aparatury, prováděli pokusy, zapisovali rozbor výzkumného problému, postup a výsledky pozorování. Na víceletém gymnáziu B probíhala výuka vyučujícím s odbornou kvalifikací, ale situace byla obdobná jako u výzkumného vzorku A. Pouze u některých žáků byla pozorována manuální zručnost a schopnost zapisovat výsledky pozorování. Tyto rozdíly mezi skupinami A a B mohly být ovlivněny navštěvováním chemického kroužku a řešením problémových úloh chemických olympiád. Žáci ZŠ s rozšířenou výukou přírodovědných předmětů mají pravidelně laboratorní práce, zabývají se řešením problémových úloh, samostatně zapisují výsledky pozorování.

Učitelem je vyžadována přesná terminologie chemického skla a přesné vysvětlení principu dělících metod.

Zpracování dat

Výsledky celkového bodového hodnocení PL, badatelské úrovně, týmové spolupráce a času realizace úlohy vyplývající z „*Hodnotících karet*“ ze dvou BD u stejné skupiny žáků byly mezi sebou statisticky srovnány párovým Wilcoxonovým testem (Wilcoxon, 1945). Tento test byl zvolen z toho důvodu, že u všech pozorovaných veličin byla zamítнутa nulová hypotéza Shapiro-Wilkova testu o normalitě pozorovaných dat (Shapiro & Wilk, 1965). Byla stanovena nulová hypotéza k testování:

H_0 : V hodnocení badatelských týmů ve dvou badatelských dnech není rozdíl.

Pro velikost účinku (*effect size*) pozorovaných neparametrických dat ve dvou pozorování (dvou BD) byly vypočtené hodnoty *Rank-biserial Correlation* (Glass, 1966). Dosažené hodnoty blízko +/-1 značí velký účinek, tzn. významný rozdíl v řešení podobných úloh stejnou skupinou žáků ve dvou BD.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Konkrétní dosažené hodnoty významnosti jsou uvedeny v Tab. 3. Z výsledků Wilcoxonova testu je zřejmý statisticky významný rozdíl v celkovém bodovém hodnocení úloh, zlepšení badatelské úrovně žáků, manuální zručnosti (čas bádání se snížil) a znalostí správné terminologie pomůcek, H_0 v těchto případech zamítáme. U zbývajících položek „*Hodnotící karty*“ došlo ke zlepšení výsledků testování, ale statisticky významný rozdíl nebyl prokázán a H_0 nelze zamítнуть.

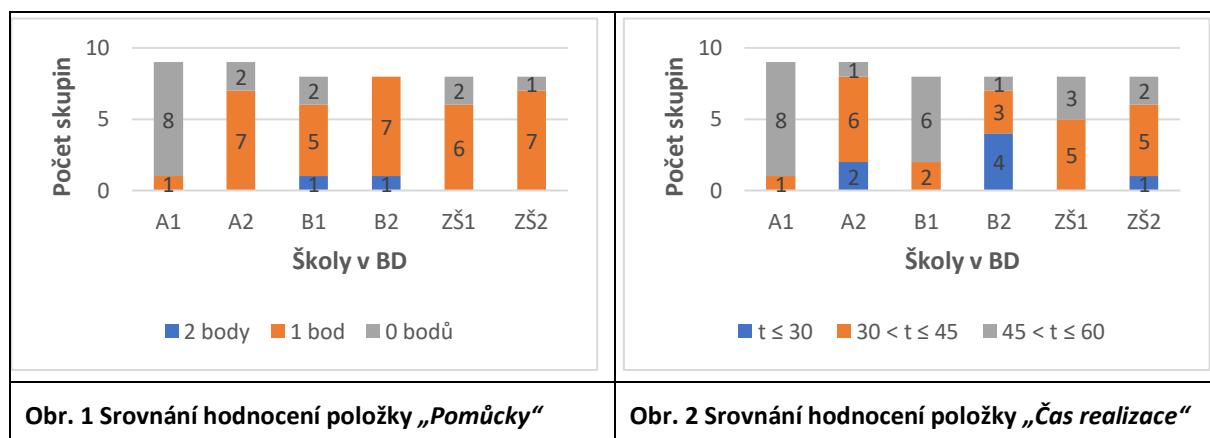
Tab. 3 Výsledky párového Wilcoxonova neparametrického testu (H_0 zamítáme vyznačeno tučně)

Položka z hodnotící karty	Výsledky párového Wilcoxonova testu (p)	Rank-Biserial Correlation
Badatelská úroveň	p = 0,0255	1,0
Týmová spolupráce	p = 0,8957	0,2
Čas realizace	p = 0,0001	1,00
Výzkumný problém	p = 0,1807	0,5
Pomůcky	p = 0,0126	0,7
Postup	p = 0,5949	-1,1e
Výsledky pozorování	p = 0,3277	0,2
Celkové bodové hodnocení úloh	p = 0,0013	0,7

Pozorováním žáků během řešení badatelských úloh a analýzou hodnocení záznamových archů bylo zjištěno, že některé dovednosti lze u žáků formovat během BD. Položky ZA zaměřené na pamětní reprodukci poznatků (*Pomůcky*) a vyjmenování faktů (*Postup*) vyplývajících z praktické činnosti, doplňují žáci do ZA bez větších problémů. Bezchybné doplnění položek ZA *Výzkumný problém* a *Výsledky pozorování* vyžaduje každodenní systematickou práci učitele a pravidelný nácvik těchto dovedností.

Výsledky hodnocení položky záznamového archu „Pomůcky“

Během hodnocení úlohy „*Chemická katastrofa*“ v rámci 1. BD bylo zjištěno, že žáci nepoužívají při popisu chemického skla odbornou vědeckou terminologii. Nejčastěji žáci zaměňují třecí misku s tloučkem za „hmoždíř nebo drtič“, nálevku za „trychtýř“, dělící nálevku za „oddělovací kádinku nebo propouštěcí nálevku“ a tyčinku za „míchátko“. Tyto základní termíny vědeckého jazyka je potřeba pravidelně opakovat při popisu aparatur demonstračních či frontálních pokusů. Z grafu (Obr. 1) je patrné, že v 1. BD má problém se sepsáním pomůcek 12 skupin žáků (tj. 48 % z 25 dvoučlenných skupin žáků), ve 2. BD pouze 3 skupiny žáků (tj. 12 %). Největší zlepšení je patrné u gymnázia A. V 1. BD (v grafu označeno A1) zapsala částečně pomůcky pouze 1 skupina žáků, ve 2. BD (v grafu označeno A2) již 7 skupin žáků.



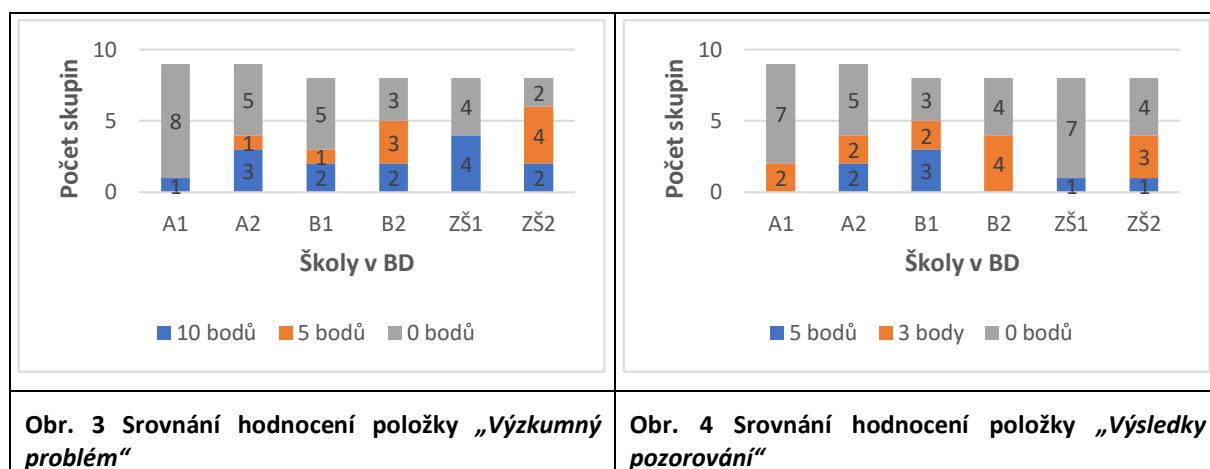
Výsledky hodnocení položky záznamového archu „Čas realizace úlohy“

Pozorováním žáků při řešení úloh a ze zaznamenaného času realizace úlohy ve 2. BD usuzujeme, že dřívější zkušenosti získané při řešení problémové situace s podobným algoritmem řešení přispívají k zlepšení jejich manuální zručnosti, poskytují jim možnosti zažít úspěch, vědomí schopnosti, dovednosti a obratnosti, pocit radosti ze samostatného objevování. Z grafu (Obr. 2) je patrný největší rozdíl v čase realizace úlohy nad 45 minut, v 1. BD řeší takto úlohu 17 skupin žáků (tj. 68 %), zatímco ve 2. BD pouze 4 skupiny žáků (tj. 16 %). Z grafu (Obr. 2) je patrné, že manuální dovednosti lze získat

díky pravidelnému nácviku praktických činností. Ve 2. BD řeší úlohu „Popelčino chemické trápení“ 7 dvoučlenných skupin žáků (tj. 28 %) do 30 minut. Z grafu je zřejmé, že nejvíce manuálními dovednostmi vládnou žáci ZŠ, kteří mají rozvrhovány pravidelné laboratorní práce a prakticky zaměřené předměty. U gymnázia A pozorujeme nárůst badatelských dovedností a zároveň manuálních zručností již po 1. BD, na kterém žáci poprvé laborovali.

Výsledky hodnocení položky záznamového archu „Výzkumný problém“

Pozorováním žáků při bádání a analýzou výsledků vyplněných ZA bylo zjištěno, že většina žáků neumí provést rozbor problémové situace bez jejího praktického řešení. Problémy řeší intuitivně mnohdy metodou „pokus-omyl“. Při jejich řešení převažuje induktivní metoda. Úkolem žáků bylo stanovit výzkumný problém a naplánovat jeho řešení do tzv. myšlenkové mapy. Srovnáním výsledků řešení položky stanovení výzkumného problému bylo zjištěno, že žáci neumí přesně formulovat a zjednodušeně zapsat své myšlenky. Při statistickém srovnání skupin ve dvou BD nebyl pozorován statisticky významný rozdíl. Z grafu na obr. 3 můžeme vyčíst, že u gymnázia A a ZŠ došlo ve 2. BD (v grafu A2 a ZŠ2) ke zlepšení. V 1. BD zapsalo úplně nebo částečně výzkumný problém 32 % žáků, ve 2. BD 60 % žáků. Domníváme se, že k získání této dovednosti mohou přispět metody práce s textem, pomocí nichž se žák učí textu porozumět, orientovat se v něm, aktivně s ním pracovat, hledat klíčová slova a získat potřebné informace, které pak následně zapíše do myšlenkové mapy.



Výsledky hodnocení položky záznamového archu „Výsledky pozorování“

Při srovnávání zápisu výsledků pozorování jednotlivými skupinami žáků do ZA bylo v pilotáži zjištěno, že žáci neumí správně pozorovat a tyto získané výsledky interpretovat. Většina skupin žáků pouze zapsala výsledek řešení problému (např. výsledkem pokusu byla čistá voda, povedlo se, nepovedlo se) a postoje k práci (např. díky naši zručnosti jsme problém rychle vyřešili). Velmi často žáci shrnuli

do výsledků pouze postup. Největším problémem pro žáky bylo zapsat zdůvodnění použitých metod potřebných k rozdelení složek směsi. Hlavní příčinu spatřujeme v nedostatečném propojení získaných teoretických poznatků s konkrétními příklady z každodenního běžného života. Úroveň znalostí žáků hodnotíme jako povrchní, ve škole bývají pasivní, demotivováni, učí se jen definice, kterým nerozumí a brzy je zapomenou. K podobným zjištěním došly i mezinárodní výzkumy TIMSS a PISA: „*Výuka v České republice je zaměřena na naučení faktů, ve které jsou praktické činnosti zařazovány nejméně často.*“ (Mokrejšová, 2009, s. 18-20). Zavedením problémové metody můžeme přispět ke zvýšení aktivity žáků, motivace, účinnosti učení a trvalosti dosahovaných výsledků vzdělávání (Petty, 2013, s. 314; Jankovcová, Koudela & Průcha, 1989, s. 16; Okoň, 1966, s. 65).

Z grafu na obr. 4 vyplývá, že došlo k nepatrnému zlepšení v zápisu výsledků pozorování ve 2. BD. V 1. BD zapsalo úplně nebo částečně výsledky pozorování 8 skupin žáků (32 %) a ve 2. BD 12 skupin žáků (48 %). Domníváme se, že k odstranění příčin tohoto problému může vést usměrňování pozornosti žáků učitelem během demonstračních pokusů, příprava návodních otázek k prováděným pokusům, rozpracovaného textu nebo nonverbálně zadaných tabulek na doplnění výsledků pozorování.

ZÁVĚR

Statisticky významný rozdíl byl prokázán u těchto položek „*Hodnotící karty*“: badatelská úroveň žáků, čas realizace, pomůcky a celkové bodové hodnocení úloh. Největší problémy při vyplňování ZA byly zjištěny u položek: výsledky pozorování a stanovení výzkumného problému. Toto zjištění o dosažené nejnižší úspěšnosti žáků v úlohách zaměřených na aplikaci získaných poznatků a logické zdůvodnění výsledků potvrzují i výzkumy (Brusenbauch Meislová et al., 2018, s. 55; Balogová & Ješková, 2016; Bílek & Machková, 2015). Do výuky je na školách sporadicky zařazována diskuse o zkoumání, argumentace o přírodovědných otázkách a vytváření závěrů na základě provedených pokusů. Domníváme se, že na odstranění těchto problémů se musí podílet všichni vyučující svým cílevědomým a systematickým působením na žáky pomocí vhodně zvolených výukových metod a motivačních aktivit. Učitelé by se měli zaměřit na vytváření komunikativního prostředí bohatého na obsah, které povede žáky k bádání a tvořivosti (Bílek & Machková, 2015). Žáci by měli sami navrhovat úlohy z běžného života, generovat a ověřovat hypotézy (Janík & Stuchlíková, 2010; Ganajová et al., 2016). Ke zlepšení výsledků bádání může přispět i změna hodnocení žáků. Je dokázáno, že zpětná vazba poskytovaná prostřednictvím formativního hodnocení vede k vnitřní motivaci žáků a zlepšení výsledků učení (Orosová et al., 2019).

Dalšími kroky autorů bude úprava zadání záznamových archů pro 1. BD v položce výzkumný problém. V zadání bude rozpracovaná myšlenková mapa, která poslouží jako pomocník v plánování experimentu, systematizaci poznatků a hledání vysvětlení pozorovaných jevů.

Poděkování

Tento text vznikl za podpory Projektu SGS01/PřF/2019-2020, Inovativní metody ve výuce chemie.

LITERATURA

Balogová, B. & Ješková, Z. (2016). Mapovanie bádateľských zručností žiakov stredných škôl. *Biológia, Ekológia, Chémia*, 20(3), 19-25.

Bartoňová, M., Richtář, M. & Trčková, K. (2019). Návrh metodiky hodnocení badateľských aktivít. In M. Rusek, L. Honzusová & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodních předmětů XVI.: neempirické texty* (pp. 7-16). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.

Bílek, M. & Machkova, V. (2015). Inquiry on Project Oriented Science Education or Project Orientation of IBSE? In M. Rusek, D. Stárková, & I. Metelková (Eds.), *Project-based Education in Science Education XII.* (pp. 10-20). Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000357160200001.

Brusenbauch Meislová, M. a kol. (2018). *Sekundární analýza PISA 2015: vliv složení třídy, metod uplatňovaných učitelem a využívání technologií na výsledky českých žáků*. Praha: Česká školní inspekce.

Činčera, J. (2014). Význam nezávislých expertních center pro šíření badateľsky orientované výuky v České republice. *Scientia in educatione*, 5(1), 74–81.

Čížková, V. & Čtrnáctová, H. (2016). Současnost a perspektivy badateľsky orientované výuky. *Biológia, Ekológia, Chémia*, 20(3), 10-13.

Ganajová, M., Sotáková, I. & Siváková, M. (2016). Výučba chémie pre 21. storočie. *Biológia, Ekológia, Chémia*, 20(3), 2-9.

Glass, G. V. (1966). Note on Rank Biserial Correlation. *Educational and Psychological Measurement*. 26(3), 623-631.

Held, Ľ., Žoldošová, K., Orolínová, M., Juricová, I. & Kotuláková, K. (2011): *Výskumne ladená koncepcia príroovedného vzdelávania* (IBSE v slovenskom kontexte). Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity v Trnave.

Honzíková, J. & Sojková, M. (2016). *Tvůrčí technické dovednosti*. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity.

Janík, T. & Stuchlíková, I. Oborové didaktiky na vzestupu: přehled aktuálních vývojových tendencí. *Scientia in educatione*. 1(1), 5-32.

Jankovcová, M., Koudela, J. & Průcha, J. (1989). *Aktivizující metody v pedagogické praxi středních škol*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Lokšová, I. & Lokša, J. (2003). *Tvořivé vyučování*. Praha: Grada.

- Mokrejšová, O. (2009). *Moderní výuka chemie*. Praha: Triton.
- Okoň, W. (1966). *K základům problémového učení*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Orosová, R., Ganajová, M., Szarka, K. & Babinčáková, M. (2019). Hodnotenie v prírodovedných predmetoch v podmienkach slovenského školstva. *Scientia in educatione*, 10(1), 17-32.
- Petty, G. (2013). *Moderní vyučování*. Praha: Portál.
- Radvanová, S., Čížková, V. & Martinková, P. (2018). Mění se pohled učitelů na badatelsky orientovanou výuku? *Scientia in educatione*, 9(1), 81–103.
- Rokos, L., Lišková, J., Váchová, L., Cihlářová, M., Chadová, M. & Strapková, J. (2019). Pohled žáků vybraných základních škol a gymnázií na hodnocení při hodinách přírodopisu a biologie s akcentem na formativní hodnocení. *Scientia in educatione*, 10(1), 90-112.
- Rusek, M. & Gabriel, S. (2013). Student Experiment insertion in Project-based Education. In M. Rusek & V. Köhlerová (Eds.), *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields X*. (pp. 38-44). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta. WOS:000339813900006.
- Rusek, M. (2013). Vliv výuky na postoje žáků SOŠ k chemii. *Scientia in Educatione*, 4(1), 33-47.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611.
- Trčková, K. & Kričfaluši, D. (2018). Badatelské aktivity v praxi. In H. Čtrnáctová, K. Nesměrák & M. Teplá (Eds.), *DidSci Plus – Research in Didactics of Science PLUS*. (pp. 423-426). Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- Trčková, K. & Kričfaluši, D. (2019a). Ukázka zadání a hodnocení badatelské aktivity. *Biologie, chemie, zeměpis*. 28(3), 33-49.
- Trčková, K. & Kričfaluši, D. (2019b). Evaluace badatelských aktivit. *Biológia, ekológia, chémia*. 23(3), 4-8.
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*. 1(6) 80-83.

Kontaktní adresy

RNDr. Kateřina Trčková, Ph.D.¹, doc. RNDr. Petr Bujok, Ph.D.²

¹Katedra chemie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita
30. dubna 22, 701 03 Ostrava

²Katedra informatiky a počítačů, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita
30. dubna 22, 701 03 Ostrava

e-mail: katerina.trckova@osu.cz, petr.bujok@osu.cz

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 navracení 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 vznikající 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 téma 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 listí, 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 odpověďí (např. Uveďte, pro jaké procesy probíhající v rostlinném těle rostlina sluneční energii využívá (uveďte 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 diskuse 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 navrhoje, 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 navrhnut konkurenční návrh, který za pomoci vegetace sníží zjevné teplo. Návrh měl být podpořen argumenty získanými na základě žáky navrženého experimentu ve třídě.

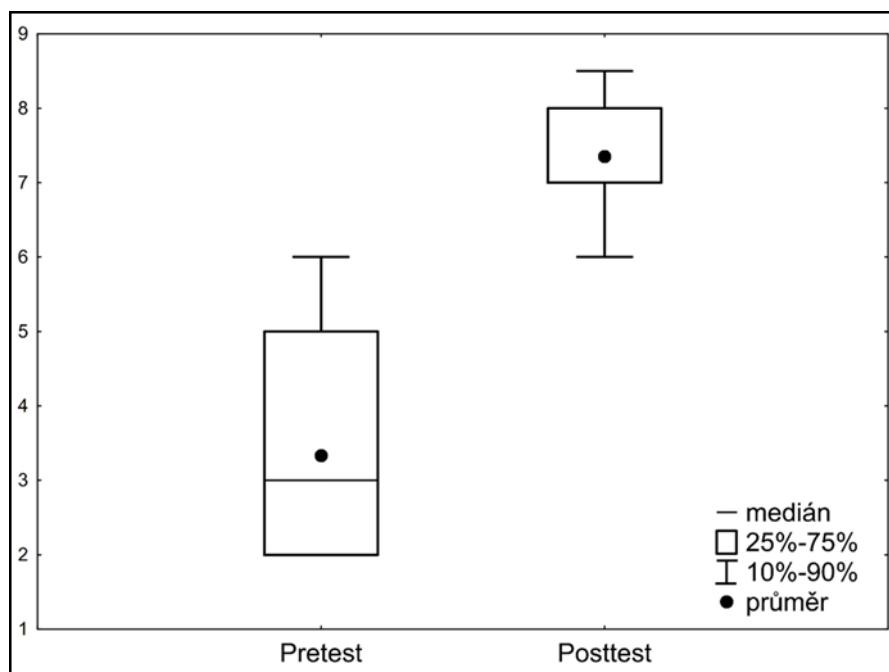
Experiment primárně navrhli sami žáci, ale učitel jim byl důležitým pomocníkem a usměrňoval jejich činnost. Žáci měli k dispozici celkem 4 typy rostlin (každá skupina jeden typ) ve více pokusných variantách (vrba – jako typický reprezentant mokřadní vegetace, weigelie – městská vegetace, buk – listnatý 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 započetím experimentu si každá skupina zvolila domněnku, která z rostlin bude odpařovat vodu nejvíce a ochlazovat tak nejfektivněji 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) weigelie 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) vykácíme 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.

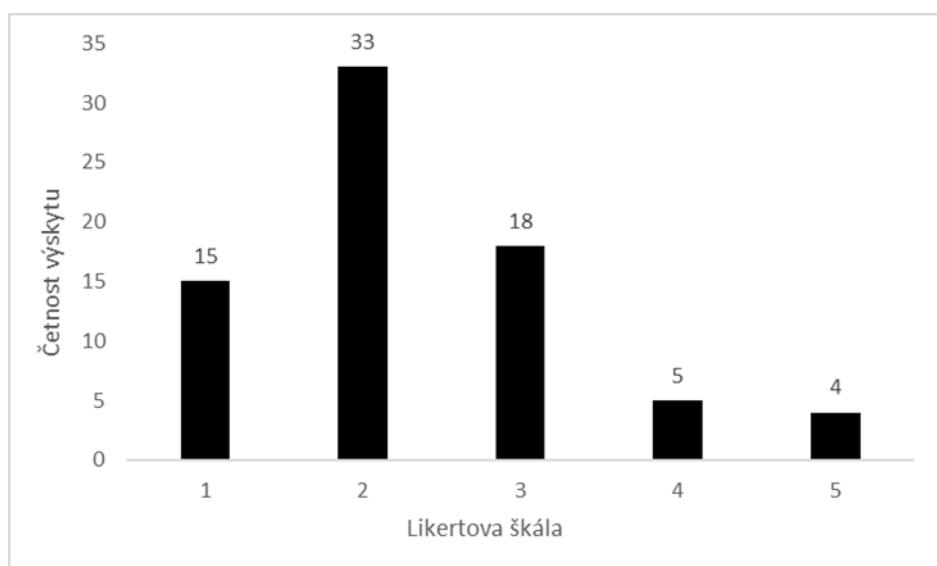
Z obr. 1 je patrné, že se znalostní úroveň žáků v tematice ekologický význam transpirace po absolvování výuky s badatelskými prvky zlepšila. Výsledky tak poukazují na skutečnost, že díky praktickému měření a interpretaci výsledků na základě fyzikálních principů si žáci uvědomili význam evapotranspirace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



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

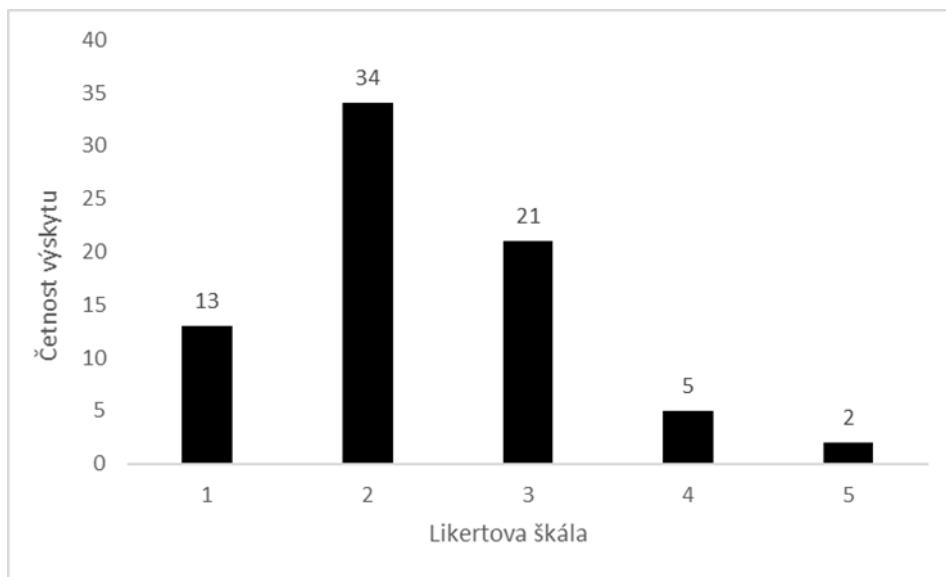
Průměrný bodový zisk žáků v rámci pretestu, tedy testu znalostí před výukou, činil pouhých 3,3 bodu. Průměrná hodnota bodového zisku z posttestu (tedy testu absolvovaného týden po vyučování) dosahovala 7,4 bodu. Bodový nárůst mezi průměrně dosaženým počtem bodů v pretestu a v posttestu tak byl 4,1 bodu. Bodový zisk v testu výstupních znalostí byl statisticky významně vyšší než v testu před započetím 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 jist o tom, zda by daný typ výuky již spíše či určitě absolvoval 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. (bakalářská práce), 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., Nadezhina, 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. *Envirogogika*, 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. Vojíř (Ed.), *Project-based Education and other activating strategies in Science Education XVI*, Praha (pp. 14-19). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600013.

RVP pro základní vzdělávání. MŠMT. (2017). 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). doi: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

Desková hra zaměřená na modelové organismy: proces tvorby a ověření

Board game about model organisms: process of creation and pilot testing

Karel Vojíř, Linda Němečková, Dagmar Říhová

Abstract

Identification and knowledge of representatives of fauna and flora are integral part of primary science education. A board game was created for this purpose. The crucial problem in the science education is the selection of basic subject matter, including typical organisms. The goal of this contribution is to present the methodology of model organisms' selection with regard to the Czech nature variability expression. The created education board game was piloted in the 4th and 5th grade at elementary school classes. The modified Intrinsic Motivation Inventory (IMI) tool was used to gain feedback. The results of the pilot inventory show that pupils assume this game as interesting and usefulness to learning process focused on organisms.

Key words

Science education; primary school; model organisms' selection

ÚVOD

Nedílnou součástí výuky o živé přírodě je i získávání znalostí o vybraných druzích organismů. Uvádění příkladů jejich výskytu ve známých lokalitách a jejich třídění dle určujících znaků je součástí očekávaných výstupů již pro 1. stupeň základní školy (RVP ZV, 2017). V učebnicích, jakožto nejkonkrétnějším vyjádřením zamýšleného kurikula (Maňák & Klapko, 2006), je většinově předkládán systematický výklad o živých organismech vycházející z jejich systematického zařazení. Tento přístup společně s tradicí vnímání některých organismů jako modelových se projevuje v prezentaci skupiny organismů, mezi kterými převažují konzumenti. Tento obraz variability přírody je ale deformovaný a nezachycuje reálnou biodiverzitu, ve které naopak převažují producenti a dekompozitoři. Zároveň v tomto pojetí je obtížné vnímat komplexnost živé přírody a vazby mezi jednotlivými druhy. Ve výuce tak chybí propojování a vytváření vazeb spojujících školu s reálným životem (viz např. Čížková, 2013). Na důsledky nedostatečného propojování a důrazu na vazby v přírodě upozorňuje například Činčera (2012). Na otázku: *Jak funguje les*, žáci odpovídali pouhým výčtem prvků (organismů) bez zmínky o probíhajících procesech či uvádění vztahů mezi organismy tohoto ekosystému.

S ohledem na zdůraznění variability živé přírody a její propojenosti byla vytvořena desková hra – *Co o mně víš?* Hra cílí na rozvoj vědomostí a dovedností spojených s poznáváním organismů typických pro Českou republiku včetně jejich základní charakteristiky a interorganismálních vazeb. Zároveň se zaměřuje i na rozvoj kompetence k řešení problémů, zejména plánování postupu řešení, a sociálních a komunikativních kompetencí v rámci hry ve skupině. Desková hra jakožto didaktický prostředek zároveň nabízí ve výuce i značný potenciál k motivaci a aktivizaci žáků (Maňák & Švec, 2003).

DESKOVÁ HRA

Hra je koncipována pro žáky druhého vzdělávacího období prvního stupně základní školy, přičemž může být využita jak v rámci motivačních částí výuky, seznamování žáků s vybranými organismy, tak i k opakování završující tematický celek Rozmanitost přírody vzdělávací oblasti Člověk a jeho svět. V rámci opakování a výuky ekologických vazeb je ale využitelná i pro výuku vzdělávacího oboru Přírodopis vzdělávací oblasti Člověk a příroda.

S ohledem na vzdělávací cíle sestává průběh hry ze dvou časově sousledných částí. První část se zaměřuje především na rozvoj vědomostí o organismech v České republice a dovednost posoudit základní charakteristiky druhu v kontextu dosavadních znalostí. Druhá část hry je věnována především kognitivnímu propojování jednotlivých organismů mezi sebou s využitím dosavadních i ve hře nabytých vědomostí při hledání ekologických vazeb mezi vybranými organismy.

Popis hry a herního mechanismu

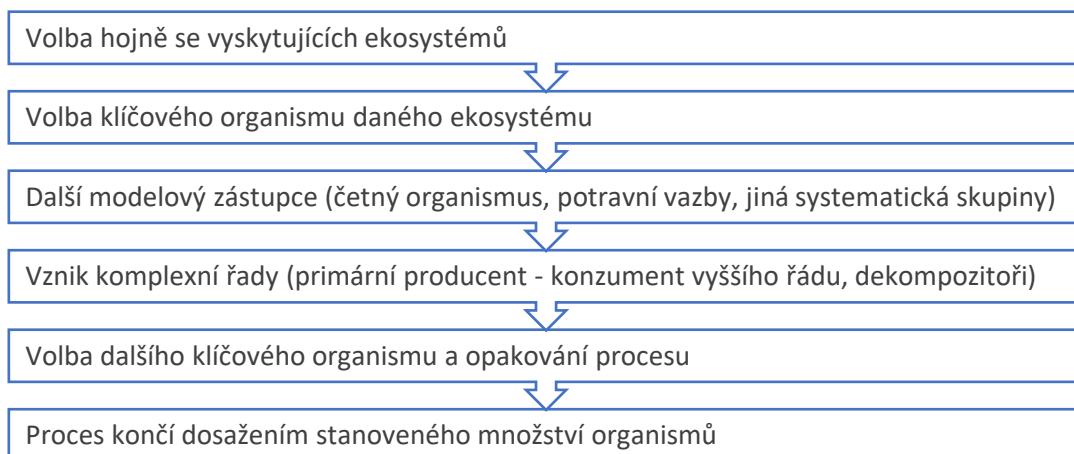
V rámci hry se hráči stávají objeviteli, kteří zkoumají organismy žijící v České republice. Na začátku herního kola v rámci skupiny (2 až 6 hráčů) každý z hráčů obdrží kartu zobrazující určitý organismus. Na základě vyobrazení organismu každý hráč samostatně pomocí označovacích žetonů určuje jeho charakteristiku v daných kategoriích (prostředí, ve kterém žije; velikost; potravní preference a zařazení do systematické skupiny organismů) na herní desce hráče. Následně je správnost určení jednotlivých kategorií u všech hráčů kontrolována prostřednictvím přečtení textu na druhé straně karty organismu. Text mimo informace odpovídající kategoriím obsahuje i specifické informace vztahující se k danému organismu. V rámci této části se s organismem seznamují všichni hráči v herní skupině. Dle množství správných odpovědí žáci získávají počet pohybů po herním plánu, na kterém získávají vítězné body různých hodnot a karty výhod, které umožňují ovlivnění dalšího postupu.

Počet kol, v rámci kterých žáci poznávají organismy, je dán časem, který je na hru vymezen. Je tak možné hru využít jak v klasické 45minutové školní hodině, tak v delších výukových jednotkách. Po dokončení zvoleného počtu kol rozpoznávání a charakterizování organismů navazuje část, ve které je úkolem žáků vymyslet a popsat ekologické vazby mezi organismy, které v průběhu hry shromázdili.

Za správně popsané ekologické vazby získávají žáci závěrečné pohyby po herním plánu. Tato část cílí na propojení znalostí do širších celků, uvědomění si propojenosti živé přírody a rozvoj myšlení o přírodovědném obsahu. Správnost popsaných ekologických vazeb se odvíjí od jejich obhájení ve skupině. Zároveň byl jako součást hry zpracován přehled, ve kterém jsou popsány vazby mezi ve hře zařazenými organismy. V případě nejednoznačnosti je vhodná pedagogická intervence vyučujícího, stěžejní roli ale sehrává plná shoda hráčů na základě dostupných informací.

METODIKA VÝBĚRU MODELOVÝCH ORGANISMŮ

Pro postižení rozmanitosti organismů v České republice a zohlednění vzájemných vazeb mezi jednotlivými druhy byla vytvořena metodika pro výběr jednotlivých modelových zástupců. Pro sestavení metodiky i následný výběr druhů byl složen panel dvou oborových didaktiků přírodních věd a odborného biologa. Každý druh byl do výběru organismů zařazen pouze v případě plné shody všech zapojených odborníků.



Obr. 1: Postup výběru modelových organismů

Pro výběr organismů byly nejprve zvoleny hojně se vyskytující ekosystémy v širokém slova smyslu (les, pole, louka, jezero či rybník, řeka). Ve vybraném ekosystému byl zvolen klíčový organismus, který je pro daný ekosystém typický. Na základě zvoleného klíčového druhu byl doplněn další druh, přičemž podmínkou pro zařazení byla ekologická vazba na první zařazený organismus. Zároveň byla zohledňována četnost organiska v daném ekosystému, a pokud to bylo možné, byl přednostně volen organismus z jiné taxonomické skupiny (na úrovni podtřídy a vyšší). Další organismy byly k druhu zvolenému jako klíčový doplňovány až po dosažení kompletního potravního řetězce primární producent – konzumenti různých řádů – dekompozitoři. Po doplnění této řady byl zvolen další klíčový organismus z jiného ekosystému. Při zařazování dalších druhů bylo rovněž zohledňováno, zda již není zařazen ekologický ekvivalent, který může vyplnit vazby k dříve zařazeným organismům. V takovém případě byl potravní řetězec považován za doplněný i bez nutnosti přidání dalšího druhu. Celý postup

byl opakován až po dosažení předem stanoveného počtu druhů organismů (Z technických důvodů realizace hry byl v první fázi tvorby počet stanoven na 73 druhů.).

OVĚŘENÍ HRY

Pro zajištění funkčnosti a didaktické využitelnosti byla desková hra pilotně ověřována. Ověřování probíhalo ve dvou samostatných fázích. V první fázi se ověřování zaměřovalo zejména na testování herních mechanismů a hratelnosti. Návrh deskové hry byl opakovaně zkoušen na dostupném vzorku žáků, přičemž po každém testování následovalo vyhodnocení průběhu hry a úpravy pravidel i herních prvků. Po ustálení funkčnosti herního mechanismu byla hra dopracována z pohledu vzdělávacího obsahu (viz výše) a vytvořen předtiskový prototyp.

Výzkumná fáze ověření deskové hry byla zaměřena na aspekty vzdělávacího procesu. Cílem ověření bylo zjistit:

- zda žáci vnímají hraní navržené hry jako zajímavé,
- jestli žáci vnímají hraní navržené hry jako užitečné pro své učení.

Ověření proběhlo na ZŠ Komenského Pelhřimov v průběhu září a října 2019. Ověření se zúčastnilo 126 žáků (52 chlapců, 73 dívek) ze šesti tříd (4.–6. ročník). Žáci byli seznámeni s pravidly hry a následně ji samostatně hráli ve skupinách pěti až šesti. K získání dat byl využit dotazník, který samostatně vyplňovali ve vyučovací hodině navazující po hraní deskové hry. Instrukce k vyplnění dotazníku byly s ohledem na přiměřenost délky textu věku respondentů popsány stručně a při zadávání byly instrukce před vyplňováním vysvětleny i ústně. Dotazníky byly vyplňovány i vyhodnocovány zcela anonymně.

Konstrukce výzkumného nástroje

K ověření funkčnosti navržené deskové hry byl využit standardizovaný nástroj *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI, dotazník vnitřní motivace). Tento vícerozměrný výzkumný nástroj slouží k hodnocení subjektivní zkušenosti účastníků a byl využit v řadě výzkumů, které potvrdily jeho funkčnost a validitu při ověřování výukových metod (Kekule & Žák, 2001; Ryan & Deci, 2000) včetně různých aktivizačních strategií (např. Vojíř, Honskusová & Rusek, 2019; Tóthová, Matoušová, Šubová & Rusek, 2019). Nástroj sestává z několika subškál a je možné z něj modulárně využívat pouze některé části a položky konkretizovat pro potřeby konkrétního ověření (Rotgans & Schmidt, 2010). Vzhledem k zaměření šetření byly využity subškály zájem/potěšení a hodnota/užitečnost. S ohledem na využití byly výchozí formulace položek obsahujících sousloví: "tato činnost" konkretizovány formulací "hraní této hry". Nedokončené položky v subškále hodnota/užitečnost byly doplněny kontextem učení se o živých organismech.

V konstrukci výzkumného nástroje bylo nezbytné zohlednit specifika cílové skupiny. Pro dosažení větší srozumitelnosti pro mladší žáky byly provedeny dílčí úpravy nástroje:

- Pro přiměřenost rozsahu byly pro každou subškálu použity pouze čtyři položky.
- Byly využity pětistupňové stupňové škály s popsanými krajními hodnotami souhlasím – nesouhlasím. Pro analogii s žákům známým školním známkováním vyjadřovala hodnota 1 „souhlasím“ a hodnota 5 „nesouhlasím“.
- Výroky ve škále hodnota/užitečnost byly zkráceny o úvodní formulace: „myslím se, že...“, aby byla snížena syntaktická obtížnost textu.
- Z formulací byl vypuštěn podmiňovací způsob.
- Zařazeny byly pouze konkrétně formulované položky bez abstraktních pojmu.

Pro další konkretizaci zjištění byly doplněny i otevřené otázky k vyjádření žáků, které se zaměřovaly na zjištění, co se žákům nejvíce líbilo, co by doporučovali upravit a co se prostřednictvím hry naučili. Odpovědi žáků z této části byly vyhodnocovány pomocí otevřeného kódování.

Pro využitelnost nástroje byla provedena obsahová validizace (Kerlinger, 1972), pro jejíž zajištění byl sestaven odborný panel sestávající ze čtyř oborových didaktiků a dvou učitelek vyučujících na 1. stupni základní školy. Sestavený nástroj byl odbornému panelu předložen k posouzení, navrhované připomínky byly konzultovány a zapracovány do výsledné podoby nástroje popsané výše.

Sestavený výzkumný nástroj byl pilotován na dostupném vzorku 20 žáků (6 chlapců a 14 dívek). Pilotní ověření nástroje ukázalo, že dotazník je pro žáky srozumitelný a je možné ho využít v hlavním šetření. Rovněž byla posouzena reliabilita nástroje pomocí koeficientu Cronbachova alfa. Zjištěné hodnoty se u obou subškál ukázaly jako dostatečné (0,85 resp. 0,70). Na základě posouzení reliability nebyla vypuštěna žádná z položek nástroje.

Výsledky ověření hry

V rámci ověření se desková hra ukázala jako funkční. U žádné z herních skupin nebyly zjištěny problémy s herním mechanismem ani jednoznačností pravidel. Hru bez obtíží zvládali všichni hráči bez ohledu na předchozí zkušenosti s hraním deskových her. Tato zjištění jsou zásadní pro její využití v rámci edukace, neboť případný problém mechanismu hry by mohl narušit pozornost zaměřenou na předávaný vzdělávací obsah i rozvíjené kompetence žáků.

Reliabilita dat získaných prostřednictvím výzkumného šetření byla posouzena pomocí koeficientu Cronbachova alfa (Cronbach, 1951), přičemž byly samostatně posouzeny obě využité subškály. Cronbachova alfa subškály zájem/potěšení dosáhla hodnoty 0,76. Cronbachova alfa subškály

hodnota/užitečnost se rovnala 0,72. U obou subškál lze považovat hodnoty za přijatelné (Tavakol & Dennick, 2011).

Na subškále zájem/potěšení žáci hodnotili hraní vytvořené deskové hry v průměru hodnotou 1 ($\mu = 1,17$, $\sigma = 0,43$). Žáci souhlasí, že se jim hraní hry líbilo a považují ho za zábavné. Naopak nesouhlasí s tím, že by hraní této hry bylo nudné a nezaujalo je. Tato subškála je subjektivním měřítkem vnitřní motivace žáků. Zjištění se tak ukazují jako zásadní pro využitelnost hry ve výuce i s ohledem na motivaci ke zvýšení celkového zájmu o přírodovědné vzdělávání.

Průměrnou hodnotou 1 hodnotili žáci hraní ověřované deskové hry i na subškále hodnota/užitečnost ($\mu = 1,19$, $\sigma = 0,47$). Žáci souhlasí, že se hraním hry mohou něco naučit a hraní této hry jim může prospět v učení se o živých organismech. Tato zjištění jsou podstatná s ohledem na interiorizaci získaných poznatků, stejně jako autoregulaci učení (Deci, Eghrari, Patrick, & Leone, 1994). Vytvořená desková hra tak může být efektivní pomůckou v rámci výuky zaměřené na rozpoznávání organismů typických pro českou přírodu, základní informace o těchto organismech a porozumění ekologických vazeb.

V rámci volných vyjádření vztahujících se k tomu, co se respondentům nejvíce líbilo nejvíce žáků uvádělo prvky vztahující se ke hře a jejímu mechanismu ($N = 28$): *líbilo se mi postavování mostu přes cestu*, naučnosti hry ($N = 19$): *líbilo se mi to, že jsme se naučili hodně nových věcí*, zábavě a sociální interakci ($N = 17$): *líbilo se mi to, že jsme spolupracovali*, že je to zábava a určování organismů a informací o nich ($N = 13$): *poznávání rostlin, hub a zvířat*. Odpovědi korespondují s hodnocením zájmu a užitečnosti na škálách. U jednotlivých žáků se projevuje variabilita, kdy se jako zajímavá ukazuje jak samotná desková hra a její mechanismy, tak předložený oborový vzdělávací obsah.

Na otázku, co by doporučovali upravit, nejvíce žáků ($N = 56$) uvádělo, že nic. Další nejčastější odpovědi se vztahovaly ke grafice, hernímu plánu a materiálu ($N = 12$): *jiné figurky (nejlíp podle mě kovové)* a *žetony plastové* a kartám výhod ($N = 12$): *jak je karta výhod přidat ještě něco podobného např: karta smůly a karta štěstí*. V doporučeních vztahujících se k technickému provedení hry se projevilo, že byla pilotována pomocí prototypu vytvořeného celého z kartonu. Doporučení od žáků budou využita ve výrobě výsledné podoby hry. Mezi věcmi, které by dle žáků bylo vhodné upravit, se neobjevily žádné podněty vztahující se ke vzdělávacímu obsahu zařazenému do hry.

V odpovědích na otázku, co se dozvěděli nového, nejvíce žáků odpovídalo obecně, že různé informace o organismech ($N = 49$): *O zvířatech jsem se něco víc naučila. A poznala jsem věci o nich*. Významný podíl žáků ($N = 42$) uvedl konkrétní informace, které se naučil o vybraném organismu: *Bobr je býložravec. že slimák je větší, než jsem myslela*. Vzhledem k otevřenosti položené otázky je u těchto

žáků možné sledovat jednak osvojení poznatku, ale i zájmu, který u žáků vzbudil, což koresponduje s hodnocením na škále zájem/potěšení.

ZÁVĚR

Prostřednictvím hraní vytvořené deskové hry určené pro skupinu žáků je možné rozvíjet jak kompetence žáků spojené s plánováním postupu řešení, tak i komunikační dovednosti. Zároveň díky svému motivačnímu potenciálu umožňuje zprostředkování vzdělávacího obsahu zaměřeného na organismy vyskytující se v České republice. Navržená metodika výběru modelových organismů na základě jejich ekologických a potravních vazeb se ukázala jako funkční pro postižení druhové rozmanitosti a byla ověřena v průběhu vývoje deskové hry. Tuto metodiku je možné využít i v rámci tvorby dalších didaktických pomůcek zaměřujících se na znalosti vycházející z variability živé přírody. Vytvořená desková hra se ukazuje jako dobré hratelná i s žáky vyšších tříd prvního stupně základní školy. Pilotním ověřením bylo zjištěno, že žáci považují tuto hru za zábavnou a myslí se, že se díky ní mohou něco naučit, což jsou významné parametry potřebné pro její využitelnost ve vzdělávacím procesu.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu PROGRES Q17 Příprava učitele a učitelská profese v kontextu vědy a výzkumu.

LITERATURA

Činčera, J. (2012). Děti a les: analýza mentálních map žáků čtvrtých tříd. *Envirogika*, 7(1), 1-15. doi: 10.14712/18023061.67

Čížková, V. (2013). Biologické vědomosti a dovednosti ve výzkumu PISA. *Biologie, chemie, zeměpis*, 22(3), 113-117.

Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. R. (1994). Facilitating internalization: The self-determination perspective. *Journal of Personality*, 62, 119-142.

Kekule, M., & Žák, V. (2001). Zahraniční standardizované nástroje pro zjišťování zpětné vazby z výuky přírodních věd. In T. Janík, P. Knecht & S. Šebestová (Eds.), *Smíšený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu* (s. 149-156), Brno: Masarykova univerzita.

Kerlinger, F. N. (1972). *Základy výzkumu chování: pedagogický a psychologický výzkum*. Praha: Academia.

Maňák, J., & Klapko, D. (Eds.). (2006). *Učebnice pod lupou*. Brno: Paido.

Maňák, J., & Švec, V. (2003). *Výukové metody*. Brno: Paido.

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. (2017). Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy.

Rotgans, J. I., & Schmidt, H. G. (2010). The Motivated Strategies for Learning Questionnaire: A measure for students' general motivational beliefs and learning strategies? *The Asia-Pacific Education Researcher*, 19(2), 357-381.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78.

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53-55. doi: 10.5116/ijme.4dfb.8dfd

Tóthová, M., Matoušová, P., Šubová, Š., & Rusek, M. (2019). Proč zjišťovat, kde je obsažena sůl? In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI.* (s. 65-70). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600008.

Vojíř, K., Honskusová, L., Rusek, M., & Kolář, K. (2019). Nitrace aromatických sloučenin v badatelsky orientovaném vyučování. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Projektové vyučování a další aktivizační strategie ve výuce přírodovědných předmětů XVI.* (s. 131-141). Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. WOS:000482135600016.

Kontaktní adresy

PhDr. Karel Vojíř^{1,2}, PhDr. Linda Němečková¹, Mgr. Dagmar Říhová, Ph.D.¹

¹Katedra biologie a environmentálních studií, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

²Katedra chemie a didaktiky chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: karel.vojir@pedf.cuni.cz, linda.nemeckova@pedf.cuni.cz, dagmar.rihova@pedf.cuni.cz

Square grid as a tool for planar imagination development among elementary school students

Vlastimil Chytrý, Alena Tošovská, Lucie Hloušková

Abstract

The paper describes the use of a square grid in teaching mathematics in the third grade of elementary school in the sense of classical experiment where students are divided into an experimental and a control group. The development of the planar imagination and the student's relationship with mathematics were chosen as the determining variables. Due to the influence of the square grid on the student, there was a significant improvement in planar imagination (an increase of 61 %). The control group also showed an increase but only less than 34 %. The popularity of mathematics also increased only in the experimental group. It turned out that one of the biggest problems was to create the tool for mapping the student's planar imagination itself or to be able to influence the students of the experimental group for a longer time.

Key words

Planar imagination; square grid; motivation

INTRODUCTION

The presented paper focuses on the issue of using a square grid at elementary school as part of project teaching which is defined by Kubicová (2008) as a specific educational strategy and complement, as a transition from idea to action, which is carried out under the student's responsibility and delivers a very concrete outcome that clearly belongs to a set of methods used not only at elementary school (p. 10). However, in project teaching the factor of practical use is often neglected. Maňák and Švec (2003) consider teaching aimed at strengthening students' practical activities a reaction to the conditions in which today's children and youth grow up; specifically, the teaching of mainly theoretical nature with a lack of sensory stimuli, a consumer way of life and few opportunities to gain their own experience. Contributions to PBE are typically focused on natural science, but there were also some which were mathematically oriented (Matúš & Šulcová, 2015) shifting the issue towards STEM.

The paper describes the course of the experiment in which students of two schools were divided into the experimental and the control group. In the experimental group, geometry was taught with use of a square grid (Bee-Bots were used, movements on a square grid, etc.) for 14 weeks during the afternoon lessons and on a voluntary basis. In the control group, teaching was conducted as usual. The

students were pre-tested and post-tested and it was monitored whether there would be change in their planar imagination and in their relationship with mathematics. It was found out that the greatest obstacle was to create the tool for mapping the student's planar imagination itself.

DEFINITION OF THE TERM IMAGINATION

There are a number of definitions of imagination. For example, Tateo (2015) defines it as a fundamental higher psychological function that is devoted to the manipulation of complex wholes of iconic and linguistic signs. This definition differs to a certain extent from that found in the encyclopedia: A conception is a certain content or image that we cannot actually describe in words precisely. It more or less depends on our experience. It is possible to distinguish several kinds of imagination according to their area of focus. As Říčan (2005) states, we distinguish several kinds of imagination – auditory, visual, tactile, etc. The inclusion of a new concept occurs whenever new information is received which naturally leads to the fact that erroneous information may also be included. The same way information is received, it is also transmitted. The process takes place in: **i)** written text, **ii)** picture, **iii)** speech, **iv)** table, **v)** gesture or, for instance, **vi)** sound. At that moment, a certain idea or concept in the teacher's or the student's consciousness is transformed into articulated information (Hejný & Kuřina, 2001).

This paper will focus on mathematical imagination which develops most in gaming activities in which students gain experience and thus create an initial set of mathematical ideas (Divíšek, 1989). Molnár (2014, p. 33) defines spatial imagination as a set of abilities concerning reproductive and anticipatory, static and dynamic conceptions of shapes, features and interrelationships between geometrical shapes in space. This definition corresponds with Jirotková's (1990) claims that planar imagination is associated with the ability not only to recognize and identify geometric shapes in their environment but also as the ability to visualize a geometric shape, its features and relationships between shapes.

STUDENT MOTIVATION TO MATHEMATICS

The dependence of school performance on a student's motivation is to some extent neglected despite the fact that a number of authors deals with this issue (e.g. Zelina & Jašová, 1984; Hvozdík, 1986). It is the motivation, in fact, that determines the direction and intensity of behavior that has such a strong influence on education (Beneš, 2008).

Klimeš (2002, p. 495) defines motivation as dynamically structured set of internal factors that, in the form of current and lasting motives for behavior, encourage and direct human to action. However, its definition may be considerably shorter, such as "the driving force" (Madsen, 1979, p. 17) or "the tension between I do not have and I would like to have, I cannot do and I need to be able to do, I do

not know and I need to know" (Hejný & Kuřina, 2001, p. 105). Of course, there are more of these definitions and thus some of them are presented here:

- Motivation is a "reason for behavior" (Guay, Chanal, Ratelle, Marsh, Larose & Boivin, 2010, p. 712);
- Motivation is an attribute that causes us to do or not to do something (Gredler, Broussard & Garrison, 2004, p. 104).
- Motivation is "the pleasure of learning characterized by a focus on mastery; curiosity; perseverance; endogenous task; and learning challenging and new tasks" (Gottfried, 1990, p. 525). In this case it is an academic motivation.

Pintrich (2003) describes the relationship between motivation and educational process when he claims that it is not probable that a student who is not motivated would succeed in his/her studies. If a student defines his/her own knowledge as a fixed amount of information that someone does or does not possess, he/she is less likely to be motivated to learn than the one who defines knowledge as the amount of information that can be changed (Dweck, 2010). Barry (2007) and Pintrich (2003) also focus on this issue and mention that students need to see and feel the connection between effort and success. If they do not feel this connection, they are less likely to be successful in their studies. Motivation is closely related to popularity, which is an important prerequisite for mastering the entire learning process (Christenson, Reschly & Wylie, 2012, Marcus & Sanders-Reio, 2001). In fact, popularity is the attitude that the students take towards the subject, so according to Di Martin and Zan (2014) it is an individual's feature that has a direct influence on his/her behaviour. Similarly to motivation, school popularity also strongly correlates with educational achievements (Schiefele, Krapp & Winteler, 1992).

RESEARCH METHODOLOGY

Data collection

The respondents of the research are students of the 3rd grade at an elementary school in Jílové in the Ústí nad Labem region (two classes) and the elementary school in Libouchec. In both cases, these are regular primary schools with traditional teaching methods. The table (Tab. 1) shows the proportion of participants in research testing. At the Libouchec elementary school, 56 % of the tested students were girls and 44 % boys. In the Jílové elementary school, 42 % of the tested students were girls and 58 % boys (class 3A – 44 % girls, 56 % boys, class 3B – 40 % girls, 60 % boys). In the total number of all tested students, there is a slight prevalence of boys' representation.

Tab. 1: Proportion of participants in research testing

	Elementary school Libouchec	Elementary school Jílové, 3. A	Elementary school Jílové, 3. B	Total
Number of students	16	25	20	61
Girl	9	11	8	28
Boys	7	14	12	33

The experimental group consisted of Jílové elementary school students. As the work with pupils of the experimental group proceeded after the lessons, it was not possible to instruct the pupils to participate. For this reason, selection was made on a voluntary basis and almost all pupils in the class were willing to cooperate. From these pupils were subsequently randomly selected those who attended the experimental group. Due to the scale of the activities, it was not possible to use exclusively the time of mathematical lessons. The experimental group was attended by a total of 13 students (4 boys, 9 girls).

Research tool used

Based on consultation with experts, the tasks that were selected for testing were inspired by or taken from publications (Krejčová, 2014; Hejní et al., 2009) which are focused on:

- Determining the number of geometric shapes;
- Covering a plane with given shapes;
- Transformation of shapes in a plane;
- Overlap of plane shapes.

Each test item was evaluated alternatively: i) 0 – student answered incorrectly, ii) 1 – student answered correctly. When a student did not answer a question, an empty character was used for encoding. This coding method allows the following interpretation of the results: the arithmetic mean of the measured values is a suitable point estimate of the p-alternative distribution parameter which is the probability that a randomly selected student will answer the question correctly.

The popularity of mathematics was measured using a five-point scale placed at the beginning of the test. A value of 1 indicates a high popularity of this subject, value of 5 the opposite.

Research problem, aim and hypotheses

The research is focused mainly on planar imagination and the popularity of the subject of mathematics. Therefore, two research problems were formulated in the form of research questions.

- How does the use of square grid influence the planar imagination of 3rd grade students at elementary school?

- How does the use of square grid influence the popularity of mathematics?

To answer these questions, it was necessary to take a few steps that can be summarized as follows:

- In September 2018, i.e. in the period before the first testing, create a test with a questionnaire to find data about students and monitor the planar imagination of students in the 3rd grade of elementary school.
- In October 2018, select students for testing, select students for the experimental group.
- In November, test the 3rd graders and evaluate the test results.
- In the period between the first and second testing, work with the students of the experimental group in individual sessions using a square grid as a tool for their development.
- In April 2019, conduct a second test, process and analyse the data obtained.
- After evaluation of the data obtained, verify the hypotheses.

The following alternative hypotheses are related to the last point. The corresponding null hypotheses formulated in the language of mathematics will always be defined in the relevant part of the text.

- H_1 : The students that were in the experimental group and used a square grid as a tool in the activities will develop planar imagination more than the other tested students.
- H_2 : Among the students that were in the experimental group and used a square grid as a tool in the activities, the popularity of mathematics will increase.

The experimental group met once a week in the afternoon for three calendar months. A classroom in which the desks were arranged into three centres (Fig. 1) was used. Due to the number of the group members, the number of students in each centre was not the same.

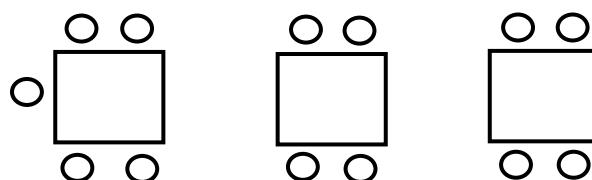


Fig. 1: Placement of students during the experimental lessons

RESEARCH RESULTS

Descriptive analysis

In this part of the text the used quantities are in accordance with the Czech expert literature Hendl (2012): **i)** max. – maximum, **ii)** \emptyset – arithmetic mean, **iii)** med. – median, **iv)** mod. – mode,

v) min. – minimum, vi) N – frequency, vii) p – significance level (p -value), viii) SD – standard deviation (selective). The descriptive analysis is divided on the basis of a classical experiment (Fig. 2).

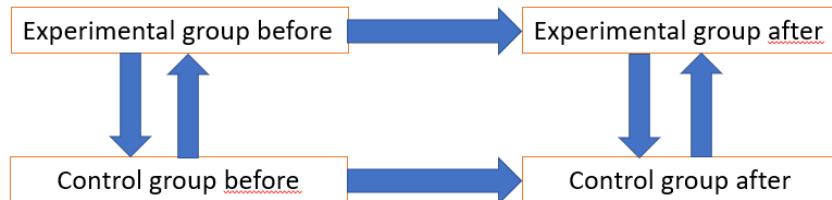


Fig. 2: Experiment design

It is clear from the figure that it is necessary to first compare the experimental and the control group with each other and then the two groups in pre-test and post-test. First, the question of the development of planar imagination was solved in this way.

Tab. 2: Descriptive analysis (planar imagination)

Plane imagination	Exp - pre	Con - pre	Exp - post	Con - post
N	13	48	13	48
\emptyset	2,77	2,27	4,46	3,04
Med.	3,00	2,00	5,00	3,00
Mod.	3,00	3,00	5,00	3,00
SD	0,93	1,12	0,66	0,94
Max.	4,00	5,00	5,00	5,00
Min.	1,00	0,00	3,00	1,00

It can be seen from the descriptive analysis (Tab. 2) that the shift occurred in both the experimental and the control group (where the shift is not so obvious). Due to the nature of the data (non-parametric data) a Wilcoxon signed-rank test was used to compare input and output testing against a null hypothesis claiming that the medians for pre-test and post-test are equal. Before comparing the experimental and the control group in the pretest and posttest, it was necessary to compare these groups in the pretest. The Mann-Whitney U test was used, the values obtained were $U = 308$, $Z = 0.061$, $p = 0.951$. Since the difference was not detected, we proceeded to compare the two measurements as shown in Table 3.

Tab. 3: N, T, Z and p-level values for Wilcoxon signed-rank test

	N	T	Z	P
Experimental group	13	0,00	3,059	0,002
Control group	48	28,5	4,19	0,000

Based on p -level values, the null hypothesis can be rejected for both groups at a one percent level of significance. Given the number of respondents in both groups, it is clear that the control group is

considerably advantageous. In terms of percent, the experimental group increased by 61% and the control group by 33.9 %.

It is interesting to compare both groups in terms of the student's relationship with mathematics. In pre-test it was found that the popularity of this subject is comparable in the control and experimental groups. After the research the subject's popularity increased in the experimental group (see Tab. 4).

Tab. 4: Descriptive analysis (student's relationship with mathematics)

Student's relationship with mathematics	Exp - pre	Con – pre	Exp - post	Con – post
N	13	48	13	48
\emptyset^8	2,00	1,38	2,02	2,02
Med.	2,00	1,00	2,00	2,00
Mod.	2,00	1,00	1,00	2,00
SD	1,08	0,65	1,19	1,00
Max.	5,00	3,00	5,00	4,00
Min.	1,00	1,00	1,00	1,00

In the control group, the student's relationship with mathematics remained almost unchanged ($\emptyset_{\text{pre}}=2,021$; $\emptyset_{\text{pos}}=2,020$). In the experimental group, there was a significant increase in the popularity of mathematics ($\emptyset_{\text{pre}}=2,000$; $\emptyset_{\text{pos}}=1,385$). For the median, the values are: $\tilde{x}_{\text{pre}} = 2$, $\tilde{x}_{\text{pos}} = 1$ for the experimental group and $\tilde{x}_{\text{pre}} = 2$, $\tilde{x}_{\text{pos}} = 2$ for the control group.

RESEARCH LIMITATIONS

Several limitations need to be taken into account in the submitted research. The first is a research tool that was not standardized. In consultation with experts in the field, it became clear that standardized tests with pupils may only be carried out by a trained psychologist or special educator who has the tests and their evaluation matrix available. For this reason, test batteries from some public publications were used to map the area. Another limitation is the number of test subjects, where the effect-size coefficient was used for its treatment, which is not influenced by the number of tested subjects. The last limitation of this research is the work with the experimental group beyond the scope of the compulsory education (this was done at the request of the school management). The resulting difference between the experimental and control group is not necessarily caused by a practice in a square network, but by the extended work with pupils. For this reason, we are cautious in the

⁸ The authors are aware that it is not appropriate to use an average as an argument when the values were measured on a 5-degree scale. This variable is shown only as a median complement.

conclusions. We try to point out the need to address this issue (the development of plane imagination) and point out that working with a square network can be a way.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The issue of using a square grid in teaching is frequently discussed. This paper showed that if the tasks with use of a square grid are often implemented into teaching (whether with the use of Bee-Bots or not), there is a significant shift in the development of the students' planar imagination. This is a significant increase compared to the control group. In both cases (the experimental and the control group) the shift is statistically significant. In the course of the experiment, it was also shown that in these tasks the students are very independent and there is no pressure on the teacher to act as a teaching moderator.

Given that the popularity of school was identified as an important factor in successful graduation, it is sad that the popularity of mathematics decreases with age (Marcus & Sanders-Reio, 2001). This is also due to the frequently positive assessment by the teacher because in lower grades the status of the student depends on achievement, school success, learning and behaviour. In higher grades (puberty and adolescence), it depends more on the personality characteristics of the student, first of all, on emotional intelligence, then on volition and finally on the student's intellect (Gajdošová & Herényiová, 2006).

The results of the TIMSS research point to the fact that the Czech Republic ranks among the half of the countries with lower popularity of mathematics (Tomášek, Basl & Janoušková, 2016). However, the experiment took place in the 3rd grade where mathematics is very often taught with use of the demonstrative method which makes this subject quite popular. Despite this, the research has increased the popularity of mathematics among students in the experimental group. Apparently, this was due to the use of non-traditional forms of teaching such as the use of Bee-Bots. This assumption is confirmed by interviews with the students themselves. Therefore, the popularity of the subject can be influenced by the teaching methods used and at the same time a more significant shift in the development of planar imagination can be achieved (Highfield, Mulligan, & Hedberg, 2008).

Acknowledgement

The research was supported by A Specific Research – Student Grant Competition UJEP-SGS-2019-43-002-1

LITERATURE

- Barry, N.H. (2007). Motivating the reluctant student. *American Music Teacher*, 56(5), 23-27.
- Beneš, M. (2008). *Andragogika*. Praha, Česko: Grada.
- Di Martino, P., & Zan, R. (2014). The Construct of Attitude in Mathematics Education. *Advances in Mathematics Education*, 51–72. doi:10.1007/978-3-319-06808-4_3
- Divíšek, J. a kol. (1989). *Didaktika matematiky*. Praha, Česko: SPN
- Dweck, C.S. (2010). Mindsets and equitable education. *Principal Leadership*, 10(5), 26-29.
- Gajdošová, E., & Herényiová, G. (2006). *Prevence šikanování, intolerance a násilí mezi dospívajícími*. Praha, Česko: Portál.
- Gottfried, A. E. (1990). Academic intrinsic motivation in young elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 525-538. doi: 10.1037//0022-0663.82.3.525
- Gredler, M. E., Broussard, S. C., & Garrison, M. E. B. (2004). The relationship between classroom motivation and academic achievement in elementary school aged children. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 33(2), 106–120. doi: 10.1177/1077727x04269573
- Guay, F., Chanal, J., Ratelle, C. F., Marsh, H. W., Larose, S., & Boivin, M. (2010). Intrinsic, identified, and controlled types of motivation for school subjects in young elementary school children. *British Journal of Educational Psychology*, 80(4), 711–735. doi: 10.1348/000709910x499084
- Hejný, M. a kolektiv autorů (2009). *Matematika – učebnice pro 3. ročník základní školy*. Plzeň, Česko: Fraus.
- Hejný, M., & Kuřina, F. (2001). *Dítě, škola a matematika: konstruktivistické přístupy k vyučování*. Praha, Česko: Portál.
- Hendl, J. (2012). *Kvalitativní výzkum – základní teorie, metody a aplikace*. Praha, Česko: Portál.
- Highfield, K., Mulligan, J., & Hedberg, J. (2008). Early mathematics learning through exploration with programmable toys. In *Proceedings of the Joint Meeting of PME*, 32, 169-176. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/1959.14/322176>.
- Hvozdík, J. (1986). *Základy školskej psychológie*. Bratislava, Slovensko: SPN.
- Christenson, S. L., Reschly, A. L., & Wylie, C. (Eds.). (2012). *Handbook of research on student engagement*. New York, NY: Springer.
- Jirotková, D. (1990). Rozvoj prostorové představivosti žáků. *Komenský*, 114, 5.
- Klimeš, L. (2002). *Slovník cizích slov* (6. vyd.). Praha, Česko: SPN.
- Krejčová, E. (2014). *Hry a matematika na 1. stupni základní školy*. Praha, Česko: SPN.

Kubicová, S. (2008). *Projektová výuka v biologickém vzdělávání na ZŠ a SŠ*. Ostrava, Česko: Ostravská univerzita v Ostravě.

Madsen, K. B. (1979). *Moderní teorie motivace*. Praha, Česko: Academia.

Maňák, J., & Švec, V. (2003). *Výukové metody*. Brno, Česko: Paido.

Ivan, M., & Šulcová, R. (2016). Healthy Menu according to Statistical Results. In M. Rusek (Ed.), *Project-based Education in Science Education XIII*. (pp. 113-118). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education WOS:000375780600017

Marcus, R. F., & Sanders-Reio, J. (2001). The influence of attachment on school completion. *School Psychology Quarterly*, 16(4), 427–444. doi: 10.1521/scpq.16.4.427.19894

Molnár, J. (2014). *Geometrická představivost*. Olomouc, Česko: VUP.

Pintrich, P.R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667-686.

Říčan, P. (2005). *Psychologie: příručka pro studenty*. Praha, Česko: Portál.

Schiefele, U., Krapp, A., & Winteler, A. (1992). Interest as a predictor of academic achievement: A meta-analysis of research. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 183–212). New York: Lawrence Erlbaum.

Tateo, L. (2015). Giambattista Vico and the psychological imagination. *Culture & Psychology*, 21(2), 145-161.

Tomášek V., Basl, J., & Janoušková, S. (2016) *Mezinárodní šetření TIMSS 2015: Národní zpráva*. Praha, Česko: Česká školní inspekce.

Zelina, M., & Jašová, E. (1984). *Tvorivosť - piata dimenzia*. Bratislava, Slovensko: Smena.

Contact addresses

PhDr. Vlastimil Chytrý, Ph.D., Mgr. Alena Tošovská, Lucie Hloušková

Department of Preschool and Primary Education, Faculty of Education, University of Jan Evangelista Purkyně in Ústí nad Labem
České Mládeže 8, 400 01 Ústí nad Labem

e-mail: vlchytry@gmail.com, alena.tosovska@ujep.cz, luciehlousek@seznam.cz

Fostering interdisciplinarity through technology enhanced learning of transpiration

Renata Ryplová, Jan Pokorný

Abstract

Technology enhanced interdisciplinary learning unit on ecological role of plant transpiration was tested in this study to explore its effectiveness. The students worked with pc programmed USB humidity, air temperature - sensors and evaluated graphically the data. They had to explain the results of the outdoor measurement by known concepts obtained theoretically during biology and physics lessons. An impact of education on the improvement of students' knowledge of ecological role of plant transpiration based on the understanding of physical principles was tested via a pre-test /post- test. The tested activity improved students' knowledge and help them to understand physical principles in biological context. The findings of the survey pointed out the importance of tight co-operation among physics and biology teachers.

Key words

Interdisciplinary education; transpiration; air- conditioning; vegetation

INTRODUCTION

Recent studies highlighted the necessity of interdisciplinary approach in teaching science (You, 2017; Shandas & Brown, 2016; Riordain, Johnston & Walshe, 2015). According to You, (2017, p. 66), „*the complexity of the natural system and its corresponding scientific problems necessitate interdisciplinary understanding informed by multiple disciplinary backgrounds*”, therefore „*the best way to learn and perceive natural phenomena of the real world in science should be based on an effective interdisciplinary teaching*“. Under the circumstances of global changes, the human population is faced with complex problems like global heating and increasing drought. To mitigate these problems a proper human understanding of the air-conditioning function of vegetation in the landscape requiring multidisciplinary knowledge of physical, chemical and biological principles is necessary (Pokorný, 2019; Ellison et al., 2017; Schneider & Sagan, 2005). Unfortunately, plant role in the landscape and local climate is underestimated and not well understood by general public and even mostly omitted from science education at schools (Ryplova & Pokorný, 2019; 2018). This is in close relation to general phenomenon called “plant blindness”, i.e. human ignorance to plants and their impact in our environment (Uno, 2009; Wandersee & Schussler, 1999). To attract students' attention to plants, modern teaching methods are necessary. In modern science education multidisciplinary topics are

frequently introduced to students by project based learning (PBL), (Rusek & Vojíř, 2018). Interdisciplinary approach using PBL is believed to increase students' motivation and engagement (Lindell, Fenyvesi & Lokka, 2018; Lindner, 2014). The students are more attracted to education, if they are familiar with the topic of the project from their everyday life (Rusek & Becker, 2011). This is exactly the case of double air conditioning effect of vegetation. Everybody knows, that the temperatures during a hot summer day are lower in the forest than in the city and that there are big differences among the day and night temperatures in the deserts. But the students are mostly not familiar with the reasons of this known phenomenon (Ryplova & Pokorny, 2019; 2018).

Opposite to low awareness of plants, students' favour to use modern technologies is widely known as well as prevailingly positive impact of technology-enhanced education on students' achievement in science (Higgins & Spitulnik, 2008; Lee et al., 2010).

From all these reasons a technology enhanced interdisciplinary teaching activity on double air-conditioning effect of vegetation in our climate was developed and tested in education at basic school.

Interdisciplinarity in double air-conditioning effect of vegetation

Plants cool themselves by evaporation of water via small valves in leaves (stomata). The majority of solar energy reaching the vegetation surface is used for water vapour – transpiration. Via transpiration, plants control also the water balance in their root zone. Transpiration can transfer several hundred watts of solar energy per m². Phase transition from liquid into vapour is associated with changes of volume (18 mL of liquid forms 22,400 mL of vapour) and consumption of energy (0.68 kWh, 2.45 MJ kg⁻¹ at 20°C), which is cooling environment (Pokorny, 2019). Due to high water heat capacity, its transformation between liquid and vapour aggregate state involves exchange of energy. In cold places the water vapour condensate (e.g. via formation of fog or dew), the energy is released and warm up the environment. The consumption of heat through water vapour in hot environment and the release of heat through condensation in cold environment thus equalizes temperature differences in time between day and night or between spaces. (Pokorny, 2019; Schneider & Sagan, 2005). To understand this „double air-conditioning effect“ of vegetation on our climate at the level of basic school a knowledge obtained in physics (heat transfer, solar energy, vaporisation, condensation), biology (water vapour from plant leaves via stomata) and geography (solar energy distribution on the Earth, vegetation on the Earth) in interdisciplinary relations is necessary.

METHODS

Interdisciplinary activity on double air-conditioning effect of vegetation based on the combined teaching in physics as well as biology lessons was developed and tested at basic school. In a total 29 nine grade students (14 males, 15 females, 15.1 years old in average) were submitted to this activity following didactic survey to test the impact of absolved education. To do so, a pre-test/post-test design was used. The study targeted two dimensions: a) improving students' understanding of the double air-conditioning effect of vegetation, b) fostering interdisciplinary relation between individual science disciplines. The students were given the pre-test a day before the activity and the post-test a day after the last lesson. With respect to the nature of the data, the differences between pre- and post-test were compared using a nonparametric test – Wilcoxon's signed-rank test. The STATISTICA 12 PC package (StatSoft Inc.) was used.

Design of the interdisciplinary science education

The teaching activity has interdisciplinary character, uses outdoor education and modern measuring devices (USB sensors for measuring air temperature and relative air humidity). The teaching started in biology outdoor lesson in school garden at the beginning of September, during sunny days but with relatively low night temperatures. The teacher discussed with students the evaporation of water from leaves via stomata and its ecological role in our climate and ware cycle in the landscape. To document this process, students were asked to place plastic bag on some branch of the tree and to leave it there for a few days. The teaching continued further during physics lessons, where students were remained about the measurement of air temperature and relative air humidity, heat conversion via evaporation and condensation. The students worked in groups, programmed on their own by using tablets simple USB sensors for measuring air temperature and relative air humidity. They learned to read graphs obtained from the sensors. The sensors were then placed on two different places: a) into the school garden with high density of vegetation, under the trees and b) on the school training court with no vegetation and water source in the area. The education continued next day during biology lesson. Students download the data from the sensors of both measuring sides into the tablets, discussed the obtained graph with a teacher. The students were asked to explain higher temperatures and lower air humidity during the day hours on the training court compared to school garden and lower differences between the day / night temperatures in the garden compared to training court. The conclusions were done in a discussion with the teacher. As an evidence for the heat conversion via plant transpiration the water in the plastic bag removed from the tree in school garden was used.

Didactic survey

An impact of the activity was tested by using short questionnaire as pre/post-tests. The questions were based on the foregoing research (Ryplova & Pokorny, 2018; 2019). Maximum amount of 9 points was possible to be reached:

1. „*What happens with most of the solar energy reaching the tropical rain forest?*“ (Open - type question, 1 point, as a correct any answer containing the use of solar energy for water vapour from the vegetation was considered. Answers mentioning just photosynthesis or higher solar energy absorption due to leaf density were not considered as correct).
2. „*Imagine there is a late summer and you decided to overnight outside in a tent. The night temperatures are supposed to be quite low. You have a choice between two campsites where to stay overnight. The first one is open area campsite on the cut meadow with no trees, near of the small town. The second one is a campsite in a forest, under the trees and near of the pond. Which one do you prefer? Why do you think, the night temperatures will be higher in this campsite?*“, (2 points, 1 for right choice of forest camp, 1 for explanation containing higher air humidity in forest air warming the air).
3. The question testing understanding of the double air-conditioning effect of vegetation, ability to understand heat transfer via evaporation and condensation, ability to read and understand graphs. Students were faced to graphs describing the day/night course of air temperatures and relative air humidity in a) desert and b) tropical rain forest. They were asked: a) to read from the graphs the highest day temperatures and lowest night temperatures in both areas (1 point for each correct answer, max. 4 points), b) to count average day and night humidity (2 points), c) to compare the day and night differences in both areas. The students should further explain, where were the differences between temperature values bigger (right answer desert, 1 point and from which reason (open type question, as correct any answer containing the role of transpiration in heat transfer in relation to the air humidity was considered – 2 points, answers mentioning just water vapour and condensation without plant transpiration were awarded by 1 point only).

In the post-test, the students were asked as well, if they enjoyed this education and if they would like to repeat similar kind of education again. They were asked to rate using the Likert scale how they enjoyed the work with USB sensors and how they liked to work on one topic during physics and biology lessons together.

RESULTS AND DISCUSSION

The mean total score reached in pre-test was just 3.24 (± 1.59 St. Dev.) points (Fig.1). In agreement with our previous research done among university – level students (Ryplova & Pokorny, 2018, 2019), also the data obtained from this research at basic school showed low students' knowledge about the solar energy distribution on the Earth as well as nearly no knowledge about the heat conversion via plant transpiration and condensation of vaporised water. Poor students' knowledge of plant transpiration was discovered also by several previous foreign studies (Vitharana, 2015; Wang, 2004; Barker, 1998). Students had also difficulties in reading and understanding graphs in question requiring students' decision based on the information obtained from graphs. The problems of working with graphs in biological context were already described by multiple previous works (Glaser, 2011; Maltese et al., 2015).

The results of the post-test showed statistically significant improvement in total mean score 5.75 (± 1.74 St. Dev.) points according to the Wilcoxon test ($Z= 4.009130$, $p=0,00006$, Fig.1). The detail analysis of individual questions (data not shown because of the limited extend of the contribution) showed also improvement in using graphs and understanding of physical concepts relating to plant transpiration.

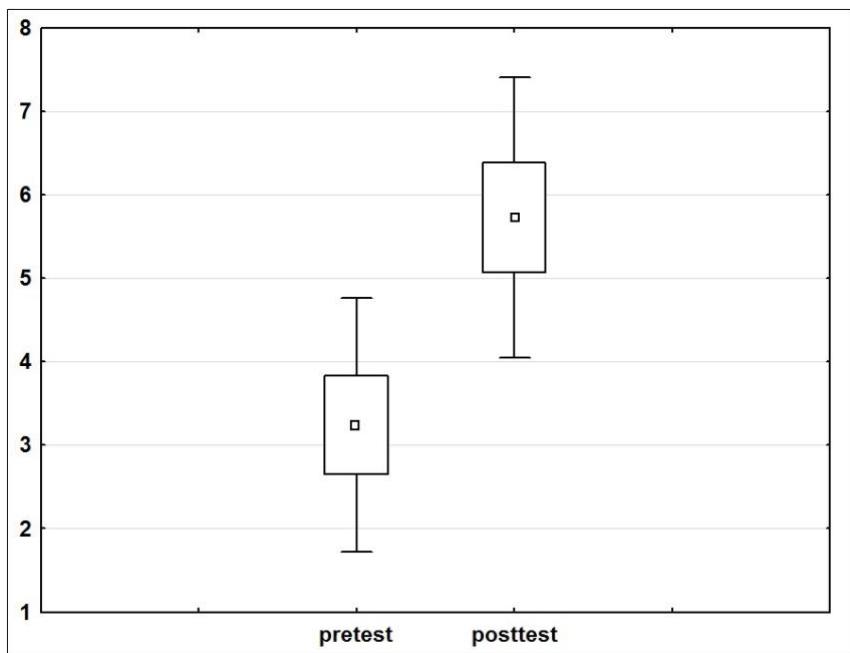


Fig. 1 Mean test score reached by students in pre-test/post-test. Small squares represent mean values, boxes mean value $\pm 2 \times$ std. dev., line segments mean value $\pm 0.95 \times$ std. dev. N=29.

The students were prevailingly enthusiastic during the learning and majority of them liked this kind of learning (82%) and would like to absolve similar activity again (74%). As follows from the analysis of the students rating, most of them enjoyed the use of modern USB sensors in education (median = 4, Fig.2) and were involved in interdisciplinary education (median =3, Fig.3).

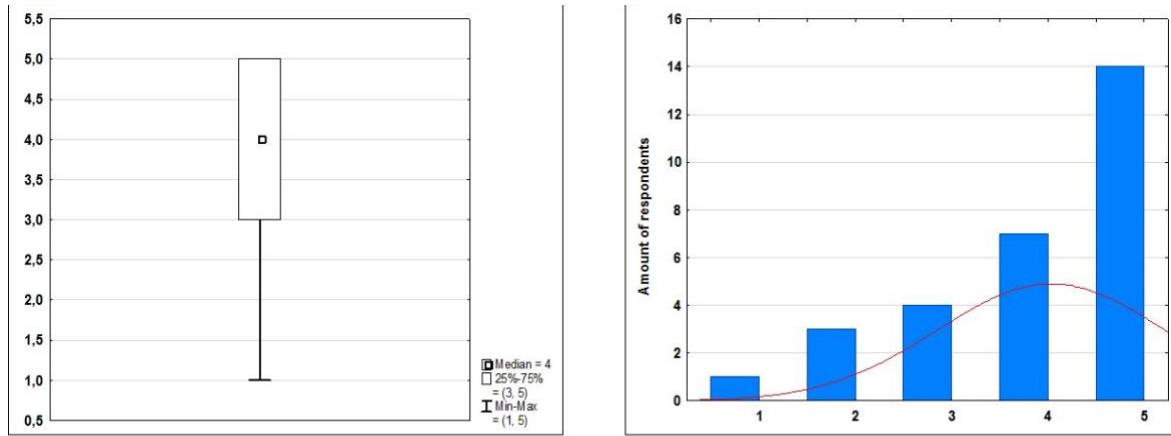


Fig. 2 Statistic evaluation of the answers on the question “How did you enjoy the work with USB sensors”. Grade 1= I did not enjoy such lessons, grade 5 = I liked it very much

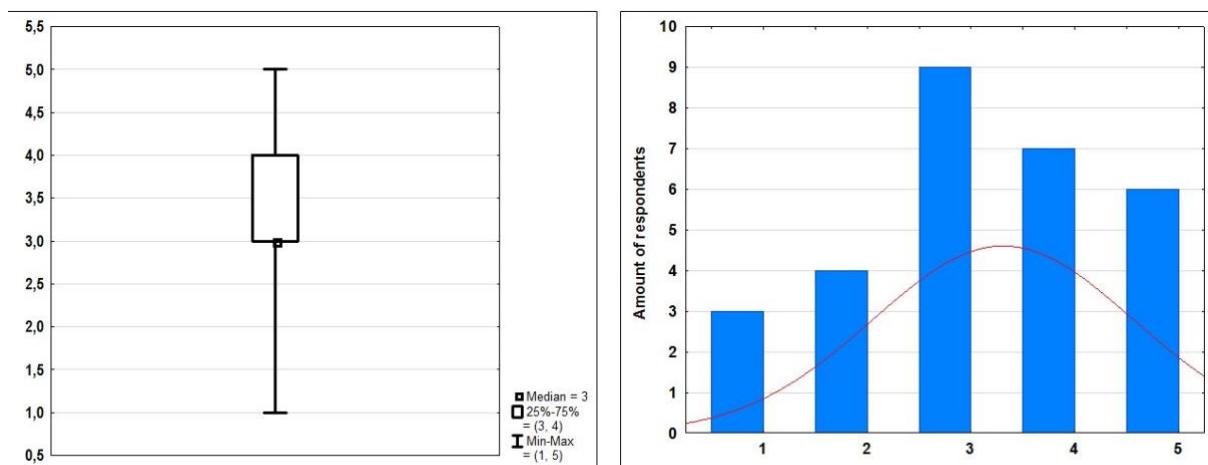


Fig. 3 Statistic evaluation of the students' involvement of interdisciplinary education: Rate on the scale, how did you enjoy learning the same topic in physic as well as in biology lessons? Grade1= I did not enjoy such lessons, grade 5 = I liked it very much

CONCLUSION

The tested activity improved significantly students' knowledge of multidisciplinary aspects of air-conditioning function of vegetation (heat transfer, evapotranspiration, condensation). The pre-tests observed gaps in students' understanding of physical principles in biological context. Positive impact

of tested activity on students' ability to use graphs in biological context was discovered as well. Most of the students were actively involved into the interdisciplinary education and would like to take a part in similar kind of education again. They also appreciated the use of modern measuring devises. This kind of interdisciplinary education required good time management and tight co-operation among biology and physics teachers.

Acknowledgement

This work was supported by the project TACR TL 01000294.

LITERATURE

- Barker, M. (1998). Understanding transpiration – more than meets the eye. *Journal of Biological Education* 1, 17-20.
- Behar, M., Polat, P. (2007). The science topics perceived difficult by pupils of primary 6-8 classes. Diagnosing the problems and remedy solutions. *Educational Sciences: Theory and Practice*. 7(3), 1113-1130.
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarno, 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, 51-61.
- Glaser, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature, *Studies in Science Education*, 47, 183-210.
- Higgins, T.E. & Spitulnik, M.W. (2008). Supporting teachers' use of technology in science instruction through professional development: a literature review. *Journal of Science Education and Technology* 17, 511–521.
- Lindell, A., Fenyvesi, K. & Lokka, A. (2018). Finnish Student Teachers' Beliefs about Multidisciplinary Learning. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education XVI*. (pp. 56-64). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600007.
- Lindner, M. (2014). Outdoor Projects in STEM: Results of a Research on Students' Learning and Motivation. In M. Rusek & Stárková D., Metelková I. (Eds.), *Project-Based Education in Science Education XII*. (pp. 21-27). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000357160200002.
- Lee H., Linn, M.C., Varma, K. & Liu, O.L. (2010). How technology enhanced inquiry science units impact classroom learning? *Journal of Research in Science Teaching* 47, 71-90.
- Maltese, A. V., Harsh, J.A. & Svetina D. (2015). Data visualization literacy: investigating data interpretation along the novice-expert continuum. *Journal of College Science Teaching* 45(1), 84-90.
- Pokorný, J. (2019) Evapotranspiration. In: Fath, B.D. (editor in chief) Encyclopedia of Ecology, 2nd edition, vol. 2, pp. 292–303. Oxford: Elsevier.
- Riordan, M., Johnston, J., & Walshe, G. (2015): Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, doi: 10.1080/0020739X.2015.1078001

Rusek, M., & Becker, N. (2011). "Projectivity" of Projects and Ways of its Achievement. In M. Rusek (Ed.) *Project-Based Education in Chemistry and Related Fields IX* (pp. 12-23). Prague: Charles University in Prague, Faculty of Education. WOS:000343674000001.

Rusek, M., & Vojíř, K. (2018). Konference o projektovém vyučování: Ohlédnutí za 15 ročníky. In M. Rusek & K. Vojíř (Eds.), *Project-Based Education in Science Education: Empirical Texts XV*. (pp. 35-43). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000455249900004.

Ryplova R., Pokorný, J. (2018). Using project-based education to develop pre-service biology teachers' knowledge of the cooling effect of vegetation. In: M. Rusek, K. Vojir (Eds.), *Project-based Education and other activating strategies in Science Education XVI.*, (pp.105 -113). Praha: Charles University, Faculty of Education. WOS:000482135600013.

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.

Shandas, V., & Brown, S. E. (2016). An empirical assessment of interdisciplinarity: Perspectives from graduate students and program administrators. *Innovative Higher Education*, 41(5), 411-423.

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

Uno, G. E. (2009). Botanical literacy: How and what students should learn about plants. *American Journal of Botany*, 96, 1753-1759.

Vitharana, P.R.K.A. (2015). Student misconceptions about plant transport – a Sri Lankan Example *European Journal of Science and Mathematics Education* 3(3), 275-288.

Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82-86.

Wang, J. (2004). Development and validation of a two-tier instrument to examine understanding of internal transport in plants and the human circulatory system *International Journal of Science and Mathematics Education* 2(2), 131-157.

You, H.S. (2017). Why Teach Science with an Interdisciplinary Approach: History, Trends, and Conceptual Frameworks *Journal of Education and Learning* 6(4), 66-77.

Contact addresses

RNDr. Renata Ryplová, Ph.D.¹, doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.²

¹Department of Biology, Faculty of Education, University of South Bohemia in České Budějovice. Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice

²ENKI, o.p.s., Dukelská 145, Třeboň

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

THE LIST OF AUTHORS

Baprowska Anna.....	18	Machková Veronika.....	70
Bednářová Karolína	9	Machová Markéta	104
Bílek Martin.....	9, 18	Malúšová Klára	111
Bujok Petr	209	Marcineková Zuzana	120
Cieśla Paweł.....	18	Matoušová Pavlína	199
Čiháková Kateřina.....	27	Němečková Linda	228
Čtrnáctová Hana.....	171	Nodzyńska Małgorzata	18, 127
Fiala Václav.....	37	Novotný Petr	53
Held Ľubomír	79, 136	Pavlasová Lenka	120
Hloušková Lucie.....	236	Pokorný Jan	219, 246
Honskusová Linda.....	37	Poláček Boris	53
Horáková Adéla	111	Priškinová Natália	136
Chlebounová Irena	46	Přibylová Kateřina	155
Chroustová Kateřina.....	70	Rajsiglová Jiřina	155, 163
Chytrý Vlastimil	236	Rusek Martin	8, 88, 199
Janštová Vanda.....	53	Ryplová Renata.....	219, 246
Kolafová Barbora.....	111	Říhová Dagmar	228
Kolář Karel	70	Sadykov Timur	171
Koperová Dominika	79	Sloupová Hana.....	180, 189
Kotuláková Katarína	79, 136	Solnička Ondřej.....	199
Kuncová Lucie.....	88	Šafránková Martina	9
Kvasničák Radoslav.....	146	Šarboch David.....	180, 189
Lehtinen Antti.....	98	Škarková Barbora	163
Lindell Anssi.....	98	Šmejkal Petr.....	46

Šrámek Martin.....	180, 189	Trčková Kateřina.....	209
Teplá Milada	180, 189	Vácha Zbyněk	219
Tošovská Alena	236	Vojíř Karel	61, 228
Tóthová Martina.....	199		

Title: Project-based Education and other activating Strategies
in Science Education XVII.

Year and Place of Publication: 2020, Prague

Computer Processing: PhDr. Martina Tóthová, PhDr. Karel Vojíř

Published by: Charles University, Faculty of Education

ISBN 978-80-7603-155-5

The publication has not been stylistically revised. Authors of the articles are responsible for their content.