

## OBSAH

### Editorial

#### Přehledová studie

- Tomáš Janko, Petr Knecht, Silvie Rita Kučerová, Jan Daniel Bláha  
Vizuálie v geografickém vzdělávání: přehledová studie..... 4

#### Výzkumné studie

- Eva Hejnová, Dalibor Hejna  
Miskoncepce žáků o atomech v kontextu představ starověkých myslitelů  
o stavbě hmoty..... 22
- Irena Smetáčková  
Obliba školní matematiky a její souvislost s externím hodnocením a sebe-  
hodnocením..... 44
- Věra Pavlátová, Roman Kroufek  
Pohled učitelů na obtížnost vybraných environmentálních fenoménů v učeb-  
nicích pro základní školy..... 57
- Silvie Svobodová, Roman Kroufek  
Možnosti využití škály MSELS pro testování environmentální gramotnosti  
na základních školách v České republice..... 80
- Eva Hejnová, Martina Kekule  
Observing Students' Problem Solving Strategies in Mechanics by the Eye-  
tracking Method..... 102
- Martina Kekule, Jouni Viiri  
Students' approaches to solving R-FCI tasks observed by eye-tracking met-  
hod..... 117
- Ignacio Sánchez Díaz, Martín Pégola, Lydia Galagovsky, David-Samuel  
Di Fuccia, Beatriz Valente  
Chemie im Kontext: The Students' View on its Adaption in Spain and Ar-  
gentina — Two Case Studies..... 131
- Juhaina Awawdeh Shahbari, Michal Tabach  
Developing Prospective Mathematics Teachers' Knowledge of the Modelling  
Approach..... 146

## EDITORIAL

Druhé číslo 9. ročníku časopisu *Scientia in education* je vpravdě rekordní, a to nejen počtem stran. Tentokrát jsou v něm zahrnuty články všech oborů, na něž je časopis zaměřen (didaktika biologie, fyziky, chemie a matematiky), a navíc jsou v něm zastoupeny ve stejném počtu (4) výzkumné studie v českém a anglickém jazyce. Tento trend vítáme, neboť cizojazyčné publikace znamenají i vyšší dosah časopisu.

Číslo otevírá přehledová studie autorského kolektivu vedeného T. Jankem týkající se, pro náš časopis netradičně, vizuálií v geografickém vzdělávání. Přestože geografie a její didaktika nepatří mezi primární zaměření časopisu, redakce se rozhodla článek publikovat. Hlavním důvodem je fakt, že vizuálie hrají roli v oborových didaktikách obecně a předložený článek vychází z rešerše odborné literatury z oblasti kognitivní psychologie a pedagogických věd, tedy oblastí z hlediska oborových didaktik zastřešujících. Konečně autoři dospívají na základě rozsáhlé rešerše literatury k závěru, že žádná oborově specifická teorie didaktického využití geografických vizuálií neexistuje a že je třeba vizuálie tvořit s oporou ve vybraných kognitivněpsychologických teoriích s přihlédnutím k cílům vzdělávání. Proto je článek inspirativní pro další oborové didaktiky.

Následují čtyři výzkumné studie v českém jazyce. E. Hejnová a D. Hejna se zabývají problematikou miskoncepcí žáků o atomech v kontextu představ starověkých myslitelů o stavbě hmoty, a to na pozadí zahraničních výsledků v této oblasti. Nezbytnou součástí studie je pojednání o předvědeckých teoriích atomismu, které slouží pro interpretaci výsledků vlastního výzkumu se žáky. Článek je zakončen didaktickými doporučeními, jak zjištěným miskoncepčním předcházet, a je uvedeno celé znění testu pro diagnostiku žákovského porozumění problematice.

Ve druhé studii se I. Smetáčková zabývá oblibou školní matematiky a její souvislostí s externím hodnocením a sebehodnocením. V kvantitativní studii s téměř 1400 žáky od 4. do 9. ročníku základních škol potvrdila skutečnost známou např. z mezinárodních testování, a sice že obliba matematiky s věkem klesá a že je celkově nižší u dívek než u chlapců. Ukázala však také, že nízká obliba matematiky souvisí s nižším pocitem kompetence a nižší matematickou self-efficacy. Závěr jejího výzkumu není v kontextu mezinárodních výzkumů očekávaný – externí hodnocení v matematice mělo výrazně nižší prediktivní hodnotu než žákovské sebehodnocení.

Ve třetí studii se pozornost autorů V. Pavlátové a R. Kroufka obrací k učitelům. Ti se vyjadřují k pečlivě vybrané skupině fenoménů z oblasti environmentalistiky, jejichž porozumění by, soudě podle zkušeností a výsledků výzkumů, mohlo působit žákům problémy. Výsledkem výzkumu je mj. rozdělení těchto fenoménů podle pochopitelnosti pro žáky. Ukázalo se také, že náhled učitelů prvního a druhého stupně na danou problematiku je pozoruhodně jednotný.

Poslední z českých studií je zaměřena na možnosti využití škály MSELs (Middle School Environmental Literacy Survey) pro testování environmentální gramotnosti na základní škole. Autoři S. Svobodová a R. Kroufek svá zjištění porovnávali s výsledky testování v USA, kde byl tento nástroj použit poprvé. Doklady validity založené na důsledcích testování i na obsahu výzkumného nástroje a reakci respondentů považují autoři za natolik dostatečné, aby mohl být nástroj použit i v českých podmínkách. Jak však sami upozorňují, validizace je nikdy nekončící proces, který je opětovně startován novým sběrem dat.

První z výzkumných studií v anglickém jazyce se věnuje žákovským postupům při řešení úloh z mechaniky, které autorky E. Hejnová a M. Kekule zkoumaly pomocí

oční kamery. Tato metoda není dosud v českém prostředí běžně využívána. Dalším významným rysem použité metodologie bylo zadání žákovských postupů pomocí metody concept cartoons, jíž se v časopise *Scientia in educatione* dostalo pozornosti už v předchozích ročnících. Článek představuje případové studie žáků a studentů, jejichž způsob řešení se podstatně liší. Použití metody oční kamery autorkám umožnilo získat do řešení žáků hlubší vhled. M. Kekule tentokrát ve spolupráci s J. Viiri využívá oční kameru i v další studii, která se zabývá přístupy žáků k řešení úloh v R-FCI testu. Test se zaměřuje na porozumění 1. a 2. Newtonovu zákonu u žáků střední školy. Podobně jako v předchozím článku je na příkladu několika případových studií ukázáno, čím přispívá použití oční kamery při získání vhledu do žákovských postupů.

Třetí z anglických článků je napsán zahraničním autorským kolektivem vedeným I. Sánchez Díaz a obrací naši pozornost ke specifické výuce chemie původem z Německa – Chemie im Kontext. Autoři se zamýšlejí nad konkrétní implementací tohoto pojetí ve Španělsku a Argentině, což může být přes kulturní rozdíly inspirativní i pro české prostředí. Studie je zaměřena na pohled samotných žáků na nově pojatou výuku chemie. Výsledky ukazují na pozitiva i rizika implementace daného přístupu.

J. A. Shahbari a M. Tabach jsou autorkami poslední zařazené zahraniční studie, která se tentokrát věnuje didaktice matematiky. Autorky zjišťovaly účinek konkrétního vysokoškolského kurzu, jehož cílem bylo rozvinout schopnosti budoucích učitelů vyučovat modelování v matematice. Ukázalo se, že vlastní prožitek, který měli studenti učitelství matematiky s modelováním, výrazně ovlivnil hloubku jejich analýz výuky, v níž se zabývali modelováním žáci.

Věříme, že rozsah i hloubka článků zařazených v tomto čísle *Scientia in educatione* umožní každému čtenáři, aby si v něm našel inspirativní čtení.

Nada Vondrová  
vedoucí redaktorka

## Vizuálie v geografickém vzdělávání: přehledová studie

*Tomáš Janko, Petr Knecht, Silvie Rita Kučerová, Jan Daniel Bláha*

### Abstrakt

Príspevek objasňuje, jak mohou být poznatky o učení se z obrazového materiálu využity s ohledem na požadavek zlepšování kvality výukových materiálů v geografickém vzdělávání. Cílem narativní přehledové studie je zjistit: a) jak je možné učení se ze zpracování vizuálních geografických informací teoreticky ukotvit, b) jak je možné operacionalizovat geografické vizuálie pro potřeby zkoumání školní výuky zeměpisu/geografie a pro potřeby tvorby učebnic a atlasů, c) zda je možné na základě zmapování dosavadního stavu poznání identifikovat oborově specifická doporučení umožňující srozumitelnou a žákům blízkou statickou vizualizaci geografických jevů. Metodický přístup vychází z rešerše odborné literatury spadající do oblasti kognitivní psychologie a pedagogických věd. Výzkumná zjištění se následně snažíme rozpracovat pro potřeby geografického vzdělávání. V poslední části studie se zamýšlíme, jak mohou být získané poznatky využity ke zlepšování kvality vizuálních prostředků v geografickém vzdělávání.

**Klíčová slova:** geografické vzdělávání, didaktika geografie, vizuálie, vizualizace, vizuální prostředky.

## Visuals in Geography Education: A Review

### Abstract

The study seeks to explain how evidence-based knowledge about learning from visual material can be utilized by way of improving the visuals used in geography education. The aim of this narrative review is to find out: a) the theoretical foundations of learning from visuals, b) how to operationalize geographical visuals in a way that would facilitate research on school instruction and inform the production of textbooks and atlases, c) to identify (based on the state of the art) some domain specific recommendations contributing to more understandable and pupil-friendly static visualization of geographical phenomena. The methodology is based on the review of literature related to the domains of cognitive psychology, educational science, and geography education. In the concluding part, it is suggested how the findings of our study may contribute to the improvement of visuals in geography education.

**Key words:** geography education, didactics of geography, visuals, visualisation.

Vizuální kultura a vizuální komunikace nabývají v kontextu běžného života stále většího významu (Jewitt, 2008). Někteří autoři hovoří o tzv. vizuálním obratu (viz např. Benedek & Nyíri, 2012). Jsou to právě vizuálie, které nás v běžných životních situacích, například reklama apod., ovlivňují a formují (Taussig, 2011). Vzdělávání společnosti potřebuje analyzovat, jak se vizuální obrat projevuje v různých oblastech lidské kultury, a školní vzdělávání není výjimkou. V kontextu školního vzdělávání se v souvislosti s narůstajícím významem vizuální kultury pracuje s termínem vizuální gramotnost (angl. visual literacy). Vizuální gramotnost představuje jeden z nadoborových cílů vzdělávání a je možné ji definovat jako soubor dovedností umožňující správně interpretovat a tvořit vizuální informace (Gates, 2004: s. 223). Cílem je, aby byl žák schopen multimodální komunikace, tj. komunikace umožňující pohyb mezi různými módy sdělování obsahu. Přestože význam vizuální informace ve školní výuce kontinuálně vzrůstá (Jewitt, 2008; Rose, 2007 aj.), jejich praktickému využití ve školní výuce je výzkumná pozornost věnována pouze v omezené míře.

Učení se z obrazového materiálu má svůj základ ve zpracování vizuálních informací. Ačkoli se dosavadní stav poznání týkající se učení se z obrazového materiálu může na první pohled jevit jako robustní (souhrnně viz Mareš, 2013a: s. 129–154), objevují se ve vědecké literatuře poměrně významné mezery. Unwin (2008: s. XV) upozorňuje na absenci dostatečně fundovaných teorií, které by umožňovaly zodpovědět, jaké formy vizualizace fungují, za jakých okolností, případně naznačily nejvhodnější způsob vizuálního zobrazení vzhledem k specifické povaze zobrazovaných jevů. Autorům předkládaného příspěvku nejsou známy žádné oborově specifické teorie, týkající se didaktického využití obrazového materiálu ve výuce jednotlivých oborů zastoupených ve škole. Tento poznatkový nedostatek je zvláště markantní v oblasti tzv. všeobecně vzdělávacích předmětů. Popsaný problém se snažíme v této studii překlenout tím, že se pokoušíme dostupné poznatky kotvené zejména v diskursu kognitivní psychologie a obecných pedagogických věd aplikovat se zvláštním zřetelům k potřebám rozvíjení poznatkové základny didaktiky geografie a geografického vzdělávání. Nedostatek informací a syntéz vědecky ověřených poznatků, týkajících se výše zmíněných výzkumných problémů, se následně projevuje například v nízkém nebo chybějícím překryvu mezi pedagogickými a psychologickými teoriemi a reálnou učebnicovou tvorbou (srov. např. Janko, 2012).

Vizuální média a technologie v geografii umožňují plnohodnotnou vizualizaci komplexních dat a poznatků (meteorologické modely, prognózy globálního oteplování, šíření epidemií apod.). Různé formy vizuálií mají proto své místo také v geografickém vzdělávání. V předkládané studii se snažíme zodpovědět otázku, jak mohou být poznatky o učení se z obrazového materiálu využity s ohledem na požadavek zlepšování kvality statických forem vizuálií v geografickém vzdělávání.

## 1 METODOLOGIE

Problematika vizuálních informací a jejich využití ve výuce geografie představuje aktuální, avšak poměrně komplexní výzkumnou oblast, v níž lze rozlišovat specifické výzkumné proudy využívající charakteristické výzkumné přístupy a metody. V tomto příspěvku se zaměřujeme na dílčí problém dané výzkumné oblasti. Za cíl jsme si stanovili zjistit:

- (a) jak je možné učení se ze zpracování vizuálních geografických informací teoreticky ukotvit;
- (b) jak je možné operacionalizovat geografické vizuálie pro potřeby zkoumání školní výuky zeměpisu/geografie a pro potřeby tvorby učebnic a atlasů;
- (c) zda je možné na základě zmapování dosavadního stavu poznání identifikovat oborově specifická doporučení umožňující srozumitelnou a žákům blízkou statickou vizualizaci geografických jevů.

S ohledem na charakter výzkumného problému je příspěvek koncipován jako narativní přehledová studie, pro niž je charakteristické teoretizování, vysvětlování, zdůvodňování a kritická reflexe použitých pramenů (Mareš, 2013b; viz také Davies, 2000).

Z dostupných zdrojů jsme se v přehledové studii zaměřili na výzkumné články v časopisech, které byly publikovány v angličtině. Za zdroj studií byly zvoleny mezinárodní publikační databáze (Scopus, Web of Science, ProQuest). Pro vyhledávání konkrétních studií byly zadávány kombinace termínů *visuals*, *picture*, *visual representation* a *education* (article title, abstract, keywords) a následně je v případě potřeby zpřesnili pojmy *textbook* nebo *geography*.

Celkem jsme pracovali s 91 publikacemi. Jelikož pouze jedna pětina prací získaných z databází (celkem 18 publikací) se jevila jako relevantní vzhledem ke stanoveným výzkumným otázkám, zařadili jsme do přehledu také související práce dohledané na základě materiálu získaného z prvního výběru (celkem 41 publikací). Jednalo se např. o odborné knihy, resp. kapitoly v knihách, případně publikace domácích autorů přinášející důležité informace k teoretickému pozadí problematiky vizuálních informací (např. vizualizace, vizuální gramotnost, iconic turn), či konkrétním otázkám souvisejícím s řešením problematiky v geografii (vizualita geografických jevů, kartografie jako klíčová metoda při zobrazování geografických jevů atd.).

Problematika vizuálií a jejich fungování ve školní výuce má mnohaletou tradici a probíhá na různých úrovních. Rozhodujícím kritériem výběru pro nás proto bylo věcné hledisko, výběr studií jsme tedy dále neomezovali z hlediska data publikace, sociokulturních podmínek, použitých postupů apod. Limitem námi zvoleného přístupu je zaměření pozornosti na studie vyskytující se v mezinárodních publikačních databázích.

V přehledové studii nejprve věnujeme pozornost nejčastěji aplikovaným teoretickým přístupům ke zkoumání procesu učení se z obrazového materiálu, následně popisujeme výzkumem doporučené charakteristiky vizuálií a obecná doporučení pro tvorbu vizuálií ve vzdělávání a následně přibližujeme poznatky týkající se operacionalizace a vymezení klíčových charakteristik geografických vizuálií.

## 2 GEOGRAFICKÉ VIZUÁLIE JAKO JEDNA Z CEST K VIZUÁLNÍ GRAMOTNOSTI

Náš zájem a současně motivace k tvorbě předkládané přehledové studie také vyplývají z potřeb praxe. Práce s vizuální geografickou informací představuje na nižších stupních vzdělávání spíše ideál než běžnou výukovou praxi. Pro školní vzdělávání je charakteristická přetrvávající „rezervovanost“ vůči využívání vizuálních informací, neboť učitelé stále upřednostňují práci s verbálním (textovým) kanálem na úkor didaktického užití vizuálních reprezentací (Schnotz & Bannert, 2003; Schnotz, 2002;

Schnotz, 2014).<sup>1</sup> To kontrastuje s teoriemi učení, které dokládají, že učení je efektivní zejména v případě, kdy je využíváno více smyslových kanálů. Zásadní je v tomto ohledu především využívání verbálního a vizuálního smyslového kanálu (srov. Sadoski & Paivio, 2001; Mayer, 1997, 2014 aj.).

S přihlédnutím k výše uvedenému je žádoucí, aby geografické vzdělávání přispívalo k utváření a rozvíjení vizuální gramotnosti (definice viz výše). Jedná se o jeden z důležitých cílů geografického vzdělávání, neboť geografické znalosti by měly být utvářeny s využitím map a plánů, fotografií, obrázků, schémat, náčrtů, posterů, grafů a jiných typů vizuálních reprezentací. Právě zde spatřujeme klíčovou roli vizuální geografické informace, představující specifický druh vizuální informace, který může být transformován prostřednictvím geografických vizuálií.

Geografické vizuálie chápeme jako vnější obrazové reprezentace zahrnující širokou škálu materiálů, jež umožňují v různé formě sdělovat, nést vizuální geografickou informaci. Tyto vizuálie tedy umožňují znázorňovat geografické jevy a data v různé míře abstraktnosti (resp. zobecnění). Míra abstraktnosti souvisí s použitým typem vizuálie (Ballstaedt, 1997). Vizualie ovlivňují vnímání, uvažování i jednání týkající se kulturních, sociálních, politických i vzdělávacích aspektů geografických jevů. V obecné rovině můžeme konstatovat, že geografické vizuálie jsou výsledkem geovizualizace, kterou vymezujeme jako využívání grafických metod, jež napomáhají porozumět geografickým jevům, procesům, podmínkám nebo konceptům a jejich prostorovým aspektům (Dodge, McDerby & Turner, 2008: s. 2).

### 3 VIZUÁLIE VE VZDĚLÁVÁNÍ: TEORETICKÉ PŘÍSTUPY

Předtím, než přistoupíme k operačnímu vymezení geografických vizuálií, považujeme za nezbytné představit nejčastěji aplikované teoretické přístupy ke zkoumání procesu učení se z obrazového materiálu. Ty jsou založeny na rozlišování sensorických kanálů, např. sluchový/vizuální, anebo různorodých modů reprezentací, např. textové/obrazové, a také předpokladu omezené kapacity pracovní paměti učícího se jedince (McTigue & Coleman, 2013: s. 285–290; srov. také Mareš, 2013a: s. 131–133). Z uvedených principů vychází zejména teorie duálního kódování, kognitivní teorie multimediálního učení, teorie kognitivní zátěže a teorie obrazu, kterým se níže věnujeme podrobněji.

#### 3.1 TEORIE DUÁLNÍHO KÓDOVÁNÍ

*Teorie duálního kódování* (např. Paivio, 1971; 2014) předpokládá, že verbální (textové) a nonverbální (obrazové) informace jsou v lidské mysli zpracovávány odlišným způsobem. Verbální systém je založen na práci s lingvistickými jednotkami (logogeny), umožňuje detailnější, ale sekvenční zpracování jazykových informací. Nonverbální systém operuje s generátory obrazu (imageny) a využívá paralelních simultánních procesů, čímž umožňuje uchopit celkovou strukturu zprostředkované skutečnosti najednou (prostorovou a synchronní informaci). I když informace může být zpracována jen jedním z kanálů, z hlediska učení je optimální, pokud je informace zpracovávána paralelně oběma kanály. Propojování mezi slovními spojeními a vizuálními analogiemi totiž napomáhá začleňování nových informací do stávajících kognitivních struktur.

---

<sup>1</sup>Jistou výjimku patrně představuje práce s mapou. Přestože robustní výzkumy výuky zeměpisu chybí, výzkumné sondy naznačují, že se mapa ve srovnání s ostatními typy vizuálií vyskytuje ve školní výuce zeměpisu v relativně vyšší míře (srov. Hübelová, Najvarová & Chárová, 2008).

## 3.2 KOGNITIVNÍ TEORIE MULTIMEDIÁLNÍHO UČENÍ

*Kognitivní teorie multimediálního učení* (např. Mayer, 2011) předpokládá, že existují dva kanály – verbální a vizuální, z nichž každý zpracovává příslušné druhy informací. Sensorická paměť zaznamenává verbální a vizuální podněty, pracovní paměť dočasně tyto podněty krátkodobě uchovává, případně s nimi manipuluje. Má však omezenou kapacitu. Dlouhodobá paměť informace ukládá. Tištěná slova jsou v pracovní paměti nejprve zpracována v obrazovém kanálu a následně jsou přesunuta do verbálního kanálu. Následně dojde k integrování verbálních a obrazových reprezentací s relevantními předchozími znalostmi. Kritickým faktorem z hlediska učení nebo porozumění zpracovávané informaci je tedy to, zda kognitivní náročnost zprostředkovávané informace nepřekročí kapacitu pracovní paměti. Výsledkem by mělo být uložení poznatku v dlouhodobé paměti. Pokud by učící se jedinec využíval pouze jeden z dostupných kanálů (jen verbální nebo jen vizuální), existuje důvodný předpoklad, že dosáhne horších výsledků (viz dále).

## 3.3 TEORIE KOGNITIVNÍ ZÁTĚŽE

*Teorie kognitivní zátěže* (např. Sweller, 1988) vychází z předpokladu, že má-li být učení efektivní, mělo by být organizováno v souladu se zákonitostmi lidského kognitivního systému. Ústředním principem teorie je součinnost mezi sensorickou, pracovní/krátkodobou a dlouhodobou úrovní lidské paměti. Zde dochází ke zpracovávání vnějších podnětů a jejich reorganizaci do kognitivních schémat. Ta jsou následně transformována do dlouhodobé paměti – poznatkových struktur. Podstatné je, že kapacita krátkodobé paměti má své limity, zatímco kapacita dlouhodobé paměti je relativně neomezená. Efektivita tohoto procesu může být ovlivněna také kvalitou logických vazeb mezi osvojovanými informacemi různé modalit. Edukační materiály by proto měly být koncipovány tak, aby napomáhaly ke snižování kognitivní zátěže potřebné pro osvojení, resp. porozumění určitému vzdělávacímu obsahu prostřednictvím eliminace *efektu rozdělení pozornosti* (informace prezentované různými smyslovými kanály nejsou vzájemně provázány), *efektu redundance* (edukační materiál obsahuje nadbytečné informace) a *efektu modalit* (informace nejsou prezentovány s ohledem na využití více smyslových kanálů (např. verbálním a vizuálním)).

## 3.4 TEORIE OBRAZU

Teorie obrazu (Aumont, 2011) vychází především z diskursu moderní sémiotiky (Peirce, 1997; de Saussure, 1916; Eco, 1976) a spočívá zejména v analýze vztahu recipienta vizuálie a samotné vizuálie a posuzuje kvalitu přenosu vizuální informace mezi nimi. Efektivnost a kvalita vizuálie je podmíněna myšlenkovým propojením zprostředkovávané reprezentace a reálného jevu, což vyžaduje fungování vztahu mezi znakem (sign) a objektem (princip denotace). Zásadní pro porozumění geografickým jevům, procesům a konceptům s využitím geografických vizuálií je ovládnutí specifického systému symbolů a zobrazovacích konvencí (Radinsky, Leimberer & Rodriguez, 2013: s. 240–241; Koláčný, 1969 aj.).<sup>2</sup> To koresponduje i s Aumontovou

<sup>2</sup>Ačkoliv první snahy o *jazykovou koncepci mapy*, typické geografické vizuálie, pocházejí již z padesátých let 20. století (např. Wooldridge & East, 1951), za průkopníka *kartografické sémiologie*, tedy disciplíny, která se zabývá kartografickými znaky, jejich vlastnostmi, tříděním apod. a na tyto znaky pohlíží jako na lingvistický systém, je považován J. Bertin (1967). Zavedl šest tzv. grafických proměnných kartografického znaku, přičemž tyto proměnné mají dále pět charakteristik. Výsledkem je 63 relevantních kombinací (jakási abeceda), které tento specifický grafický systém poskytuje k popsání geografické reality.



(2011) zmínkou o klíčové roli kompetence recipienta obrazu. Vyjdeme-li z pojmu „vizuální komunikace“, pak má každá „vizuální informace“ tři úrovně sdělení: *frame message* (rámcové poselství o tom, že sdělení je sdělení – uživatel pozná, že se jedná o mapu/graf, nikoli o náhodný shluk čar a ploch), *outer message* (vnější poselství o tom, jak má uživatel danou vizuálii dekodovat, tedy číst) a *inner message* (vnitřní poselství o významu obsahu, tedy jaké území je v mapě zobrazeno, jaké jsou vztahy mezi znázorněnými objekty a jevy, které konkrétní údaje graf nese atd.). Vyšší kvality recepce některých typů vizuálií lze například dosáhnout vytvořením vyváženého počtu jejích „rovin“ (v mapě jsou to například roviny popis – figurální – liniové – plošné prvky mapového obsahu tvořící pozadí), dále též použitím takových vyjadřovacích prostředků, které se postupem času staly vžitými a zároveň podporují vlastnosti její použitelnosti, tj. jsou názorné, přehledné, čitelné atd. Přeneseno na geografické vzdělávání: kupříkladu při používání mapy je nezbytné rozumět mapovému jazyku, vyjadřovacím prostředkům mapy a principům zobrazování reality prostřednictvím mapy, tj. porozumění zobrazovacímu systému, pak teprve lze poznávat a rozlišovat objekty a jevy v mapě zobrazené.

### 3.5 TEORETICKÉ PŘÍSTUPY: SHRUTÍ

Výše uvedené teorie sloužily jako východisko pro realizaci mnoha výzkumů. Mayer (2011: s. 432) odkazuje na třináct experimentálních studií, které ukazují, že zkoumané osoby dosáhly lepších výsledků, když se učily z tištěného textu doplněného obrázky, než osoby, které se učily pouze z tištěného textu.<sup>3</sup> Patrně na obdobném empirickém základě formulovali Spiro a Jehng (1990) teorii kognitivní flexibility, která říká, že schopnost žáka přepínat mezi různými reprezentacemi v příslušné obsahové doméně podporuje učení.

Cílem využití vizuálií ve vzdělávání nicméně není pouze pasivní pozorování vizuálního zobrazení, vedoucí obvykle k reprodukování již známých skutečností (dokumentace či ilustrace pomocí vizuálie), nýbrž aktivní interagování s elementy (náročnější učební úlohy s vizuáliemi) a výrazovými prostředky příslušného vizuálního prvku vedoucí objevování dosud neznámých skutečností. Z uvedeného vyplývá, že vizuální reprezentace, které přispívají ke snížení kognitivní zátěže u žáků s nízkou úrovní dosavadních znalostí, nemusejí být zároveň přínosné pro žáky s bohatými znalostmi a zkušenostmi. Výzkumy dokládají, že experti dosahují lepších výsledků, v rovině zapamatování faktů i na úrovni hlubšího porozumění zobrazovaných skutečností, když jsou jim vybrané informace předkládány buď pouze ve formě tištěného textu nebo pouze ve formě vizuálie. Oproti tomu začátečníkům pomáhá, když se mohou příslušnou informaci učit z materiálů, kde je text současně doprovázen vizuálními prvky. Je to patrně proto, že začátečníci, případně žáci s nižší kognitivní kapacitou, se zaměřují pouze na povrchové struktury problému (Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Wainer, 1992). Pokud nahlédneme výzkumná zjištění z kritického úhlu pohledu, ukazuje se, že poznatky a teorie, které jsou k dispozici, jsou zpravidla příliš obecné (Rose, 1994: s. 282), tj. nebyla ověřena jejich platnost napříč vzdělávacími doménami a současně napříč různými formami vizuálií.

---

<sup>3</sup>Oproti tomu Ainsworthová (2006: s. 187) s odkazy na jiné výzkumy uvádí, že výzkumy přítomnosti současného používání více typů reprezentací při učení jsou neprůkazné.

## 4 VIZUÁLIE VE VZDĚLÁVÁNÍ: KLÍČOVÉ CHARAKTERISTIKY A DIDAKTICKÉ SOUVISLOSTI

V následující kapitole opouštíme doménu kognitivně psychologických teorií a zaměřujeme se na generické vlastnosti/charakteristiky didaktických vizuálií, případně na interakci vizuálií a učícího se jedince.

Schnotz (2002) rozlišuje deskriptivní (symbolické) reprezentace a depiktivní (ikonické reprezentace). Zatímco depiktivní reprezentace jsou nejvíce využitelné pro zobrazování jednoduše viditelných informací, deskriptivní reprezentace umožňují zobrazovat také abstraktní nebo složitější informace. Ainsworthová (2006: s. 184) dále uvádí, že v případě vícečetných reprezentací je možné posuzovat jejich následující dimenze:

1. počet (mohou být dvě, ale i více reprezentací, někdy ale zcela stačí pouze jedna reprezentace);
2. způsob distribuce informace (osciluje mezi dvěma extrémy – prezentováním redundantní informace a prezentováním naprosto odlišných informací jednotlivými formami reprezentací);
3. forma systému reprezentací/typ (obrázky, text, grafy, . . . );
4. pořadí reprezentací (reprezentace mohou být předkládány současně nebo postupně);
5. podpora translace (přechodu, převodu – angl. translation) mezi reprezentacemi.

Různé typy vizuálií se liší dle způsobu jejich kognitivního zpracování (Larkin & Simon, 1987). Schnotz et al. (2014) v nedávném výzkumu odhalili, že žáci k textovým a obrazovým materiálům přistupují odlišně. Text žáci využívají zejména tehdy, když potřebují získat ucelený přehled o řešeném problému. Textové informace vedou k hlubšímu porozumění významů, a jsou proto vhodné pro vytvoření prvotního mentálního modelu. Naproti tomu obrázky žáci využívají zpravidla jako kognitivní lešení konkretizující text. Mohou sloužit i jako vizuální vodítko (rychlá nápověda), k němuž se žáci vracejí, když potřebují čerpat informace pro řešení určité učební úlohy. Je třeba mít na paměti, že do výzkumu poměrně významně vstupují individuální charakteristiky žáků: předchozí znalosti určitého typu vizuálie, oborová znalost, věk, individuální odlišnosti, např. souvislost se stylem učení se ale nepodařilo prokázat – Mayer, 2011: s. 434).<sup>4</sup> V některých případech je lepší, když je přítomna pouze jedna vizuálie. V jiných případech může být užitečné použití jednodušší reprezentace, a to buď postupně nebo zároveň. V tomto ohledu je nezbytné zkoumat, zda odlišné cílové zaměření učební úlohy může ovlivňovat požadavky na design/tvorbu geografických vizuálií obsažených v edukačních materiálech. Je-li tedy cílem naučit žáky interpretovat graf nebo mapu, požadavky na geografickou vizuálii budou jiné, než když od žáků bude očekávána pouze deklarativní znalost (znalost typu „co“).

Podle Petterssona (1992: s. 110) je kognitivní zpracování vizuálií selektivní. Důležitou roli při rozhodování, jakým informacím budeme věnovat pozornost, hrají

<sup>4</sup>Výčet faktorů, které mohou ovlivňovat učení se z obrazového materiálu, zpracovala Havelková (2016). Na straně uživatele jde o jeho předchozí znalosti, dovednosti, gramotnost, věk, kulturní prostředí, vztah k zeměpisu, prostorovou představivost a orientaci, paměť, individuální kognitivní a učební styl či pohlaví. V rámci skupiny vnějších faktorů je třeba vzít v potaz charakter vzdělávání, denní dobu učení, prostředí, motivaci, přítomnost rušivých podnětů, časového limitu či stresorů. Konečně na samotných vizuáliích je třeba zohlednit jejich komplexnost, abstraktnost, grafickou zaplněnost, kompozici, použité vyjadřovací prostředky, grafickou kvalitu a další faktory použitelnosti (náznornost, čitelnost, přehlednost, rozlišitelnost ap.) a specifické proměnné (u mapy například měřítko, provedení legendy, orientace vůči světovým stranám ad.).

subjektivní faktory, zejména představy a dosavadní zkušenosti (prvotní dojem) uživatele. Nejdříve dochází k bezprostřednímu vnímání tzv. „povrchových struktur“, přičemž jsou zapojovány jednodušší kognitivní procesy. Teprve v případě, že se vizuální reprezentace „potkávají“ s našimi očekáváními, dochází k analytickému zpracování vizuální informace, při němž jsou zapojovány složitější kognitivní procesy. Z hlediska koncipování geografických vizuálií se ale jako důležitější jeví zjištění, že uživatelé zaměřují pozornost bezděčně spíše na elementy vizuálií, které jsou pro ně percepčně atraktivní, než informace, které jsou nejvíce relevantní z hlediska obsahu (Lowe, 1999). Výzkumy dále ukazují, že k lepšímu porozumění poskytované informaci také vede tvorba vizuálií (Van Meter, 2001). Ta je zároveň jednou z cest, jak si žáci mohou uvědomit problémy a rizika spojená s chybnou interpretací zobrazovaných skutečností včetně souvisejících problémů a rizik (viz Bresciani & Eppler, 2015). K obdobným závěrům dospěli v oblasti mapových dovedností také Marada a Hanus (2014).

Mayer (2013: s. 60–66) uvádí, že vizuální typy reprezentací jsou přínosné pro učení, zejména pokud obsahují i krátké objasňující pasáže textu. Rozhodující z hlediska efektivnosti vizuálních reprezentací je však to, do jaké míry dokážou snižovat kognitivní zátěž učícího se jedince. Mayer (2011) a Sweller (2005) a odvoláním na četné výzkumy navrhují při tvorbě vizuálií respektovat následující doporučení (evidence-based practice):

1. Měl by se omezit všechny nadbytečný text a vizuálie.
2. Měl by být zvýrazněn zásadní text a vizuálie.
3. Text by měl být v blízkosti vizuálie (prostorová blízkost vede k provázanosti).
4. Korespondující text a vizuálie by měly být prezentovány současně (současnost podnětů).
5. Vizuálie by měly být použitelné (čitelnost, názornost, přehlednost ad.).
6. Je nezbytné, aby studovaný materiál měl z pohledu učícího se jedince smysl (smysluplnost).

Ainsworthová na základě zmapování obsáhlého výzkumného pole uvádí, že aktuálně již není přínosné zkoumat souvislost mezi formou vizuálie a procesem učení (Ainsworth, 2006: s. 184). Těžiskem zájmu výzkumníků by se měly stát specifické charakteristiky jednotlivých vizuálií s cílem aplikovat zjištění o jejich fungování při tvorbě edukačních materiálů. Jinými slovy by měli výzkumníci zaměřit svou pozornost na klíčové charakteristiky vizuálií, jejich analýzu a hodnocení jejich použitelnosti ve vztahu k předpokládanému výukovému účelu. Co se typů vizuálií týče, nedoporučuje se zkoumat je izolovaně, ale v interakci s ostatními typy vizuálií. Zde je třeba brát zvláštní zřetel nejen k typu vizuálie, ale také k cílovému směřování učební úlohy (resp. vzdělávacímu cíli).

## 5 GEOGRAFICKÉ VIZUÁLIE JAKO KLÍČOVÉ REPREZENTACE V GEOGRAFICKÉM VZDĚLÁVÁNÍ

V této části textu se zaměřujeme pouze na oblast statických vizuálií v geografickém vzdělávání. Oblast našeho zájmu jsme zúžili proto, že účelem předkládané přehledové studie je především generovat poznatky využitelné ke zlepšování kvality učebnic a atlasů.

Kognitivní teorie a další obecné poznatky o učení se z obrazového materiálu představené v předchozích částech této studie jsou postaveny na předpokladu, že klíčovou proměnnou pro úspěšné učení prostřednictvím vizuálií jsou předchozí znalosti v určité obsahové doméně a současně znalosti o fungování příslušného typu vizuálií (Mayer, 2011: s. 433). Jedinec musí vědět, jak s využitím reprezentace získat potřebnou obsahově relevantní informaci a jaký typ reprezentace je s ohledem na charakter potřebné informace nejvhodnější. Z uvedeného vyplývá, že interpretace vizuálií je kontextově vázaná aktivita, neboť učící se jedinec musí rozumět vztahu mezi reprezentací a příslušnou obsahovou doménou (Roth & Bowen, 2001). To legitimizuje naši snahu zaměřit se primárně na oblast geografického vzdělávání. Pro geografické vzdělávání je typická potřeba zachytit a zprostředkovat mnoho různorodých informací a transformovat je do podoby adekvátní cílovému zaměření učební úlohy a kognitivním možnostem zamýšleného uživatele. Jedinec by měl s využitím vizuálie získat potřebnou obsahově relevantní informaci a zároveň by měl být schopen určit, který typ vizuálie je s ohledem na charakter potřebné informace nejvhodnější. V geografii se například užívají obrázky, grafy a mapy ke znázorňování dat nebo fotografie a obrázky ke znázorňování lidí a míst. Důležité je, aby geografické vizuálie zprostředkovávaly hloubkovou strukturu (podstatu, principy) geografických jevů a procesů a současně směřovaly k dosažení vzdělávacího cíle. Nevhodně zvolená vizuálie může vést k tomu, že jedinec přehlédne podstatné informace. V geografii se například užívají fotografie, obrázky, mapy a mapám příbuzná zobrazení, schémata, grafy apod. ke znázorňování dat o lidech, místech, krajinách a souvisejících jevech a procesech.

Hlavním smyslem geovizualizace ve vzdělávání je redukce komplexních informací a snižování míry kognitivní zátěže. Vycházíme z předpokladu, že pro potřeby výuky geografie je rozhodující koncipovat vizuální reprezentace tak, aby: a) vycházely z poznatků a doporučení obecných kognitivně psychologických teorií, b) reflektovaly nároky konkrétní učební úlohy a c) zároveň odpovídaly požadavkům a úrovni dosavadních znalostí cílové populace. Každý z uvedených faktorů obsahuje velké množství proměnných, z nichž řadu lze uplatnit obecně, nejen u geografických vizuálií. Ačkoli nemáme k dispozici doménově-specifické teorie, obecné (kognitivně-psychologické) principy pro vytváření vizuálií však umožňují vysvětlovat i fungování geografických vizuálií. Děje se tak ale pouze do určité míry. V momentě, kdy je třeba zjistit, jaké charakteristiky má mít vizuálie, která umožňuje/podporuje hlubší porozumění konkrétního geografického učiva, narážíme na poměrně zásadní nedostatek výzkumů dosud realizovaných v této oblasti. Mírně lepší situace je na poli výzkumů zjišťujících efektivitu učení s využitím map (srov. např. Wiegand, 2006; Mrázková, 2013 aj.) nebo leteckých snímků (Svatoňová, 2017).

## 5.1 DEFINICE A OPERACIONALIZACE GEOGRAFICKÝCH VIZUÁLÍ

Patrně nejzávažnějším výstupem našeho badatelského úsilí je zjištění, že na základě studia odborné pedagogicko-psychologické a geografické literatury nejsme s to identifikovat oborově specifické charakteristiky vizuální geografické informace (ty jsou společné většině vizuálních reprezentací napříč obory). K operačnímu vymezení geografických vizuálií jsme přistoupili na základě specifického obsahu vizuálie vycházejícího z definice geografie a geografického poznání.

Jak uvádí Gregory (2009: s. 288), je obtížné nalézt mezi různými paradigmaty v geografii shodu v tom, co je jejím předmětem zájmu, nicméně většině prací je společné, že se jedná o „zkoumání toho, jakým způsobem se prostor promítá do

fungování a výsledků působení společenských a přírodních procesů“. Kulturní obrat v geografii svým důrazem na postdisciplinaritu, procesnost, každodennost, utváření významů a zaměření na jednání aktérů způsobil, že geografický prostor v současnosti zahrnuje celé spektrum prostorů, prostorových aspektů nebo též prostorovostí (Osman & Matoušek, 2014; Siwek, 2011). Johnston (1986, cit. podle Siwek, 2011) uvádí, že geografický prostor je takový, který se vztahuje k člověku, a primární pro něj je tedy provázanost s člověkem, lidskou společností a jejími aktivitami (působením). Třebaže takové tvrzení více zdůrazňuje předmět zájmu humánní geografie než geografie fyzické, i fyzická geografie studující přírodní jevy, procesy a zákonitosti, je zkoumá v jejich relaci ke společnosti a k životnímu prostředí člověka. Geografické vizuálie tedy nelze chápat jako neutrální artefakt, nýbrž jako konstrukt zprostředkovávající kulturně a sociálně podmíněný pohled na vybrané geografické jevy. Geografické specifikum v nazírání prostoru reprezentuje měřítko/řádovost (scale) (viz např. Leitner & Miller, 2007; Sheppard & McMaster, 2004). Jedná se o gnozeologický přístup vyčleňování a rozlišování různých hierarchických úrovní zemského povrchu, entit a vztahů na něm se nacházejících, od jedince a lokality, mikroregionu přes větší (mezoregionální), makroregionální až po globální úroveň. S uvedeným souvisí akcent geografie na definování regionů a ohraničování prostoru (blíže viz např. Claval, 1998; Paasi, 2004 aj.), které mohou být konstruovány jednáním aktérů, v myslích jedinců či v konsenzu společnosti.

Z toho lze usuzovat, že geografická vizuálie představuje libovolnou vizuální reprezentaci:

- (a) organizace (uspořádání) geografických systémů a objektů jakožto relativně komplexních celků v prostoru, v níž jsou znázorněny vnější vztahy (a probíhající procesy) mezi jednotlivými částmi (elementy) těchto celků, příp. jejich příčiny a důsledky (Hampl, 1998), příkladem může být schéma všeobecného oběhu atmosféry;
- (b) prostorové/geografické diferenciací libovolných jevů nebo procesů v přírodním a sociálním prostředí (či v obou zároveň) napříč různými řádovostními/měřítkovými úrovněmi (např. globální, regionální, lokální) (Gregory, 2009), příkladem mohou být tematické mapy lokalizace průmyslových odvětví a oblastí;
- (c) podoby, charakteristiky a ohraničení prostoru/území (z perspektiv různých aktérů) (Giddens, 1979; Lefebvre, 1991; Paasi, 1986), příkladem jsou fotografie krajiny či obecně-zeměpisná mapa ve školním atlase.

V obecné rovině geografická vizuálie funguje jako grafická reprezentace určitého fenoménu, lokality nebo procesu, která podporuje rychlejší kognitivní zpracování prostorových aspektů (vizuální) geografické informace prostřednictvím rychlejšího a přesnějšího usměrňování pozornosti na relevantní data.<sup>5</sup> Z uvedeného vymezení vyplývá pro geografické vzdělávání typická potřeba zachytit a zprostředkovat mnoho různorodých prostorových dat a transformovat je do podoby adekvátní cílovému zaměření učební úlohy a kognitivním možnostem zamýšleného uživatele (Skupin & Esperbé, 2008: s. 160). Informací o tom, na základě jakých kritérií hodnotit kvalitu geografických vizuálií, je však nedostatek.

Ve výuce zeměpisu/geografie se mimoto můžeme setkat také s reprezentacemi, které nejsou primárně geografické (viz definice výše), ale náleží primárně k jiným

<sup>5</sup>Zde je třeba rozlišovat mezi: 1) geografickým porozuměním, jež staví na mentálních reprezentacích geografického prostoru a fenoménů s cílem porozumět jejich podstatě a 2) prostorovým vnímáním, které zahrnuje kognitivní procesy související s porozuměním a znovu vybavováním prostorových informací.

vědním disciplínám, např. vývoj počtu vyrobených automobilů v Česku od roku 1989. Jejich užití však může v souvislosti s dalšími informacemi nabývat geografický rozměr, v tomto případě např. potenciál regionálního rozvoje. Jako příklad podobné reprezentace, ale primárně vycházející z geografie, by byl např. graf počtu vyrobených automobilů v jednotlivých evropských státech (druhá z výše zmíněných skupin – geografická diferenciací jevu).

## 5.2 SPECIFICKÉ FUNKCE GEOGRAFICKÝCH VIZUÁLÍ

Podle Dodge, McDerbyové a Turnera (2008: s. 3–4) lze poměrně bohaté spektrum funkcí geografických vizuálií utřídit do tří epistemologických oblastí odkazujících k jednotlivým úrovním geografického poznávání:

1. *Nazírání* (looking) – jedná se o geografické vizuálie vytvořené dle daných kritérií (např. zeměpisná síť). Slouží ke znázorňování geografických jevů, zdůrazňuje jejich prostorové aspekty a umožňují základní orientaci a jednoduchou interakci s geografickými daty.
2. *Hledání/zjišťování* (querying) – jde o geografické vizuálie s významným informačním přínosem. Organizují komplexní geografická data a zpřehledňují relevantní informace potřebné k interakci s určitým geografickým problémem (výukovým úkolem). Napomáhají kognitivnímu propojování mezi různými úrovněmi zobrazení téhož geografického fenoménu. Nabízejí uživateli více prostoru, pokud jde o individuální kognitivní preference a potřeby.
3. *Objevování* (questioning) – geografické vizuálie zprostředkovávající vhled k podstatě určitého geografického jevu. Efektivně znázorňuje změnu a vývoj geografických jevů. Umožňuje rozbor, interagování, ověřování zobrazovaných informací. Zprostředkovávají data k zodpovězení „co“ a „proč“ otázek týkajících se geografických jevů. Uživatel má kontrolu nad zobrazením, měřítkem, projekcí zobrazovaných dat.<sup>6</sup>

## 5.3 HLEDÁNÍ OBOROVĚSPECIFICKÝCH CHARAKTERISTIK GEOGRAFICKÝCH VIZUÁLÍ

Syntéza teoretických poznatků (viz Swienty et al., 2008: s. 232) vede k vyvození konkrétních (základních) kvalit geografické vizuálie: a) jednoduchost – redukce komplexnosti (generalizace) zobrazovaného jevu může napomáhat efektivnějšímu kognitivnímu zpracování;<sup>7</sup> b) výstižnost – zdůraznění nejdůležitějších informací pomocí jednoduchých, pozornost usměrňujících elementů; c) vizuální hierarchie – organizace a strukturování zobrazovaných informací pomocí vrstev; více relevantní informace jsou zdůrazněny, zatímco méně relevantní informace mohou být upozaděny, což napomáhá efektivnímu kognitivnímu zpracování.

Vedle snižování komplexity geografických informací by však geografické vizuálie měly motivovat i vést k objevování nových poznatků, např. prostřednictvím podpory analytického uvažování a argumentace, případně zprostředkováním syntézy

<sup>6</sup>Jedná se v podstatě o analogické funkce reprezentací zmiňované Ainsworthovou (1999, viz výše).

<sup>7</sup>S tím pracuje koncept geografického, resp. kartografického modelování a v rámci něj (kartografická) generalizace reality (tj. nelze mapovat v měřítku 1 : 1 a vždy je třeba provádět výběr, zjednodušení, zdůraznění a slučování kategorií reality). Zmíněný poznatek také implikuje požadavek, aby se v učebnicích zeměpisu vyskytovaly v mnohem menší míře fotografie. Výzkumy ukazují, že fotografie v českých učebnicích zeměpisu výrazně dominují (Janko, 2015).

informací (Swienty et al., 2008: s. 229). Zmínění autoři na základě způsobů kognitivního zpracování vizuální geografické informace vymezují 21 konkrétních vlastností geografických vizuálií. Konkrétně se jedná o kvality jako kontura (velikost), tvar, barevnost, rozlišení, jemnost (detailnost), transparentnost (jasnost). Podstatným atributem geografických vizuálií je barevnost (adekvátní volba barev). Volba barvy a její zapracování do geografických vizuálií může podstatně ovlivnit, jak jsou zobrazované informace vnímány. Jednotlivé elementy geografických vizuálií mohou být pomocí barvy zdůrazněny nebo naopak upozaděny. Barva může sloužit i pro zvýraznění hloubky (perspektivy), může zaměřovat (resp. omezovat) pozornost jedince na konkrétní aspekty (např. jevy, území, hranice). Naopak neadekvátní volby barvy může vést k matení jedince a ztěžovat mu tak porozumění (podrobněji viz Bláha, 2010).

Důležitou funkcí geografických vizuálií je napomáhat při kognitivní systemizaci geografických jevů a procesů. Lloyd, Hodgson a Stokesová (2002) zjišťovali, do jaké míry může být klasifikace geografických jevů (využití krajiny) ovlivněna kvalitami geografických vizuálií (leteckých fotografií). Konkrétně analyzovali, jak se liší schopnost klasifikovat využití/pokryv krajiny v závislosti na velikosti a abstraktnosti vizuálie a také s přihlédnutím k předchozím zkušenostem respondentů s různými typy vizuálií. Ukázalo se, že velikost vizuálie může napomáhat k přesnějšímu kognitivnímu zpracování. Dále respondenti dokázali poměrně rychle, přesně a sebejistě klasifikovat geografické jevy obecnější povahy (typy krajiny), ve srovnání s jevy více konkrétními (ekonomické aktivity v krajině). K lepším výsledkům dospěli respondenti, kteří měli možnost pracovat s typy vizuálií, s nimiž již mají zkušenost, anebo pokud s vizuáliemi pracují pod dohledem zkušenějšího kolegy. V tematicky obdobně koncipovaném výzkumu Priestnall a Hampson (2008: s. 245) zjišťovali, které charakteristiky geografických vizuálií jsou pro žáky důležité při hodnocení míry relevantnosti (věrnosti/názornosti) vizuálie vzhledem k reálnému geografickému objektu (informační kapacita/přesnost). Autoři identifikovali 6 základních faktorů, které jsou z pohledu žáků při práci s geografickými vizuáliemi důležité: 1) měřítko a míra komplexnosti, 2) věrohodnost kompozice a rozmístění určujících znaků, 3) technické parametry/možnosti záznamového zařízení, 4) prostorový kontext a dřívější zkušenosti, 5) celkový dojem/atmosféra, 6) informační hodnota (dostatek indicií) umožňující ověření vlastní představy/mentálního modelu zobrazovaného jevu.

Důležitou součástí didakticky kvalitně zpracovaných geografických vizuálií může být i určitá míra nejednoznačnosti při zprostředkovávání geografických jevů (prostorová, časová, atribuční). Podle Deitrickové a Edsalla (2008: s. 278–279) jde o to, že i když geografické vizuálie znázorňují reálné jevy, jsou vždy jen aproximací komplexní geografické reality. V principu tedy obsahují určitou míru nejednoznačnosti/nepřesnosti (uncertainty).<sup>8</sup> Velká míra nejednoznačností vede k rozměňování pozornosti, a v důsledku k nepřesnému porozumění (Halverson, 1968: s. 10–16). Na druhou stranu přiměřená míra nejednoznačnosti vedená snahou o dosažení náročnějšího vzdělávacího cíle může působit pozitivně a motivovat k intenzivnějšímu kognitivnímu interagování se zobrazovaným jevem (odvozování významů) a v konečném důsledku také k hlubšímu porozumění a přesnějšímu rozhodování (srov. Davis & Keller, 1997).

---

<sup>8</sup>Míra nejednoznačnosti (uncertainty) se u různých geografických vizuálií může lišit v závislosti na vlastnostech jako preciznost zpracování, logická konsistence a kompletnost prezentovaných dat, lineárnost, míra kontroly nad znázorňovanými informacemi, či přiléhavost ke konkrétnímu účelu. Je možné zde spatřovat analogii s didaktickým využíváním tzv. neúplně strukturovaných (nebo také neúplně definovaných) problémů (podrobněji viz Češková, 2017).

Geografické vizuálie jsou ve školní geografii často využívány k zobrazování prostorových aspektů geografických jevů a procesů, časové aspekty jsou zobrazovány méně. Proto je prostřednictvím geografických vizuálií zobrazován spíše stav než vývoj geografické reality. To se následně promítá do dominantního zastoupení určitých typů geografických vizuálií např. v učebnicích (Harrower & Fabrikant, 2008; Janko, 2015). Na tomto místě považujeme za vhodné upozornit na výukový potenciál znázorňování časové dimenze geografických jevů a procesů. Základními možnostmi, jak pracovat s časem v geografických vizuáliích, představují pojetí času jako změny či vývoje geografického jevu v prostoru (angl. spatial time), či změna tempa, intenzity nebo délky trvání geografického jevu (angl. temporal time).<sup>9</sup> Je pravděpodobné, že více možností pro utváření geografických znalostí a dovedností související s časovou dimenzí prostorových jevů, nabízí zejména dynamické formy geografických vizuálií (Vít & Bláha, 2012; Harrower & Fabrikant, 2008: s. 53; Kraak, 2008).

## 6 DISKUSE A ZÁVĚR

Naše badatelské úsilí je možné shrnout do několika tezí, které současně poskytují odpovědi na položené výzkumné otázky. Ke zkoumání procesu učení se z obrazového materiálu v kontextu geografického vzdělávání autoři nejčastěji vycházejí z následujících teorií: teorie duálního kódování, kognitivní teorie multimediálního učení, teorie kognitivní zátěže a teorie obrazu. Zmiňované teorie jsou založeny na rozlišování sensorických kanálů (např. sluchový/vizuální) anebo různorodých modů reprezentací (např. textové/obrazové) a také předpokladu omezené kapacity pracovní paměti učícího se jedince. Dospěli jsme ke zjištění, že na základě studia odborné literatury nejsme s to operacionalizovat geografické vizuálie a současně identifikovat oborově specifické charakteristiky a funkce geografických vizuálií (ty jsou společně většinou vizuálních reprezentací napříč obory). K operačnímu vymezení geografických vizuálií jsme využili konsenzuální definici geografie jako vědecké disciplíny a geografického poznání. Geografická vizuálie dle našeho názoru funguje jako grafická reprezentace určitého fenoménu, lokality či procesu, která podporuje rychlejší kognitivní zpracování prostorových aspektů zobrazované reality.

Aktuálně již není přínosné zkoumat souvislost mezi formou reprezentace a procesem učení (Ainsworth, 2006: s. 184). Skutečnost, že využití více modů reprezentací zvyšuje efektivitu učení, byla již mnohokrát prokázána. Těžištěm zájmu výzkumníků by se měly stát konkrétní konstrukční charakteristiky jednotlivých forem reprezentací s cílem aplikovat výsledná zjištění při tvorbě edukačních materiálů. Je třeba brát zvláštní zřetel nejen k typu reprezentace, ale také k typu související učební úlohy/cíli vzdělávání. V tomto ohledu je nezbytné zkoumat, zda odlišné cílové zaměření učební úlohy může ovlivňovat požadavky na design/tvorbu vizuálních geografických informací obsažených ve výukových materiálech. Informací o tom, na základě kterých indicií hodnotit adekvátnost reprezentací, např. vzhledem ke zvolené úloze, je však minimum. Do výzkumu poměrně významně vstupují individuální charakteristiky žáků: předchozí znalosti určitého typu reprezentace, oborová znalost, věk, individuální odlišnosti apod. (podrobněji MacEachren et al., 2004). Efektivní využití vizuální geografické informace ve vzdělávání vyžaduje, aby žák disponoval: a) znalostí systému reprezentací reality v geografii, b) dovedností poznání reálného a reprezentovaného objektu a c) schopností zasazení získaných informací do kontextu

<sup>9</sup>Haggett (1990) rozlišuje čtyři typy času, které reprezentují různé vzorce a změny geografických jevů a procesů: konstanty, trendy, cykly, posuny.



geografických znalostí. Přitom mohou pak nastávat chyby v neznalosti systému, neznalosti samotného objektu apod.

Jonesová a kol. (2009: s. 1080–1081) upozorňují, že při tvorbě a zkoumání vizuálií je nutné přistoupit ke změně perspektiv. Současný přístup ke tvorbě geografických vizuálií totiž dle zmíněných autorů vychází především z technologických možností geovizualizace a neumožňuje dostatečně citlivě zohledňovat nároky na vizuálie z hlediska konkrétních učebních cílů, resp. procesu utváření znalostí. Problematické je množství funkcí, přílišná interaktivita nebo nedostatečná uživatelská zpětná vazba. Žáci/uživatelé se tak mnohdy soustředí více na formu vizuálie a manipulaci s ní, než na poznatky/informace v ní obsažené. Rozvoj technologických možností vyústil v nutnost začít rozlišovat mezi koncepty funkčnosti a použitelnosti geografických vizuálií.

Pokud bychom měli v závěru této studie formulovat doporučení pro teorii a praxi, zřejmě by mělo být řečeno následující: je pravděpodobné, že žádná oborově specifická teorie didaktického využití geografických vizuálií neexistuje. Vizuálie je třeba tvořit a následně je využívat s oporou ve vybraných kognitivněpsychologických teoriích a současně s přihlédnutím k cílům vzdělávání zrcadlícím předmět zkoumání a metody příslušného oboru.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek je výstupem řešení projektu GA ČR *Vizuální geografická informace a její role v geografickém vzdělávání* (GA16-01003S). Autoři děkují za poskytnutou podporu.

## LITERATURA

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33(2–3), 131–152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198.
- Aumont, J. (2011). *L'Image*. Paris: Armand Colin.
- Ballstaedt, S. P. (1997). *Wissensvermittlung: Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz.
- Benedek, A. & Nyíri, K. (2012). *The iconic turn in education*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Bertin, J. (1967). *Sémiologie graphique: Les diagrammes – les réseaux – les cartes*. Paris: Mouton.
- Bláha, J. D. 2010. Various ways of assessment of cartographic works. In G. Gartner & F. Ortog (Eds.), *Cartography in Central and Eastern Europe. Lecture notes in geoinformation and cartography* (211–229). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bresciani, S. & Eppler, M. J. (2015). The pitfalls of visual representations. *Sage Open*, 5(4), 1–14.
- Češková, T. (2017). Výukové situace rozvíjející kompetenci k řešení problémů: teoretický model jako východisko pro jejich analýzu. *Pedagogika*, 66(5), 530–548.

- Chi, M. T., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121–152.
- Claval, P. (1998). *An introduction to regional geography*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Davies, P. (2000). The relevance of systematic reviews to educational policy and practice. *Oxford Review of Education*, 26(3–4), 365–378.
- Davis, T. J. & Keller, C. P. (1997). Modelling uncertainty in natural resource analysis using fuzzy sets and Monte Carlo simulation: slope stability prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(5), 409–434.
- de Saussure, F. (1916). *Cours de linguistique générale*. Paris: Payot.
- Deitrick, S. & Edsall, R. (2008). Making uncertainty usable: Approaches for visualizing uncertainty information. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (277–292). Chichester: Wiley & Sons.
- Dodge, M., McDerby, M. & Turner, M. (2008). The power of geographical visualizations. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (1–10). Chichester: Wiley & Sons.
- Eco, U. (1976). *Theory of semiotics*. Bloomington: Indiana University Press.
- Gates, S. (2004): Visual literacy in science and its importance to pupils and teachers. In A. Peacock & A. Cleghorn (Eds.), *Missing the meaning* (223–237). New York: Palgrave Macmillan.
- Giddens, A. (1979). *Central problems in social theory: Action, structure and contradiction in social analysis*. Berkeley: University of California Press.
- Gregory, D. (2009). Geography. In D. Gregory, et al., *The dictionary of human geography* (287–295). Malden: Blackwell.
- Haggett, P. (1990). *The geographer's art*. Cambridge: Blackwell.
- Halverson, L. H. (1968). *Geography via pictures. Do it this way*. Illinois: National Council for Geographic Education.
- Hampl, M. (1998). *Realita, společnost a geografická organizace: hledání integrálního řádu*. Praha: Karolinum.
- Harrower, M. & Fabrikant, S. (2008). The role of map animation for geographic visualization. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (49–65). Chichester: Wiley & Sons.
- Havelková, L. (2016). *Vliv kartografické vyjadřovací metody na úroveň mapových dovedností žáků*. Diplomová práce. Praha: PřF UK.
- Hübelová, D., Najvarová, V. & Chárová, D. (2008). Uplatnění didaktických prostředků a médií ve výuce zeměpisu. In P. Knecht & T. Janík (Eds.), *Učebnice z pohledu pedagogického výzkumu* (147–163). Brno: Paido.
- Janko, T. (2012). *Nonverbální prvky v učebnicích zeměpisu jako nástroj didaktické transformace*. Brno: MU.
- Janko, T. (2015). Srovnávací analýza typů nonverbálních prvků v současných českých a německých učebnicích školní geografie. *Pedagogická orientace*, 25(2), 225–248.
- Jewitt, C. (2008). *The visual in learning and creativity: A review of the literature*. London: Creative Partnership.

- Johnston, R. J. (1986). *Philosophy and human geography: An introduction to contemporary approaches*. London: Edward Arnold.
- Jones, C. E., Haklay, M., Griffiths, S. & Vaughan, L. (2009). A less is more approach to geovisualization – enhancing knowledge construction across multidisciplinary teams. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(8), 1077–1093.
- Koláčny, A. (1969). Cartographic information – a fundamental concept and term in modern cartography. *The Cartographic Journal*, 6(1), 47–49.
- Kraak, M. J. (2008). Visualization and time. New opportunities for the space-time cube. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (293–306). Chichester: Wiley & Sons.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11(1), 65–99.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Oxford: Blackwell.
- Leitner, H. & Miller, B. (2007). Scale and the limitations of ontological debate: A commentary on Marston, Jones and Woodward. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 32(1), 116–125.
- Lloyd, R., Hodgson, M. E. & Stokes, A. (2002). Visual categorization with aerial photographs. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(2), 241–266.
- Lowe, R. K. (1999). Extracting information from an animation during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 225–244.
- MacEachren, A. M., Gahegan, M., Pike, W., Brewer, I., Cai, G., Lengerich, E. & Hardisty, F. (2004). Geovisualization for knowledge construction and decision support. *Computer Graphics and Applications IEEE*, 24(1), 13–17.
- Marada, M. & Hanus, M. (2014). Mapové dovednosti: vymezení a výzkum. *Geografie*, 119(4), 406–422.
- Mareš, J. (2013a). *Pedagogická psychologie*. Praha: Portál.
- Mareš, J. (2013b). Přehledové studie: jejich typologie, funkce a způsob vytváření. *Pedagogická orientace*, 23(4), 427–454.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), 1–19.
- Mayer, R. E. (2011). Instruction based on visualisations. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (427–445). New York: Routledge.
- Mayer, R. E. (2013). Fostering learning with visual displays. In G. Schraw, M. T. McCrudden & D. Robinson (Eds.), *Learning through visual displays* (47–73). Charlotte: Information Age Publishing.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Multimedia learning* (43–71). New York: Cambridge.
- McTigue, E. M. & Coleman, J. M. (2013). Theory, practice, and challenges for teaching visual literacy in science. In K. D. Finson & J. E. Pedersen (Eds.), *Visual data and their use in science education* (281–307). Charlotte: Information Age Publishing.
- Mrázková, K. (2013). *Kartografické dovednosti ve výuce zeměpisu* (Disertační práce). Brno: PdF MU.

- Osman, R. & Matoušek, R. (2014). Úvod obratem. In R. Matoušek & R. Osman (Eds.), *Prostor(y) geografie* (9–18). Praha: Karolinum.
- Paasi, A. (1986): The institutionalization of regions: a theoretical framework for understanding the emergence of regions and the constitution of regional identity. *Fennia*, 164(1), 105–146.
- Paasi, A. (2004). Place and region: Looking through the prism of scale. *Progress in Human Geography*, 28(4), 536–564.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and mental processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Paivio, A. (2014). *Mind and its evolution: A dual coding theoretical approach*. New York: Psychology Press.
- Peirce, Ch. S. (1997). *Sémiotika*. Praha: Karolinum.
- Pettersson, R. (1992). The use of visuals in oral representations. *Educational Technology Research and Development*, 40(2), 109–116.
- Priestnall, G. & Hampson, D. (2008). Landscape visualization: Science and art. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (241–258). Chichester: Wiley & Sons.
- Radinsky, J., Leimberer, J.M. & Rodriguez, C. (2013). Learning to do geospatial data visualizations in science classrooms. In K.D. Finson & J.E. Pedersen (Eds.), *Visual data and their use in science education* (239–260). Charlotte: IAP Publishing.
- Rose, G. (1994). Teaching visualized geographies: Towards a methodology for the interpretation of visual materials. *Journal of Geography in Higher Education*, 20(3), 281–294.
- Rose, G. (2007). *Visual Methodologies: An introduction to the interpretation of visual materials*. London: SAGE.
- Roth, W. M. & Bowen, G. M. (2001). Professionals read graphs: A semiotic analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32, 159–194.
- Sadoski, M. & Paivio, A. (2001). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schnotz, W. (2002). Commentary – Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101–120.
- Schnotz, W. (2014). Integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *Multimedia learning* (72–103). New York: Cambridge
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2) 141–156.
- Schnotz, W., Ludewig, U., Ullrich, M., Horz, H., McElvany, N. & Baumert, J. (2014). Strategy shifts during learning from texts and pictures. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 974–989.
- Sheppard, E. & McMaster, R. B. (Eds.). (2004). *Scale and geographic inquiry: Nature, society and method*. Oxford: Blackwell.
- Siwek, T. (2011). *Percepce geografického prostoru*. Praha: ČGS.
- Skupin, A. & Esperbé, A. (2008). Towards high-resolution self-organizing maps of geographic features. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (49–65). Chichester: Wiley & Sons.

- Spiro, R. J. & Jehng, J. C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for nonlinear and multi-dimensional traversal of complex subject matter. In D. Nix & R. J. Spiro (Eds.), *Cognition, education and multi-media: Exploring ideas in high technology* (163–205). Hillsdale: LEA.
- Svatoňová, H. (2017). Reading satellite images, aerial photos and maps: Development of cartographic and visual literacy. In P. Karvánková, D. Popjaková, M. Vančura & J. Mládek (Eds.), *Current Topics in Czech and Central European Geography Education* (187–208). Cham: Springer.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (19–30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Swienty, O., Reichenbacher, T., Reppermund, S. & Zihl, J. (2008). The role of relevance and cognition in attention-guiding geovisualisation. *The Cartographic Journal*, 45(3), 227–238.
- Taussig, M. (2011). *I swear I saw this: Drawings in fieldwork notebooks, namely my own*. Chicago: University of Chicago Press.
- Unwin, D. J. (2008). Encounters with geovisualization. In M. Dodge, M. McDerby & M. Turner (Eds.), *Geographic visualization. Concepts, tools and applications* (xi–xvi). Chichester: Wiley & Sons.
- Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 129–140.
- Vít, L. & Bláha, J. D. (2012). Study of the user friendliness of temporal legends in animated maps. *AUC Geographica*, 47(2), 53–61.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21(1), 14–23.
- Wiegand, P. (2006). *Learning and teaching with maps*. London: Routledge.
- Wooldridge, S. W. & East, W. G. (1951). *The spirit & purpose of geography*. London: Hutchinson.

---

TOMÁŠ JANKO, tjanko83@gmail.com  
PETR KNECHT, knecht@ped.muni.cz  
Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta  
Institut výzkumu školního vzdělávání  
Poříčí 31, 603 00 Brno, Česká republika

SILVIE RITA KUČEROVÁ, silvie.kucerova@ujep.cz  
JAN DANIEL BLÁHA, jd@jackdaniel.cz  
Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta  
Katedra geografie  
České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, Česká republika

## Miskoncepce žáků o atomech v kontextu představ starověkých myslitelů o stavbě hmoty

*Eva Hejnová, Dalibor Hejna*

### Abstrakt

V přehledové studii prezentujeme nejčastější miskoncepce v oblasti atomistiky, které byly odhaleny v zahraničních výzkumech. Četnost výskytu těchto miskoncepčí ilustrujeme na příkladu výzkumu představ o atomech, který jsme provedli v České republice na souboru 170 žáků 9. ročníků z šesti základních škol a jedné kvarty víceletého gymnázia. Zároveň ukazujeme paralely některých miskoncepčí k představám starověkých myslitelů, přičemž se podrobněji zaměřujeme zejména na řecké atomisty. Na jejich myšlení chceme také ukázat, jak je znalost utváření historických předvědeckých teorií důležitá pro pochopení toho, jak pracuje současná věda a na jakém paradigmatu je založena.

**Klíčová slova:** stavba hmoty, atomismus, předvědecké teorie, miskoncepce.

## Pupils' Misconceptions about Atoms Juxtaposed to the Structure of Matter as Imagined by Ancient Thinkers

### Abstract

In this review study, we present the most common misconceptions about atoms that have been identified in foreign research. The frequency of these misconceptions is exemplified by a study we carried out in the Czech Republic, involving a set of 170 pupils consisting of one class of fourth graders at an eight-year grammar school and six classes of ninth graders from various basic schools, all of whom were quizzed on their understanding of atoms. At the same time, we show how some of their misconceptions parallel those of ancient thinkers, focusing in particular on Greek atomists. By shedding light on their thought processes, we also want to show how the knowledge of the formation of historical pre-scientific theories is important for understanding how contemporary science works and what paradigm it is based on.

**Key words:** structure of matter, atomism, pre-scientific theories, misconceptions.

Intuitivní představy žáků v oblasti stavby hmoty byly předmětem již mnoha, zejména zahraničních, výzkumů (Griffiths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 1996; Driver et al., 2003; Stepans, 2003; Unver & Arabacioglu, 2015). V České republice bylo výzkumům miskoncepcí v této oblasti dosud věnováno jen několik výzkumů (Škoda & Doulík, 2006; Maunová, 2010 atd.), které se ale vesměs zaměřovaly pouze na vybrané aspekty této problematiky. Přitom mnohé miskoncepce týkající se pojmu atomu jsou rozšířené nejenom mezi žáky základních a středních škol, ale lze se s nimi setkat i u studentů vysokých škol (Ayas et al., 2010; Karataş et al., 2013). Ve vzdělávací praxi navíc není často jednoduché volit takové vyučovací postupy, které by k vytváření a dalšímu upevňování chybných představ nepřispívaly.

Atom je pojem, se kterým se žáci setkávají jak ve fyzice, tak v chemii; částicová stavba látek je součástí učiva vzdělávacího oboru fyzika i vzdělávacího oboru chemie (RVP ZV, 2016: s. 63, 68). Obtížnost výkladu tohoto pojmu spočívá v tom, že jde o značně abstraktní konstrukt: atom nelze vnímat lidskými smysly a nelze ho vidět ani pomocí jednoduchých přístrojů (např. pomocí lupy nebo mikroskopu). Při výkladu pojmu atom proto učitelé používají různé, více či méně vhodné modely, analogie a metafory (např. elektronový oblak, „rozmazaný“ elektron apod.). Žáci si však často vytvářejí své vlastní modely a jejich představy se tak mohou značně lišit od představy atomu, kterou se jim snaží předat jejich učitelé.

Atom bývá také uváděn jako jeden z příkladů, jak se historicky k takovému pojmu dospělo na základě nepřímých usuzování (Maunová, 2010). Postup, jak k tomuto pojmu dospěli řečtí atomisté, je však zásadně odlišný od postupu současné moderní vědy. Zatímco u prvních atomistů a později i u filozofů a fyziků v 16. a 17. století se jednalo o výsledek ryze spekulativních úvah, moderní věda vychází zejména z experimentálních výsledků a její dokazování je založeno na zcela jiných postupech (Chalmers, 2009). Současná kvantově-mechanická představa atomu se zásadně liší od představ prvních atomistů i novověkých mechanistických filozofů, mezi něž patřil např. Gassendi a Boyle, a nelze mezi nimi tudíž hledat žádné analogie. Nicméně uvědomění si rozdílů mezi těmito zcela rozdílnými přístupy je důležité pro pochopení toho, jak pracuje současná věda.

Atomová hypotéza, tj. že se všechny věci skládají z atomů, které jsou v neustálém pohybu a vzájemně se přitahují, jestliže jsou od sebe v určité vzdálenosti, a odpuzují se, když jsou těsně u sebe, bezesporu patří mezi současné nejdůležitější vědecké poznatky (Feynman et al., 2000). Proto má atomismus významné postavení i ve školním kurikulu. Učitelé při výkladu částicové stavby látek často odkazují na starověký řecký atomismus, protože je v základní myšlence, tj. hmota má částicovou strukturu, podobná moderní atomové teorii. Při tom je však důležité mít na zřeteli, že antická přírodní filozofie není jakási nezralá forma nebo předchůdkyně moderní přírodní vědy, neboť čistě spekulativní filozofie žádnou vědou v dnešním chápání nebyla a ani nemohla být.

Nicméně mnohé, často frekventované miskoncepce vztahující se k pojmu atom vykazují paralelu k historickému vývoji tohoto pojmu (Griffiths & Preston, 1992). Učitelé například často využívají zjednodušenou představu atomu jako tuhé kuličky, která lépe odpovídá schopnostem dětí takovou představu přijmout. V elementární výuce přírodovědy je myšlenka, že částice jsou jako makroskopické tuhé materiální objekty, jen mnohem menší, akceptována, ne protože to odráží moderní vědecké představy, ale poněvadž tomu mohou děti jednodušeji porozumět. Díky jednoduchosti této představy si ji však mnozí lidé drží až do dospělého věku, a to i navzdory výuce atomové a jaderné fyziky, kterou absolvují na základní nebo střední škole. Důvodem bývá to, že předkládané poznatky jsou značně abstraktní, vzdálené běžné

lidské zkušenosti; navíc se často v minimální míře opírají o experimentální důkazy (Lacina, 2011).

V naší přehledové studii chceme ukázat některé paralely nejčastějších miskoncepcí v oblasti atomistiky a představ starověkých myslitelů. Domníváme se, že znalost historického kontextu je důležitá pro pochopení prvotních prekonceptů dětí, které si přirozeně vytvářejí o svém okolním světě. Na příkladu vývoje pojmu atomu lze zároveň jedinečným způsobem ukázat, jak je znalost utváření historických předvědeckých teorií důležitá pro pochopení toho, jak funguje současná věda a na jakém paradigmatu je založena. Výsledky této studie využijí s ohledem na mezioborový přesah učitelé fyziky, chemie i biologie na základních, středních i vysokých školách a zajímavý bude i pro didaktiky přírodovědných předmětů.

V kapitole 1 nejprve předkládáme přehled představ nejznámějších myslitelů o stavbě hmoty, přičemž se podrobněji zaměřujeme zejména na řecké atomisty. V kapitole 2 pak prezentujeme nejčastější miskoncepce týkající se pojmu atom, které byly odhaleny v zahraničních výzkumech. Četnost výskytu těchto miskonceptů pak ilustrujeme na příkladu výzkumu představ o atomech, který jsme provedli v České republice na souboru 170 žáků 9. ročníků z šesti základních škol a jedné kvarty víceletého gymnázia.

Miskoncepce jsou obvykle míněny představy, které jsou v rozporu s vědeckými poznatky, jež si děti vytvářejí na základě svých zkušeností s okolním světem (Mandíková & Trna, 2011). V kontextu problematiky řešené v naší studii je třeba poznamenat, že představy o atomu a jeho stavbě si žáci vytvářejí zejména pod vlivem různých modelů a více či méně příhodných analogií a metafor, které jsou jim postupně předkládány během školní výuky ve fyzice i v chemii. K tomu přirozeně přistupují i jejich předchozí představy o makrosvětě, které často přenášejí i do oblasti mikrosvětě. Protože nelze přesně odlišit zdroje vzniku žákovských představ, používáme pro jednoduchost pro označení chybných nebo nepřesných představ slovo miskoncepce. U jednotlivých představ pak v kapitole 2 diskutujeme možné zdroje jejich vzniku.

Na závěr ještě uvedme, že s ohledem na omezený rozsah této studie se nezabýváme miskoncepce, které se týkají vlastností látek v různých skupenstvích a fázovými přechody, i když tato témata s částicovou stavbou látek úzce souvisí.

## 1 PŘEDSTAVY STAROVĚKÝCH I POZDĚJŠÍCH MYSLITELŮ O STAVBĚ HMOTY

V této kapitole předkládáme popis představ řeckých atomistů, přičemž se zaměřujeme na příčiny vzniku atomismu, prezentujeme nejdůležitější myšlenky, se kterými ve své teorii pracovali, a ukazujeme, k jakým představám o stavbě hmoty dospěli. Uvádíme také některé další představy (zejména Aristotelovy), které se v opozici k atomismu objevily a se kterými se v podobě miskonceptů můžeme u žáků také často setkat. Závěr kapitoly je pak ukončen stručnou informací o postavení atomismu ve středověku a na počátku novověku.



## 1.1 ŘECKÝ ATOMISMUS

Ve druhé polovině 5. století př. n. l. se vedle již známých ohnisek rozvoje řecké vědy a filozofie (Athény, Miletos, Efesos, Elea, Krotón) objevilo na severu země nové centrum – město Abdéra. Zde působili ve svém vrcholném období atomisté Leukippos (asi 490–asi 420 př. n. l.) a Démokritos (asi 460–asi 370 př. n. l.), kteří jsou považováni za zakladatele atomismu. Osobní podíly Leukippa a Démokrita na tvorbě představ o atomech nelze s jistotou určit, zdá se však pravděpodobné, že Leukippos byl tvůrcem základních tezí atomismu, Démokritos pak jeho teorii rozpracoval v ucelenou soustavu a aplikoval na všechny tehdy známé obory vědění (Tretera, 1996: s. 58). Máme doklady o tom, že Démokritos se zvláště intenzivně zabýval epistemologickými základy atomismu a také že vypracoval mnoho jeho detailních aplikací, například v teorii vnímání (Kirk et al., 2004: s. 518). Démokritem zároveň končí období tzv. předsókratovské filozofie a řecký atomismus představuje vyvrcholení přírodně filozofického rázu tohoto období. Nauku atomistů později ještě rozvinul Epikúros (341–270 př. n. l.), jehož učení shrnul Titus Lucretius Carus (97–55 př. n. l.) ve své naučné básni *O přírodě* (*De rerum natura*) (Lucretius Carus, 1971), ve které podává soustavný výklad atomismu.

### 1.1.1 PŮVOD ATOMISMU

Jak jsme již uvedli výše, pojem atomu byl ve starověku výsledkem čistě spekulativních úvah. Původ atomismu je předmětem Aristotelova<sup>1</sup> referátu ve spise *O vzniku a zániku* (Aristotelés, 1984: s. 90–91). Vznik atomismu vycházel zejména z potřeby vysvětlit mnohost a pohyb, které předchází elejská škola<sup>2</sup> považovala za nemožné. Podle Parmenida z Eleje, zakladatele elejské školy, je jsooucn<sup>3</sup> nutně jedno a je nehybné, protože prázdno (totožné s nejsoucnem) neexistuje a pohyb a mnohost jsou bez prázdna nemožné.

Podle antických filozofů Leukippos v souladu se smyslovým vnímáním nepopírá ani vznik a zánik a také ani pohyb a mnohost jsooucn. Leukippos, stejně jako eleaté, tvrdil, že pohyb bez prázdna neexistuje, že prázdno je nejsoucn a že jsooucí neobsahuje žádné nejsoucn.<sup>4</sup> Podle Leukippa však jsooucn není jedno, nýbrž je složeno z nekonečného počtu jsooucn, která jsou pro svůj malý objem neviditelná. Tato jsooucn se podle něho pohybují v prázdnu (které podle něho existuje) a vzájemným spojováním způsobují vznik věcí a rozkladem jejich zánik (Svoboda, 1962: s. 127)<sup>5</sup>.

Druhá myšlenka, v níž se Leukippos rozcházel s eleaty, se týkala dělitelnosti látky. Eleaté zastávali nauku o nedělitelnosti bytí. Podle Zénónovy aporie míry není totiž možné dělení látky na nekonečně mnoho částí: „Tyto části totiž buď mají konečnou délku a pak jejich součet musí být nekonečný, nebo nemají žádnou délku a pak jejich součet má délku nulovou.“ (Štoll, 2009: s. 63). Podle Zénóna však vede k rozporům jak myšlenka nekonečné dělitelnosti látky, tak myšlenka, že existuje hranice dělení (tj. jakási nejmenší velikost).

<sup>1</sup>Aristotelés ze Stageiry (384–322 př. n. l.) je všeobecně považován za největšího myslitele starověku.

<sup>2</sup>Eleaté představovali filozofickou školu, která striktně oddělovala sféru rozumového vědění a smyslového vnímání, naši zkušenost jako důkaz nepřipouštěli. Mezi hlavní představitele elejské školy patřili Parmenidés z Eleje (asi 510 př. n. l.–450 př. n. l.), Zénón z Eleje (asi 490–asi 430 př. n. l.) a Melissos ze Samu (asi 470–asi 430 př. n. l.), které lze považovat za současníky Leukippa a Démokrita.

<sup>3</sup>Jsooucn můžeme definovat jako to, co je.

<sup>4</sup>Protože to, co je jsooucí, je jsooucn zcela plné.

<sup>5</sup>Zl. A 37 ze Simplikia.

Atomisté souhlasí se Zénónem v tom, že myšlenka dělení do nekonečna je vnitřně rozporná, ale na rozdíl od Zénóna neodmítají reálnou existenci prostoru. Uvažují tak, že pokud lze těleso dělit do nekonečna, musí být též zároveň do nekonečna rozděleno (tj. možnost rozdělení se opírá o skutečnost rozdělení). Jestliže je však rozdělení skutečně do nekonečna provedeno, je otázka, co zbude. Nemůže to být bod, neboť z bodů se nic kvantitativního (rozměrného) skládat nemůže. Ale protože je nemožné, aby tělesa sestávala z pouhých bodů, musí nutně existovat části, které jsou již nedělitelné (Aristotelés, 1984: s. 64–66).

Podle Leukippa tak při dělení látky (jsoucen, věcí, těles) dojdeme až k malým částicím, které už dále dělit nelze. Tyto částičky nazval „nedělitelnými“, tedy „atomy“ (řec. atomos = nerozřezatelný, nedělitelný). Leukippos prohlásil, že žádná z těchto částic, jichž je podle něj nekonečně mnoho, není dělitelná, nýbrž každá je pravým jsoucnem, jehož vlastnostmi jsou plnost, absence vnitřní změny a neporušitelnost (Svoboda, 1962: s. 79).<sup>6</sup>

### 1.1.2 PROBLÉM PRÁZDNÉHO PROSTORU

Jak jsme již uvedli výše, atomisté ve své teorii zavedli předpoklad prázdného prostoru (řec. kenón), který umožnil všechno to, co v parmenidovském pojetí jednoho jsoucího možné není, tj. pohyb jakožto změnu místa v prostoru, vznik a zánik jakožto skladbu a rozložení atomárních tělísek v prostoru a změnu jakožto přestrukturování takových složenin. Prostor je pro atomisty něco samostatně existujícího, je to reálný nekonečný prostor, který vytváří rámec pro všechny věci. Je statický, homogenní, spojitý (kontinuální) a nekonečný.

### 1.1.3 VLASTNOSTI ATOMŮ

Podle zakladatelů atomismu jsou atomy jako částice většinou tak malé, že je smysly nemůžeme vnímat, třebaže Démokritos pravděpodobně zastával názor, že „může existovat atom velikosti universa“ (Kirk et al., 2004: s. 533). Atomy jsou roztroušeny po nekonečném prázdnu a jsou nekonečné co do počtu i tvarů, protože neexistuje žádný důvod, proč by měl být některý z tvarů privilegovaný (Svoboda, 1962: s. 121).<sup>7</sup> Podle představ atomistů tak mohou být atomy kulovité, pyramidální, špičaté, oblé, zprohýbané, hranaté, tvarově nepravidelné, drsné, hladké či opatřené háčky. Mezi atomy jsou tedy určitě takové, které jsou vhodné k vzájemné kombinaci, a takové, jež se k ní nehodí. Hypotézy nekonečného množství tvarů atomů využívali atomisté k výkladu rozmanitosti smyslových jevů (Aristotelés, 1984: s. 63). Veškeré „kvalitativní“ rozdíly mezi předměty (jež jsou konglomeráty atomů) závisejí pouze na kvantitativních rozdílech mezi atomy (např. barvy těles jsou způsobeny podle atomistů různým tvarem a povrchem atomů).

Atomy byly atomisty vymezeny jako nejjemnější, tj. dále už fyzicky nedělitelné stavební kameny látky i duše. Jejich nedělitelnost zdůvodňovali jejich „plnotou“ (řec. to pléres), tj. atomy jsou nekonečně tvrdé a ani největší silou se nedají rozbít (Diogenes Laertios, 1964: s. 377). Atomy jsou podle atomistů nejen neporušitelné, tj. nedělitelné a absolutně tuhé, ale také neměnné, nevzniklé a nezničitelné a neobsahují prázdno. Démokritos předpokládal u atomů i různou tíži, která byla úměrná jejich velikosti a bylo ji možno určit odolností vůči nárazu (Aristotelés, 1984: s. 93).

---

<sup>6</sup>Zl. B 8 ze Simplikia.

<sup>7</sup>Zl. A 8 ze Simplikia.

Atomy jsou látkově totožné, tj. neliší se druhově (jsou pouze jednoho druhu v tom smyslu, že jsou z téže látky, hmoty), liší se jen tvarem, velikostí a místem (polohou), tedy nepodstatnými geometrickými vlastnostmi. Démokritos nečiní žádný rozdíl mezi geometrickými a fyzikálními entitami, a proto ho lze právem považovat za prvního myslitele, který pro svůj výklad světa důsledně použil matematiku.

#### 1.1.4 POHYB ATOMŮ

Podle atomistů se atomy pohybují v prázdném prostoru, který byl pro vysvětlení pohybu nutným předpokladem. Jsou-li totiž podle atomistů všechny atomy z téže látky a celý prostor by byl beze zbytku vyplněn touto stejnou látkou, nebyl by žádný pohyb pozorovatelný. Obě složky (atomy a prázdno) jsou věčné a neměnné, proto mezi nimi není možný přechod. Stejně věčný je i pohyb. Všechny pohyby se dějí z vnitřní nutnosti atomů, teprve při nárazech působí vnější síla druhých atomů, avšak není žádné „síly“ mimo atomy, tj. Démokritos nevysvětluje pohyb, na rozdíl např. od Aristotela, nějakou vnitřní oživující silou, vnitřní účelovostí ani vnějším impulsem prvotního hybatele.

## 1.2 ODPŮRCI ATOMISTŮ

Démokritova materialistická a mechanistická představa světa vyvolávala odpor u jeho oponentů, k nimž patřili zejména Platón (427–347 př. n. l.) a Aristotelés (384–322 př. n. l.). I v Platónově učení se můžeme setkat s jakýmsi elementárními stavebními jednotkami, kterými je pět základních živlů (ohně, země, vzduch, voda a éter). Ty se však ještě dále skládaly z miniaturních částic (mnohostěňů), jež dělitelné již nebyly. Všechny materiály na Zemi jsou pak sloučeniny čtyř elementů ohně, země, vzduchu a vody (viz dnešní čtyři skupenství látek). Z éteru, jenž se nemůže míchat s ostatními čtyřmi živly, jsou pak vytvořena nebeská tělesa (Slunce, hvězdy, ostatní planety). Podle Platóna však jednotlivé živly vytvářejí pouze hmotný svět, který je světem zdání; skutečným světem (světem pravého bytí) je svět idejí.<sup>8</sup>

Aristotelés, nejvýznamnější Platónův žák, nesouhlasil s eleaty, co se týče neexistence pohybu, ale ani s představami atomistů o prázdném prostoru a s tím, že nová kvalita může vzniknout jen přeskupením atomů. I podle něho se prvotní neurčená látka rozčleňuje na pět živlů. Tělesa jsou složena z maličkých částíček jednotlivých živlů, které se ale dají dále dělit až do jakýchsi nejmenších částí, jež jsou hustě „nasety“ bez mezer. Tyto částice pak mají vlastnosti celku, jehož jsou součástí (Aristotelés, 1996: s. 28–29). Prázdný prostor (vakuum) podle Aristotela neexistuje, neboť příroda má z prázdného místa hrůzu (lat. *horror vacui*); proto se snaží každé prázdné místo okamžitě zaplnit. Prostor je podle něho vždy místo zaujímané tělesem, proto prostor bez tělesa nemůže existovat. Protože existuje více druhů živlů, může být pohyb vysvětlen bez nutné potřeby prázdného prostoru.

Aristotelés byl zároveň přesvědčen, že pohyb nelze redukovat jen na prostorové přemísťování vnitřně neměnných elementů, jak se domnívali atomisté. Pohyb není pro Aristotela něco vnějšího, co se s věcí děje, nebo pouhá změna jejich vztahů, nýbrž cosi vnitřního, co vytváří a buduje věc v jejím bytí. Každá věc směřuje sama od sebe, ze svých vlastních potencií, k realizaci své přirozenosti, k naplnění svého bytí a v tomto smyslu je „živá“. V tomto ohledu byla Aristotelova představa blízká původnímu řeckému chápání slova „fýsis“ („příroda“) jako toho, co „roste ze sebe

<sup>8</sup>Platón je považován za nejvýznamnějšího idealistu starověku.

sama“, co „je ze sebe plodivé“ (řec. fyein – rodit, plodit, vzrůstat, vzcházet), a hýlozoistické (řec. hýlé – látka, zoé – život) představě prvních myslitelů (Thalés, Anaximandros, Anaximenés, Hérakleitos), tedy nauce o všeobecné oduševnělosti hmoty, kdy život je vlastní všem věcem přírody.

### 1.3 OD ŘECKÉHO ATOMISMU K NOVOVĚKÉ VĚDĚ

Protože atomistická nauka odporovala běžné lidské zkušenosti o spojitosti a dělitelnosti látky, upadla během středověku v zapomnění. Do popředí se dostala teorie vycházející z Aristotelových představ, podle níž se každá látka sestávala z nejmenších částíček (lat. minima naturalia) (de Vos & Verdonk, 1996), které měly všechny vlastnosti makroskopické látky jen s tou výjimkou, že nebyly dělitelné (např. nejmenší částička vody byla velmi malá, dále nedělitelná kapka vody).

K znovuoživení řeckého atomismu došlo až v 17. století zásluhou Pierra Gassendiho (1592–1655), ale stále se jednalo pouze o spekulace o existenci atomů, které nebylo možné nijak dokázat. Teprve John Dalton (1766–1844) na začátku 19. století odhalil zákony slučování chemických prvků, které poskytly atomové hypotéze alespoň nepřímý důkaz. Přesto ještě na začátku 20. století považoval např. Ernst Mach (1838–1916) atomy jen za jakési myšlenkové konstrukce.<sup>9</sup> Teprve teoretická a experimentální analýza Brownova pohybu provedená na počátku 20. století byla všeobecně uznána za první nesporný důkaz částicové struktury látek.

Na závěr této kapitoly ještě uvedme, že stejně jako nemůžeme na současnou moderní vědu nahlížet jako na jakýsi produkt starověké filozofie, nemůžeme ani starověkou filozofii chápat po vzoru dnešní vědy. Jestliže definujeme vědu jako systém institucionalizovaných postupů a standardizovaný způsob provádění experimentů, který je spojen s určitým způsobem formulování problémů, pak Démokritovy a Leukippovy spekulace představují v moderní atomové teorii jen jakési podivné a ničím nepodložené hypotézy. Jestliže se však na vědu díváme jako na tradici kladení zajímavých otázek, pak spekulace filozofů o atomech můžeme považovat za důležitou součást tradice vědy.

## 2 PŘEDSTAVY ŽÁKŮ O ATOMECH

V této kapitole uvádíme přehled nejčastějších miskonceptů v oblasti stavby hmoty, které byly identifikovány mnohými, vesměs zahraničními výzkumy. Současně prezentujeme výsledky výzkumu představ žáků 9. ročníků o atomech, který jsme provedli na několika českých školách, abychom ilustrovali míru rozšíření těchto miskonceptů také u našich žáků.

Jejich představy jsme zjišťovali pomocí testu, který byl sestaven ze 14 úloh zaměřených na nejčastější miskoncepce v oblasti atomistiky (kompletní test je připojen na konci článku). Na řešení testu měli žáci přibližně 20 minut, přičemž vybírali vždy jednu odpověď ze čtyř nabízených možností a měli také možnost doplnit u každé úlohy vlastní odpověď. Test jsme zadali v květnu a červnu 2017 170 žákům z šesti základních škol a jednoho gymnázia v Ústeckém a Moravskoslezském kraji a v Praze

<sup>9</sup>Po celé 19. století byl při studiu fyzikálních jevů preferován makroskopický přístup, který úvahy o struktuře látek odmítal jako zbytečné a nepodložené spekulace. Tento postoj většiny tehdejších vědců byl ovlivněn převládajícím filozofickým směrem doby – pozitivismem, který se snažil veškeré poznání zakládat pouze na tom, co je smyslově dáno. Právě Ernst Mach byl jedním z představitelů druhé fáze ve vývoji pozitivismu, tzv. empiriokriticizmu.

(podíl žáků z gymnázia činil 17,6 %, což v našem souboru odpovídá 30 žákům). I když se děti seznamují s částicovou strukturou látek a s prvními modely atomu zpravidla již v 6. ročníku základní školy, učivo z atomové a jaderné fyziky je pak zařazeno zejména do 8. a 9. ročníku. Představy žáků jsme proto zjišťovali na konci 9. ročníku, kdy lze již předpokládat ucelenější poznatky v této oblasti.

Nejčastější zjištěné miskoncepce jsme shrnuli do čtyř podkapitol, ve kterých komentujeme výsledky našeho výzkumu v kontextu výsledků již provedených zahraničních výzkumů, poukazujeme na možné zdroje chybných představ a zároveň u některých miskonceptů uvádíme paralely s koncepty starověkých myslitelů. Údaje v procentech, které uvádíme u některých miskonceptů v závorce, se týkají vždy jen výsledků zjištěných v našem výzkumu provedeném u českých žáků. V páté části této kapitoly uvádíme srovnání výsledků žáků základních škol a žáků z gymnázia pro několik vybraných testových položek.

## 2.1 EXISTENCE A VLASTNOSTI ATOMŮ

### 2.1.1 EXISTENCE ATOMŮ

Žáci se dozvídají o existenci atomů zpravidla na začátku 2. stupně základní školy. Jednoduché školní experimenty ilustrující difúzi v plynných, kapalných a pevných látkách nebo Brownův pohyb mohou pak dětem poskytnout alespoň nepřímé důkazy o existenci pohybujících se částic. I když si děti vytvoří představu, že atom je nejmenší stavební jednotka hmoty, mají přesto často problém porozumět jeho nepatrnosti (Harrison & Treagust, 1996). Některé děti se například domnívají, že atomy lze vidět pod mikroskopem (5,9 %) nebo dokonce i pouhým okem (2,4 %). U části žáků se lze také setkat s představou, že atomy vidět nemůžeme, ale můžeme pouze věřit, že existují (15,3 %). Tato „víra v existenci atomů“ může pramenit z toho, že děti se ve škole sice dozvědí, že látky mají nespojitou strukturu, ale je pro ně jednodušší tuto skutečnost přijmout jako fakt a uvěřit tomu, co říká učitel, než se snažit opřít o nějaké přesvědčivější důkazy a argumenty. K tomu může přispívat např. i značná odlišnost vyobrazení atomů, která žáci znají z učebnic, a obrázků vytvořených např. elektronovým mikroskopem, které jsou žákům nejčastěji předkládány jako zobrazení atomů.

### 2.1.2 TVAR ATOMŮ

Děti si na základě předkládaných modelů atomů, které jsou na základní škole zobrazovány vesměs jako koule, často vytvářejí představu atomů jako pevných a tvrdých kuliček, které se nemohou rozbít na menší částice (Griffiths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 1996). I náš výzkum ukázal, že si 31,8 % žáků myslí, že atomy mají tvar koulí, které jsou uvnitř plné. Tyto představy dětí jsou zřejmou paralelou k neporušitelným a absolutně tuhým atomům řeckých atomistů (viz podkapitola 1.1.3).

Méně často se lze u dětí setkat i s představou, že atomy jsou ploché (Griffiths & Preston, 1992). I když výzkumy ukázaly, že výskyt této představy je u žáků spíše marginální (v našem výzkumu se jednalo o 2,9 % žáků), může to být nechtěný důsledek dvourozměrných znázornění atomů v učebnicích nebo také ve škole používané přirovnání modelu atomu<sup>10</sup> ke sluneční soustavě (jádro = Slunce, pohybující se elektrony = planety obíhající kolem Slunce).

<sup>10</sup>Viz Rutherfordův (planetární) model atomu.

### 2.1.3 VELIKOST ATOMŮ

S ohledem na současnou vědu lze říci, že atom nemá žádné ostré hranice, takže velikost atomu není jasně definovaný pojem.<sup>11</sup> Žáci však mívají často značně zkreslené představy o rozměrech atomového obalu ve vztahu k velikosti atomového jádra. Myslí si například (Harrison & Treagust, 1996), že kdyby mělo jádro v průměru 5 cm, elektrony by se nacházely od jádra ve vzdálenosti v rozmezí od 2 až 10 mm do 50 cm (ve skutečnosti je to přibližně 5 km). Někdy si dokonce myslí, že se elektrony jádra dotýkají; proto do svých úvah o velikosti atomu elektronový obal ani nezahrnují a myslí si, že velikost atomu určuje pouze počet protonů a neutronů v jádře atomu (22,4 %). Příčinou těchto zkreslených představ může být jednak záměna hmotnosti jádra za jeho velikost (atomové jádro má velkou hmotnost ve srovnání s hmotností elektronů, ale jeho rozměry jsou 100 000 krát menší než rozměry elektronového obalu) a zároveň to může být důsledek modelů atomů používaných v učebnicích, které vesměs neznázorňují rozměry atomového jádra a obalu ve správném poměru.

Poměrně rozšířená je i představa (Unver & Arabacioglu, 2015), že všechny atomy jsou stejně velké, ale vytvářejí různě velké molekuly (20,6 %). Podobná, i když méně rozšířená představa (Griffiths & Preston, 1992) je, že ve vesmíru existuje pouze jeden základní druh atomu, ze kterého jsou vytvářeny všechny složitější atomy (2,9 %). Někteří žáci zřejmě vnímají atomy jako jakési uniformní stavební jednotky, ze kterých se vytvářejí složitější celky (např. molekuly), jež se teprve pak od sebe navzájem liší.

### 2.1.4 HMOTNOST ATOMŮ

Podobně uniformně vidí někteří žáci i hmotnost atomů, tj. myslí si, že všechny atomy jsou částice se stejnou hmotností (6,5 %). Lze se setkat i s představou (Karataş et al., 2013), že v různých stavech látky mají stejné atomy (resp. molekuly) různou hmotnost, například že atomy v plynech, např. ve vodní páře, jsou lehčí než atomy v pevné fázi, např. v ledu. Objevuje se ale i představa (Driver, 2003), že atomy plynů nemají žádnou hmotnost (4,1 %). Tyto představy souvisejí s tím, že žáci často přenášejí vlastnosti makroskopických těles na oblast mikrosvěta, jak bude ještě dále podrobněji komentováno.

Časté je i zaměňování pojmu atomu a molekuly (Karataş et al., 2013). O tom svědčí představa zjištěná i v našem výzkumu, že hmotnost atomu závisí na tom, z kolika jednodušších atomů je vytvořen (20,6 %).

Co se týče hmotnosti samotných elementárních částic, vzhledem k jejich nepatrnosti si děti někdy myslí, že nemají žádnou nebo mají zápornou hmotnost (Driver, R. et al., 2006). Zjištěna byla i miskoncepce, že hmotnost protonu je jeden gram (Griffiths & Preston, 1992), což zřejmě souvisí s představou, že elementární částice musí mít nějakou jednotkovou hmotnost.

### 2.1.5 DALŠÍ VLASTNOSTI ATOMŮ

Pro děti je velmi obtížné odpoutat se od viditelného světa, který mohou běžně vnímat svými smysly. Pokud mají uvažovat o něčem tak nepatrném a pro ně těžko představitelném, jako jsou atomy, je pro ně nejjednodušší jim připisovat vlastnosti, které znají z makrosvěta (Driver, 2003). Děti si například často myslí, že atomy

---

<sup>11</sup>Místo velikosti atomu můžeme uvažovat vzdálenost mezi dvěma atomovými jádry (resp. jejich centry) v pevné látce nebo v kapalině.

pevných těles mají všechny nebo většinu makroskopických vlastností, které jsou jinak spojovány s pevnými látkami. Následkem toho děti přisuzují jednotlivým atomům (spíše než skupině atomů) vlastnosti jako tvrdost, teplotu, barvu atd. V našem výzkumu jsme se např. setkali s představou, že atom zlata je lesklý, podobně jako se lesknou věci ze zlata (4,7 %), nebo že atom zlata je tvrdý, protože zlato je tvrdé (2,4 %). Podobné představy lze najít i u Aristotela, který také přisuzoval nejmenším částicím, ze kterých se tělesa skládají, vlastnosti těchto těles (viz podkapitola 1.3).

Podobně si také žáci myslí, že atom je pružný a může se proto stlačit nebo natáhnout a pak se zase vrátit do původního tvaru (Harrison & Treagust, 1996). V našem výzkumu jsme žákům položili otázku, co se stane s atomy, když se s nimi srazí rychle se pohybující vlak. 31,2 % z nich zvolilo odpověď, že „vzduch je pružný, proto jsou i atomy ve vzduchu pružné, mohou se tak snadno stlačit a při srážce s vlakem se nerozbijí“.

## 2.2 POHYB ATOMŮ A PRÁZDNÝ PROSTOR

Holding (1987) ve své studii ukázal, že se představy žáků v rozmezí od 8 do 17 let postupně mění od kontinua přes kousky kontinua až po naučenou vědeckou reprezentaci částic. Přesto má až 20 % sedmnáctiletých žáků stále představu hmoty jako spojitého prostředí. Přitom má více studentů představu kontinua v případě kapalin než plynů (Novick & Nussbaum, 1981). Podobně Renström et al. (1990) ve svém výzkumu zjistil, že žáci ve věku 13 až 16 let používají až šest kvalitativně odlišných představ o stavbě látky. Liu a Lesniak (2005) uvádějí, že se jednotlivé koncepce o stavbě látek u dětí nevyvíjejí postupně (tj. že by jedna nahrazovala druhou), nýbrž spíše v jakýchsi překrývajících se vlnách, ve kterých mohou vedle sebe koexistovat navzájem konfliktní pohledy (tj. žáci mohou např. používat různé představy pro různá skupenství).

Velmi častý model, který děti ve svých úvahách používají, jsou atomy jakožto malé kousky hmotné substance nebo konečné kousky materiálové substance, které dostaneme postupným dělením materiálu (Driver, 2003). Mohou to být například malé kousky pevného tělesa nebo malé kapky kapaliny. Tyto kousky mohou mít různou velikost a tvar, není mezi nimi žádný prázdný prostor a mají stejné vlastnosti jako materiál, který vytvářejí. Taková představa se ukázala i v našem výzkumu. Někteří žáci si například mysleli, že po odstranění všech atomů z listu papíru zůstane ještě maličký kousek papíru o velmi malé hmotnosti (7,7 %). I tyto miskoncepce jsou zřejmou paralelou k Aristotelovým představám, který předpokládal, že tělesa jsou složena z maličkých částíček, které se dají dělit až do jakýchsi nejmenších částí, mezi nimiž ale není žádný prázdný prostor (viz podkapitola 1.7).

V tomto kontextu se také objevuje velmi častá miskoncepce, že mezi atomy musí být nějaká látka, která prostor mezi nimi vyplňuje. Tou bývá např. vzduch (nebo také kyslík, případně jiné plyny), různé materiály nebo i elektrické náboje (Griffiths & Preston, 1992). Tato miskoncepce patří k těm nejrozšířenějším, což se potvrdilo i v našem výzkumu. 39,4 % žáků uvedlo, že kousek zlata je tvořen atomy zlata a látkou, která vyplňuje prostor mezi atomy zlata, nebo že po odstranění všech atomů z listu papíru zůstane trochu papírového prachu (19,4 %).<sup>12</sup> Koncepce jakési „mateřské substance“ se dobře ukazuje i v představě některých žáků, kteří

<sup>12</sup>U otázky č. 11 jsme žákům nabídli dvě podobné možnosti, tj. že po odstranění atomů papíru zůstane maličký kousek papíru, nebo papírový prach. V našem výzkumném souboru téměř třikrát více žáků zvolilo druhou možnost. U této otázky se dobře ukázala, podobně jako u otázky 7, představa „mateřské substance“, která často přetrvává i u starších žáků a studentů.

si myslí, že při zahřívání železné tyče bude zvětšovat svůj objem sama tyč, ale velikost atomů a vzdálenost mezi nimi se měnit nebude (17,1 %). Tato miskoncepce je spojena s představou atomů železa nacházejících se v nějakém „materiálu“ (např. „železu“), který se sám roztahuje (tj. roztažnost je vlastnost pouze makroskopického materiálu). V zahraničních výzkumech (Allen, 2014) se ukázalo, že když mají děti nakreslit např. měď, nakreslí cosi jako „hrozinkovou bulku“, v níž jsou atomy mědi usazeny jako v jakémsi měděném lůžku (tzv. rozinkový model).

Z výše uvedeného je vidět, že žáci mají nepochybně problém porozumět koncepci prázdného prostoru, a jak ukázaly zahraniční výzkumy (Karataş et al., 2013), je tomu tak zejména v případě plynů, v menší míře i u kapalin. V případě pevných látek si žáci často myslí, že atomy se nemohou pohybovat vůbec (Ozmen, 2011), protože mezi částicemi v pevné látce nejsou žádné mezery (22,9 %). Poměrně rozšířená je i představa, že se v pevné látce atomy pohybovat nemohou, pohybují se pouze elektrony v atomových obalech (20,0 %).

## 2.3 ZMĚNY ATOMŮ

V několika otázkách jsme zjišťovali, co si žáci myslí o možných změnách atomů, jestliže jsou podrobeny různým procesům. Ptali jsme se například, co se stane s atomy uhlíku, když kousek uhlí roztlučeme kladivem. I v tomto případě byl zřejmý silný vliv přenosu toho, co se děje s kouskem uhlí, tj. makroskopickým materiálem, na atomární úroveň. Častá odpověď byla, že od některých atomů uhlíku odpadnou malé části, takže se tyto atomy zmenší (20,0 %). Dále se objevila představa, že když se uhlí rozpadne na prach, atomy se také rozpadnou (11,8 %). Podobně se podle dětí některé atomy ve vzduchu rozbijí na menší části, když do nich narazí dostatečně rychle jedoucí vlak (7,7 %). Je zřejmé, že někteří žáci v 9. ročníku nemají dobrou představu o energii, která je potřebná k rozbití atomu, a také nemají jasno, jakým způsobem se může uskutečnit změna atomu jednoho prvku na atom jiného prvku. V našem výzkumu se žáci přikláněli i k takovým příčinám přeměny atomů na jiné atomy, jako je působení slunečního světla (6,5 %) nebo přítomnost hřmění a blýskání (6,5 %).

Poměrně častá je i představa, že elektron je jednou ze základních částic, z nichž se atom skládá, a když je elektron od atomu odtržen, atom se rozdělí (15,9 %). V našem výzkumu jsme se také setkali s několika miskoncepce, které přisuzují jedinečnost jednotlivým elementárním částicím v atomu (viz např. představa, že se atomy nemohou přeměňovat, protože každý z protonů, neutronů a elektronů v atomu je jedinečný (22,9 %)).

Mnoho miskoncepce se také týká elektronového obalu, který děti často vnímají jako cosi tvrdého, co je třeba rozbít, abychom mohli elektron z atomového obalu odstranit (Harrison & Treagust, 1996). Lze se např. setkat s představou elektronového obalu, který funguje podobně jako skořápka, která chrání ořech (5,3 %). Někteří žáci si pak dokonce myslí, že elektrony nemohou být z atomu odtrženy vůbec (8,2 %). Při používání termínu „elektronový obal“ bychom proto měli být velmi obezřetní, pozornost žáků bychom měli směřovat spíše k hladinám nebo pozicím jednotlivých elektronů.

## 2.4 ANIMISMUS

Miskoncepce týkající se animismu, tj. představy, že atom je živý (má vlastnosti živých organismů), patří k těm nejrozšířenějším (Griffiths & Preston, 1992). I v našem výzkumu odpovědi tohoto typu představovaly v součtu přibližně 28 %. Konkrétně



se jednalo o tři představy – atomy mohou růst a dělit se (13,5 %); živé jsou pouze atomy živých organismů (8,8 %); a atomy jsou živé, protože se pohybují (5,9 %). Kromě těchto miskoncepcí se lze také setkat s představou, že atomy se mohou snadno dělit, a tak se reprodukovat, a také že pouze neživé věci jsou složeny z atomů, ale živé věci jsou tvořeny z rostlinných nebo živočišných buněk (Harrison & Treagust, 1996).

Zajímavé jsou také představy dětí o tom, co se stane s atomy po smrti. Velmi častá představa je, že když živočich zemře, atomy se rozštěpí na jednodušší části a ty pak vytvoří nové atomy (47,7 %). Podobné výsledky ukázal i výzkum TIMSS (Palečková et al., 1997), který se v České republice uskutečnil v roce 1995. Kromě této nejrozšířenější představy si také žáci myslí, že atomy přestanou existovat, jakmile se živočich rozloží (21,2 %), nebo že se atomy po smrti živočicha přestanou pohybovat (8,8 %). V souhrnu představují odpovědi týkající se miskoncepcí spojených se změnou atomů po smrti (rozpad, zánik nebo zastavení pohybu atomů) téměř 78 %, což je poměrně závažné zjištění.

Výše uvedené miskoncepce spojené s animismem souvisí s tím, že žáci zaměňují atomy a buňky, protože atomy mají podobně jako buňka také jádro a obal, který jádro chrání (viz odpověď jednoho žáka: „Zvíře, které zemře, tak se pomalu rozkládá a mizí, stejně tak atomy v jeho těle.“). Někdy si také žáci myslí, že jádro kontroluje „aktivity“ atomu (Harrison & Treagust, 1996). Jedná se o tzv. interferenci v přenosu učení (v tomto případě se jedná o tzv. negativní interferenci), děti se nejprve ve výuce setkávají s buňkou a to, co se o ní dozvědí, přenášejí jednoduše také na atomy.

Animistické představy žáků jsou konzistentní se starořeckým názorem o všeobecné oduševnělosti hmoty (hýlozoismus) a částečně také s Aristotelovou představou substance, která je subjektem své vlastní činnosti. Při výuce je proto třeba jasně rozlišovat mezi jádrem buňky a jeho funkcemi a jádrem atomu a zdůrazňovat zejména významné odlišnosti atomu a buňky (například, že elektrony netvoří pevný obal kolem jádra nebo že atom po smrti živočicha nezaniká).

## 2.5 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ŽÁKŮ ZÁKLADNÍCH ŠKOL

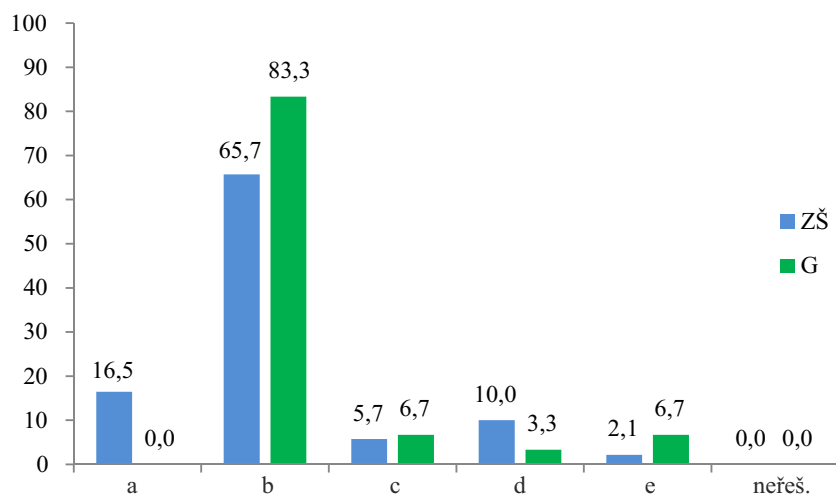
### A VÍCELETÉHO GYMNÁZIA U VYBRANÝCH OTÁZEK Z TESTU

Jak bylo uvedeno v úvodu této kapitoly, v našem výzkumném souboru bylo zahrnuto také 30 žáků jedné kvarty víceletého gymnázia. I když ve výzkumném souboru výrazněji převažovali žáci základních škol, bude zajímavé i užitečné porovnat relativní četnosti odpovědí žáků ze základní školy a žáků z gymnázia. Výsledky tohoto srovnání je však třeba brát jen jako orientační vzhledem k nepříliš rozsáhlému souboru gymnaziálních žáků.

S ohledem na omezený rozsah článku jsme za tímto účelem vybrali pět otázek z testu (otázky č. 2, 3, 7, 8 a 11), u kterých jsme zaznamenali významnější rozdíly mezi oběma sledovanými skupinami žáků. Relativní četnosti odpovědí prezentujeme pro názornost ve formě grafů (obr. 1 až 5). Písmeno „e“ představuje volbu „Jiná odpověď“, tj. žáci mohli v testu napsat vlastní odpověď. V grafech uvádíme také relativní četnosti případů, kdy žáci na otázku vůbec neodpověděli (označeno zkratkou „neřeš.“).

#### OTÁZKA Č. 2: JSOU ATOMY ŽIVÉ? (OBR. 1)

U této otázky mohli žáci vybírat z těchto nabízených odpovědí: (a) Ano, protože atomy mohou růst a dělit se.; (b) Ne, atomy nemají vlastnosti živých organismů.;



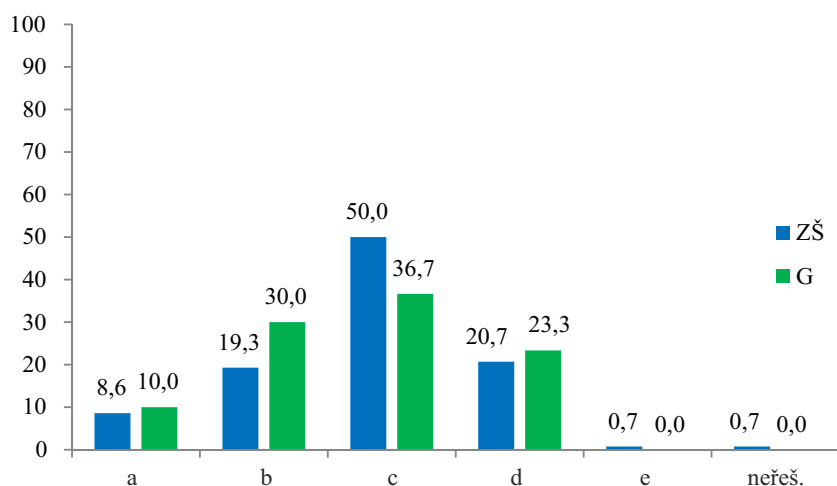
Obr. 1: Relativní četnosti odpovědí žáků v procentech na otázku č. 2

(c) Ano, atomy jsou živé, protože se pohybují.; (d) Živé jsou pouze atomy živých organismů. Za nejnepříjemnější lze označit odpověď (b).<sup>13</sup>

Poměrně značný rozdíl v relativních četnostech jsme zaznamenali u odpovědi (a). Zatímco z gymnaziálních žáků si tuto možnost nevybral nikdo, u žáků ze základních škol byla druhou nejčastější odpovědí. U těchto žáků má poměrně silné zastoupení i podobná představa (d). Z porovnání relativních četností u jednotlivých odpovědí je zřejmé, že animistické představy jsou rozšířené zejména u žáků základních škol. Učitelé však často o těchto představách u svých žáků nevědí, neboť podobné otázky žákům kladou jen zřídka. Jak se ale v našem výzkumu ukázalo, je velmi důležité žákům opakovaně zdůrazňovat odlišnosti atomu a buňky, jak to bylo již uvedeno v kapitole 2.4.

**OTÁZKA Č. 3: ŽIVOČICHOVÉ SE SKLÁDAJÍ Z MNOHA ATOMŮ. CO SE S TĚMITO ATOMY STANE POTOM, CO ŽIVOČICH ZEMŘE? (OBR. 2)**

U této otázky mohli žáci vybírat z těchto nabízených odpovědí: (a) Atomy se přestanou pohybovat.; (b) Atomy se vrátí zpět do prostředí.; (c) Když živočich zemře, atomy se rozštěpí na jednodušší části a ty pak vytvoří nové atomy.; (d) Atomy



Obr. 2: Relativní četnosti odpovědí žáků v procentech na otázku č. 3

<sup>13</sup>S ohledem na možné zkomplikování situace různými úvahami neoznačujeme odpověď jako správnou, ale jako (z vědeckého hlediska) „nejnepříjemnější“.

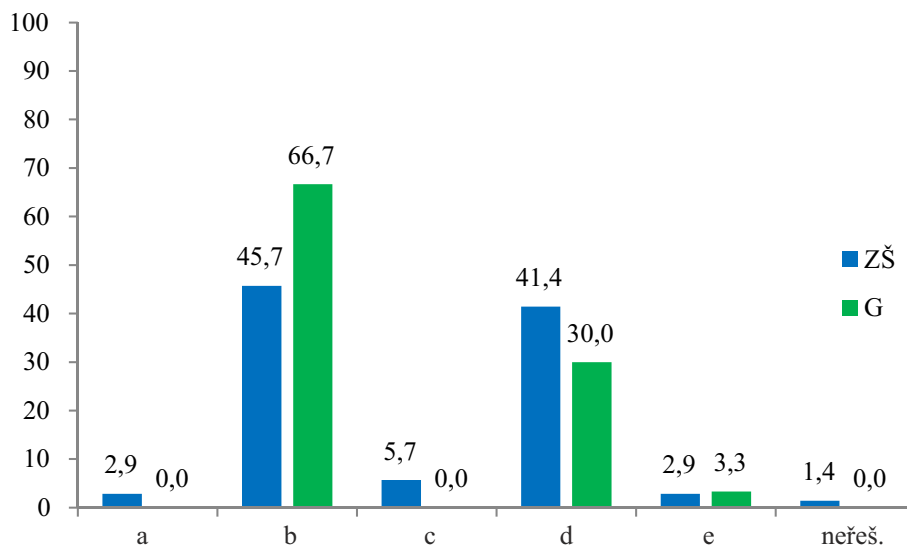
přestanou existovat, jakmile se živočich rozloží. Za nejpříjemnější lze označit odpověď (b).

Největší rozdíl v relativních četnostech jsme zaznamenali zejména u odpovědi (c). Tato nesprávná představa je silně zastoupena jak u žáků gymnázia, tak u žáků ze základních škol, kde tuto možnost zvolila dokonce polovina žáků. Tato častá miskoncepce byla komentována také již v kapitole 2.4. Je zajímavé, že další dvě časté představy, (a) a (d), se u obou skupin vyskytují se zhruba srovnatelnou četností, přičemž téměř čtvrtina gymnaziálních žáků si myslí (více než je tomu u žáků ze základních škol), že atomy přestanou existovat, jakmile se živočich rozloží.

I v případě této otázky se lze domnívat, že se podobná otázka běžně ve škole neklade a žáci tak při výběru pro ně nejpříjemnější odpovědi nejspíše jednoduše přenášejí své zkušenosti z běžného života i na „osud“ atomů po smrti živočicha (tj. uvažují o jejich zániku nebo rozkladu).

#### OTÁZKA Č. 7: MÁ ATOM ZLATA NĚKTERÉ STEJNÉ VLASTNOSTI JAKO MALÝ KOUSEK ČISTÉHO ZLATA? (OBR. 3)

U této otázky mohli žáci vybírat z těchto nabízených odpovědí: (a) Ano, zlato je tvrdé, a atom zlata je proto také tvrdý.; (b) Ne, jednotlivý atom zlata nemá stejné vlastnosti jako kousek zlata.; (c) Ano, atom zlata je lesklý, podobně jako se lesknou věci ze zlata.; (d) Ne, protože kousek zlata je tvořen atomy zlata a látkou, která vyplňuje prostor mezi atomy zlata. Za nejpříjemnější lze označit odpověď (b).

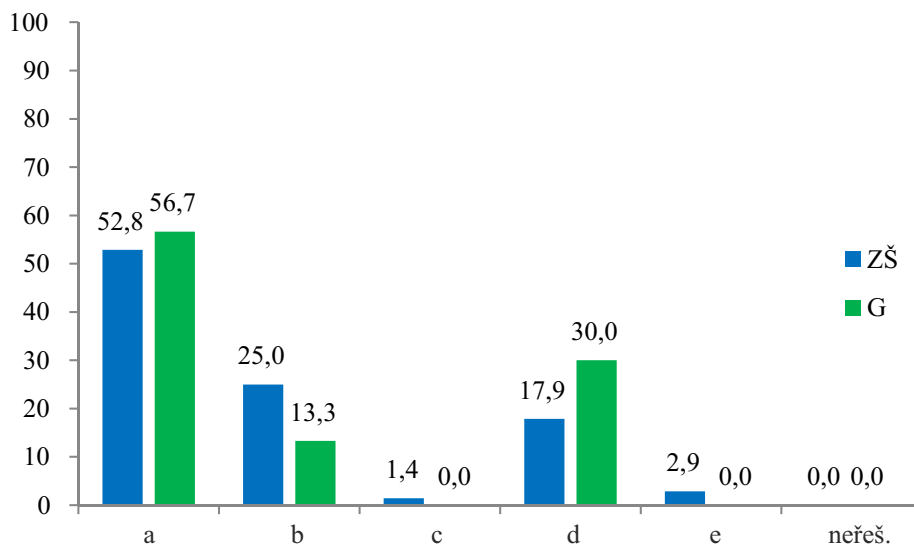


Obr. 3: Relativní četnosti odpovědí žáků v procentech na otázku č. 7

Výrazný rozdíl v četnostech odpovědí jsme zaznamenali u odpovědi (d). Tato nesprávná představa zároveň patří k těm nejsilnějším u obou skupin žáků. O této časté miskoncepce jsme se zmiňovali již v kapitole 2.2. Přestože v rámci běžné výuky nejsou podobné otázky zpravidla diskutovány, je důležité, aby učitel nesprávné představy svých žáků poznal a snažil se je korigovat. Je také zajímavé, že představy (a) a (c) se u žáků 9. ročníků vyskytly již jen ve velmi malé míře.

#### OTÁZKA Č. 8: POHYBUJÍ SE ATOMY V PEVNÉ LÁTCE? (OBR. 4)

U této otázky mohli žáci vybírat z těchto nabízených odpovědí: (a) Ano, atomy v pevné látce kmitají.; (b) Ne, nemohou se pohybovat, protože mezi částicemi



Obr. 4: Relativní četnosti odpovědí žáků v procentech na otázku č. 8

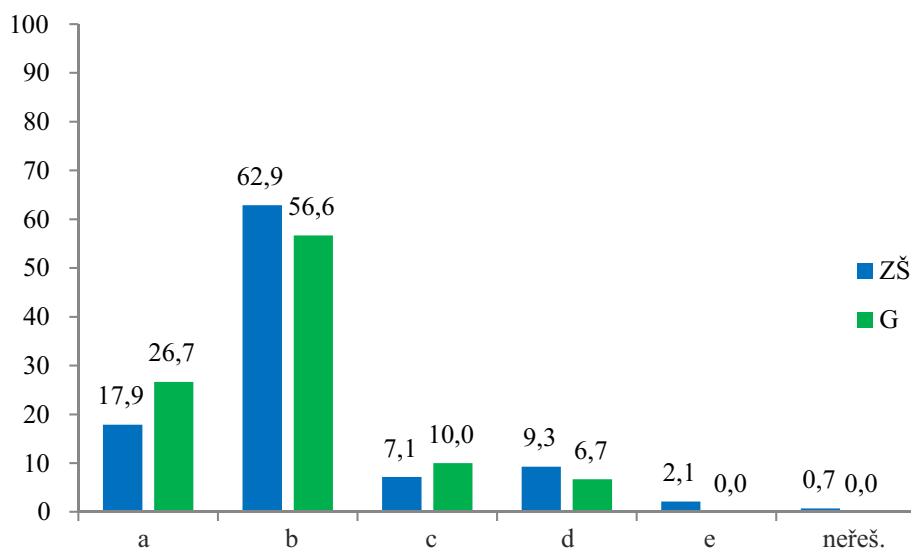
v pevné látce nejsou žádné mezery.; (c) Ne, nemohou se pohybovat, protože atomy pevné látky jsou těžké.; (d) Ne, atomy se nepohybují, pohybují se jen elektrony v atomových obalech. Za nejpřijatelnější lze označit odpověď (a).

Otázka č. 8 se týkala běžné znalosti, se kterou se setkají všichni žáci na základní škole. Typické chybné odpovědi žáků jsme již okomentovali v kapitole 2.2. Zajímavé je, že úspěšnost žáků v obou skupinách je zhruba srovnatelná. U této otázky se však ukázaly výrazné rozdíly v četnostech u odpovědí (b) a (d). Výraznější podíl chybné představy (b) u žáků základních škol bychom mohli zřejmě vysvětlit intuitivní potřebou žáků „vyplnit“ atomy veškerý prostor. Překvapivá je však výrazná převaha chybných odpovědí (d) u gymnaziálních žáků, kteří přisuzují pohyb jen elektronům, nikoliv samotným atomům. Pro učitele to může být významný signál, že je důležité aktivně propojovat nové poznatky s těmi předchozími, tj. mluví-li se o struktuře atomu (zpravidla podrobně právě v 9. ročníku), žáci zpravidla vnímají atom jako nehybný, v němž se pohybují jen elektrony. To, co se učili o skupenstvích látek a tepelných jevech (zpravidla v 8. ročníku), jsou poznatky, které si s novými nedokáží dostatečně propojit. U gymnaziálních žáků je tato skutečnost výraznější, neboť se zpravidla při hledání správných odpovědí méně často uchylují k miskoncepcím (to je zřejmé z analýzy ostatních otázek v testu), naopak se více opírají o poznatky, které získali v rámci školní výuky.

**OTÁZKA Č. 11: PŘEDSTAV SI, ŽE BYCHOM ODSTRANILI VŠECHNY ATOMY LISTU PAPÍRU. CO BY POTOM ZŮSTALO? (OBR. 5)**

U této otázky mohli žáci vybírat z těchto nabízených odpovědí: (a) Zůstane trochu papírového prachu.; (b) Nezůstane nic.; (c) Zůstane jen maličký kousek papíru o velmi malé hmotnosti.; (d) Zůstane energie. Za nejpřijatelnější lze označit odpověď (b).

Výrazný rozdíl v četnostech odpovědí jsme zaznamenali zejména u odpovědi (a). Zároveň tato nesprávná představa patří k těm nejsilnějším u obou skupin žáků, přičemž u žáků gymnázia je tato volba překvapivě výrazně četnější. Nevíme sice přesně, co si žáci představují pod „papírovým prachem“, ale na základě toho, co bylo již uvedeno v kapitole 2.2, se lze domnívat, že děti očekávají, že po odstranění atomů listu papíru „něco zůstane“. To koresponduje s relativní četností odpovědi (d)



Obr. 5: Relativní četnosti odpovědí žáků v procentech na otázku č. 11

u otázky č. 7, která byla zaměřena na podobnou častou mylnou představu. V grafu na obr. 5 si lze všimnout, že u ostatních odpovědí (včetně té nepřijatelnější) se četnosti zásadněji neliší. I tato otázka je nezvyklá, ve škole zpravidla nebývá pokládána, a je zřejmé, že poměrně značná část žáků nemá v této věci jasno. Pro učitele to opět může být zajímavý námět k diskusi se žáky, kteří si přitom mohou ujasnit některé důležité skutečnosti týkající se struktury látek.

### 3 DISKUSE A ZÁVĚR

V naší studii jsme ukázali nejčastější miskoncepce týkající se stavby hmoty, se kterými se mohou učitelé na všech stupních škol u svých žáků a studentů setkat. Různé modely a analogie, které učitelé při výkladu pojmu atomu běžně používají, jsou často složité a značně abstraktní, proto si žáci na jejich základě nevytvářejí zcela správné představy. Ačkoliv se děti snaží po absolvování výkladu o atomech sladit své představy s těmi vědeckými, realita je často taková, že si vytvoří nějaký vlastní alternativní model, který lépe vyhovuje jejich předchozím zkušenostem s tím, jak svět okolo nich funguje.

Představy žáků, které by byly v souladu s těmi vědeckými, se obvykle neutvářejí tak rychle, jak by to vyžadovalo tempo výuky. Mnoho žáků, zejména na základní škole, nemá ještě dostatečně rozvinutou formální úroveň myšlení a prostorovou představivost, aby dokázalo do hloubky porozumět výukovým modelům a různým analogiím, které učitel používá, a také nedokáže odlišit, co model ukazuje správně a co ne (Stepans, 2003). Některé rysy modelů atomu děti pak přenášejí na samotné atomy (např. atom je barevný, má ohraničený obal apod.) nebo si představují elektronový obal jako oblak dýmu, ve kterém jsou usazeny elektrony jako kapky vody v mraku (Harrison & Treagust, 1996). Příčinu těchto představ lze hledat i v učebnicích (ale i jiných výukových materiálech, ať už tištěných či elektronických), ve kterých jsou žákům předkládány dvourozměrné, nejčastěji barevné, modely atomu, jež se navíc často od sebe liší. Různost těchto modelů pak může v žácích vyvolat otázku, který model je vlastně správný a přesný.

Mnohé dětské představy, se kterými se u žáků setkáváme, se nám někdy mohou zdát zbytečně složité a někdy až poněkud bizarní. Děti ale při své cestě za

poznáváním a pochopením okolního světa nevycházejí z jednoduchých předpokladů a experimentů, na kterých staví moderní věda. Na vše, co mohou vnímat svými smysly, aplikují často svá pravidla, která jim připadají přirozená a v jejich očích dobře fungují. Právě znalost tohoto zdánlivého paradoxu nám může pomoci vést žáky složitým procesem učení, při kterém se mohou postupně přiblížit k pochopení tak komplikovaného mikrosvětá.

Kromě vlastních představ žáků však bývá zdrojem miskoncepce i nevhodně pojatá výuka. Proto správné výukové techniky mohou účinně pomáhat při budování správných představ o mikrosvětě. Je třeba poznamenat, že představy o atomech, které jsme v článku diskutovali, vycházejí z klasické fyziky, přičemž miskoncepce nižší úrovně jsou zpravidla nahrazovány miskoncepce vyšší úrovně (viz kap. 2), resp. představami, které jsou nejbližší skutečnosti (např. orbity elektronů v obalu atomu jsou nahrazeny orbitaly, v nichž elektrony nevykonávají klasický pohyb, tj. nemají definovanou polohu ani rychlost). Nelze se domnívat, že nesprávné představy žáků lze jednoduše rozbít a nahradit těmi správnými. Vzhledem ke složitosti mikrosvětá se jako nejvhodnější jeví „cesta postupného modelování“ (Mandíková & Trna, 2011), neboť je zřejmé, že si žáci nemohou vytvořit představu správného fungování mikrosvětá najednou, nýbrž postupně a přiměřeně jejich schopnostem chápat modelové a abstraktní představy.

Na počátku výuky fyziky (nebo i přírodovědy) by měly děti například vědět, že atomy jsou tak malé, že jsou mimo možnosti našich smyslů. Starší žáci by pak měli získat povědomí o tom, že chování částic v mikrosvětě je odlišné od chování věcí, které známe z běžné zkušenosti. Proto si vytváříme různé představy, tj. modely, přičemž každý takový model celkem výstižně popisuje nějaké vlastnosti atomu (resp. aspekty jeho chování), ale něco vždy zachycuje chybně. Žáci by si měli uvědomit, že na atom nebo částice v atomu se však nemůžeme jednoduše „podívat“ a vidět přesně to, co zobrazují modely atomu, že nemůžeme jejich chování popsat běžnými pojmy, které používáme pro popis makrosvětá, a že poznání světa atomů je vždy zprostředkované na základě nějakého experimentu.

## LITERATURA

- Allen, M. (2014). *Misconceptions in primary science*. Maidenhead: Open University Press.
- Aristotelés (1984). *Člověk a příroda*. Praha: Svoboda.
- Aristotelés (1996). *Fyzika*. Praha: Petr Rezek.
- Ayas, A., Özmen, H. & Çalik, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 165–184.
- de Vos, W. & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657–664.
- Diogenes Laertios (1964). *Životy, názory a výroky proslulých filosofů*. Praha: NČSAV.
- Driver, R. et al. (2003). *Making sense of secondary science*. New York: Routledge Falmer.
- Feynmann, R. P., Leighton, R. B. & Sands, M. (2000). *Přednášky z fyziky s řešenými příklady 1*. Praha: Fragment.

- Griffiths, A. K. & Preston, K. P. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611–628.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509–534.
- Holding, B. (1987). *Investigation of schoolchildren's understanding of the process of dissolving with special reference to the Conservation of matter and the development of atomistic ideas* [Thesis]. Leeds: University of Leeds.
- Chalmers, A. (2009). *The scientist's atom and the philosopher's stone: How science succeeded and philosophy failed to gain knowledge of atoms*. Dordrecht: Springer.
- Karataş, F., Ünal, S., Durland, G. & Bodner, G. (2013). What do we know about students' beliefs? Changes in students' conceptions of the particulate nature of matter from pre-instruction to college. In G. Tsapralis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of matter in science education* (231–248). Dordrecht: Springer.
- Kirk, G. S., Raven, J. E. & Schofield, M. (2004). *Předsókratovští filosofové*. Praha: Oikoymenh.
- Lacina, A. (2011). Částicová struktura látek ab initio I. *Matematika, fyzika, informatika*, 20(6), 350–355.
- Liu, X. & Lesniak, K. (2005). Understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89(3), 433–450.
- Lucretius Carus, T. (1971). *O přírodě*. Praha: Svoboda.
- Mandíková, D. & Trna, J. (2011). *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido: Brno.
- Maunová, K. (2010). *Žákovské představy a pojetí učiva* [Rigorózní práce]. Plzeň: Západočeská univerzita.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187–196.
- Ozmen, H. (2011). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(1), 99–121.
- Palečková, J., Tomášek, V. & Straková, J. (1997). *Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání (Výsledky žáků 7. a 8. ročníků – Přírodovědné předměty)*. Praha: ÚIV.
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV). (2010). Česká republika. Dostupné z <http://www.nuv.cz/file/133>
- Renström, L., Anderson, B. & Marton, F. (1990). Students conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 555–569.
- Stepans, J. (2003). *Targeting students' science misconceptions*. Tampa: Showboard.
- Svoboda, K. (Ed.). (1962). *Zlomky předsokratovských myslitelů*. Praha: NČSAV.
- Škoda, J. & Doulík, P. (2006). Výzkum dětských pojetí vybraných přírodovědných fenoménů z učiva fyziky a chemie na základní škole. *Pedagogika*, 56(3), 231–245.
- Štoll, I. (2009). *Dějiny fyziky*. Praha: Prometheus.
- Tretera, I. (1996). *Nástin dějin evropského myšlení*. Praha: COWI.

Unver, A. O. & Arabacioglu, S. (2015). Helping pre-service science teachers to understand atomism through observations and experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), 64–84.

---

EVA HEJNOVÁ, eva.hejnova@ujep.cz

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta

Katedra fyziky

České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, Česká republika

DALIBOR HEJNA, dalibor.hejna@tul.cz

Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická

Katedra filozofie

Univerzitní náměstí 1410/1, 461 17 Liberec, Česká republika



# TEST – POROZUMĚNÍ POJMU ATOM<sup>14</sup>

## POKYNY K VYPLNĚNÍ TESTU

- Vyber vždy jen **jednu** odpověď u každé části otázky nebo napiš svoji vlastní.
- Tvoje odpověď by měla vyjadřovat to, co si sám myslíš.
- Na vyplnění testu máš přibližně **20 minut**.

### 1. Můžeme jednotlivé atomy vidět?

- a) Ano, atomy jsou dost velké na to, abychom je mohli vidět pod běžným mikroskopem.
- b) Ne, atomy nelze vidět, můžeme pouze věřit, že existují.
- c) Ano, velké atomy lze vidět i pouhým okem.
- d) **Ano, atomy můžeme vidět, ale pouze pomocí speciálního laboratorního přístroje.**
- e) Jiná odpověď .....

### 2. Jsou atomy živé?

- a) Ano, protože atomy mohou růst a dělit se.
- b) **Ne, atomy nemají vlastnosti živých organismů.**
- c) Ano, atomy jsou živé, protože se pohybují.
- d) Živé jsou pouze atomy živých organismů.
- e) Jiná odpověď .....

### 3. Živočichové se skládají z mnoha atomů. Co se s těmito atomy stane potom, co živočich zemře?

- a) Atomy se přestanou pohybovat.
- b) **Atomy se vrátí zpět do prostředí.**
- c) Když živočich zemře, atomy se rozštěpí na jednodušší části a ty pak vytvoří nové atomy.
- d) Atomy přestanou existovat, jakmile se živočich rozloží.
- e) Jiná odpověď .....

### 4. Jaký mají atomy tvar?

- a) Atomy mohou mít různý tvar podle druhu látky, kterou tvoří (mohou být třeba kulaté, vejčité, protáhlé apod.).
- b) Atomy mají tvar koulí, které jsou uvnitř plné.
- c) Atomy jsou ploché (jako když rozpláceme kuličkuz modelíny).
- d) **O atomu lze pouze říci, že má kladné jádro a elektronový obal.**
- e) Jiná odpověď .....

### 5. Mají všechny atomy stejnou velikost?

- a) **Nemají, protože velikost atomu určuje počet protonů, neutronů a elektronů, z nichž je atom složen.**
- b) Mají, protože ve vesmíru existuje jen jeden základní druh atomu, ze kterého jsou vytvářeny všechny složitější atomy.

<sup>14</sup>Nejpříjemnější odpověď je u každé otázky vyznačena tučným písmem.

- c) Nemají, protože velikost atomu určuje pouze počet protonů a neutronů v jádře atomu.
- d) Všechny atomy jsou stejně velké, ale vytvářejí různě velké molekuly.
- e) Jiná odpověď .....
6. **Mají všechny atomy stejnou hmotnost?**
- a) Ne, protože atomy plynů nemají žádnou hmotnost.
- b) Ne, protože hmotnost atomu závisí na tom, z kolika jednodušších atomů vytvořen.
- c) Ano, všechny atomy jsou částice se stejnou hmotností.
- d) **Ne, protože atomy mají různý počet protonů, neutronů a elektronů.**
- e) Jiná odpověď .....
7. **Má atom zlata některé stejné vlastnosti jako malý kousek čistého zlata?**
- a) Ano, zlato je tvrdé, a atom zlata je proto také tvrdý.
- b) **Ne, jednotlivý atom zlata nemá stejné vlastnosti jako kousek zlata.**
- c) Ano, atom zlata je lesklý, podobně jako se lesknou věci ze zlata.
- d) Ne, protože kousek zlata je tvořen atomy zlata a látkou, která vyplňuje prostor mezi atomy zlata.
- e) Jiná odpověď .....
8. **Pohybují se atomy v pevné látce?**
- a) **Ano, atomy v pevné látce kmitají.**
- b) Ne, nemohou se pohybovat, protože mezi částicemi v pevné látce nejsou žádné mezery.
- c) Ne, nemohou se pohybovat, protože atomy pevné látky jsou těžké.
- d) Ne, atomy se nepohybují, pohybují se jen elektrony v atomových obalech.
- e) Jiná odpověď .....
9. **Zvětší se atomy v železné tyči, když ji budeme zahřívát?**
- a) Při zahřívání tyče se budou zvětšovat pouze jádra atomů.
- b) Při zahřívání tyče se budou uvolňovat elektrony z atomových jader a atomy se tak zvětší.
- c) **Při zahřívání tyče se zvětší vzdálenost mezi atomy a rozsah jejich kmitání.**
- d) Při zahřívání zvětšuje svůj objem pouze sama tyč, velikost atomů a vzdálenost mezi nimi se nemění.
- e) Jiná odpověď .....
10. **Uhlí je tvořeno atomy uhlíku. Co se stane s atomy uhlíku, když kousek uhlí roztlučeme kladivem na prach?**
- a) **Atomy uhlíku se nijak nezmění.**
- b) Nárazy kladivem způsobí změnu velikosti atomů.
- c) Když se uhlí roztluče na prach, atomy se také roztlučnou.

- d) Od některých atomů uhlíku odpadnou malé části, takže se tyto atomy zmenší.
- e) Jiná odpověď .....
11. **Představ si, že bychom odstranili všechny atomy listu papíru. Co by potom zůstalo?**
- a) Zůstane trochu papírového prachu.
- b) **Nezůstane nic.**
- c) Zůstane jen maličký kousek papíru o velmi malé hmotnosti.
- d) Zůstane energie.
- e) Jiná odpověď .....
12. **Co se stane s atomy ve vzduchu, když se s nimi srazí rychle se pohybující vlak?**
- a) V okamžiku srážky chrání atomy jejich pevné obaly, podobně jako skořápka chrání ořech.
- b) Vzduch je pružný, proto jsou i atomy ve vzduchu pružné, mohou se tak snadno stlačit a při srážce s vlakem se nerozbijí.
- c) Jestliže je rychlost vlaku dostatečně velká, některé atomy ve vzduchu se při srážce rozbijí a rozpadnou se na menší části.
- d) **Při srážce s vlakem se atomy nijak nezmění.**
- e) Jiná odpověď .....
13. **Musí být atom rozbit, aby se z něj uvolnil elektron?**
- a) **Ne, elektron se může odtrhnout bez rozbití atomu.**
- b) Elektron je jednou ze základních částic, z nichž se atom skládá. Když je elektron od atomu odtržen, atom se rozdělí.
- c) Ne, stačí rozbít pouze obal atomu.
- d) Elektrony nemohou být z atomu odtrženy.
- e) Jiná odpověď .....
14. **Jak se mohou atomy jednoho prvku přeměnit na atomy jiného prvku?**
- a) Příčinou přeměny atomů na jiné atomy je sluneční světlo.
- b) **Nestabilní atomy se mohou samovolně změnit na jiné atomy při radioaktivním rozpadu.**
- c) Atomy se nemohou přeměňovat, protože každý z protonů, neutronů a elektronů v atomu je jedinečný.
- d) Atomy se mohou změnit na jiné atomy při takových jevech jako je hřmění a blýskání.
- e) Jiná odpověď .....

## Obliba školní matematiky a její souvislost s externím hodnocením a sebehodnocením

*Irena Smetáčková*

### Abstrakt

Obliba matematiky je důležitým faktorem ovlivňujícím motivaci ke školním úkolům, a tedy i samotné školní výkony žáků. Článek se zabývá otázkou, zda a nakolik obliba matematiky souvisí buď s externím hodnocením v podobě známky z matematiky na vysvědčení a výsledku v matematickém testu, nebo s žákovským sebehodnocením v podobě pocitu matematické kompetence a dlouhodobé matematické self-efficacy. Studie se zúčastnilo 1 383 žáků a žákyň od 4. do 9. ročníku základních škol, kteří vyplnili didaktický test a žákovský dotazník. Analýza ukázala, že obliba matematiky s věkem klesá a je nižší u dívek než u chlapců. Dále se potvrdilo, že nízká obliba matematiky souvisí s horší známkou, horším výsledkem v testu, nižším pocitem kompetence i nižší matematickou self-efficacy. Externí hodnocení mělo výrazně nižší prediktivní hodnotu než žákovská sebehodnocení.

**Klíčová slova:** matematika, obliba, úspěšnost, známka, self-efficacy.

## Preference of School Mathematics and its Link to External Evaluation and Self-evaluation

### Abstract

The popularity of math as a school subject is a crucial factor fostering educational motivation and student performance in the subject. This paper seeks to answer the question as to whether the popularity of math is related to either external evaluation (final math exam assessment and the student's achievement in a didactic test) or internal self-evaluation (the student's confidence in his or her math competence and mathematical self-efficacy). The study examined a total of 1 383 students, spanning 4<sup>th</sup> through 9<sup>th</sup> grades of grammar school, who answered the questionnaire and took the mathematical test. The analysis showed that math popularity was decreasing across age groups — older students preferred math significantly less than younger students; and also with regard to gender, as female students preferred math significantly less than male students. Moreover, it showed that the low math popularity was statistically connected to a worse grade, worse test results, the student's weaker confidence in his or her math competence, and also weaker math self-efficacy. The external evaluation (test results and the final assessment on the student's report card) had a significantly lower predictor function than internal self-evaluation.

**Key words:** math, popularity, success, grade, self-efficacy.

Míra, v jaké žáci vnímají matematiku jako svůj oblíbený školní předmět, souvisí s tím, jak se jim reálně v tomto předmětu daří. Například Mullis a kol. (2012) prokázali na datech z TIMSS 2011, že existuje jasný pozitivní vztah mezi výsledky v matematickém testu a oblibou matematiky. Obliba má tedy vazbu k výkonům, přičemž tato vazba je zprostředkována motivací. Obliba představuje specifický typ školní motivace, který posiluje snahu i přímo facilituje výkony v řešených úkolech (Inzlicht & Schmader, 2012).

Existující zahraniční i české studie potvrzují, že obliba školní matematiky v porovnání s ostatními předměty je relativně nízká. Pavelková a Hrabal (2010, 2012) opakovaně ukázali, že matematika je českými žáky vnímána jako silně neoblíbený předmět. Zároveň ho považují za velmi obtížný předmět a získávají v něm nejhorší školní hodnocení. To by naznačovalo, že obliba vyplývá ze subjektivní obtížnosti/snadnosti předmětu a z úspěšně/neúspěšně hodnocených výkonů. Tyto studie také ukazují, že v průběhu 2. stupně základní školy dochází k výraznému snižování oblíbenosti matematiky. Nalezen byl navíc rozdíl mezi dívkami a chlapci, přičemž chlapci považují matematiku za oblíbenější a méně obtížný předmět než dívky (Pavelková & Hrabal, 2012).

Zhoršování vztahu k matematice v průběhu základní školy potvrzují i další výzkumy. Například analýzy Chvála (2013) ukazují, že na počátku 2. stupně ZŠ nastává výrazný propad v oblíbenosti. Obliba matematiky koresponduje s celkovým vztahem ke škole, který se rovněž zhoršuje s narůstajícím věkem, jak zjistila analýza Federičové a Münicha (2015). Tento autorský tým na mezinárodním srovnání navíc ukázal, že v případě českých žáků je pokles oblíbenosti školy i matematiky o něco silnější. Také je podle nich v českém prostředí patrná užší souvislost mezi negativními postoji chlapců ke škole a vzdělávacími výsledky, přičemž žáci se slabými školními výsledky vykazují zvláště silnou neoblíbenost. Důležité přitom je, že faktory na straně učitelů a škol vysvětlují jen velmi nízký podíl variace oblíbenosti (Federičová & Münich, 2015).

Je proto důležité blíže prozkoumávat další zdroje, na základě kterých si žáci budují oblibu školní matematiky. Tento článek se však nezabývá tím, z jakých předmětových charakteristik obliba předmětu vychází (např. osobnost učitele, vyučovací metody, velikost žákovské skupiny atd.), nýbrž tím, jaký vztah má obliba matematiky s externím a interním (subjektivním) hodnocením, které je se školní matematikou spojeno. Důvodem, proč se zaměřujeme na hodnocení coby vnější a vnitřní zpětnou vazbu na matematické výkony, kterou žáci získávají od okolí či poskytují sami sobě, je skutečnost, že jak hodnocení, tak obliba mají společného jmenovatele, a tím jsou emoce. Hodnocení stejně jako obliba se vždy pohybují v pozitivních či negativních intencích. Předpokládáme proto, že by mezi hodnocením a oblibou mohly existovat úzké vazby. Otázkou však je, jak silné tyto vazby jsou, a to jak celkově, tak u jednotlivých typů hodnocení.

Na základě poznatků z předcházejících výzkumů (např. Ramdass & Zimmerman, 2008) jsme v našich úvahách rozlišili externí hodnocení, kdy žáci získávají víceméně nezávislou zpětnou vazbu na své výkony, a to v podobě školní známky na vysvědčení nebo v podobě výsledku v matematickém testu, a interní (subjektivní) sebehodnocení, kdy si žáci utváří vlastní přesvědčení o svých schopnostech, a to buď v podobě relativně nestrukturovaného pocitu vlastní matematické kompetence, nebo komplexní a dlouhodobější matematické self-efficacy. Jinými slovy, externím hodnocením se rozumí školní zpětná vazba, kterou žáci získávají od vyučujících, a případně výsledky v testech vytvářených organizacemi mimo školu, zatímco interním hodnocením se rozumí subjektivně utvářená žákovská představa o vlastních

znalostech a dovednostech na základě interpretace vnějších hodnocení i vnitřních pocitů z výkonů (Usher & Pajares, 2009; Smetáčková & Vozková, 2016; Chvál, 2013; Hrabal & Pavelková, 2010).

## CHARAKTERISTIKA STUDIE

### CÍL

Studie představená v tomto článku se zabývá vztahem mezi oblibou a hodnocením ve školní matematice. Jejím cílem je zjistit, nakolik obliba matematiky souvisí s hodnocením matematických kompetencí žáků, a to s ohledem na věk a gender. Hodnocení matematických kompetencí může mít buď externí charakter (hodnocení od vnější autority), nebo sebehodnotící charakter (hodnocení samotného žáka). Studie sledovala následující výzkumné otázky:

- Jaký je vztah mezi oblibou matematiky a externím hodnocením?
- Jaký je vztah mezi oblibou matematiky a interním hodnocením?
- Liší se vztah mezi oblibou a hodnocením v matematice u dívek a chlapců?
- Liší se vztah mezi oblibou a hodnocením v matematice mezi staršími a mladšími žáky?

V naší studii jsme použili následující čtyři ukazatele hodnocení matematických kompetencí:

1. školní prospěch v podobě známky na vysvědčení (dlouhodobé externí hodnocení),
2. aktuální úspěšnost v řešeném matematickém testu,
3. pocit vlastní kompetence v předmětu (*Matematika mi jde*),
4. matematická self-efficacy (vnímaná osobní zdatnost v matematice).

Sledovali jsme, který z těchto ukazatelů má nejsilnější souvislosti s oblibou matematiky. Zajímalo nás, zda se samotná obliba, jednotlivé ukazatele hodnocení a síla jejich vzájemné vazby liší podle věku (tj. od 4. do 9. ročníku základní školy) a podle genderu (tj. mezi žákyněmi a žáky).

Na základě dosavadních poznatků představených v teoretických východiscích jsme formulovali následující tři hypotézy:

- S narůstajícím věkem klesá obliba matematiky (Hypotéza 1)
- Chlapci považují matematiku za oblíbenější předmět než dívky (Hypotéza 2)
- Obliba matematiky silněji souvisí s matematickou self-efficacy než s prospěchem, pocitem vlastní kompetence a aktuální úspěšností (Hypotéza 3).

### PRŮBĚH

Studie vznikla v rámci výzkumu, který se zabývá žákovskou úspěšností ve slovních úlohách a zjišťuje, jaké jazykové a matematické parametry vedou k úspěšnému či naopak méně úspěšnému řešení slovních úloh. Ve výzkumu jsou zařazeni žáci čtyř pražských základních škol, kteří se průběžně účastní testování. Zapojené školy se liší svojí velikostí, zaměřením, lokalitou a dalšími parametry, takže výsledný soubor je dostatečně pestrý. V rámci jednotlivých škol se obvykle zúčastnily všechny třídy či jejich většina (vynechány byly pouze třídy, kde vyučující projekt považovali pro žáky či pro sebe za příliš zatěžující). Na začátku výzkumu všichni žáci prošli vstupním

testem, který zahrnoval sadu slovních úloh odpovídajících zvládnutému kurikulu v příslušných ročnících zúčastněných škol a k nim přiřazených příkladů ověřujících zvládnutí matematických operací tak, aby bylo možné odlišit, zda žáci selhávají v samotných operacích, či jejich aplikaci v rámci slovní úlohy.

Vstupní test v krátkém časovém odstupu doprovázel žákovský dotazník, který mimo jiné mapoval postoje k matematice. Konkrétně se jednalo o oblibu matematiky, odhad vlastní kompetence, zkrácenou škálu matematické self-efficacy, známku na vysvědčení a dále oblibu konkrétních celků učiva, oblibu slovních úloh, postupy při řešení slovních úloh, koníčky a obeznámenost s vybranými reálnými situacemi. Všechny údaje poté byly převedeny do elektronické podoby, kde odpovědi z dotazníku a úspěšnost v testu byly propojeny, aby umožnily srovnání souvislosti mezi oběma proměnnými. V rámci zpracování výsledků ze vstupního a následných testování byla použita také IRT (item-response theory), která však nemá opodstatnění ve zde prezentované studii. Ta využívá výsledky zpracované na základě klasické teorie testů.

## VÝZKUMNÝ SOUBOR

Výzkumu se zúčastnilo celkem 1 383 žáků a žákyň ze šesti ročníků čtyř základních škol. Školy byly vybrány na základě zpráv ČŠI a vlastních webových stránek. Snahou bylo zvolit školy s průměrnými výsledky v matematice a navíc tak, aby se jednalo o středně velké školy ze širší Prahy, aby do nich docházeli žáci z bezprostředního okolí s pestrým socio-kulturním zázemím a aby podíl žáků–cizinců nepřevyšoval průměr ČR. Dále jsme zohledňovali, aby se nejednalo o školy s navýšeným počtem hodin matematiky a aby školy nebyly specificky zaměřeny na práci s určitou skupinou žáků se speciálními vzdělávacími potřebami.

Jednání nejprve probíhalo s vedením škol, které poté předalo kontakt na konkrétní vyučující jednotlivých ročníků. Samotní žáci a žákyně byli o výzkumu informováni vyučujícími a poté zadavateli během samotného testování. Žáci i jejich rodiče měli možnost účast ve výzkumu odmítnout. Ze studie byli vyloučeni ti, kteří se nezúčastnili testování či vyplnění žakovského dotazníku (ať již z důvodu absence, nebo nesouhlasu).

Složení výzkumného souboru pro zde prezentované analýzy uvádí tab. 1. Nevyrovnané zastoupení jednotlivých ročníků je zapříčiněno aktuálním počtem tříd v zúčastněných školách. Počty žáků v jednotlivých ročnících jsou však dostatečné na to, aby mohly být prováděny analýzy s ohledem na věk, resp. na ročník. Stejně tak i zastoupení dívek a chlapců je dostatečné pro analýzy s ohledem na gender, a navíc odpovídají jejich podílům v cílové populaci.

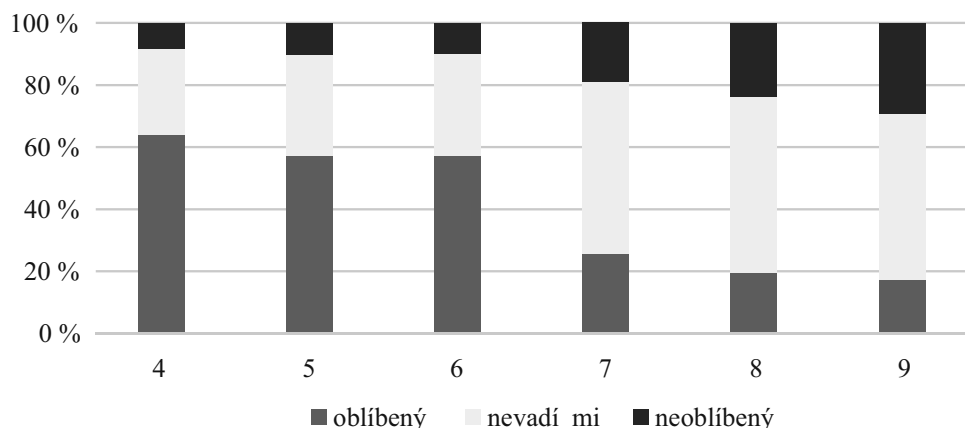
Tab. 1: Složení výzkumného souboru

Ročník	Počet celkem	Počet dívek	Počet chlapců
4	301	154	147
5	300	150	150
6	243	125	118
7	180	88	92
8	209	103	106
9	150	88	62
Celkem	1 383	708	675

# VÝSLEDKY

## OBLIBA MATEMATIKY

Základní sledovanou proměnnou byla obliba matematiky coby školního předmětu, která byla zjišťována na třístupňové škále od *oblíbený předmět* (1) přes *nevadí mi* (2) po *neoblíbený předmět* (3). Tato škála byla zvolena proto, že se ukázala být reliabilní v předcházejících výzkumech a že její znění je dostatečně jednoduché, aby mu rozuměli i žáci nejmladších ročníků. Podíl žáků, kteří zvolili při hodnocení obliby matematiky jednotlivé odpovědi, je uveden v grafu 1.



Graf 1: Podíl míry obliby matematiky u žáků 4. až 9. ročníku

Z grafu jasně vyplývá, že matematika coby neoblíbený předmět má s věkem vzrůstající tendenci. Zatímco na konci 1. stupně základní školy je matematika neoblíbeným předmětem jen pro zhruba 10 % dětí, na konci 2. stupně pro téměř 30 %. Naopak oblíbeným předmětem je nejprve pro více než 60 %, ale posléze pro přibližně 25 % žáků.

Dívky a chlapci se v oblibě matematiky lišili – dívky považovaly matematiku za méně oblíbenou než chlapci. Dívky dosáhly průměrného skóru 1,77 ( $SD = 0,733$ ) a chlapci 1,60 ( $SD = 0,685$ ) na třibodové škále. Tento rozdíl je statisticky významný,  $t(1361) = 4,369$ ,  $p < 0,001$ . Ačkoliv celkové výsledky ukazují signifikantní rozdíl, při detailním pohledu do rozdílů mezi dívkami a chlapci v jednotlivých ročnících jsou signifikantní jen pro 5. ročník ( $p < 0,001$ ) a 8. ročník ( $p < 0,05$ ). Z toho vyplývá, že genderové rozdíly sice existují, ale jejich velikost není zcela zásadní.

## ÚSPĚŠNOST V MATEMATICKÉM TESTU

V každém ročníku byl použit jedinečný matematický test, který odpovídal probíranému učivu. Napříč ročníky však testy měly obdobnou strukturu – vždy obsahovaly 3 až 5 slovních úloh a stejný počet početních příkladů. Všechny úlohy byly otevřené, takže žakovská řešení musela být vyhodnocena a teprve poté převedena do elektronické podoby. Účelem testu bylo rozředit žáky podle úspěšnosti pro další kola testování. Obtížnost úloh proto byla zvolena tak, aby test jako celek mezi žáky dobře diskriminoval. Příliš snadné a příliš obtížné úlohy nebyly do testu zařazeny. Úlohy byly před zařazením do testů pilotovány, ovšem testy jako celky již další pilotáží neprošly. Navíc nebylo možné zcela zaručit, aby aktuálně probírané učivo na jednotlivých školách bylo zcela shodné. Ačkoliv tedy úlohy ověřovaly vždy jen takové učivo, u něhož byla jistota, že jej žáci již mají zvládnuté, v některých třídách se



Tab. 2: Úspěšnost v matematickém testu

Ročník	Průměrná úspěšnost v %			Směrodatná odchylka		
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci
4	69,8	67,4	72,4	0,171	0,186	0,151
5	78,4	78,9	78,0	0,178	0,168	0,187
6	64,5	62,3	66,9	0,240	0,244	0,235
7	58,8	54,4	62,9	0,254	0,249	0,254
8	62,1	57,4	66,6	0,265	0,273	0,249
9	56,1	54,3	58,6	0,234	0,225	0,246
Celkem	66,7	64,2	69,2	0,231	0,237	0,223

jednalo o učivo momentálně vyučované, zatímco v jiných již dobře ukotvené. Tento fakt mohl způsobit diskrepance výsledků mezi ročníky, které jsou patrné v tab. 2.

Z této tabulky vyplývá, že celková úspěšnost v testech byla 66,7 %, což odpovídá očekávání a potřebám vysoké diskriminační schopnosti testu. Rovněž v jednotlivých ročnících se úspěšnosti pohybovaly mezi 56 % a 78 %, což je vyhovující. Ročníkové výsledky naznačují trend zhoršování průměrné úspěšnosti s věkem. Ten však není zcela průkazný.

Chlapci dosáhli vyšší průměrné úspěšnosti v matematickém testu, a to jak celkově, tak i v jednotlivých ročnících. Statisticky významný byl celkový rozdíl mezi dívkami a chlapci,  $t(1381) = 4,003$ ,  $p < 0,001$ , a při detailnějším pohledu ve 4. ročníku ( $p < 0,05$ ), 7. ročníku ( $p < 0,05$ ) a 8. ročníku ( $p < 0,05$ ). Trend horších výsledků dívek je v datech zřetelný a pravděpodobně by se při větším výzkumném souboru projevil jako signifikantní i v ostatních věkových kategoriích.

## ZNÁMKA Z MATEMATIKY

Známka z matematiky na vysvědčení představuje sumativní vnější hodnocení výkonů. Pokud jí žáci důvěřují, chápou ji jako důkaz vlastních matematických kompetencí, ale pokud ji nedůvěřují, je pro ně „pouze“ autoritativním vyjádřením bez větší informační hodnoty. Jak ovšem potvrzuje řada studií, známky relativně dobře korelují s úspěšností v aktuálních testech i s dlouhodobými vzdělávacími výsledky (např. Rubešová, 2009).

V našem výzkumu jsme zjišťovali, jakou známku z matematiky žáci dostali na posledním vysvědčení. Podíl jednotlivých známek uvádí tab. 3. Analýza dospěla k několika očekávaným zjištěním: známka 5 je užívána zcela výjimečně; s narůstajícím ročníkem se rozšiřuje škála používaných známek; s narůstajícím ročníkem se

Tab. 3: Podíl známek (v %) a průměrná známka z matematiky

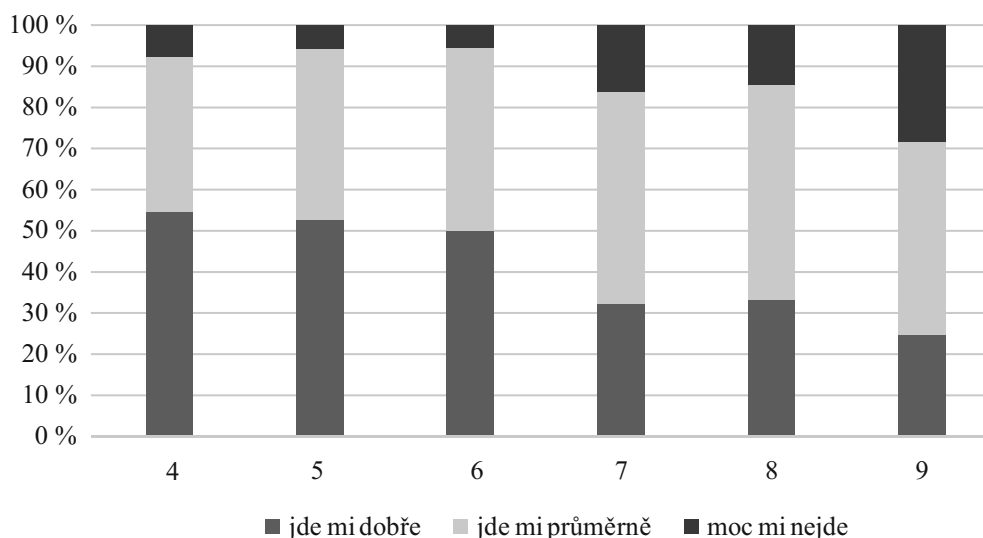
Ročník	známka 1	známka 2	známka 3	známka 4	známka 5
4	74,1	21,9	3,7	0,3	0,0
5	58,8	33,3	7,1	0,7	0,0
6	33,2	48,7	15,5	2,5	0,0
7	34,3	44,4	17,4	3,4	0,6
8	22,1	49,5	22,6	5,8	0,0
9	16,9	48,6	24,3	9,5	0,7
Celkem	44,3	39,1	13,4	3,0	0,1

posouvá těžiště známek od výborně k dobře. Napříč sledovanými šesti ročníky se známka v průměru zhoršila o jeden stupeň (z 1,3 na 2,3). Průměrné známky dívek a chlapců se signifikantně neliší, a to ani v celém souboru, ani napříč jednotlivými ročníky.

## POCIT KOMPETENCE V MATEMATICE

Psychologické výzkumy dlouhodobě prokazují zásadní vliv přesvědčení o vlastních kompetencích na úspěšné uplatňování znalostí a dovedností (Mullis et al., 2012; Usher & Pajares, 2009). Pokud žáci disponují určitými znalostmi, ale nejsou přesvědčeni o tom, že je mají a že s nimi dokáží správně řešit konkrétní úkoly, jejich výkony jsou tím sníženy, a naopak. V dotazníku jsme proto zjišťovali, jak kompetentní se žáci v matematice cítí. Vybírali přitom ze tří možných odpovědí o matematice coby školním předmětu (v porovnání s ostatními předměty) – *jde mi dobře* (1), *jde mi průměrně* (2) a *moc mi nejde* (3).

V celém souboru hodnotilo matematiku jako předmět, který jim dobře jde, 47 % žáků, naopak jako předmět, který jim moc nejde, ji vnímá 10 % žáků. Graf 2 ukazuje podíl jednotlivých odpovědí podle ročníků. Jasně z něho vyplývá, že s věkem dochází k poklesu podílu žáků, kteří se cítí v matematice kompetentní. Odpověď *jde mi dobře* zvolilo téměř 60 % nejmladších žáků, ale jen necelých 30 % v nejstarších skupinách. V celém souboru i ve všech ročnících s výjimkou 6. a 8. ročníku se chlapci cítili v matematice signifikantně kompetentnější než dívky ( $p < 0,001$  a  $p < 0,05$ ), a to i při kontrole známky z matematiky. To znamená, že i ve skupině těch, kteří na vysvědčení z matematiky obdrželi shodnou známku, důvěřovali chlapci svým kompetencím více než dívky.



Graf 2: Podíl míry pocitu kompetence v matematice u žáků 4. až 9. ročníku

## MATEMATICKÁ SELF-EFFICACY

Pocit kompetence může být zjišťován také komplexnějšími způsoby, než je výše uvedená otázka na subjektivní odhad úspěšnosti v předmětu. Jedním z nich je měření self-efficacy, která představuje „přesvědčení lidí o jejich schopnostech nutných k dosažení určitých výkonů“ (Bandura, 1994: s. 2). Český termín není ustálen – v odborné literatuře lze nalézt označení osobní zdatnost, vnímaná osobní účinnost, obecná vlastní efektivita atd., a proto navrhuje používat anglické označení self-efficacy. Četné psychologické výzkumy prokazují silný vliv self-efficacy na budování

znalostí a dovedností, na vyšší testové výkony a na častější volbu studijních a profesních drah s významnou rolí matematiky (např. Pajares & Graham, 1999; Hoffman, 2010). Rovněž některé české studie již potvrzují roli self-efficacy v žákovských výkonech.

Pro měření matematické self-efficacy na základní škole byla vyvinuta specifická škála (Smetáčková & Vozková, 2016). Původní škála zahrnovala 30 položek, ovšem pro účely zde představeného výzkumu byla zredukována na 10 položek. Znění položek je uvedeno v tab. 4. Všechny položky byly hodnoceny na pětibodové škále od 1 (souhlasím) po 5 (nesouhlasím). Součet jednotlivých odpovědí tvoří souhrnný skór, který může nabývat hodnot od 10 do 50, přičemž pro interpretaci platí, že čím nižší celkový skór, tím vyšší matematická self-efficacy. Psychometrické charakteristiky redukované škály (šikmost, strmost, diskriminace) se ukázaly jako vyhovující. Reliabilita měřena Cronbachovou alfa dosáhla hodnoty 0,812.

Tab. 4: Průměrný skór a směrodatná odchylka v redukované škále matematické self-efficacy

	Průměrný skór			Směrodatná odchylka		
	Celkem	Dívky	Chlapci	Celkem	Dívky	Chlapci
1. Matematika se mi zdá celkem jednoduchá.	2,23	2,35	2,10	1,071	1,048	1,080
2. Když se v matematice učíme něco nového, věřím, že to pochopím.	1,81	1,88	1,73	0,963	0,984	0,935
3. Pro mé rodiče je důležité, aby mi matematika šla.	1,75	1,77	1,74	1,052	1,061	1,043
4. Učitel/ka matematiky mě často chválí, že mi matematika jde.	2,81	2,89	2,73	1,265	1,252	1,274
5. Když se mi nepovede vyřešit matematickou úlohu napoprvé, zkusím to znovu.	1,88	1,86	1,91	1,093	1,059	1,128
6. Lidé kolem mě si myslí, že mám dobré matematické schopnosti.	2,74	2,87	2,60	1,264	1,245	1,271
7. Během hodin matematiky se snažím soustředit a dávat pozor.	1,73	1,64	1,82	0,899	0,862	0,927
8. Dělán vše proto, abych měl(a) z matematiky dobré známky.	1,61	1,57	1,66	0,882	0,863	0,900
9. Chci pracovat v zaměstnání, jehož součástí je matematika.	3,19	3,38	3,00	1,421	1,383	1,436
10. Záleží mi na tom, jestli se mi v matematice daří.	1,57	1,56	1,59	0,856	0,872	0,839
Celkem – suma	20,89	21,29	20,47	6,393	6,374	6,391

Celkový průměrný skóre byl poměrně nízký (21 bodů z 50), což znamená, že zúčastnění žáci mají poměrně vysokou matematickou self-efficacy. Analýza po ročnících ale ukázala jasný trend poklesu matematické self-efficacy s věkem. Průměrný skóre ve 4. ročníku byl 18,12, zatímco v 9. ročníku 24,36.

Redukovaná škála ověřovala několik aspektů matematické self-efficacy, kterými byla důvěra ve své schopnosti, získávání pozitivní zpětné vazby od okolí a snaha krátkodobě i dlouhodobě uspět v matematice. Výsledky v dílčích položkách ukazují, že studující se snaží ve školní matematice dosáhnout dobrých výkonů a že poměrně dost důvěřují svým matematickým schopnostem, ovšem v podstatně menší míře dostávají podporu ze strany svých vyučujících i dalších významných osob a rovněž většina neplánuje věnovat se matematice v dlouhodobém horizontu. Obdobné výsledky se prokázaly ve všech ročnících.

Rozdíl v celkové self-efficacy mezi dívkami a chlapci se ukázal statisticky významný,  $t(1\ 376) = 2,382$ ,  $p < 0,05$ , a to v neprospěch dívek. Podobně jako u pocitu matematické kompetence tedy chlapci dosáhli lepších výsledků – více svým schopnostem důvěřují. Při detailnějším pohledu do jednotlivých ročníků sice výsledky naznačují stejný vzorec, tj. nižší self-efficacy dívek, avšak pouze v 8. ročníku se jednalo o rozdíl statisticky významný ( $p < 0,05$ ).

## VYSVĚTLENÍ OBLIBY MATEMATIKY

Naši základní výzkumnou otázkou bylo, zda obliba matematiky coby školního předmětu souvisí spíše se žákovským sebehodnocením (aktuálním a dlouhodobým), nebo s vnějším hodnocením (známkou a výsledkem v testu). Abychom mohli na tuto otázku odpovědět, věnovali jsme se v analýzách nejprve korelacím mezi oblibou a jednotlivými proměnnými a poté hledání vysvětlujících modelů s použitím regresní analýzy.

Korelační analýzy ukázaly výrazně silnější vztahy mezi oblibou matematiky a žákovským sebehodnocením než mezi oblibou matematiky a externím hodnocením. Zatímco v prvním případě se hodnoty korelačních koeficientů pohybovaly mezi 0,44 a 0,58, v druhém případě byly zhruba poloviční. Je však třeba zdůraznit, že se síla korelací lišila napříč ročníky.

Tabulka 5 ukazuje jednotlivé hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu mezi oblibou a sledovanými proměnnými. Údaje potvrzují, že všechny čtyři proměnné mají signifikantně vysokou korelaci s oblibou matematiky. S věkem se jednoznačně

Tab. 5: Korelační koeficienty mezi oblibou matematiky a sledovanými proměnnými

Ročník	známka z matematiky	úspěšnost v testu	pocit kompetence	matematická self-efficacy
4	0,013	-0,146*	0,547**	0,493**
5	0,125*	-0,125*	0,580**	0,516**
6	0,147*	-0,154*	0,521**	0,515**
7	0,273**	-0,157*	0,466**	0,493**
8	0,211**	-0,134	0,443**	0,483**
9	0,382**	-0,378**	0,563**	0,650**
Celkem	0,282**	-0,227**	0,550**	0,572**

Poznámka: \*\*znamená, že korelace je statisticky významná na hladině 0,01,

\*znamená, že korelace je statisticky významná na hladině 0,05.

zvyšuje souvislost mezi oblibou matematiky a známkami z matematiky na vysvědčení. Na druhou stranu se ale výrazně a systematicky nezvyšuje souvislost ani s výsledky v matematickém testu, ani se sebehodnocením. Výjimku tvoří žáci 9. ročníku, kde se souvislost se všemi čtyřmi proměnnými ukázala jako relativně vysoká. To může být ovlivněno tím, že v 9. ročníku musí žáci provádět volbu další vzdělávací dráhy, a proto zaujímají k matematice jednoznačný postoj, v němž se pod tlakem očekávání budoucnosti (více než v nižších ročnících) zrcadlí i jejich uvědomění svých kompetencí.

Rozdíly mezi chlapci a dívkami byly prokázány v případě známky z matematiky, která silněji korelovala u chlapců (0,318) než u dívek (0,259), a u matematického testu, který rovněž silněji koreloval u chlapců (-0,254) než u dívek (-0,187). Oba trendy se projeví i napříč většinou ročníků. Naopak ani u jedné ze sebehodnotících proměnných se větší rozdíl mezi dívkami a chlapci neukázal. To by naznačovalo, že externí evaluace má v případě chlapců silnější vliv na oblibu matematiky a naopak.

Síla vztahu mezi oblibou matematiky a sledovanými proměnnými se potvrdila i analýzou průměrných hodnot při třídění podle míry obliby matematiky. Ta mohla nabývat tří variant, přičemž žáci volící jednotlivé varianty se od sebe vzájemně signifikantně lišili ve všech čtyřech sledovaných proměnných. Údaje jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6: Průměrné hodnoty jednotlivých proměnných podle stupně obliby matematiky

Obliba matematiky	známka z matematiky (1–5)	úspěšnost v testu (0-100)	pocit kompetence (1–3)	matematická self-efficacy (10–50)
Oblíbený předmět ( $n = 612$ )	1,53	72,3 %	1,27	17,26
Nevadí mi ( $n = 520$ )	1,87	63,0 %	1,81	22,64
Neoblíbený předmět ( $n = 200$ )	2,15	58,7 %	2,26	27,35

Z uvedené tabulky vyplývá, že ti, kteří matematiku označili za svůj oblíbený školní předmět, dosahovali jak lepších výsledků v sebehodnocení, tak v externím hodnocení, a naopak. Nalezený vztah je nutné interpretovat otevřeně – buď jako důsledek určité míry obliby (tj. v oblíbeném předmětu roste motivace, která se projeví v reálně lepších výkonech, a tedy i v opodstatněném pozitivnějším externím hodnocení), nebo naopak jako jeho příčinu (tj. v předmětu, v němž má žák dobré výkony, dostává pozitivní zpětnou vazbu a vnímá se jako kompetentní, a proto se pro něj tento předmět následně stává oblíbeným). Pro vysvětlení směru vztahu by bylo nutné realizovat longitudinální výzkum.

Nicméně již ve stávající studii je možné vztah mezi proměnnými prozkoumat blíže pomocí lineární regrese. Ta dovoluje zjistit to, které nezávislé proměnné dokáží predikovat oblibu matematiky. Do testovaných modelů byla jako nezávislá proměnná zahrnuta známka, úspěšnost v testu, matematická self-efficacy, pocit kompetence (model 1) a dále ročník a gender (model 2). Závislou proměnnou byla obliba matematiky, která nabývá hodnoty od 1 (oblíbený předmět) přes 2 (předmět mi nevadí) do 3 (neoblíbený předmět). Metoda Enter ukázala, že modely jsou funkční a vysvětlují 41 %, resp. 43 % variance.

Tabulka 7 obsahuje hlavní nestandardizované a standardizované koeficienty pro model 1 a 2. V modelu 1 byly tři ze čtyř zahrnutých proměnných statisticky významné a jako nevýznamná se ukázala známka z matematiky. Protože z dílčích analýz vyplývaly rozdíly mezi dívkami a chlapci a mezi ročníky, zahrnuli jsme do druhého modelu navíc i tyto dvě proměnné. V rozšířeném modelu 2 byly statis-

Tab. 7: Výsledky lineární regrese pro oblibu matematiky

Prediktor	Model 1			Model 2		
	<i>B</i>	<i>Beta</i>	<i>Sign.</i>	<i>B</i>	<i>Beta</i>	<i>Sign.</i>
Obliba matematiky (konstanta)	0,091		< 0,376	-0,027		< 0,871
Známka z matematiky	-0,046	-0,052	< 0,069	-0,076	-0,087	< 0,003
Matematický test	0,111	0,036	< 0,001	0,122	0,040	< 0,142
Matematická self-efficacy	0,046	0,415	< 0,001	0,042	0,379	< 0,001
Pocit kompetence v matematice	0,391	0,358	< 0,001	0,392	0,359	< 0,001
Ročník	-	-	-	0,056	0,131	< 0,001
Gender	-	-	-	-0,065	-0,046	< 0,033

ticky významnými pět ze šesti proměnných, přičemž jako nevýznamná se ukázala úspěšnost v matematickém testu. Oba regresní modely tedy prokázaly signifikantní vliv míry matematické self-efficacy a pocitu vlastní kompetence v matematice, přičemž druhý faktor je mírně silnějším prediktorem. Pokud skóre pocitu matematické kompetence stoupne o jeden bod, obliba matematiky se zvýší o 0,39. Je ovšem třeba doplnit, že pocit matematické kompetence a matematická self-efficacy vzájemně silně korelují, čímž závěr o vyšším vlivu pocitu matematické kompetence (navzdory jejím větším hodnotám *B*) klesá na relevanci. Korelační vztah mezi oblibou matematiky na jedné straně a matematickou kompetencí či matematickou self-efficacy na druhé straně je přibližně shodný (viz tab. 5), pouze s mírně silnějším vztahem v případě matematické kompetence u mladších žáků a naopak mírně silnějším vztahem v případě matematické self-efficacy u starších žáků.

## DISKUSE

Zde prezentovaná studie se snažila zjistit, zda obliba matematiky má souvislost s externím hodnocením a sebehodnocením, případně s kterým z nich je souvislost silnější. Výsledky studie ukázaly, že užší vazba existuje mezi oblibou a sebehodnocením v matematice a funguje jako její silnější prediktor než externí hodnocení. V rámci sebehodnocení se prediktivní hodnoty pocitu matematické kompetence a matematické self-efficacy ukázaly přibližně shodné. Na základě předchozích výzkumů (např. Inzlicht & Schmader, 2008; Chvál, 2013) jsme předpokládali, že silnějším prediktorem bude matematická self-efficacy, která představuje komplexní a dlouhodobé přesvědčení o účinnosti vlastních matematických schopností. V naší studii ale obdobnou sílu (u mladších dětí dokonce mírně větší sílu) prokázala jednoduchá, jednodimenzionální škála zjišťující, v jaké míře se žákům v matematice coby školnímu předmětu daří. Naše studie tak nepotvrdila hypotézu 3 (*Obliba matematiky silněji souvisí s matematickou self-efficacy než s prospěchem, pocitem vlastní kompetence a aktuální úspěšností*). Z praktického hlediska školní diagnostiky se jedná o pozitivní výsledek, neboť dotaz na pocit kompetence je v pedagogické praxi snazší a rychlejší než redukováná či plná verze škály matematické self-efficacy (Smetáčková & Vozková, 2016). Jedná se však o výsledek mírně překvapující v mezinárodním kontextu, protože zahraniční studie opakovaně a napříč různými věkovými kategoriemi potvrzují silnou souvislost mezi self-efficacy a oblibou matematiky (Pajares & Graham, 1999). Tento rozpor může vyplývat z toho, že čeští žáci, jak bývá někdy uváděno, mají slaběji rozvinutou sebereflexi, která je základem matematické self-efficacy, ale v menší míře nestructurovaného pocitu matematické kompetence. Obě proměnné se pak mohou

víceméně redukovat na sebe navzájem, což by odpovídalo i vysoké vzájemné korelaci mezi nimi.

Naše studie sledovala ještě další dvě hypotézy. Hypotéza 1 (*S narůstajícím věkem klesá obliba matematiky*) byla potvrzena. Trend snižování obliby matematiky mezi 4. a 9. ročníkem byl jednoznačně potvrzen, přičemž podobně jako v jiných výzkumech byl výraznější pokles zaznamenán na začátku 2. stupně ZŠ (Hrabal & Pavelková, 2012). Podobně jako Chvál (2013) ale vnímáme dosud nezodpovězenou otázku, do jaké míry je pokles obliby dán nástupem puberty, která přináší posun v zájmech, nebo povahou kurikula a vyučovacích metod.

Další sledovaná hypotéza se týkala genderových rozdílů (*Chlapci považují matematiku za oblíbenější předmět než dívky*). Naše studie, podobně jako předchozí zahraniční (Mullis et al., 2012) a zejména české (Hrabal & Pavelková, 2012; Chvál, 2013; Federičová & Münich, 2015), potvrdila vyšší oblibu matematiky na straně chlapců. Rovněž se ukázalo, že chlapci dosáhli vyšší úspěšnosti v matematickém testu i vyššího sebehodnocení.

## ZÁVĚR

Jelikož bylo opakovaně výzkumně potvrzeno, že čím oblíbenějším předmětem matematika pro žáky je, tím lepší jsou jejich školní výkony v této oblasti, je logické, že se vyučující snaží hledat způsoby, jak zvýšit oblibu matematiky (Hoffman, 2010; Pajares & Graham, 1999). Cesty, jejichž efektivita se nejčastěji ověřuje, se týkají úpravy vyučovacích metod směrem k intenzivnějšímu zapojení interaktivních technik a postupů vycházejících z pedagogického konstruktivismu. Vedle toho ale doporučujeme ověřovat také vliv zvýšení pocitu matematické kompetence a matematické self-efficacy u žáků. Ty se v naší studii ukázaly jako silnější prediktor obliby matematiky než externí hodnocení.

Je přitom důležité zdůraznit, že pocit matematické kompetence vyrůstá z opakované a reflektované zkušenosti se zvládnutím úkolu. Vyžaduje tedy, aby žáci měli možnost v matematice řešit různé typy úloh a byli podporováni v pestrosti možných řešení tak, že i žáci s odlišnými individuálními kognitivními a učebními styly mohou zažít úspěch. Dále by žáci měli být vyučujícími podporováni v uvědomování si toho, jakými postupy dosáhli úspěšného řešení a v čem jsou jejich silné i slabé stránky. V takovém případě totiž žáci nejsou závislí na externím hodnocení, které není pro žákovskou preferenci matematiky tak důležitým faktorem. Ale naopak posilují vlastní sebehodnocení, a tím i autoregulaci učebního procesu, což zvyšuje dlouhodobou efektivitu učení (Ramdass & Zimmerman, 2008).

## PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl v rámci grantového projektu *Slovní úlohy jako klíč k aplikaci a porozumění matematickým pojmům* (GA16-06134S) financovaného Grantovou agenturou České republiky.

## LITERATURA

Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In V. S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of human behavior*. Vol. 4. San Diego, CA: Academic Press.

- Federičová, M. & Münich, D. (2015). Srovnání žákovské obliby školy a matematiky pohledem mezinárodních šetření. *Pedagogická orientace*, 25(4), 557–582.
- Hoffman, B. (2010). “I think I can, but I’m afraid to try”: The role of self-efficacy beliefs and mathematics anxiety in mathematics problem-solving efficiency. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 276–283.
- Hrabal, V. & Pavelková, I. (2010). *Jaký jsem učitel*. Praha: Portál.
- Chvál, M. (2013). Změna postojů českých žáků k matematice během školní docházky. *Orbis scholae*, 7(3), 49–71.
- Inzlicht, M. & Schmader, T. (2012). *Stereotype threat: Theory, process, and application*. Oxford: University Press.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 International results in mathematics*. Chestnut Hill: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Pavelková, I. & Hrabal, V. (2012). Mathematics in perception of pupils and teachers. *Orbis scholae*, 6(2), 119–132. Dostupné z [http://www.orbisscholae.cz/archiv/2012/2012\\_2\\_08.pdf](http://www.orbisscholae.cz/archiv/2012/2012_2_08.pdf)
- Pajares, F. & Graham, L. (1999). Self-efficacy, motivation constructs, and mathematics performance of entering middle school students. *Contemporary Educational Psychology*, 24(2), 124–139.
- Pöschl, R. (2011). *Postoje žáků ke škole. Dotazník pro žáky*. Praha: NÚOV. Dostupné z <http://www.nuv.cz/file/71/>
- Ramdass, D. & Zimmerman, B. J. (2008). Effects of self-correction strategy training on middle school students’ self-efficacy, self-evaluation, and mathematics division learning. *Journal of advanced academics*, 20(1), 18–41.
- Rubešová, J. (2009). Souvisí úspěšnost studia na vysoké škole se středoškolským prospěchem? *Pedagogická orientace*, 19(3), 89–103.
- Smetáčková, I. & Vozková, A. (2016). Matematická self-efficacy a její měření v průběhu základní školy. *E-psychologie*, 10(1), 18–33.
- Usher, E. L. & Pajares, F. (2009). Sources of self-efficacy in mathematics: A validation study. *Contemporary educational psychology*, 34(1), 89–101.

---

IRENA SMETÁČKOVÁ, irena.smetackova@pedf.cuni.cz  
Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta  
Katedra psychologie  
Magdalény Rettigové 4, Praha 1, Česká republika



## Pohled učitelů na obtížnost vybraných environmentálních fenoménů v učebnicích pro základní školy

*Věra Pavlátová, Roman Kroufek*

### Abstrakt

Článek se zaměřuje na identifikaci environmentálních fenoménů (pojmu), které mohou představovat problém při začleňování do vědomostních struktur žáků základní školy. Na základě přítomnosti těchto fenoménů v kurikulárních dokumentech, zejména v učebnicích, většiny ročníků základní školy jich bylo vybráno dle předem stanovených kritérií rovných dvacet. Fenomény spadají do oblasti EV vzdělávání; objevují se v kurikulu 1. i 2. stupně ZŠ; byly konzultovány s metodiky a pedagogy; patří buď mezi klíčové fenomény EV vzdělávání, nebo u nich lze předvídat potíže v pochopení; lze mezi nimi najít souvislosti. Prezentujeme pohled začínajících i zkušených učitelů ( $N = 60$ ) obou stupňů ZŠ na tyto fenomény, a to z hlediska jejich obtížnosti pro žáky a z hlediska vzniku případných miskoncepcí. Respondenti se ke každému fenoménu vyjadřovali na pětistupňové Likertově škále a také případně slovně. Pro srovnání učitelů prvního a druhého stupně byl u každého sečten počet bodů udělených jednotlivým fenoménům, výsledný součet charakterizoval konstrukt „vnímání obtížnosti fenoménů“ tím kterým učitelem. Reliabilita výzkumného nástroje byla dostačující ( $\alpha = 0,89$ ). Byl prokázán slabý vliv délky praxe učitelů na sledovaný konstrukt ( $r = 0,32$ ,  $p < 0,001$ ). Rozdíl ve vnímání sledovaných fenoménů mezi učiteli prvního a druhého stupně se prokázat nepodařilo ( $p = 0,19$ ). Výsledná analýza pak rozděluje fenomény na snadno pochopitelné, průměrně pochopitelné, a obtížně pochopitelné a srovnává výsledky s jinými výzkumy. Jsou diskutovány možné důvody pro výběr těchto fenoménů pedagogy a naznačeny další směry výzkumu řešené problematiky.

**Klíčová slova:** environmentální výchova, učebnice, miskoncepce, ekologické fenomény.

## Teachers' View of the Difficulty of Selected Environmental Concepts in Primary School Textbooks

### Abstract

The article seeks to identify those environmental concepts which may pose a problem when being integrated into the knowledge structures of elementary school pupils. Based on the presence of these concepts in curriculum documents, especially in textbooks, of

most of the primary and lower-secondary school grades, 20 were selected according to pre-determined criteria. The concepts fall into the area of environmental education (EE); they appear in primary and lower-secondary school curricula; they had been consulted with both methodologists and educators; they are either among the key concepts of environmental education, or difficulties in understanding them can be anticipated; connections can be found between them. We present the assessment of these concepts as they are perceived by both beginning and experienced teachers ( $N = 60$ ) of both primary and lower-secondary school levels, in terms of their difficulty for pupils and possible misconceptions. The respondents evaluated each concept on the five-level Likert scale and also verbally. When comparing the responses of the primary and lower-secondary teachers, the number of points attributed to each individual concept was summed up, with the resulting sum characterizing the construct of the “perception of the difficulty of the concept” by an individual teacher. The reliability of the research tool was sufficient ( $\alpha = 0.89$ ). The study established that the length of the teachers’ practice only had a minor influence on the studied construct ( $r = 0.32$ ,  $p < 0.001$ ). The difference in the perception of the researched concepts among the primary and lower-secondary teachers was not proven ( $p = 0.19$ ). The final analysis then taxonomizes the concepts into three categories, the easily understandable, understandable and difficult to understand, and compares the results with other relevant research. The article also discusses possible reasons why the teachers might have chosen the particular concepts, and outlines other research directions related to this issue.

**Key words:** environmental education, textbooks, misconceptions, ecological concepts.

## 1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 1.1 ENVIRONMENTÁLNÍ VÝCHOVA – VYMEZENÍ POJMU

Samotný pojem *environmentální výchova* se objevil na konferenci Mezinárodní unie ochránců přírody (IUCN) v roce 1947 (Palmer, 2003: s. 6). Téma environmentální výchovy bylo probíráno i na konferenci ve Stockholmu v roce 1972, na mezinárodním workshopu v Bělehradě (1975) a zejména na První mezinárodní konferenci o environmentální výchově v roce 1977 v Tbilisi, kde byly zformulovány i cíle environmentální výchovy (Činčera, 2007: s. 12). V ČR se ale nejprve v 60. letech uplatňoval pojem *výchova k ochraně přírody* nahrazený v 70.–80. letech fenoménem *výchova k péči o životní prostředí* (Máchal, 2010: s. 3–5), přes pojem *ekologická výchova* až k pojmu používaného od poloviny 90 let *environmentální výchova, vzdělávání a osvěta* (EVVO) (Činčera, 2007: s. 14). Dle Průchy (2013: s. 70) je „environmentální výchova širšího pojetí než přírodovědně založená ekologická výchova; zahrnuje také sociální, hodnotové a etické zaměření výchovy k aktivní účasti na tvorbě zdravého životního prostředí“.

### 1.2 ENVIRONMENTÁLNÍ VÝCHOVA V ČESKÉM ZÁKLADNÍM ŠKOLSTVÍ

Mezi legislativními nástroji má závazný statut pro EVVO Zákon č. 123/1998 Sb. o právu na informace o životním prostředí, který v § 13 ukládá MŠMT zodpovědnost za zařazení environmentální výchovy ve smyslu udržitelného rozvoje do základních pedagogických dokumentů. V tomtéž paragrafu ukládá zákon MŽP zpracovat, aktualizovat, garantovat a koordinovat strategický dokument – Státní program pro EVVO

v ČR (v současné době je v platnosti Státní program environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty a environmentálního poradenství na léta 2016–2025 = SP EVVO a EP), ze kterého vychází základní rámec pro EVVO (MŠMT, 2008). EVVO a EP je tak součástí národní legislativy, je stabilně a bezpečně zakotveno v zákonech, navazujících právních předpisech a programových a vzdělávacích dokumentech veřejné správy (MŽP, 2016).

Klíčovým kurikulárním dokumentem pro oblast základního školství je Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (RVP ZV), ve kterém je environmentální výchova zpracována jako jedno ze šesti průřezových témat (NÚV, 2017). Vzhledem k jistému tápání pedagogů při zavádění průřezových témat do edukace byla vytvořena nová koncepce environmentální výchovy, jež je součástí dokumentu Doporučené očekávané výstupy (DOV) pro environmentální výchovu (Pastorová et al., 2011; Činčera, 2011). Struktura a obsah DOV z velké části korespondují s výzkumy podloženým diskursem hlavního proudu oboru v zahraničí, především Spojených státech amerických, a částečně tak vyplňují hiát, vzniklý v minulých desetiletích. Doporučené očekávané výstupy člení environmentální edukaci do pěti navzájem navazujících klíčových témat (*senzitivita, zákonitosti, výzkumné dovednosti, problémy a konflikty, akční strategie*), jejichž komplexnost stoupá spolu s věkem žáků. Klíčovými tématy pak prostupuje pět propojujících témat (*environmentální postoje a hodnoty, kooperativní dovednosti, osobní odpovědnost, přesvědčení o vlastním vlivu, vztah k místu*), rozvíjených rovnoměrně u žáků všech věkových kategoriích (Pastorová et al., 2011). Tento text se věnuje obsahu jednoho ze zmíněných klíčových témat, a to environmentálním zákonitostem.

### 1.3 ENVIRONMENTÁLNÍ ZÁKONITOSTI

Dle DOV se zákonitostmi rozumí znalosti základních principů fungování přírody (toky, koloběhy, vztahy, ...); záměrem je, aby žák těmito zákonitostem porozuměl, všiml si v přírodě jejich projevů, dokázal vyhledávat další příklady a propojoval si je s vlastním životem a chováním. Svým obsahem tak odpovídá tematickým okruhům RVP ZV Ekosystémy a Základní podmínky života (Pastorová et al., 2011). Na přesvědčení, že znalosti o přírodě pomohou vylepšit chování k ní, byl ostatně založen i princip ekologické výchovy v 90. letech v ČR (Činčera, 2007: s. 17).

Porozumění environmentálním procesům a zákonitostem může zvýšit kvalitu našeho rozhodování v situacích, které mají vliv na životní prostředí, a může poskytnout potřebné odůvodnění pro sociálními normami prosazované odpovědné chování (Pastorová et al., 2011). V neposlední řadě může mít význam samo o sobě jako jedna z oblastí lidského poznání (Hungerford & Volk, 1990; Činčera et al., 2016).

Dle výzkumu na 645 českých školách je u nás výuka těchto zákonitostí dobře obsahově pokryta a je zabezpečena literaturou i pomůckami. Učitelé na téměř dvou třetinách škol ale nevyužívají přírodní prostředí a zůstávají v učebně (Činčera et al., 2016). K podobným závěrům vedlo i šetření ČŠI (2016) na 974 základních školách, tedy zhruba 1/4 ze škol zapsaných v Rejstříku škol a školských zařízení. Přitom výuka v přírodě může významně přispívat ke změnám postojů a senzitivity (MŠMT, 2008; Sousa et al., 2016). Problematickou stránkou výuky zákonitostí je stále zaměření na předávání velkého množství faktů oproti doporučenému zaměření na souvislosti a fungování přírodních procesů (Činčera et al., 2016).

V současné době jsou požadavky na environmentální vzdělávání zahrnuty v obecné rovině do většiny základních pedagogických dokumentů a ovlivnily i tvorbu učebnic, zejména přírodovědy, vlastivědy, přírodopisu, zeměpisu a občanské výchovy

(MŠMT, 2008). Dle šetření ČŠI (2016) na 974 základních školách jsou globální a rozvojová témata, mezi která ČŠI zařadila i environmentální výchovu, začleněna do školního vzdělávacího programu v základních školách v naprosté většině formou integrace do více vyučovacích předmětů, dále pak formou projektových dnů a kurzů, z toho cca dvě pětiny škol využívají pro tuto formu výuky nabídky externích subjektů. Naprosto minimálně se vyučují jako samostatný předmět (na 1. stupni ZŠ v 0,6 % případech, na 2. stupni v 5,7 %). Podobné začlenění EVVO do výuky jsme analyzovali i na 10 základních školách v našem výzkumu.

#### 1.4 UČEBNICE JAKO PRVEK KURIKULA

Školní učebnice funguje jako prvek kurikula, tj. prezentuje výsek plánovaného obsahu vzdělání, a jako didaktický prostředek, tj. je informačním zdrojem pro žáky a učitele, řídí a stimuluje učení žáků (Průcha, Walterová & Mareš, 2013: s. 323). I když učebnice nepatří mezi závazné výukové dokumenty, nezanedbatelnou měrou formují fakta, která jsou do výuky začleňována (Driscoll, Moallem & Dick, 1994; Mikk, 2007). Učebnice jako didaktický prostředek jsou v procesu výuky využívány žáky i učiteli, proto mají své nezastupitelné místo i v éře audiovizuální a ICT. Mimo jiné hrají důležitou roli i v plánování a organizaci výuky, motivují žáky ke studiu a poskytují jim kontrolu vyučovacího procesu, jsou metodologickou inspirací pro učitele (Průcha 1998, 2006; Klapko, 2006; Kasíková, 2011; Stará & Krčmářová, 2014). Z těchto důvodů jsme jako hlavní zdroj výběru environmentálních fenoménů pro výzkum použili z kurikula právě učebnice, a to ty, které jsou používány na 10 základních školách participujících v našem výzkumu.

#### 1.5 FENOMÉNY A JEJICH PŘÍPADNÉ MISKONCEPCE

Znalost toho, jaká část učiva nebo přímo jaké pojmy (fenomény) představují pro žáky problém při začleňování do stávající struktury jejich vědomostí, je nezbytným předpokladem úspěšné realizace výuky. Existuje celá řada postupů, jak tyto „problematické“ pojmy odhalovat (Škoda & Doulík, 2005), ale jen některé jsou realizovatelné v běžné pedagogické praxi. Každý učitel si se stoupající zkušeností vytváří subjektivní pohled na obtížnost jednotlivých fenoménů. Tento příspěvek komparuje tyto subjektivní pohledy jednotlivých učitelů na obtížnost a případné miskoncepce (chybná, mylná představa o fenoménu) v pochopení významu či souvislostí vybraných environmentálních fenoménů a částečně objektivizuje komparaci s dalšími výzkumy v oblasti této problematiky.

Rada pro Undergraduate Science Education (1997) kategorizuje miskoncepce do čtyř skupin, které vždy souvisí s výukovým procesem (Šindelková & Plucková, 2015, s. 210):

- *předpojatosti* – představují miskoncepce, které žáci získají z různých nevědeckých zdrojů, jako jsou náboženství a vlastní přesvědčení;
- *koncepční nedorozumění* – tyto miskoncepce vznikají při samotné výuce určitého tématu, ale dochází zde k nedokonalému vysvětlení dané problematiky například díky komunikačnímu šumu mezi pedagogem a žákem;
- *nářeční (dialektové) mylné představy* – jedná se o miskoncepce pramenící z vlivu použití nevhodných slovních spojení k popsání určitého jevu (ve většině případů velice odborné termíny či zastaralá slovní spojení);

- *věcné miskoncepce* – jedná se o mylné představy vznikající v raném věku žáků a provázejí je až do jejich dospělosti.

Doulík & Škoda (2008: s. 80) uvádějí pět základních charakteristik tvorby miskoncepcí:

- Miskoncepce spojené se zrakovou a pocitovou představou, vzniklou na základě vlivu médií a vlastních zkušeností.
- Miskoncepce vzniklé na základě podobnosti slova.
- Miskoncepce vzniklé špatným pochopením učiva, kdy nebylo nabídnuto adekvátní řešení či představa. Zde je zřejmé, že žák přijal novou informaci, ale upravil si ji podle svého pojetí.
- Miskoncepce vzniklé na základě vlastního vysvětlení, které nešlo spojit s jinou představou. Dochází k vlastnímu logickému vyvození.
- Miskoncepce vzniklé ve spojitosti s předsudky.

Znalost toho, jaké fenomény jsou při začleňování do vědomostních struktur žáka problematické, může být významná také pro tvůrce učebnic, kteří by měli tuto skutečnost náležitě reflektovat při jejich tvorbě a revizích, a na tyto fenomény se výrazněji zaměřit, musí-li být v daném textu obsaženy.

Určité „souplesy fenoménů“, které by si měli žáci osvojit, v rámci tehdy ekologické výchovy, na jednotlivých stupních vzdělávání, se objevovaly v 90. letech v ČR (Činčera, 2007: s. 17). Například podle Marxe (1992: s. 8–10) by žáci 3. a 4. ročníku ZŠ měli znát jednoduché definice fenoménů: *ekosystém*, biotop a biocenóza (*společenstvo*) včetně jmenování základních druhů ekosystémů, hledání rozdílů mezi přirozenými biocenózami a antropogenními společenstvy; v 5. a 6. ročníku ZŠ by měli vysvětlit fenomény *potravní řetězec*, *adaptace*, rozebrat hlavní zdroje znečišťování životního prostředí; v 7. a 9. ročníku ZŠ se již zaměřit na studium konkrétních ekosystémů – lužní les, bučina, *doubrava*, smrčina atd., včetně důsledků negativních zásahů do nich (vyznačené fenomény se objevují i v našem výzkumu). V zahraničí byl v té době vytvořen Cherrettem (1989) seznam 50 nejdůležitějších ekologických fenoménů, jež se stal inspirací pro další výzkumy, například Munson (1994) použil pro svůj výzkum 20 fenoménů z tohoto seznamu (v našem výzkumu se z tohoto seznamu objevily fenomény druh, společenstvo, ekosystém, recyklace, potravní řetězec, *adaptace*).

V příspěvku hledáme odpověď na následující otázky:

- a) Které environmentální fenomény prolínají oběma stupni základního vzdělávání a většinou učebnic jejich ročníků?
- b) Jak tyto fenomény vnímají učitelé základní školy z hlediska obtížnosti a náročnosti ke vzniku miskoncepcí?
- c) Jaký je rozdíl ve vnímání obtížnosti fenoménů mezi učiteli 1. a 2. stupně ZŠ?
- d) Jaký je vliv délky praxe učitelů na vnímání obtížnosti námi vybraných fenoménů?

## 2 METODOLOGIE

Na základě studia a analýzy kurikula přírodovědných předmětů 1. a 2. stupně ZŠ (prvouka, přírodověda, přírodopis, příroda, vlastivěda, environmentální výchova, chemie, zeměpis) jsme vybrali 20 fenoménů, které se objevovaly zároveň v učivu 1. i 2. stupně ZŠ. Předmětem analýzy našeho výzkumu byly učebnice pro 1. stupeň

ZŠ z nakladatelství Nová Škola, Alter, Fraus, Prodos a Fortuna Praha (celkem 18 učebnic), pro 2. stupeň to bylo nakladatelství Fraus, Septima a Fortuna Praha (celkem 12 učebnic). Celkem jsme analyzovali 30 učebnic, u 28 byla uvedena doložka MŠMT, která by měla být garancí jejich celkové kvality a souladu s RVP ZV. Tyto učebnice se používají ve výuce na školách, jejichž učitelé se stali respondenty našeho výzkumu.

#### Kritéria výběru fenoménů

- Zvolené fenomény můžeme zařadit do oblasti environmentálního vzdělávání, na niž je naše diagnostika zaměřena.
- Zvolené fenomény jsou předmětem výuky v kurikulu přírodovědných předmětů na základní škole a objevují se v tomto kurikulu (zejména v učebnicích) zároveň na prvním i druhém stupni základní školy. Jelikož se na zvolených školách v 9 případech z 10 vyučovala environmentální výchova formou integrace do více vyučovacích předmětů, zvolili jsme učebnice přírodovědných předmětů (prvouka, přírodověda, přírodopis, příroda, vlastivěda, environmentální výchova, chemie, zeměpis) používané na těchto školách. Na školách se jako studijní opora, ale spíše pro učitele, než pro žáky, vyskytovaly i učebnice speciálně zaměřené na environmentální či ekologickou výchovu, jejich analýza je také součástí výsledků výzkumu.
- Výběr fenoménů jsme konzultovali spolu s metodiky na obou stupních základní školy a v předvýzkumu formou rozhovoru s 5 učiteli. Metodici doporučili zvolit do výběru i fenomény, které sice nepatří mezi klíčové v oblasti environmentálního vzdělávání, ale u kterých se může předvídat jistá obtížnost v pochopení (např. kras, koks, katalyzátor, doubrava). Zároveň metodici nedoporučili k výběru fenomény, k jejichž vysvětlení je za potřebí větší míra abstrakce, kterou žáci 1. stupně ZŠ dle teorie J. Piageta (1999) ještě nedosahují, jako jsou například skleníkový jev, což ověřili svým výzkumem Gulová & Yesilyurt, 2011, globální oteplování, kyselá dešť. Probírání těchto fenoménů na 1. stupni může být rozporuplné i vzhledem k tomu, že dle Horké (2005) není environmentální výchova „výchovou katastrofami“, není vhodné posilovat všeobecné povědomí o nebezpečích, která hrozí životnímu prostředí, spíše je vhodné směřovat jen k uvědomování si rizika. Navíc dle výzkumů mají například s vysvětlením fenoménu „skleníkový jev“ problém i studenti učitelství 1. stupně ZŠ (Khalid, 2001; Papadimitriou, 2004; Kerr & Walz, 2007; Arsal, 2010; Ocal et al., 2011; Arslan et al., 2012; Ratinen, 2013; Kroufek, 2016) nebo dokonce studenti učitelství přírodních věd (Bal, 2004). Také jsme se v předvýzkumu dohodli na nezařazení fenoménů, jejichž vysvětlení má více úhlů pohledu, případně tak širokou obsáhlost, že by mohlo být tématem samostatného výzkumu, například „ochrana přírody“.
- Mezi některými zvolenými fenomény lze najít souvislosti. Příkladem jsou fenomény: biomasa → rašelina, humus → hnojivo; biomasa → humus → hnojivo; druh → společenstvo → ekosystém; druh → společenstvo → potravní pyramida; druh → ekosystém → adaptace; fotosyntéza × dýchání; druh → společenstvo → symbióza; krajina → kras → přírodní rezervace; krajina → doubrava; biomasa – koks.

S těmito fenomény jsme osobně oslovili 70 učitelů z 10 vybraných základních škol, aby v dotazníku na škále Likertova typu (Chytrý & Kroufek, 2017) na základě své pedagogické zkušenosti a dobrého vědomí vyznačili, které fenomény činí žákům v pochopení obtížné a které naopak žáci zvládají pochopit a používat bez problémů,

případně aby svůj názor doplnili dalším textem. Respondenti v dotaznících dále také doplnili věk, pohlaví, délku pedagogické praxe.

Pokyny byly následující: „Zakroužkujte u každého fenoménu bod škály, který nejlépe vystihuje skutečnost, jak žáci 4. a 5. třídy (pro učitele 1. stupně; učitelé 2. stupně hodnotili žáky 8. a 9. třídy) chápou či umí vysvětlit fenomén. Případně doplňte o vysvětlení, co činí v pochopení fenoménu potíže, kde jsou podle Vás úskalí, zda je problém v souvislostech, ve vícevýznamnosti či jaká jiná miskoncepce se může u žáků v souvislosti s tímto fenoménem objevit či se objevuje, s čím si fenomén žáci nejčastěji pletou. Na konci dotazníku můžete doplnit i další fenomény, které jsou podle Vás důležité.“

Základní školy byly vybrány záměrným a částečně stratifikovaným výběrem. Osm z vybraných škol leží v Ústeckém kraji, jedna v kraji Olomouckém a jedna v kraji Žilinském. Na polovině z vybraných škol se věnují environmentální výchově nadstandardní měrou, tyto školy jsou nositeli titulů Ekoškola, Škola udržitelného života nebo Škola udržitelného rozvoje. Environmentální výchova je na vybraných školách začleněna do výuky formou integrace, jedna ze škol má vytvořen samostatný povinný předmět na 1. stupni, dvě školy mají vytvořen samostatný předmět na 2. stupni, z toho na jedné škole je povinný a na druhé povinně volitelný. Koordinátor EVVO je ustanoven a funguje na všech z 10 vybraných škol, v osmi případech má vystudované specializační studium. V osmi případech je na škole k dispozici pro výuku školní zahrada, v sedmi případech i přírodní učebna.

Z celkového počtu 70 osobně oslovených respondentů jich dotazník vyplnilo a odevzdalo 60. Z nich bylo 36 učitelů z 1. stupně ZŠ s délkou pedagogické praxe v intervalu 2 až 37 let, 24 učitelů bylo z 2. stupně ZŠ či osmiletého gymnázia s délkou pedagogické praxe v intervalu 3 až 36 let.

Pro srovnání učitelů prvního a druhého stupně byl u každého sečten počet bodů, udělených jednotlivým fenoménům, výsledný součet charakterizoval konstrukt „vnímání obtížnosti fenoménů“ tím kterým učitelem. Hypotéza, že data pochází z normálního rozdělení, nebyla zamítnuta (Shapiro-Wilk  $W = 0,99$ ;  $p = 0,688$ ), pro následné analýzy proto byly využity parametrické metody induktivní statistiky, konkrétně t-test a Pearsonův korelační koeficient. Reliabilita zjištěného nástroje byla měřena pomocí koeficientu Cronbachova  $\alpha$  a ukázala se jako dostatečná ( $\alpha = 0,89$ ). Validita byla zajištěna konzultací finální verze nástroje s třemi nezávislými odborníky (2 zkušeni pedagogové, 1 výzkumník).

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

V tab. 1 je zobrazeno zastoupení vybraných environmentálních fenoménů v učebnicích pro jednotlivé předměty a ročníky základní školy.

#### 3.1 PŘEHLED ZVOLENÝCH FENOMÉNŮ A JEJICH ZAŘAZENÍ V KURIKULU ZÁKLADNÍ ŠKOLY

- *Krajina* – v učebnicích nejvíce zmiňovaný fenomén z těchto 20 vybraných, a to v souvislosti s typy krajiny, reliéfem krajiny, ochranou krajiny, geologickými základy české krajiny, s vlivy činitelů na utváření krajiny, s porovnáním původní a kulturní krajiny a s orientací v krajině. Možná pro žáky zavádějící může být řazení kapitol v prvouce pro 3. ročník (Štiková, 2011: s. 13–19), kdy je bezprostředně před podrobným rozbořením tématu krajina zařazena kapitola o 14 kra-

Tab. 1: Zařazení vybraných environmentálních fenoménů do učebnic

VYBRANÉ FENOMÉNY:	ANALYZOVANÉ UČEBNICE PŘEDMĚTŮ: (v tabulce jsou uvedené ročníky učebnic, ve kterých se objevovaly analyzované fenomény)						
	prvouka	přírodověda	vlastivěda	přírodopis	chemie	zeměpis	ekologie
krajina	3.	5.	4.	6., 7., 9.	9.	6., 7., 8., 9.	ano
biomasa		5.		9.	9.	9.	ano
humus	3.	4., 5.	4.	6., 9.		6., 9.	ano
recyklace	3.	4., 5.		9.	8., 9.	9.	ano
rezervace	3.		4.	6., 7.		6., 7., 8., 9.	ano
rašelina	3.			7., 9.	9.		ano
kras		4., 5.	4., 5.	6., 8., 9.	8.	8.	
symbióza		4.		6., 7., 8.			ano
hnojivo	3.	4., 5.		6.	8., 9.	6., 7., 8., 9.	ano
katalyzátor	3.	4.		6.	8., 9.		
druh		4.		6., 7., 8.	8., 9.	6., 7., 8., 9.	ano
ekosystém		4.		6., 7., 8.		6., 7., 8., 9.	ano
společenství/o	3.	4., 5.		6., 7.		6., 9.	ano
doubrava/y		4., 5.		7.			ano
koks		5.	4.		8., 9.	6., 8., 9.	
fotosyntéza	3.	4., 5.		6., 7.	9.	6.	ano
potravní řetězec		4.		6., 7., 8.		6., 7.	ano
dýchání	3.	4., 5.		6., 7., 8.	8., 9.	7.	ano
ozonová vrstva		4.		6., 9.	8., 9.	9.	ano
adaptace		4.		8.			ano

jích ČR, žáci mohou tyto fenomény zaměnit. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 43, 44, 45, 77, 79, 80, 81, 133, 137) je *krajina* součástí učiva vzdělávacího oboru *Člověk a jeho svět* – (místní a okolní krajina, rozmanitost krajiny, vliv krajiny, poloha v krajině), zeměpisu (typy krajin, místní krajina, orientace v krajině, hranice v krajině) a průřezového tématu *Environmentální výchova* (dále označováno PT EV) – okruhy Ekosystémy a Lidské aktivity a problémy ŽP (kulturní krajina, změny v krajině, zemědělství v krajině) a PT *Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech* – (evropské krajiny).

- *Biomasa* – v učebnicích zmiňována v souvislosti s obnovitelnými zdroji, s využitím jako paliva. Pouze v učebnicích ekologie je biomasa zmiňována také jako organický základ rostlin a živočichů. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 64) je *biomasa* součástí učiva vzdělávací oblasti *Člověk a příroda* – (používání obnovitelných zdrojů).
- *Humus* – v učebnicích se vyskytuje zejména v kapitolách o typech půdy. Je zde popsán vznik humusu, jeho vliv na úrodnost půdy, také například úloha lišejníků a význam žížal pro vznik a tvorbu humusu (prvouka pro 3. ročník, přírodověda a vlastivěda pro 4. a 5. ročník, přírodopis 6. ročník). V učebnicích ekologie je nastíněna rovněž problematika nadměrného používání průmyslových hnojiv a těžké mechanizace na vytváření humusu.
- *Recyklace* – v učebnicích rozebírána zejména recyklace odpadů (hlavně plastů a papíru) a kovů; v přírodovědě pro 5. ročník a v přírodopisu pro 9. ročník je ovšem zařazena i recyklace elektrárenského popílku a jeho využití ve stavebnictví. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 71, 137) je *recyklace* součástí učiva vzdělávacího



oboru chemie (využívání druhotných surovin, recyklace surovin) a PT EV – okruh Lidské aktivity a problémy ŽP a Vztah člověka k prostředí (druhotné suroviny, řešení odpadového hospodářství). Také je to možný námět v dokumentu Doporučené očekávané výstupy (DOV) pro environmentální výchovu (Pastorová et al., 2011; Činčera, 2011: s. 60, 62) – (zacházení s odpady od minulosti po současnost, třídění odpadu a využití druhotných surovin).

- *Přírodní rezervace* – hojně používaný fenomén v souvislosti s ochranou přírody nebo cestovním ruchem, v učebnicích zeměpisu se také často vyskytuje spojení *biosférická rezervace* (oblast uznaná v rámci UNESCO). V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 76, 79, 137) je *rezervace* součástí učiva vzdělávacího oboru přírodopisu (ochrana přírody, chráněná území), zeměpisu (chráněná území přírody) a PT EV okruhu Lidské aktivity a problémy ŽP (ochrana přírody a kulturních památek).
- *Rašelina* – uvedena v kapitolách o rašeliníku a rašelinistích (přírodopis pro 7. ročník), ale také v souvislosti s fosilním palivem a typem organogenního sedimentu (přírodopis pro 9. ročník) či zdrojem energie (prvouka pro 3. ročník). V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 73) může být *rašelina* součástí učiva vzdělávacího oboru přírodopisu (mechorosty).
- *Kras* – v učebnicích popisována podstata krasových jevů, vznik Moravského a Českého krasu, specifika zajímavých krasových oblastí, ale také tvrdost vody z těchto krasových oblastí (chemie pro 8. ročník). Nad vznikem krápníků v jeskyních se již zamýšlejí učebnice přírodovědy pro 4. a 5. ročník; učebnice vlastivědy pro 4. ročník zase zmiňuje těžbu vápence na území Českého a Moravského krasu (Štiková & Tabarková, 2011: s. 36).
- *Symbióza* – rozebírána ve vztazích mezi organismy či populacemi, konkrétně pak u lišejníků, dále jako mykorhiza (toto označení se ale v učebnicích nepoužívá, pouze popis této formy symbiózy; přírodověda pro 4. ročník, přírodopis pro 6. ročník), symbióza hlízkovitých bakterií s bobovitými rostlinami (přírodopis 7. ročník) či bakterií v tlustém střevě člověka (Jurčák & Froněk, 1997: s. 13) nebo bakterií v žaludku přežvýkavců (přírodopis 8. ročník). Na prvním stupni se tento vztah popisuje, ale někdy se místo symbiózy označí jen za *soužití*. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 72) je *symbióza* součástí učiva vzdělávacího oboru přírodopisu (symbióza u lišejníků).
- *Hnojivo* – v učebnicích přírodopisu 6. ročníku zmiňováno v souvislosti s využitím řas, více řešeno v zeměpisu v kapitolách o hospodářství, rostlinné výrobě a chemickém průmyslu, obživě lidstva, půdním fondu ČR, v chemii v souvislosti s NPK hnojivy. V učebnici přírodovědy pro 4. a 5. ročník je zdůrazněn význam přirozených hnojiv. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 48, 71, 107) je *hnojivo* součástí učiva vzdělávacího oboru *Člověk a jeho svět* – (výživa rostlin), *Člověk a svět práce* – (výživa rostlin) a chemie (průmyslová hnojiva).
- *Katalyzátor* – v chemii v 8. ročníku vysvětlen princip katalyzátoru ve výfuku automobilů, v chemii v 9. ročníku vysvětlen princip katalyzátoru jako *urychlovače* či *umožňovače* chemických reakcí. V učebnici přírodovědy pro 4. ročník vysvětlen princip katalyzátoru ve výfuku automobilů, ale fenomén katalyzátor byl nahrazen termínem *zařízení* (Podroužek et al., 1994: s. 124), zatímco v učebnici prvouky pro 3. ročník je fenomén katalyzátor použit (Štiková, 2002: s. 61) stejně jako v učebnici přírodopisu pro 6. ročník (Jurčák & Froněk, 1997: s. 9). V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 80) je *katalyzátor* možnou součástí učiva vzdělávacího oboru chemie (katalýza).

- *Druh* – jeden z nejvíce zmiňovaných vybraných fenoménů. V učebnicích se vyskytuje jako nomenklaturní jednotka soustavy organismů (přírodověda pro 4. ročník, ale zejména přírodopis 6.–8. ročník), ale také jako třídící jednotka (druh práce, krvácení, map, dopravy, nákladu, potravin, atomů, uhlí, hasicího přístroje apod.). Dále jsou druhy řešeny i v rámci biodiverzity (druhovité rozmanitosti). V RVP ZV (NÚV, 2017) je *druh* součástí učiva vzdělávacího oboru *Člověk a jeho svět* (druhy zvířat, hub a rostlin), přírodopisu (systém rostlin, hub a živočichů, ochrana druhů, půdní druhy) a PT EV okruhu Ekosystémy (druhovité odlišnost, druhová rozmanitost, ochrana biologických druhů).
- *Ekosystém* – v učebnicích je rozebírán jeho vznik, ochrana a vztahy v něm a také dělení ekosystémů (na přírodní a umělé, či suchozemské a vodní). V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 72, 75, 76, 79, 137) je *ekosystém* součástí učiva vzdělávacího oboru přírodopisu a PT EV (celý okruh Ekosystémy + biodiverzita v okruhu Základní podmínky života). Také je to možný námět v dokumentu DOV pro EV (Pastorová et al., 2011; Činčera, 2011: s. 55, 57, 58, 60, 65) – (poznávání ekosystémů a jejich porozumění, rovnováha v ekosystému a její narušení, vztah mezi stavem ekosystému a lidskou činností).
- *Společenstvo* – v učebnicích často zmiňováno jako součást ekosystému, rozdělení na rostlinné a živočišné, vztahy mezi nimi (například prvouka pro 3. ročník; přírodověda pro 4. a 5. ročník – různé typy přírodních společenstev a jejich rozmanitost). V učebnici zeměpisu (9. ročník) vysvětlováno společenstvo jako federace. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 48, 51, 52, 61, 74, 75, 76, 116, 122, 123, 129, 130) je *společenstvo* součástí učiva vzdělávacího oboru *Člověk a jeho svět* (základní společenstva v regionech a okolí) a přírodopisu (rostlinná a živočišná společenstva – příklady, rozlišení, vztahy). V jiném významu je fenomén *společenstvo* užit také ve vzdělávacím oboru výchova k občanství (vztahy ve společenstvích, kulturní společenství, mezinárodní organizace a společenství), etická výchova (společenství třídy, taneční a pohybová výchova (vytváření společenství), PT *Výchova demokratického občana* (partnerství a demokratické společenství). Také je to možný námět v dokumentu DOV pro EV (Pastorová et al., 2011; Činčera, 2011: s. 58) – (vysvětlí princip vazeb mezi jednotlivými úrovněmi organizace živých organismů – jedinec, populace, společenstva)
- *Doubrava* – v učebnici EV výchovy (Kvasničková, 1997: s. 44; Matějček, 2007: s. 21) velmi pěkně graficky znázorněna výšková stupňovitost vegetace na našem území (včetně doubrav). Dále je tento fenomén zmíněn v souvislosti s dubem letním v učebnici přírodovědy pro 4. ročník (Štiková, 2010: s. 23) a přírodopisu pro 7. ročník (Jurčák & Froněk, 1998: s. 114).
- *Koks* – v učebnicích zeměpisu 6., 8. a 9. ročníku zmiňován v souvislosti se zpracováním a využitím černého uhlí, v učebnici chemie (8. ročník) při popisu výroby železa. Zajímavé je, že v učebnici chemie (9. ročník) je termín koks použit v souvislosti se zpracováním černého uhlí (Škoda & Doulík, 2007: s. 89), ale zároveň i jako slangový výraz pro kokain (Škoda & Doulík, 2007: s. 44). Učebnice vlastivědy pro 4. ročník zase zmiňuje výrobu koksu z černého uhlí i jeho využití k výrobě železa a oceli (Štiková & Tabarková, 2011: s. 37). V RVP ZV (NÚV, 2017, s. 71) je *koks* možnou součástí učiva vzdělávacího oboru chemie (průmyslově vyráběná paliva).
- *Fotosyntéza* – velmi podrobně je fotosyntéza rozebírána v chemii pro 9. ročník v kapitole o sacharidech (vznik glukosy), dále v samostatné kapitole, kde je popsána rovnice, samotný proces i podmínky fotosyntézy. Na druhou stranu

ale v učebnicích přírodopisu i zeměpisu pro 6. ročník (nakladatelství Fraus) je fotosyntéza popsána jen v souvislosti s výrobou kyslíku, není zmíněna výroba glukosy (respektive cukru). Další zmínka o fotosyntéze je v přírodopisu pro 7. ročník v souvislosti se stavbou listu. To v učebnicích přírodovědy pro 4. ročník a přírodopisu pro 6. ročník (nakladatelství Prodos) jsou popsány oba produkty fotosyntézy (cukry a kyslík), je zde zmíněn již i fenomén *chlorofyl* včetně jeho českého ekvivalentu *zeleně listová* (Štiková, 2010: s. 9; Jurčák & Froněk, 1997: s. 8, 18). V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 70, 73) je *fotosyntéza* součástí učiva vzdělávacího oboru chemie (výchozí látky a produkty fotosyntézy, její podmínky) a přírodopisu (fyziologie rostlin – základní podmínky fotosyntézy).

- *Potravní pyramida (řetězec)* – tyto fenomény jsou hojně používány v souvislosti s potravní závislostí a potravními vztahy rostlin a živočichů (přírodověda pro 4. ročník, přírodopis 6.–8. ročník, zeměpis 6.–7. ročník). Poněkud nešťastně vidíme tento fenomén zvolený v učebnici přírodopisu (8. ročník), kdy je jako potravní pyramida popsán obrázek potravinové pyramidy (seřazení potravin dle jejich výživové hodnoty), což může žáky zmást. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 73, 76) je *potravní* součástí učiva vzdělávacího oboru přírodopisu (potravní řetězce – tvorba a jejich podstata). Také je to možný námět v dokumentu DOV pro EV (Pastorová et al., 2011; Činčera, 2011: s. 57, 58) – potravní vztahy a vazby mezi organismy.
- *Dýchání* – je podrobně rozebíráno v učebnicích prvouky pro 3. ročník a hlavně přírodovědy pro 4. a 5. ročník (dýchání rostlin, dýchací soustava člověka, vliv znečištění ovzduší na dýchání) a přírodopisu 6.–8. ročníku (projev života, buněčné dýchání v mitochondriích, dýchání různých druhů živočichů, dýchací soustava člověka), také v obou ročnících chemie. V zeměpisu (7. ročník) je rozebírána problematika dýchání ve vysokohorském prostředí. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 18, 19, 72, 73, 85, 103) je *dýchání* součástí učiva vzdělávacího oboru přírodopisu (projevy života – dýchání, fyziologie rostlin – základní podmínky dýchání), ale také oboru hudební výchova (pěvecké dovednosti – dýchání), zdravotní tělesná výchova (hrudní a brániční dýchání), český jazyk a literatura (tempo řeči a pravidelné dýchání, mluvený projev).
- *Ozonová vrstva* – je popsána zejména v učebnicích přírodopisu a zeměpisu pro 9. ročník (složení atmosféry, problematika ozonové díry a freonů, objasnění vzniku přízemního ozonu a jeho vlivu na člověka). Podobná problematika je rozebírána i v obou ročnících chemie, možná za nepříliš šťastné považujeme umístění zmínky o ozonu na stejnou stránku v učebnici, kde jsou informace o skleníkovém efektu (Škoda & Doulík, 2007: s. 31), žáci mají někdy tendenci tyto fenomény plést dohromady (navíc je na stejné stránce zmínka i o kyselých deštích). V přírodopisu pro 6. ročník je v souvislosti s výkladem změny atmosféry během vývoje života použit fenomén *ozonosféra* (Jurčák & Froněk, 1997: s. 9). V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 69) je *ozon, ozonová vrstva* součástí učiva vzdělávacího oboru chemie (ozonová vrstva).
- *Adaptace* – tento fenomén se objevuje v učebnicích častěji v podobě ekvivalentu *přizpůsobení* (přírodověda 4. ročník, přírodopis 8. ročník). Adaptace je podrobněji rozepsána v učebnici ekologie (Kvasničková, 1997) jako přizpůsobení se prostředí buněk, rostlin, živočichů, člověka, také jsou zde popsány meze adaptace organismu. V RVP ZV (NÚV, 2017: s. 48, 58, 73, 74, 75, 99, 100, 103) je *adaptace, přizpůsobení* součástí učiva vzdělávacího oboru *Člověk a jeho svět* (přizpůsobení organismů prostředí), přírodopisu (přizpůsobení se někte-

rých rostlin a živočichů podmínkám prostředí včetně souvislosti s vývojem Země). V jiném kontextu je fenomén *adaptace* užit také ve vzdělávacím oboru výchova k občanství (adaptace na životní změny) a tělesná výchova (adaptace na vodní prostředí, adaptace na zvýšenou zátěž). Také je to možný námět v dokumentu DOV pro EV (Pastorová et al., 2011; Činčera, 2011: s. 57) – adaptace na stresové faktory prostředí.

### 3.2 ZPRACOVÁNÍ DOTAZNÍKŮ

Respondenti u každého fenoménu vyjádřili svůj postoj ohledně jeho obtížnosti, dále se někteří k fenoménu vyjadřovali ještě slovně (viz. komparace subjektivních pohledů). Jednotlivým stupňům škály byly přiděleny body (č. 5 tvrzení *téměř všichni žáci pochopili význam*, č. 4 tvrzení *většina pochopila význam*, č. 3 tvrzení *polovina pochopila význam*, č. 2 tvrzení *většina nepochopila význam*, č. 1 tvrzení *téměř všichni nepochopili význam*). Respondentů bylo 60, tudíž každý fenomén mohl získat od 60 do 300 bodů. Součty bodů byly rozděleny v přibližném poměru 2/5 – 1/5 – 2/5 (konkrétně 42 % – 16 % – 42 %) tak, jak ukazuje tab. 2.

Tab. 2: Rozdělení zkoumaných fenoménů dle obtížnosti

fenomény pro žáky snadno pochopitelné (300–200 bodů)		fenomény pro žáky průměrně pochopitelné (199–161 bodů)		fenomény pro žáky obtížně pochopitelné (160–60 bodů)	
fenomény	body	Fenomény	body	fenomény	body
recyklace	262				
dýchání	259				
hnojivo	239	humus	199		
krajina	238	symbióza	182	koks	158
potravní pyramida	238	adaptace	175	doubrava	142
fotosyntéza	235	kras	166	biomasa	139
přírodní rezervace	223	rašelina	166	katalyzátor	112
ozonová vrstva	211				
ekosystém	206				
společenstvo	204				
druh	200				

### 3.3 KOMPARACE SUBJEKTIVNÍCH POHLEDŮ RESPONDENTŮ NA OBTÍŽNOST A PŘÍPADNÉ MISKONCEPCE V POCHOPENÍ VÝZNAMU ČI SOUVISLOSTÍ VYBRANÝCH ENVIRONMENTÁLNÍCH FENOMÉNŮ

- *Krajina* – žáci ji vnímají jako přírodní prostředí, vzhled zemského povrchu, dokážou vysvětlit na svém okolí, obecné vyjádření je pro ně složité; chápou obecně, intuitivně, problémem je třeba ale pojem „městská krajina“. Jinak vnímána našimi R (respondenty, dále uvádíme jen R) jako snadno pochopitelný fenomén.
- *Biomasa* – žáci zaměňují s *biomaso*, chápou jako zdravé maso, maso z bio chovu, z farmy; rozumí jen v souvislosti se spalováním, obecně hůře, dle R je zde nízká představivost, těžko se ukazuje, vysvětluje. Je vnímána R jako velmi obtížně pochopitelný fenomén. Dle zahraničních výzkumů se v otázkách množství biomasy v potravní pyramidě (Brehm et al., 1986) žáci domnívali, že horní patro potravní pyramidy obsahuje více biomasy, neboť organismy zde jsou větší, než v dolních patrech pyramidy.

- *Humus* – žáci často vnímají tento fenomén jako označení něčeho nechutného, někteří pletou s *hummus* (cizrnová pomazánka, zdravá strava). Dle výzkumu patří mezi průměrně pochopitelný fenomén.
- *Recyklace* – dle R se žáci (dále uvedeno pouze Ž) setkávají s fenoménem průběžně po celou školní docházku a nečiní jim žádný problém, jsou schopni vysvětlit na příkladech. Velkou výhodou v pochopení viděli R z Ekoškol, jež se věnují nadstandardně třídění odpadu i recyklaci. Zřejmě proto se v našem výzkumu stala *recyklace* nejsnadněji pochopitelným fenoménem. Výjimečně R poukazovali na možnost omezení žáka na pohled recyklace jen jako na třídění odpadu (pletou si recyklaci s tříděním odpadu). K tomuto závěru došel ve svém výzkumu i Glazar et al. (1998), kde slovinským žákům činilo problém vysvětlit důvody třídění odpadu a princip vzniku recyklovaného papíru, ačkoliv druhy odpadu ovládali dokonale.
- *Přírodní rezervace* – dle R jde o fenomén snadno pochopitelný a často užívaný ve výuce, pro Ž všeobecně známý i z výletů, exkurzí a škol v přírodě. Někteří Ž ovšem již nerozlišují typ chráněného území (přírodní rezervace, NP, CHKO). Výhodu spatřovali R, jejichž škola se nachází v CHKO (Litovelské Pomoraví). Někteří R poukazovali na to, že Ž používají ve výkladu tohoto fenoménu definici kruhem.
- *Rašelina* – dle R žáci znají rašelinu ze školy i z rodin (přesazování květin, zahradnictví), minimální počet Ž však objasní princip vzniku, proto ji R zařadili do průměrně pochopitelného fenoménu (stejný počet bodů získal i „kras“). Někteří Ž znají rašelinu (exkurze, výlety, školy v přírodě, blízké okolí – jako například ZŠ z Krupky – rašelinu na Komáří Vížce).
- *Kras* – dle R si na základě kmene slova Ž mnohdy představují něco krásného, okrasného, krásnou přírodu. Další skupina Ž si spojí kras s jeskyní a s krápníky, určitě ale nevysvětlí princip vzniku, na což upozorňuje také Doveová (2016); či zde nenajdou souvislosti chemie a geologie. Výhodu spatřovali R, jejichž škola se nachází v okolí Mladečských krasových jeskyň.
- *Symbióza* – dle R se probírá celkem často, dává do kontextu v různých předmětech, takže by Ž měli vědět, ale bývá to pro ně špatně srozumitelné slovo, někdy hledají Ž těžko přesné vyjádření. R doporučují vyučovat tento fenomén současně s českým ekvivalentem *soužití* a zařadili ho do průměrně pochopitelných.
- *Hnojivo* – dle R snadno pochopitelný fenomén, je zde konkrétní spojení s praktickým užitím, Ž znají i z domova, médií apod. Glazar et al. (1998) poukazuje ve svém výzkumu, že slovinští žáci znají použití kompostu, ale mají potíže s vysvětlením principu jeho vzniku.
- *Katalyzátor* – dle R problematický, obtížně pochopitelný fenomén už i z pohledu výslovnosti, srozumitelnější by byl nějaký český ekvivalent. Pro Ž většinou *cosi v autě*, jen někteří identifikují, že je součástí výfuku, již ale nevědí, proč tam je (dokonale spálí palivo), nespojují si s chemií (chybí širší pojetí z chemie); Ž nevědí, jak pracuje, k čemu pořádně slouží a jak vypadá.
- *Druh* – Ž se sice s fenoménem setkávají, ale nevědí, jak vysvětlit; ve výuce je mnohdy více používán jako třídící jednotka, ne nomenklaturní; někteří Ž mohou pochopit ve smyslu *životní partner, přítel*. Tento fenomén je pro Ž příliš abstraktní, nedokážou ho definovat, ale dokážou uvádět příklady, což je ve shodě se závěry Allena (2015). Někteří žáci také nerozumí základnímu pojetí druhu (Munson, 1994).

- *Ekosystém* – pro Ž je obtížné se vyjádřit, i když fenomén znají; neumí si představit vzájemné vztahy, souvislosti všech částí ekosystému, ale i třeba velikost ekosystému; zapomínají na jeho neživou složku; nejlépe žákům ukazovat a vysvětlovat venku na konkrétním ekosystému. Přesto R *ekosystém* zařadili mezi snadno pochopitelné fenomény. Dle Brehma (1986) žáci ekosystém nevnímají jako funkční celek, ale jako *sbíрку organismů*. Někteří žáci se také domnívají, že ekosystém poskytuje nevyčerpatelné zdroje energie pro neomezený růst populací (Munson, 1994).
- *Společenstvo* – Ž fenomén nevztahují k ekologii, ale ke společenským vědám; používají ho pouze v souvislosti s lidmi, někteří znají jen z trilogie *Pán prstenů*. Přesto R opět zařadili mezi snadno pochopitelné fenomény.
- *Doubrava* – dle R si Ž neumí logicky fenomén přiřadit k dubu; jinak jde o velmi málo ve výuce používaný a obtížně pochopitelný fenomén. Někteří Ž si pletou fenomén *doubrava* s *Doubravkou* (vzhledem k bydlišti respondentů je Doubravkou myšlen název pro hrad v okrese Teplice). Také se může splést s názvem města či řeky.
- *Koks* – téměř všichni R se shodli, že Ž znají koks ve významu droga, nikoli černouhelný koks (jako první jim *naskočí* drogy, jiný význam až po přiblížení do jiné sféry), proto R zařadili mezi obtížně pochopitelné fenomény.
- *Fotosyntéza* – jde o fenomén velmi často používaný ve výuce, přesto pro Ž obtížný k vysvětlení; znají ho, ale neumí se vyjádřit, zejména mladší Ž si neumí abstraktně tento fenomén představit. Dále ho Ž velmi často vnímají pouze pro význam produktu kyslíku a ne cukru (takto ho ovšem vnímali i někteří naši respondenti – učitelé 1. stupně ZŠ), což ověřily mnohé výzkumy (Treagust & Haslam, 1986; Özay & Öztaş, 2003; Köse, 2008); někteří o něm mluví jako o *dýchání rostlin* (jasná miskoncepce). Žáci také mohou mít problém s rozlišováním a vysvětlováním fenoménů *fotosyntéza* a *dýchání*, což ověřily mnohé výzkumy (Haslam & Treagust, 1987; Osuská & Pupala, 1996; Özay & Öztas, 2003; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Yenilmez & Tekkaya, 2006; Ray & Beardsley, 2008; Švandová, 2013). V tomto vysvětlování se ovšem mýlí i studenti učitelství (Bajd, Praprotník & Matyášek, 2010; Çokadar, 2012) i studenti dalších vysokých škol (Anderson, Sheldon & Dubay, 1990). Výzkum Mílkvy a Helda (2013) ohledně fotosyntézy poukázal na to, že někteří žáci SŠ pokládají světlo za živinu důležitou pro rostlinu. Dle výzkumu Dimca & Strgara (2017) není ohledně vývoje koncepce tohoto fenoménu žádný rozdíl mezi žáky základních a středních škol. Taktéž Cañal (1999) uvádí, že žáci získávají miskonsepce o fotosyntéze jako o *inverzním dýchání* na základní škole a tato miskoncepce jim zůstává i na škole střední (Čipková, Karolčík & Vörösová, 2017). Přesto R *fotosyntézu* zařadili mezi snadno pochopitelné fenomény.
- *Potravní pyramida* – dle R je pro Ž snadno představitelné i vysvětlitelné, což je „základ úspěchu“; možno ale splést s potravinovou pyramidou. Žáci se také mnohdy domnívají, že se organismy umístěné ve vyšších patrech pyramidy žijí vším, co se nalézá v patrech pod nimi (Griffiths & Grant, 1985). Také někdy do potravních řetězců zahrnují pouze konzumenty různých řádů, ale ne producenty (Gallegos et al, 1994). Výzkumy ovšem ukázaly (Çinar, 2016), že logické vysvětlení propojení mezi producenty, konzumenty a rozkladači může činit problém i studentům učitelství.
- *Dýchání* – dle R si Ž vyprofilují pouze s dýcháním u lidí; je pro ně obtížné si představit, že existují jiné dýchací orgány než plíce nebo že i rostliny dý-

chají, což potvrdily mnohé výzkumy (Çakir et al., 2002; Yenilmez & Tekkaya, 2006; Köse, 2008; Keleş & Kefeli, 2010; Al Olaimat, 2010). Na základě této miskoncepce si žáci myslí, že fotosyntéza je dýchání rostlin (Köse, 2008; Keleş & Kefeli, 2010; Švandová, 2013). Většina Ž vůbec neřeší buněčné dýchání (což u Ž 1. stupně ani nevyžadujeme) nebo se domnívá, že buněčné dýchání je jen výměna plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím (Treagust & Haslam, 1986; Yenilmez & Tekkaya, 2006). Většina studentů pedagogických fakult ve výzkumu odpověděla, že se princip dýchání u rostlin a u živočichů liší (Bajd, Praprotník & Matyášek, 2010). Pochopení podstaty tohoto fenoménu již bylo řešeno výše. Výzkumy prokázaly (Amir & Tamir, 1990; Köse, 2008), že mnoho žáků vnímá proces dýchání i fotosyntézy jen jako výměnu plynů a ne jako komplexní bi-ochemické procesy. Přesto naši R tento fenomén vnímají jako druhý nejsnáze pochopitelný.

- *Ozonová vrstva* – dle R si Ž pletou skleníkový jev, ozonovou díru a kyselé deště. Pro Ž je také problematické vyjádření k problematice fenoménu, ale mají asociaci s krémy na opalování. Jednou z rozšířených miskoncepce mezi žáky o ozonové vrstvě je ta, že je její ztenčování způsobeno vlivem výfukových plynů (Boyes & Champers, 1995; Boyes & Papantoniou, 1999; Darcin et al., 2006; Cimer et al., 2011). Další problém je spojování určitých globálních problémů mezi sebou, například problém *ozonové díry a globálního oteplování* (Ikomidis et al., 2012) – dle žáků záření pronikající otvory v ozonové vrstvě zvyšuje teplotu Země a způsobuje globální oteplování. Tento názor ovšem zastávají i učitelé a studenti učitelství (Summers et al., 2001; Selvi, 2007; Bahar et al., 2008; Çokadar, 2013; Yalcin & Yalcin, 2017). Gungordu a kolektiv ve svém výzkumu (2017) zjistil, že obdobné miskoncepce přetrvávají u středoškolských i vysokoškolských studentů. R opět vnímají jako snadno pochopitelný fenomén.
- *Adaptace* – dle R je vysvětlení fenoménu složité, důležité jsou konkrétní příklady, zařadili ho mezi průměrně pochopitelné. Ž si mohou poplést na základě podobnosti slova s adopcí. Některým Ž asociuje adaptační kurz s novými žáky. Dle Munsona (1994) považují žáci pro adaptaci důležitější sílu jedince než jeho reprodukční potenciál.

### 3.4 KATEGORIZOVANÉ PŘÍPADNÉ MISKONCEPCE SLEDOVANÝCH ENVIRONMENTÁLNÍCH FENOMÉNŮ

- Miskoncepce spojené se zrakovou a pocitovou představou, vzniklou na základě vlivu médií a vlastních zkušeností:
  - biomasa × biomaso (na první moment Ž evokuje zdravou výživu)
  - humus – Ž si představí něco nechutného
  - rašelina – dle Ž jen „hlína“ na květiny (zkušenost z domova, z pěstitelských činností, . . .)
  - přírodní rezervace – Ž mohou pochopit jako rezervaci hotelu, dovolené v přírodě
  - kras – na základě kmene slova Ž mnohdy představují něco krásného, okrasného, jakoukoliv krásnou přírodu
  - symbióza – někdy Ž evokuje nějakou záhadnou nemoc
  - koks – Ž si spíše představí slangový výraz pro kokain než upravené uhlí

- dýchání – Ž si obtížné představují, že existují jiné dýchací orgány než plíce nebo že i rostliny dýchají
- adaptace – asociace s adaptačním kurzem
- ozonová vrstva – asociace s krémy na opalování
- ekosystém – Ž se mohou domnívat, že jde o nějaký systém v ekologii.
- Miskoncepce vzniklé díky špatné srozumitelnosti fenoménu:
  - symbióza, fotosyntéza, katalyzátor, recyklace, adaptace – Ž mají mnohdy problém fenomén vůbec přečíst, vyslovit; zejména pak Ž se speciálními vzdělávacími potřebami.
- Miskoncepce vzniklé na základě podobnosti slova (zde mohou mít také potíže zejména Ž se speciálními vzdělávacími potřebami):
  - biomasa × biomaso (maso z farmy, zdravé maso, . . .)
  - humus × hummus (cizrnová pomazánka se sezamovou pastou)
  - doubrava × Doubravka (název pro hrad v okrese Teplice)
  - potravní pyramida × potravinová pyramida
  - koks × kokos
  - adaptace × adopcce
  - rašelina × rašit × vyrážka
  - krajina × kraj
  - symbióza × symbol
  - katalyzátor × katalog × ventilátor × generátor.
- Miskoncepce vzniklé díky vícevýznamnosti fenoménu:
  - katalyzátor – součástka v autě přeměňující výfukové plyny na méně škodlivé × látka urychlující či umožňující chemickou reakci, která se reakcí nepotřebává (ze stejného důvodu je i v tom autě, ale tyto souvislosti si již většina Ž nespojí vůbec) × přenesený význam pro osobu, událost či jev, která přispěje k uskutečnění jiné události × „katalyzátor nápadů“ (webová stránka)
  - druh – nomenklaturní × třídící jednotka (ve výuce více používán) × někteří Ž mohou pochopit ve smyslu *životní partner, přítel*
  - společenstvo – Ž fenomén nevztahují k ekologii, ale ke společenským vědám ve spojitosti se skupinou lidí, kamarádů
  - doubrava × Doubrava (název pro město, řeku, horu, příjmení, . . .)
  - koks – palivo vzniklé z černého uhlí × slangový výraz pro kokain
  - potravní pyramida (uspořádání potravních vztahů mezi organismy) × potravinová pyramida (uspořádání potravin na základě jejich výživové hodnoty – i v některých učebnicích se ovšem pro tento typ pyramidy používá název potravní)
  - adaptace – může být chápána i jako sociální adaptace (začlenění, zvykání) nebo filmová adaptace (převod určitého díla do filmové podoby).
- Miskoncepce vzniklé kvůli vysoké komplexitě fenoménu (je tak složitý, že je pro Ž téměř nemožné správně pochopit):
  - dýchání, krajina, fotosyntéza, ekosystém, společenstvo – R tyto fenomény označili za snadno pochopitelné, ale možná si ani oni sami neuvědomují jejich komplexitu.



- Miskoncepce vzniklé přílišnou abstrakcí fenoménu:
  - symbióza, adaptace, fotosyntéza, katalyzátor, druh, společenstvo.
- Miskoncepce vzniklé špatným pochopením učiva:
  - recyklace – pletou si recyklaci s tříděním odpadu
  - dýchání, fotosyntéza – již bylo rozepsáno výše
  - ekosystém – zapomínají na abiotickou složku či na vzájemné propojení všech částí, nebo si pletou s koloběhem látek
  - ozonová vrstva – Ž pletou a zaměňují problémy jako skleníkový jev, ozonovou díru a kyselý déšť.
- Miskoncepce vzniklé na základě vlastního vysvětlení:
  - biomasa – Ž si pamatují jen v souvislosti s použitím jako paliva, se spalováním → činí pak vlastní vysvětlení a závěry
  - přírodní rezervace – Ž již nerozlišují typ chráněného území (přírodní rezervace, NP, CHKO)
  - společenstvo – Ž fenomén nevztahují k ekologii, ale ke společenským vědám
  - fotosyntéza – Ž (ale i učitelé) velmi často vnímají pouze pro význam produktu kyslíku a ne cukru.
- Miskoncepce vzniklé ve spojitosti s předsudky:
  - fotosyntéza – je to *dýchání rostlin* – jedná se o velmi stabilní miskoncepti vyskytující se ve školách i rodinách a přetrvávající i generace.

Ve vnímání obtížnosti fenoménů mezi učiteli 1. a 2. stupně základní školy nelze odmítnout nulovou hypotézu ( $p = 0,19$ ). V tomto aspektu tedy mezi učiteli jednotlivých stupňů není statisticky významný rozdíl.

Byl prokázán statisticky významný vztah mezi délkou praxe učitelů a vnímáním obtížnosti fenoménů ( $r = 0,32$ ,  $p < 0,001$ ). Jedná se o slabou pozitivní korelaci, kdy se stoupající délkou praxe slabě, ale signifikantně stoupá také námi sledovaný konstrukt. To tedy znamená, že učitelé s delší praxí vnímají fenomény jako méně náročné než učitelé s praxí kratší. Tento trend je ovšem relativně slabý.

## 4 ZÁVĚR

Článek seznamuje s výsledky analýzy environmentálních fenoménů, které se vyskytují v učebnicích pro 1. i 2. stupeň základní školy. U dvaceti vybraných fenoménů určovali zkušeni i začínající učitelé jejich obtížnost pro pochopení žáky a případné možné miskoncepce, jež se dále kategorizovaly. Jako nejobtížnější se ze souboru dvaceti sledovaných fenoménů z pohledu pedagogů jeví fenomény koks, doubrava, biomasa a katalyzátor; průměrně obtížné se jeví humus, symbióza, adaptace, kras a rašelina; jako snadno pochopitelné označili respondenti fenomény recyklace, dýchání, hnojivo, krajina, potravní pyramida, fotosyntéza, přírodní rezervace, ozonová vrstva, ekosystém, společenstvo a druh. Toto zjištění jednak implikuje nutnost intenzivnější práce s těmito fenomény ze strany pedagoga, jednak dává prostor k dalším výzkumům.

Ty by se měly zaměřit na ověření výsledků z pohledu žáků, a to jak formou kvantitativního výzkumu, například formou didaktického testu, tak kvalitativními přístupy, které by se více zaměřily na zdroje a pozadí vzniku žákovských prekonceptů a miskonceptů. Kromě očividných výsledků takového výzkumného designu by bylo

jistě zajímavé srovnat oba pohledy na zkoumané fenomény, učitelský a žakovský, tedy analyzovat žáky tentýž 10 škol, na kterých působí respondenti našeho výzkumu.

Bez zajímavosti není ani fakt, že byl prokázán statisticky významný vztah mezi délkou praxe učitelů a vnímáním obtížnosti fenoménů ( $r = 0,32$ ,  $p < 0,001$ ). Jedná se o slabou pozitivní korelaci, kdy se stoupající délkou praxe slabě, ale signifikantně stoupá také námi sledovaný konstrukt.

Shoda ve vnímání obtížnosti fenoménů ovšem panovala napříč stupni základních škol.

Význam studia miskonceptů ve výuce lze v současnosti považovat za nesporný, neboť může pedagogovi pomoci v dalším plánování vyučovacího procesu a ve využívání výukových metod vedoucích k jejich potlačení.

## PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl díky financování specifického výzkumu č. UJEP-SGS-2017-43-006-2 v rámci studentské grantové soutěže na UJEP v Ústí nad Labem.

## LITERATURA

Al Olaimat, A. M. (2010). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to eleventh-grade students understanding of cellular respiration concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(2), 115–125.

Allen, M. (2015). Preschool children's taxonomic knowledge of animal species. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(1), 107–134.

Amir, R. & Tamir, P. (1990). *Detailed analysis of misconceptions as a basis for developing remedial instruction: The case of photosynthesis*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (Boston, MA, April 16–20, 1990).

Anderson, Ch. W., Sheldon, T. H. & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 761–776.

Arsal, Z. (2010). The greenhouse effect misconceptions of the elementary school teacher candidates. *Elementary Education Online*, 9(1), 229–240.

Arslan, H. O., Cigdemoglu, C. & Moseley, Ch. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667–1686.

Bahar, M., Bad, H. & Bozkurt, O. (2008) Pre-service science teachers' understandings of an environmental issue: Ozone layer depletion. *Ekoloji Dergisi*, 18(69), 51–58.

Bajd, B., Praprotnik, R. & Matyášek, J. (2010). Co znají studenti o dýchání: Srovnání slovinských a českých vysokoškoláků. In Škola a zdraví pro 21. století (projekt) & E. Řehulka, *Škola a zdraví pro 21. století, 2010: Výchova ke zdraví: souvislosti a inspirace* (235–241). Brno: Masarykova univerzita.

Bal, Ş. (2004). Determination of pre-service science teachers' misconceptions concerning greenhouse effect. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, (17), 102–111.

- Boyes, E. & Chambers, W. (1995). Trainee primary teachers' ideas about the ozone layer. *Environmental Education Research*, 1(2), 133–145.
- Boyes, E., Stanisstreet, M. & Papantoniou, V. S. (1999). The ideas of Greek high school students about the ozone layer. *Science Education*, 83(6), 724–737.
- Brehm, S., Anderson, C. W. & DuBay, J. (1986). *Ecology: A teaching module. Occasional paper No. 94*. East Lansing: The Institute for Research on Teaching.
- Çakir, Ö. S., Geban, Ö. & Yürük, N. (2002). Effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of cellular respiration concepts. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 30(4), 239–243.
- Cimer, S. O., Cimer, A. & Ursavas, N. (2011). Student teachers' conceptions about global warming and changes in their conceptions during pre-service education: A cross sectional study. *Academic Journals*, 6(8), 592–597.
- Çinar, D. (2016). Science student teachers' cognitive structure on the concept of "food pyramid". *International Education Studies*, 9(7), 21–34.
- Çokadar, H. (2012). Photosynthesis and respiration processes: Prospective teachers' conception levels. *Education*, 37(164), 81–93.
- Çokadar, H. (2013). Elementary science trainee teachers' perceptions and conceptual models of the ozone layer. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 3(22), 259–274.
- Činčera, J. (2007). *Environmentální výchova: od cílů k prostředkům*. Brno: Paido.
- Činčera, J. (2011). Doporučené očekávané výstupy pro environmentální výchovu. *Envigogika*, 6(2), 1–17.  
Dostupné z <https://www.envigogika.cuni.cz/index.php/Envigogika/article/view/59/63>
- Činčera, J., Jančaříková, K., Matějček, T., Šimonová, P., Bartoš, J., Lupač, M. & Broukalová, L. (2016). *Environmentální výchova z pohledu učitelů*. Brno: Muni Press.
- Čipková, E., Karolčík, Š. & Vörösová, N. (2017). Korekcia miskonceptí žiakov o fotosyntéze a dýchaní rastlín prostredníctvom bádateľsky orientovaného vyučovania. *Biologie-Chemie-Zeměpis*, 26(3), 24–34.
- ČŠI. (2016). *Tematická zpráva – Vzdělávání v globálních a rozvojových tématech v základních a středních školách*. Praha.  
Dostupné z <http://www.csicr.cz/cz/Aktuality/Tematicka-zprava-%E2%80%93-Vzdelavani-v-globalnich-a-rozvo>
- Darcin, E. S., Bozkurt, O., Hamalosmanoglu, M. & Kose, S. (2006). İlköğretim öğrencilerinin sera etkisi hakkındaki bilgidüzeylerinin ve kavram yanlışlarının tespit edilmesi. *International Journal of Environmental and Science Education*, 1(2), 104–115.
- Dimec, D. S. & Strgar, J. (2017). Scientific conceptions of photosynthesis among primary school pupils and student teachers of biology. *CEPS Journal*, 7(1), 49–68.
- Dove, J. (2016). Reasons for misconceptions in physical geography. *Geography*, 101(1), 47–53.
- Driscoll, M. P. & Moallem, M. & Dick, W. (1994). How does the textbook contribute to learning in a middle school science class? *Contemporary Educational Psychology*, 19(1), 79–100.
- Gallegos, L., Jerezano, M. E. & Flores, F. (1994). Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 259–272.

- Glazar, S. A., Vrtacnik, M. & Bacnik, A. (1998). Primary school children's understanding of municipal waste processing. *Environmental Education Research*, 4(3), 299–308.
- Griffiths, A. K. & Grant, B. A. C. (1985). High school students' understanding of food webs: Identification of learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 421–436.
- Gul, S. & Yesilyurt, S. (2011). A study on primary and secondary school students' misconceptions about greenhouse effect (Erzurum sampling). *International Electronic Journal of Environmental Education*, 1(3), 193–202.
- Gungordu, N., Yalcin-Celik, A. & Kilic, Z. (2017). Students' misconceptions about the ozone layer and the effect of Internet based media on it. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 7(1), 1–15.
- Haslam, F. & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203–211.
- Horká, H. (2005). *Ekologická dimenze výchovy a vzdělávání ve škole 21. století*. Brno: Masarykova univerzita.
- Hungerford, H. R. & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–21.
- Cherrett, J. M. (1989). Key concepts: The results of a survey of our members' opinions. In J. M. Cherrett (Ed.), *Ecological concepts* (1–16). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- 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.  
Dostupné z <http://www.scied.cz/index.php/scied/article/viewFile/591/418>
- Ikonomidis, S., Papanastasiou, D., Melas, D. & Avgoloupis, S. (2012). The anthropogenic 'greenhouse effect': Greek prospective primary teachers' ideas about causes, consequences and cures. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 768–779.
- Jurčák, J. & Froněk, J. (1997). *Přírodopis 6*. Olomouc: Prodos.
- Jurčák, J. & Froněk, J. (1998). *Přírodopis 7*. Olomouc: Prodos.
- Kasíková, H. (2011). Obsah vzdělávání. In A. Vališová & H. Kasíková (Eds.), *Pedagogika pro učitele* (143–152). Praha: Grada Publishing.
- Keleş, E. & Kefeli, P. (2010). Determination of student misconceptions in "photosynthesis and respiration" unit and correcting them with the help of cai material. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3111–3118.
- Kerr, S. C. & Walz, K. A. (2007) "Holes" in student understanding: Addressing prevalent misconceptions regarding atmospheric environmental chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1693–1696.
- Khalid, T. (2001). Pre-service teachers' misconceptions regarding three environmental issues. *Canadian Journal of Environmental Education*, 6, 102–120.
- Klapko, D. (2006). Evaluate učebnic jako cesta k optimalizaci výchovně-vzdělávacího procesu. In J. Maňák & D. Klapko (Eds.), *Učebnice pod lupou* (45–51). Brno: Paido.
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283–293.

- Krajhanzl, J. (2010). Environmental and proenvironmental behavior. In E. Řehulka (Ed.), *School and Health 21: Health Education: International Experiences* (251–274). Brno: Masaryk University.
- Kroufek, R. (2016). *Environmentální gramotnost studentů Učitelství pro 1. stupeň základní školy a možnosti jejího zjišťování* [Disertační práce]. České Budějovice: Jihočeská univerzita.
- Kvasničková, D. (1997). *Základy ekologie*. Praha: Fortuna.
- Máchal, A. (2010). *Průvodce praktickou ekologickou výchovou*. Rezekvítek, Brno. Dostupné z <http://ekovychova.unas.cz/DOWNLOAD/pruvodce%20pev.pdf>
- Marmaroti, P. & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383–403.
- Marx, J. (1992). *Ekologické hry*. Olomouc: DDM.
- Matějček, T. (2007). *Ekologická a environmentální výchova: učební text k průřezovému tématu Environmentální výchova podle Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání*. Praha: Česká geografická společnost.
- Mikk, J. (2007). Učebnice: budoucnost národa. In J. Maňák & P. Knecht (Eds.), *Hodnocení učebnic* (11–23). Brno: Paido.
- Míkva, M. & Held, L. (2013). Miskoncepce pojmů organické chemie u absolventů základních škol po školské reformě na Slovensku. *Scientia in Educatione*, 4(2), 3–19. Dostupné z <http://www.scied.cz/index.php/scied/article/view/69>
- MŠMT. (2008). Metodický pokyn MŠMT k zajištění environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty. *Metodický portál: Články*. Dostupné z <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/ZVOE/2759/METODICKY-POKYN-MSMT-K-ZAJISTENI-ENVIRONMENTALNIHO-VZDELAVANI-VYCHOVY-A-OSVETY.html/>
- Munson, B. H. (1994). Ecological misconceptions. *Journal of Environmental Education*, 25(4), 30–34.
- MŽP. (2016). *Státní program environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty a environmentálního poradenství na léta 2016–2025 (SP EVVO a EP)*.
- NÚV. (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: NÚV.
- Palmer, J. A. (2003). *Environmental education in the 21st Century*. London; New York: Routledge Falmer.
- Ocal, A., Kisoglu, M., Alas, A. & Gurbuz, H. (2011). Turkish prospective teachers' understanding and misunderstanding on global warming. *International Research in Geographical*, 20(3), 215–226.
- Osuská, L. & Pupala, B. (1996). „To je ako zázrak prírody“: fotosyntéza v žiakovom poňatí. *Pedagogika*, 56(3), 214–223.
- Özay, E. & Öztas, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68–70.
- Pastorová, M. et al. (Eds.). (2011). *Doporučené očekávané výstupy. Metodická podpora pro výuku průřezových témat v gymnáziích*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický.
- Papadimitriou, V. (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 299–307.

- Piaget, J. (1999). *Psychologie inteligence*. Praha: Portál.
- Podroužek, L., Randa, M. & Mladá, J. (1994). *Poznáváme přírodu a techniku: přírodověda pro 4. ročník základní školy*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Průcha, J. (1998). *Učebnice: teorie a analýzy edukačního média: příručka pro studenty, učitele, autory učebnice a výzkumné pracovníky*. Brno: Paido.
- Průcha, J. (2006): Učebnice: teorie, výzkum a potřeby praxe. In J. Maňák & D. Klapko (Eds.), *Učebnice pod lupou* (9–21). Brno: Paido.
- Průcha, J., Walterová, E. & Mareš, J. (2013). *Pedagogický slovník*. 7. vyd. Praha: Portál.
- Ray, A. M. & Beardley, B. M. (2008). Overcoming student misconceptions about photosynthesis: A model- and inquiry-based approach using aquatic plants. *Science Activities*, 45(1), 13–22.
- Ratinen, I. J. (2013). Primary student-teachers' conceptual understanding of the greenhouse effect: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, 35(6), 929–955.
- Selvi, M. (2007). *Biyoloji öğretmen adaylarının çevre kavramlarına ilgili algılamalarının değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış doktora tezi. Ankara: Gazi üniversitesi eğitim bilimleri enstitüsü, Ankara.
- Sousa, E., Quintino, V., Palhas, J., Rodrigues, A. M. & Teixeira, J. (2016). Can environmental education actions change public attitudes? An example using the pond habitat and associated biodiversity. *PLoS ONE*, 11(5), 1–13.
- Summers, M., Kruger, C., Childs, A. & Mant, J. (2001). Understanding the science of environmental issues: Development of a subject knowledge guide for primary teacher education. *International Journal of Science Education*, 23(1), 33–53.
- Stará, J. & Krčmářová, T. (2014). Užívání nových učebnicových materiálů učiteli 1. stupně ZŠ. *Pedagogická orientace*, 24(1), 77–110.
- Šimonová, P. (2013). *Ekologická a environmentální výchova: pracovní učebnice pro 2. stupeň ZŠ a odpovídající ročníky víceletých gymnázií*. Plzeň: Fraus.
- Šindelková, M. & Plucková, I. (2015). Nejčastější miskoncepty žáků základních škol vycházející z pojmu ochrana v chemickém kontextu. In H. Cídllová (Ed.), *XXIV. Mezinárodní konference o výuce chemie Didaktika chemie a její kontexty* (209–219). Brno: Masarykova univerzita. Dostupné z <https://munispace.muni.cz/index.php/munispace/catalog/download/780/2498/408->
- Škoda, J. & Doulík, P. (2005). Metaanalýza výzkumu dětských pojetí fenoménů z oblasti přírodovědného vzdělávání. In J. Škoda & P. Doulík (Eds.), *Pedagogicko-psychologické aspekty dětských pojetí. Sborník příspěvků z mezinárodní elektronické konference* (47–55). Ústí nad Labem: UJEP.
- Škoda, J. & Doulík, P. (2007). *Chemie 9: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus.
- Štiková, V. (2010). *Člověk a jeho svět: přírodověda pro 4. ročník*. Brno: Nová škola.
- Štiková, V. & Tabarková, J. (2011). *Poznáváme naši vlast: vlastivěda pro 4. ročník*. Brno: Nová škola.
- Štiková, V. (2002). *Prvouka 3, učebnice pro 3. ročník základní školy*. Brno: Nová škola.
- Švandová, K. (2013). Identifikace mylných představ z fyziologie rostlin prostřednictvím dvojúrovňového testu. In *Študentské fórum XIII* (21–36). Zlín.

Treagust, D. F. & Haslam, F. (1986). Evaluating secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier diagnostic instrument. In *59th annual meeting of the National association for research in science teaching*, San Francisco, California.

Yalcin, F. A. & Yalcin, M. (2017). Turkish primary science teacher candidates' understandings of global warming and ozone layer depletion. *Journal of Education and Training Studies*, 5(10), 218–230.

Yenilmez, A. & Tekkaya, C. (2006). Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education*, 15(1), 81–87.

---

VĚRA PAVLÁTOVÁ, verapavlatova@seznam.cz

ROMAN KROUFEK, kroufek@gmail.com

UJEP PF

Katedra preprimárního & primárního vzdělávání

Hoření 3083/13, Ústí nad Labem, Česká republika

## Možnosti využití škály MSELs pro testování environmentální gramotnosti na základních školách v České republice

*Silvie Svobodová, Roman Kroufek*

### Abstrakt

Príspevek prezentuje výsledky verifikace využitelnosti výzkumného nástroje MSELs (*Middle School Environmental Literacy Survey*) na základních školách v České republice. Testovány byly vybrané psychometrické vlastnosti škály jako celku i jejích jednotlivých segmentů. Zjištění byla konfrontována s výsledky prvního použití nástroje při národním výzkumu environmentální gramotnosti v USA (McBeth & Volk, 2010; McBeth et al., 2011), který probíhal u žáků šestých a osmých tříd. Cílovou skupinou výzkumu představovaného v tomto příspěvku byli žáci 6.–9. tříd základních škol v regionu Žatec. Důkazy pro validitu interpretace získaných dat byly hledány ve všech oblastech doporučených Standardy pro pedagogické a psychologické testování (AERA, APA & NCME, 2014). Ve většině případů se podařilo předložit uspokojivý soubor dokladů, které podporují využití škály u žáků druhého stupně ZŠ. Reliabilita škál Postoje, Jednání a Senzitivita dokládána koeficienty jejich vnitřní konzistence dosáhla akceptovatelných hodnot ( $\alpha > 0,75$ ) a tyto škály je možné doporučit pro realizaci výzkumů. U škály Znalosti byla zjištěna nízká reliabilita ( $\alpha = 0,55$ ). Její aplikace je možná, avšak zjištěná data musí být vzhledem k reliabilitě interpretována obezřetně.

**Klíčová slova:** environmentální gramotnost, MSELs, žáci, základní školy, Česká republika.

## Possibilities of Using the MSELs Scale for Environmental Literacy Testing in Czech Primary Schools

### Abstract

The paper presents the results of an experiment which sought to verify the usability of the MSELs (Middle School Environmental Literacy Survey) research tool in Czech primary schools. Selected psychometric properties of the scale were tested as a complex unit and also within individual segments. The findings were compared with the results of the first usage of the tool during a nationwide research of environmental literacy performed in the USA (McBeth & Volk, 2010; McBeth et al., 2011), which involved sixth- and eighth-graders. The target group for the research presented in this paper were pupils in sixth



through ninth grades attending primary schools in the Žatec region. Evidence for the validity of the interpretation of the data obtained was discussed in all areas recommended by the Standards of Educational and Psychological Testing (AERA, APA & NCME, 2014). In most cases, a satisfactory set of evidence was produced to support the use of the scale for the benefit of pupils attending 5<sup>th</sup>–8<sup>th</sup> grades of a primary school. The reliability of the attitude scales, actions and sensitivity, documented by the coefficients of their internal consistency, was within acceptable values ( $\alpha > 0.75$ ), which is why the scales may be recommended for conducting research. The knowledge scale, on the other hand, indicated low reliability ( $\alpha = 0.55$ ). Its applicability is still possible, yet the data must be interpreted carefully with respect to their reliability.

**Key words:** environmental literacy, MSELS, pupils, primary school, Czech Republic.

Cílem příspěvku je ověření, psychometrických parametrů reliability a validity, a zároveň tedy využitelnosti, zahraničního výzkumného nástroje MSELS – *Middle School Environmental Literacy Survey* (McBeth & Volk, 2010), resp. verze, kterou přeložili a modifikovali autoři článku, k testování environmentální gramotnosti žáků druhého stupně základní školy v českém prostředí.

V současnosti se můžeme setkat s několika více či méně odlišnými přístupy ke konceptu environmentální gramotnosti. V 90. letech 20. století bylo odborníky aktivně přijímáno a v mnoha výzkumech často aplikováno pojetí, při jehož definování vychází Roth (1992) zejména z cílů environmentální výchovy vymezených na konferenci v Tbilisi (UNESCO, 1977). Jeho multidimenzionální koncepci potvrdili a shrnuli do čtyř dimenzí (kognitivní; afektivní; přesvědčení o vlastním vlivu a osobní odpovědnosti; osobní a skupinové zapojení v environmentálně odpovědném jednání) Hungerford et al. (1994).

Od konce 20. století byly v průběhu několika let NAAEE (*Severoamerická asociace environmentální výchovy*) nadefinovány doporučující standardy vymezující cílové oblasti environmentální výchovy na základě hledání konsensu v týmu odborných expertů (NAAEE, 2010). Stanovené standardy koncipované do čtyř hlavních oblastí (badatelské dovednosti ve vztahu k environmentálním tématům; znalosti environmentálních procesů a systémů; dovednosti pro identifikaci a řešení environmentálních problémů; osobní a občanská odpovědnost) se staly východiskem k výzkumy podloženému vymezení environmentální gramotnosti (Hollweg et al., 2011) za účelem jejího testování v rámci mezinárodního šetření PISA 2015 (Daniš, 2013), což ovšem nebylo realizováno. S uvedenými zásadami NAAEE pro excelentní environmentální výchovu pracuje také NÚV (*Národní ústav pro vzdělávání*) při reflexi environmentální výchovy jako průřezového tématu (NÚV, 2018).

Environmentální gramotnost je v současné době vnímána jako koncept komplexně pojímající všechny rámcové cíle environmentální výchovy (Hollweg et al., 2011), český překlad uvedl Daniš (2013). Definice vychází z dlouhodobě akceptovaného dělení environmentální gramotnosti do jednotlivých dimenzí, kdy je každá z nich charakterizována výčtem samostatně měřitelných složek, jejichž vzájemný vztah není jednoznačný. Environmentální gramotnost lze tedy chápat jako komplex následujících dimenzí: znalosti (kognitivní dimenze), dispozice (afektivní dimenze), kompetence a environmentálně odpovědné jednání (konativní dimenze) (Kroufek, 2016).

Autoři článku se ztotožňují s definicí vycházející ze standardů NAAEE (Hollweg et al., 2011), protože nejkomplexněji pojímá všechny oblasti environmentální gramotnosti. Nedoporučují ovšem používání Danišem (2013) zavedeného pojmu dispozice pro afektivní dimenzi, pracuje s ním i jiná pedagogická a psychologická literatura a mohl by být mylně interpretován.

V zahraničí se na výzkumy studentů ve věku odpovídajícím žákům druhého stupně základní školy zaměřili například Jeffries et al. (2001), Bronven et al. (2004), Andrews et al. (2008), Penuel et al. (2006) či Gul a Yesilyurt (2011), kteří se orientovali zejména na environmentální znalosti a s nimi spojené miskoncepty. Naopak na environmentální senzitivitu se soustředila Bragg et al. (2013), van Petegem a Blicek (2006) se zase věnovali evaluaci programů environmentální výchovy pro žáky základních škol v Belgii a Zimbabwe.

V ČR bylo v rámci testování environmentální gramotnosti žáků druhého stupně základní školy realizováno několik výzkumů. Ze studií cílených na žáky základních a studenty středních škol lze uvést např. výzkumy Kulicha a Dobiášové (2003), Bezoušky a Činčery (2007), Činčery a Štěpánka (2007), Schovajsové (2010), Hromádky (2010), Vacínové a Matějčka (2013) a Svobodové (2013; 2016), které jsou charakteristické komplexním pojetím, tj. analýzou kombinace několika dimenzí environmentální gramotnosti, a využitím zahraničních nástrojů. Autoři se věnovali nejenom testování jednotlivých dimenzí, ale také vztahu mezi nimi a vlivu konkrétních proměnných, např. demografických či profilace školy.

Mezi nejznámější analytické nástroje vhodné pro komplexní měření environmentální gramotnosti patří MSELs (McBeth & Volk, 2010), který byl vyvinut ve Spojených státech amerických. Jedná se o nástroj orientovaný na žáky ve věku odpovídajícím zhruba druhému stupni základních škol. Je složen ze škál zaměřených na zjišťování environmentálních znalostí, postojů, senzitivity, dovedností k analýze a následnému efektivnímu řešení environmentálních problémů. V letech 2007–2009 byl v USA s využitím MSELs realizován národní výzkum environmentální gramotnosti žáků šestých a osmých tříd, první a následně druhá srovnávací fáze (McBeth & Volk, 2010; McBeth et al., 2011). Nástroj složený ze 75 položek s možností výběru odpovědí byl navržen tak, aby jeho administrace trvala max. 50 minut.

V České republice nebyl dosud tento nástroj testován v plném rozsahu, někteří výzkumníci použili pouze některé škály a kombinovali je s jinými nástroji. Vybraná část nástroje zaměřená na porozumění ekologickým konceptům, tj. environmentální znalosti, které jsou zjišťovány jednoduchým testem se 17 položkami, v nichž respondent vybírá vždy pouze jednu správnou odpověď ze čtyř možností, byla přeložena a ověřena na žácích pátého ročníku základní školy (Schovajsová, 2010). Testování modifikované škály prokázalo poměrně nízkou náročnost testu pro starší respondenty, nicméně výsledky ukázaly, že se jedná o nástroj akceptovatelný z hlediska reliability ( $\alpha = 0,63$ ) (Činčera, 2013).

V rámci prezentované výzkumné sondy bude testována využitelnost, validita a reliabilita zahraničního výzkumného nástroje MSELs pro zjišťování kognitivní, afektivní a konativní dimenze environmentální gramotnosti žáků druhého stupně základní školy v České republice.

## METODOLOGIE

Šetření zaměřené na testování využitelnosti výzkumného nástroje MSELs k měření environmentální gramotnosti žáků bylo realizováno na základních školách re-

gionu Žatec. Zařazeny byly tyto školy: ZŠ Žatec, nám. 28. října 1019, okres Louny ( $N = 96$ ), Základní škola Žatec, Komenského alej 749, okres Louny ( $N = 195$ ) a ZŠ Měcholupy, okres Louny ( $N = 53$ ). Respondenty byli žáci 6. až 9. ročníků druhého stupně ( $N = 344$ ), a to 182 dívek a 162 chlapců.

Žatecko představuje druhou nejřidčeji osídlenou oblast Ústeckého kraje (ČSÚ, 2018a). S ohledem na demografické a socioekonomické ukazatele lze konstatovat, že se nejedná o zcela typický region ČR. Aktuální podíl ekonomicky aktivních obyvatel v regionu je sice zhruba stejný jako v ČR a výrazně se neliší ani současná míra nezaměstnanosti (ČSÚ, 2018b; 2018c), ovšem z dlouhodobého hlediska se Žatecko řadí k oblastem s vyšší koncentrací sociálně slabšího obyvatelstva nízké vzdělanostní úrovně a vyšší nezaměstnaností (KÚ Ústeckého kraje, 2011). V Žatci jsou evidovány tři sociálně vyloučené lokality (MPSV, 2015).

Ústecký kraj se v současnosti řadí k regionům s nejhoršími výsledky přijímacího řízení na střední školy (CERMAT, 2017). Žáci 5. a 9. tříd v kraji znatelně zaostávají ve vědomostech (ČŠI, 2017). V rámci mezinárodního šetření PISA 2015 dosáhli v přírodovědné gramotnosti patnáctiletí žáci druhého nejslabšího výsledku ve srovnání s ostatními kraji, přičemž se jednalo o výrazně nižší úroveň, než které by měli docílit podle indexu ekonomického, sociálního a kulturního statusu (*ESCS*) (Blažek & Příhodová, 2016).

Základní školy zařazené do testování lze považovat za školy běžného typu, přičemž ZŠ Měcholupy představuje školu vesnického typu s nízkým počtem žáků, další dvě reprezentují školy městské. Z inspekčních zpráv ČŠI vyplývá, že se jedná o školy, které poskytují kvalitní vzdělávání a jeho průběh dosahuje očekávané úrovně (ČŠI, 2018).

Vzhledem k výše uvedenému lze očekávat, že žáci v našem výzkumu mohou dosahovat nižší úrovně znalostí a dovedností, která je významně podmíněna také sociokulturním rodinným zázemím, než jaká by odpovídala reprezentativnímu vzorku v rámci celé ČR.

Výzkumný nástroj MSELs, *Middle School Environmental Literacy Survey* (McBeth & Volk, 2010) byl přeložen a upraven, aby reflektoval společenské a sociální prostředí cílové skupiny. Modifikovaná verze nástroje MSELs (viz příloha 1) představuje dotazník s 59 položkami rozdělenými do šesti segmentů.

První segment je tvořen položkami identifikujícími žákův demografický background. Následujících sedmáct položek vždy s jednou správnou odpovědí ze čtyř možností je zaměřeno na environmentální znalosti, a jedná se tedy o didaktický test. V třetím segmentu jsou zjišťovány environmentální postoje, ve čtvrtém je odhalováno environmentální jednání, pátý segment je orientován na environmentální senzitivitu a dvě závěrečné položky analyzují vztah žáka k přírodě a životnímu prostředí. Míru souhlasu u těchto položek vyjadřovali respondenti na pětibodové Likertově stupnici (Chytrý & Kroufek, 2017). Jednotlivé odpovědi byly bodovány hodnotami 5 (souhlasím, velmi silný, velmi často, zcela souhlasím) až 1 (nesouhlasím, minimální, nikdy a zcela nesouhlasím). Položky reprezentující odklon od pozitivně environmentálního pojetí byly bodovány reverzně.

Testování normality dat proběhlo pomocí Shapiro-Wilkova testu normality (Shapiro & Wilk, 1965). Byla zjišťována pro škály Postoje, Jednání a Senzitivita, protože proměnná zjišťovaná těmito škálami má spojitý charakter.

Důkazy pro validitu interpretace výsledků testu byly podány v souladu se Standardy pro pedagogické a psychologické testování (AERA, APA & NCME, 2014). V rámci tohoto přístupu k validitě je vhodné podávat její doklady pro každé použití výzkumného nástroje v odlišném kontextu, tedy například pro didaktické testování,

srovnávací studii, evaluaci apod. „Validita tedy poukazuje na to, do jaké míry důkazy a teorie podporují interpretace výsledků pro navrhované využití testu.“ (AERA, APA & NCME, 2014: s. 11). Neprobíhá tedy validizace testu, ale spíše jeho využití pro specifický záměr. V našem případě je tímto záměrem testování environmentální gramotnosti žáků 2. stupně základní školy v České republice. Postupně byly hledány doklady ve všech pěti oblastech validity, tedy doklady založené na obsahu výzkumného nástroje, na jeho vnitřní struktuře, na vztahu získaných dat k dalším proměnným, na důsledcích testování a konečně na reakci respondentů na daný nástroj.

Reliabilita položek, na které se odpovídá na pětibodové Likertově stupnici, byla zjišťována výpočtem koeficientu Cronbachova alfa (Cronbach, 1951), u škály Znalosti pak byl využit Kuder-Richardsonův vzorec 20 (Kuder & Richardson, 1937), který je vhodný pro položky s dichotomickým pojetím výsledků. U všech škál byla zjišťována také Split-Half reliabilita, a to pomocí deseti náhodných výběrů a jejich následného zprůměrování.

Pro škálu Znalosti, která má charakter didaktického testu, byl dále zjišťován index obtížnosti  $P$  a koeficient citlivosti ULI (Škoda & Doulík, 2007).

## VÝSLEDKY

Výsledky testování normality rozložení získaných dat jsou uvedeny v tab. 1. Ve všech třech případech odmítáme nulovou hypotézu o normálním rozložení dat. Vzhledem k velikosti výběrového souboru by bylo možné využít také metody parametrické (Mareš, Rabušic & Soukup, 2015).

Tab. 1: Normalita jednotlivých škál nástroje MSELS

Škála	Shapiro-Wilk
Postoje	$W = 0,987; p = 0,001$
Jednání	$W = 0,992; p = 0,049$
Senzitivita	$W = 0,991; p = 0,028$

$W$  – výsledek Shapiro-Wilkova testu normality; hodnoty  $p < 0,05$  jsou statisticky významné na 5% hladině významnosti

Doklady pro validitu jsou dle preferovaného přístupu členěny do několika okruhů (AERA, APA & NCME, 2014), které více či méně korespondují s klasickým členěním validity (Hendl, 2015).

Důkaz validity založený na *obsahu výzkumného nástroje* řeší vztah jeho obsahu k platnému pojetí konstruktů, který má měřit, případně k dalším relevantním zdrojům (Sireci & Faulkner-Bond, 2014). Pomocí nástroje MSELS je v tomto výzkumu zjišťována environmentální gramotnost žáků 2. stupně základní školy. Autory používaná, výzkumy podložená definice environmentální gramotnosti (Hollweg et al., 2011) sestává ze tří dimenzí, které dohromady tvoří tuto gramotnost. Je proto namísto po obdobné struktuře pátrat u výzkumného nástroje, který navíc vznikl dříve než zmíněná definice konstruktů. Dimenze afektivní je v MSELS zastoupena hned třikrát, a to v segmentech Environmentální postoje, Environmentální senzitivita a Vztah k životnímu prostředí. Dimenze kognitivní je reprezentována segmentem Environmentální znalosti. Dimenze konativní v MSELS figuruje jednak u segmentu Environmentální jednání, jednak v segmentu Environmentální postoje, jehož položky často směřují k jednání zamýšlenému, potenciálně realizovatelnému.

U škály Environmentální znalosti je vhodné její obsah zasadit také do kontextu platných kurikulárních dokumentů. V rámci závazného kurikula obsah této škály koresponduje jednak s obsahem segmentu Základy ekologie vzdělávacího oboru Přírodopis (vzdělávací oblast Člověk a příroda), jednak s tematickým okruhem Základní podmínky života průřezového tématu Environmentální výchova (MŠMT, 2017). Významná shoda je také s klíčovým tématem Zákonitosti, které je rozpracováno v Doporučených očekávaných výstupech pro environmentální výchovu (Pastorová, 2011). Didaktický test, který je součástí MSELS, tak plně respektuje současné kurikulární dokumenty.

Nástroj byl jako celek posouzen odborníkem z oblasti environmentální výchovy a vyhodnocen z hlediska vztahu obsahu k řešenému konstruktovi jako relevantní.

Doklad validity založený na *vnitřní struktuře výzkumného nástroje* sestává z několika aspektů (Rios & Wells, 2014), z nichž bude testována reliabilita nástroje.

Výsledky testů reliability počítané pro jednotlivé škály nástroje MSELs jsou uvedeny v tab. 2 a byly doplněny o hodnoty získané tvůrci originálního testu (McBeth et al., 2008).

Tab. 2: Reliabilita jednotlivých škál nástroje MSELs

Škála	Cronbachova $\alpha$ / Kuder-Richardson 20	Split-Half	Originál (McBeth et al., 2008)
Znalosti	0,55	0,50	0,79
Postoje	0,76	0,75	0,84
Jednání	0,75	0,82	0,78
Senzitivita	0,79	0,78	0,76

Hodnoty reliability  $\alpha$  se nachází v intervalu  $(0; 1)$ ,  $\alpha > 0,7 =$  dostatečná reliabilita

Při předkládání důkazu validity založeném na *vztahu k dalším proměnným* je možné využít dva odlišné designy, predikční a souběžný (AERA, APA & NCME, 2014). První určuje, zda výsledky testu předpovídají budoucí hodnoty nějakého jiného kritéria, druhý pak pracuje s informacemi získanými ve stejném čase, v jakém je test administrován. V případě využití testu není možné vzhledem k jeho nastavení a již proběhlé administraci takové důkazy doložit. Relevantní je pouze hledat pomocí souběžného designu doklady pro validitu škály Jednání. Výsledky pomocí ní získané středně silně kladně korelují s výsledky škál Postoje ( $\rho = 0,59$ ) a Senzitivita ( $\rho = 0,52$ ). Afektivní složky environmentální gramotnosti tak pravděpodobně pozitivně ovlivňují složku konativní. V případě složky kognitivní takový vztah nalezen nebyl ( $\rho = 0,08$ ).

Relativně novým přístupem je předkládání důkazů validity založených na *důsledcích testování* (Sireci & Padilla, 2014). Jak upozorňuje Laneová (2014), význam těchto důkazů variuje v závislosti na společenské závažnosti testu a jeho možných dopadů. V případě využití MSELs k zjišťování environmentální gramotnosti žáků druhého stupně českých základních škol jsou rizika důsledků spíše nízká. Mezi pozitivní dopady lze počítat jednak příspěvek na poli základního výzkumu, kdy získaná data umožní zasadit sledovanou populaci do mezinárodního kontextu, a jednak se pedagogům a dalším realizátorům environmentální výchovy dostává do ruky nástroj, kterým je možné evaluovat dosažení výsledků jejich práce. Takové nástroje komplexního rázu zatím pro české poměry spíše chybějí (Činčera, 2013). Negativní dopady mohou být spatřovány v možném srovnávání jednotlivých základních škol či regionů, které může mít potenciálně negativní konotaci.

Posledními z důkazů validity jsou důkazy založené na *reakci* respondentů na daný nástroj. V zásadě se jedná o doklady, které zohledňují způsoby, jakými jsou data od respondentů získávána a jak je toto získávání ovlivněno variabilitou respondentů a tazatelů. Vzhledem ke způsobu administrace nástroje je míra vlivu tazatelů nízká, nástroj je administrován coby papírový dotazník, do jeho vyplňování respondenty tazatelé nijak nezasahují. Doklady validity založené na reakci respondentů úzce souvisí s doklady založenými na obsahu výzkumného nástroje, protože proces odpovídání na jednotlivé položky významně ovlivňuje jejich stavba a srozumitelnost. Ta může být odlišná pro respondenty z odlišných skupin, v případě této studie především těch založených na věku. Tato problematika byla uchopena v rámci předvýzkumu, kdy byl český překlad konzultován s nezávislým odborníkem se zkušenostmi s evaluací programů environmentální výchovy. Dále byly jednotlivé položky předkládány žákům různého věku (12–15 let), kteří připomínkovali jejich srozumitelnost. Na základě připomínek z obou těchto zdrojů byly následně položky dotazníku upraveny do současné podoby.

Pro škálu měřící znalosti, tedy didaktický test, byl dále určen index obtížnosti, který v případě celého testu činil vhodných  $P = 61$ . Při zjišťování indexu obtížnosti jednotlivých testových položek bylo odhaleno šest položek velmi snadných ( $p > 80$ ). Šlo o položky 6, 7, 8, 12, 13 a 18 (viz česká verze testu v příloze 1).

U škály Znalosti byla také zjišťována citlivost jednotlivých položek, a to výpočtem koeficientu citlivosti ULI. Výsledné hodnoty  $d$  oscilovaly v intervalu  $\langle 0,1; 0,4 \rangle$ , přičemž nevhodný vztah mezi indexem citlivosti a indexem obtížnosti byl zjištěn u položek 9, 15 a 16 (podezřelé položky s vysokým indexem obtížnosti nebyly v tomto směru analyzovány).

## DISKUSE

Byly předloženy doklady pro validitu dat získaných pomocí české verze nástroje *Middle School Environmental Literacy Survey* (MSELS), které, až na výjimky, podporují její využití u žáků druhého stupně základní školy.

Doklady validity založené na důsledcích testování pokládáme za dostatečné i vzhledem k tématu, který výzkumný nástroj řeší. Naopak nebylo možné relevantně předložit doklady založené na vztahu k dalším proměnným. Absence jedné z dimenzí důkazů, založené na specifčnosti administrace nástroje, v zásadě neohrožuje doklad validity jako takové (AERA, APA & NCME, 2014).

Doklady validity založené na obsahu výzkumného nástroje a reakci respondentů na něj taktéž saturují potřeby pro jeho validní využití. Položky korespondují s aktuálním pojetím měřeného konstruktů (Hollweg et al., 2011) i s platnými kurikulárními dokumenty. S těmi se shoduje především škála Znalosti, která ale v úplné podobě vykazuje jiné problémy. Při jejich analýzách byl zjišťován index obtížnosti a koeficient citlivosti, které poukázaly na problematické položky. Konkrétně č. 6, 7, 8, 12, 13 a 18 v případě obtížnosti a č. 9, 15 a 16 u citlivosti. Zjištěné problémy mohou být zapříčiněny nedokonalostmi v překladu, které nemusely být zcela eliminovány ani konzultací s odborníkem a samotnými respondenty v rámci předvýzkumu.

Škála Znalosti vykazuje drobné problémy také v případě dokladů založených na vnitřní struktuře sledovaného nástroje. Svou reliabilitou ( $\alpha = 0,55$ ) se od zjištění McBethové et al. (2008) výrazně liší. Hodnota reliability této škály je na samé hranici akceptovatelnosti, za přijatelnou takovou hodnotu považují Shoukri a Edge (1996), jiní autoři (Sekaran, 1992; Tavakol & Denick, 2011) ji však pokládají za nízkou. Škála

znalosti byla v minulosti využita v České republice jako samostatný nástroj, Činčera (2013) při jejím nasazení zjistil akceptovatelnou reliabilitu ( $\alpha = 0,63$ ), Schovajsová (2010) se k vnitřní konzistenci nástroje nevyjadřuje. Ani v případě vypuštění položek označených indexem obtížnosti a koeficientem citlivosti jako problematické se vnitřní konzistence škály nezvýšila a hodnota reliability tedy nerostla.

Reliabilita zbývajících škál Postoje, Jednání a Senzitivita je ve všech případech  $\alpha \geq 0,75$  a ve shodě s pracemi věnujícími se interpretaci koeficientu reliability (Sekaran, 1992; Shoukri & Edge, 1996; Tavakol & Denick, 2011) ji lze považovat za zcela akceptovatelnou. Zjištěné hodnoty (viz tab. 2) jsou také v podstatě shodné s hodnotami, ke kterým při tvorbě a prvním rozsáhlém nasazení nástroje došli McBethová et al. (2008).

McBethová et al. (2008) uvádějí reliabilitu nástroje jako celku ( $\alpha = 0,82$ ). V našem případě by taková hodnota činila  $\alpha = 0,87$ , ale její uvádění pokládáme přinejmenším za problematické, protože jednotlivé škály měří odlišné faktory a hodnoty Cronbachovy alfy je možné korektně interpretovat pouze u jednofaktorových škál.

Validizace je z podstaty věci nikdy nekončící proces, který je opětovně startován novým sběrem dat. Budoucí bádání by se v tomto kontextu mělo zaměřit na hlubší rozbor saturace jednotlivých faktorů u vícepoložkových škál a případnou další modifikaci škály Znalosti.

## LIMITY STUDIE

Limitem této studie je způsob výběru respondentů, který je běžný v pedagogickém výzkumu, ale neodpovídá náhodnému výběru. Výzvou pro autory i čtenáře je pak pojetí validity, značně odlišné od toho, jak ji tradiční česká metodologická literatura chápe.

## ZÁVĚR

V textu jsou předkládány doklady pro validitu interpretace dat získaných pomocí české verze výzkumného nástroje MSELs, který byl distribuován žákům druhého stupně základních škol v České republice.

Jako problematická se z hlediska dalšího využití jeví škála zaměřená na znalosti žáků. Ta má formát didaktického testu, dosahuje nízké reliability a také další testové vlastnosti (obtížnost, citlivost) poukazují na nefunkční položky. Použití a interpretaci znalostní škály nevyklučujeme, ale upozorňujeme na nutnost zvýšené opatrnosti při interpretaci zjištěných výsledků.

Zbýající škály se reliabilitou nijak významně neliší od výsledků, ke kterým došli autoři originálu (McBeth et al., 2008), a ve všech případech je  $\alpha > 0,75$ .

Doklady pro validitu podporují využití škály u cílové skupiny s obezřetným přístupem ke škále zjišťující znalosti.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento článek byl podpořen interním grantem UJEP s č. UJEP-IGS-2018-43-001-1 a projektem Studentské grantové soutěže UJEP-SGS-2017-43-003-2.

## LITERATURA

- AERA, APA & NCME. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Andrews, K. E., Tressler, K. D. & Mintzes, J. J. (2008). Assessing environmental understanding: an application of the concept mapping strategy. *Environmental Education Research*, 14(5), 519–536.
- Bezouška, A. & Činčera, J. (2007). Vliv environmentální profilace středních škol na proenvironmentální postoje a jednání studentů. *Envigogika*, 2(3). doi: 10.14712/18023061.20
- Blažek, R. & Příhodová, S. (2016). *Mezinárodní šetření PISA 2015. Národní zpráva. Přírodovědná gramotnost*. Praha: ČŠI.
- Bronven, D., Stanisstreet, M. & Boyes, E. (2004). How can we best reduce global warming? School students' ideas and misconceptions. *International Journal of Environmental Studies*, 61(2), 211–222. doi: 10.1080/0020723032000087907
- Brown, J. D. (2002). The Cronbach alpha reliability estimate. *Shiken: JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter*, 6(1), 17–18.
- Bragg, R., Wood, C., Barton, J. & Pretty, J. (2013). *Measuring connection to nature in children aged 8–12: A robust methodology for the RSPB*. University of Essex.
- CERMAT. (2017). *Jednotná přijímací zkouška 2017. Analýza uchazečů o studium na SŠ a jejich výsledky*. Praha: CERMAT.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334.
- Činčera, J. & Štěpánek, P. (2007). Výzkum ekologické gramotnosti studentů středních odborných škol. *Envigogika*, 2(1). doi: 10.14712/18023061.12
- Činčera, J. (2013). Metodika pro hodnocení environmentální výchovy pro starší školní věk a střední školy. *Envigogika*, 8(5). doi: 10.14712/18023061.414
- ČŠI (2017). *Výběrové zjišťování výsledků žáků na úrovni 5. a 9. ročníků základních škol ve školním roce 2016/2017 – závěrečná zpráva*. Praha: ČŠI.
- ČŠI (2018). *Registr inspekčních zpráv*. Praha: Česká školní inspekce. Dostupné z <https://www.csicr.cz/Dokumenty/Inspekci-zpravy>
- ČSÚ (2018a). *Správní obvod Žatec*. Praha: Český statistický ústav. Dostupné z [https://www.czso.cz/csu/xu/spravni\\_obvod\\_zatec](https://www.czso.cz/csu/xu/spravni_obvod_zatec)
- ČSÚ (2018b). *Statistická ročenka Ústeckého kraje*. Praha: Český statistický ústav. Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/statisticka-rocenka-usteckeho-kraje-2017>
- ČSÚ (2018c). *Statistická ročenka České republiky*. Praha: Český statistický ústav. Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/statisticka-rocenka-ceske-republiky>
- Daniš, P. (2013). Nové vymezení environmentální gramotnosti a návrh na její mezinárodní testování v PISA 2015. *Envigogika*, 8(3). doi: 10.14712/18023061.385
- Gul, S. & Yesilyurt, S. (2011). A study on primary and secondary school students' misconceptions about Greenhouse Effect (Erzurum Sampling). *International Electronic Journal of Environmental Education*, 1(3), 193–202.
- Hendl, J. (2015). *Přehled statistických metod*. Praha: Portál.



- Hollweg, K. S. Taylor, J. R., Bybee, R. W., Marcinkowski, T. J., McBeth, W. C. & Zoido, P. (2011). *Developing a framework for assessing environmental literacy*. Washington, DC: North American Association for Environmental Education.
- Hromádka, Z. (2010). *Životní prostředí ve vědomostech, postojích a jednání žáků druhého stupně základní školy*. Disertační práce, Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta.
- Hungerford, H. R. & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–21.
- Hungerford, H. R., Volk, T., Wilke, R., Champeau, R., Marcikowski, T., May, T., Bluhm, W. & McKeown-Ice, R. (1994). *Environmental literacy Framework*. Environmental Education Literacy Consortium, University of South Illinois.
- Hungerford, H. R., Volk, T. L., McBeth, W. C. & Bluhm, W. J. (2009). *Middle school environmental literacy survey*. Carbondale, IL: Center for Instruction, Staff Development, and Evaluation.
- 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), 1–16.
- Jeffries, H., Stanisstreet, M. & Boyes, E. (2001). Knowledge about the Greenhouse Effect: Have college students improved? *Research in Science and Technological Education*, 19(2), 205–221. doi: 10.1080/02635140120087731
- Kroufek, R. (2016). *Environmentální gramotnost studentů Učitelství pro 1. stupeň základní školy a možnosti jejího zjišťování* [Disertační práce]. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta. doi: 10.13140/RG.2.1.3858.0724
- Kuder, G. F. & Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika*, 2(3), 151–160. doi: 10.1007/BF02288391
- Kulich, J. & Dobiášová, M. (2003). Průzkum ekogramotnosti. *Bedrník, příloha časopisu*, 1(2).
- KÚ Ústeckého kraje (2011). *Problémová analýza Ústeckého kraje*. Ústí nad Labem: KÚ Ústeckého kraje.
- Lane, S. (2014). Validity evidence based on testing consequences. *Psicothema*, 26(1), 127–135. doi: 10.7334/psicothema2013.258
- Mareš, P., Rabušic, L. & Soukup, P. (2015). *Analýza sociálněvědních dat (nejen) v SPSS*. Brno: Masarykova univerzita.
- McBeth, W. & Volk, T. L. (2010). The national environmental literacy project: A baseline study of middle grade students in the United States. *The Journal of Environmental Education*, 41(1), 55–67.
- McBeth, W., Hungerford, H., Marcinkowski, T., Volk, T. L. & Meyers, R. (2008). *National environmental literacy assessment project: Year 1, national baseline study of middle grades students final research report*. U.S. Environmental Protection Agency.
- McBeth, W., Hungerford, H., Marcinkowski, T., Volk, T. L. & Cifranick, K. (2011). *The national environmental literacy assessment, phase two: Measuring the effectiveness of North American environmental education programs with respect to the parameters of environmental literacy*. NOAA.
- MŠMT (2017). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT.

- MPSV (2015). *Projekt „Analýza sociálně vyloučených romských lokalit a absorpční kapacity subjektů působících v této oblasti“*. Praha: MPSV. Dostupné z [https://www.esfcr.cz/mapa/int\\_us6\\_30.html](https://www.esfcr.cz/mapa/int_us6_30.html)
- NAAEE (2010). *Excellence in environmental education: Guidelines for learning (K-12)*. Washington: NAAEE.
- Nastoulas, I., Marini, K. & Skanavis, C., (2017). Middle school students environmental literacy assessment in Thessaloniki, Greece. In Anwar, S., Sergany, M. E. & Ankit, A. (Eds.), *Health and Environment Conference Proceedings* (pp. 198–209). Dubai: Hamdan Bin Mohammed Smart University.
- NÚV (2018). *Environmentální výchova jako průřezové téma*. Praha: Národní ústav pro vzdělávání. Dostupné z <http://www.nuv.cz/file/3226/>
- Palmer, J. A. (2003). *Environmental education in the 21st century*. London: New York.
- Pastorová, M. (Ed.). (2011). *Doporučené očekávané výstupy*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický.
- Penuel, W. R., Bienkowski, M., Gallagher, L., Korbak, C., Sussex, W., Yamaguchi, R. & Fishman, B. J. (2006). *GLOBE Year 10 evaluation: Into the next generation*. Menlo Park, CA: SRI International.
- Roth, C. E. (1992). *Environmental literacy: Its roots, evolution, and directions in the 1990s*. Columbus: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education.
- Rios, J. & Wells, C. (2014). Validity evidence based on internal structure. *Psicothema*, 26(1), 108–116. doi: 10.7334/psicothema2013.260
- Sekaran, U. (1992). *Research methods for business: A skill building approach*. 2nd ed. New York, NY: Wiley.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3 & 4), 591–611. doi: 10.1093/biomet/52.3-4.591
- Shoukri, M. M. & Edge, V. L. (1996). *Statistical methods for health sciences*. Boca Raton: CRC Press.
- Schovajsová, J. (2010). *Současný stav environmentální výchovy na základních školách – vybrané aspekty environmentální gramotnosti dětí mladšího školního věku* [Disertační práce]. Olomouc: Univerzita Palackého, Pedagogická fakulta.
- Sireci, S. & Faulkner-Bond, M. (2014). Validity evidence based on test content. *Psicothema*, 26(1), 100–107. doi: 10.7334/psicothema2013.256
- Sireci, S. & Padila, J. L. (2014). Validating assessments: Introduction to the special section. *Psicothema*, 26(1), 97–99. doi: 10.7334/psicothema2013.255
- Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Bondell, H. D., Mertig, A. G. & Moore, S. E. (2013). Environmental, institutional, and demographic predictors of environmental literacy among middle school children. *PLoS ONE*, 8(3). doi: 10.1371/journal.pone.0059519
- Stevenson, K. T., Carrier, S. J. & Peterson, M. N. (2014). Evaluating strategies for inclusion of environmental literacy in the elementary school classroom. *Electronic Journal of Science Education*, 18(8), 1–17.
- Svobodová, S. (2013). *Vliv environmentální výchovy na úroveň ekogramotnosti žáků základních škol regionu Žatec* [Diplomová práce]. Praha: ČZU.

- Svobodová, S. (2016). *Vliv úrovně ekologické gramotnosti učitelů na úroveň ekologické gramotnosti žáků vybraných škol v regionu Žatec* [Diplomová práce]. Praha: UK.
- Škoda, J. & Doulík, P. (2007). *Tvorba a hodnocení didaktických testů: cvičebnice pro studenty učitelství a účastníky kurzu DPS*. Ústí nad Labem: UJEP.
- Tavakol, M. & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2011(2), 53–55. doi: 10.5116/ijme.4dfb.8dfd
- UNESCO (1975). *The Belgrade Charter. A global framework for environmental education*. Paris: UNESCO. Dostupné z <http://unesdoc.unesco.org/images/0001/000177/017772eb.pdf>, cit. 6. 11. 2017.
- UNESCO (1977). *Intergovernmental conference on environmental education – Final report*. United Nations.
- Vacínová, M. & Matějček, T. (2013). Intergenerational differences in personal relationship to nature. *Envigogika*, 8(2). doi: 10.14712/18023061.384
- van Petegem, P. & Blicek, A. (2006). The environmental worldview of children: a cross-cultural perspective. *Environmental Education Research*, 12(5), 625–635.
- Volk, T. & McBeth, B. (1998). *Environmental literacy in the United States: What should be... , What is... , Getting from here to there*. (A Report funded by the United States Environmental Protection Agency and submitted to the Environmental Education and Training Partnership, North American Association for Environmental Association.) Washington, DC: EETAP/NAAEE.

---

SILVIE SVOBODOVÁ, silviesvobodova74@seznam.cz  
Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta  
Katedra biologie a environmentálních studií  
Magdalény Rettigové 4, Praha, Česká republika

ROMAN KROUFEK, kroufek@gmail.com  
Univerzita J. E. Purkyně, Pedagogická fakulta  
Katedra preprimárního a primárního vzdělávání  
Pausterova 1, Ústí nad Labem, Česká republika

# PŘÍLOHA Č. 1 – DOTAZNÍK: 2. STUPEŇ ZŠ

## MSELS

*Milá žákyně, milý žáku,*

*pečlivým vyplněním tohoto anonymního dotazníku mi můžeš pomoci získat bližší informace o environmentální gramotnosti žáků 2. stupně základní školy.*

*Dotazník obsahuje několik částí. Zodpovědně si přečti pokyny k jednotlivým částem. U každé položky vyber odpověď, která nejlépe vystihuje Tvůj názor, a uvedené písmeno zakroužkuj.*

*Děkuji za Tvé odpovědi.*

### A. DEMOGRAFICKÉ ÚDAJE

1. Věk:  12 let     13 let     14 let     15 let a více
2. Ročník:  6. ročník     7. ročník     8. ročník     9. ročník
3. Pohlaví:  dívka     chlapec
4. Bydliště:  
 méně než 100 obyvatel  
 100–1 000 obyvatel  
 1 000–10 000 obyvatel  
 10 000–100 000 obyvatel  
 více než 100 000 obyvatel
5. Volný čas trávíš nejraději (můžeš zaškrtnout více variant):  
 pobytem v přírodě  
 u počítače  
 pravidelnou návštěvou zájmové aktivity, uveď jaké: .....  
 sportováním  
 jinak, uveď jakým způsobem: .....

### B. ENVIRONMENTÁLNÍ ZNALOSTI

(ČESKÝ PŘEKLAD SCHOVAJSOVÁ 2010, UPRAVENO)

U každé otázky zakroužkuj **jednu** nejlepší odpověď.

6. Opylování sladce vonící květiny s pestře zbarvenými okvětními plátky probíhá s největší pravděpodobností za pomoci:  
(a) deště  
(b) větru  
(c) zahradníka  
(d) hmyzu
7. Drobný pták sezobne motýla, který saje nektar z květu. Ptáka pak sežere jestřáb. Jedná se o příklad:  
(a) vzájemně prospěšného soužití  
(b) potravního řetězce  
(c) soupeření  
(d) přežití silnějšího

8. Který z následujících vztahů je příkladem vztahu predátora (dravce) a kořisti?
- (a) blecha kousne psa
  - (b) kos sezobne žízalu
  - (c) housenka sní list
  - (d) srna sní stéblo trávy, na němž sedí kobylka
9. Uhyne liška. Tím vznikne problém pro:
- (a) blechy sající její krev
  - (b) králíka, který má nedaleko noru
  - (c) lišku ze sousedního teritoria
  - (d) zvíře, které loví na stejném území
10. Termiti se živí pouze dřevem, které ale nejsou schopni trávit. Drobné organismy obývající trávicí soustavu termitů ale dřevo tráví. Vztah mezi těmito organismy a termity lze vyjádřit takto:
- (a) výhodný pro jedny a bez užitku pro druhé
  - (b) výhodný pro jedny a škodlivý pro druhé
  - (c) výhodný pro oba
  - (d) nevýhodný ani pro jedny
11. Kočka a had loví stejnou myš. Jaký je vztah mezi kočkou a hadem?
- (a) jeden využívá druhého, ale neškodí mu
  - (b) soupeří spolu
  - (c) navzájem si pomáhají
  - (d) jeden se snaží sežrat druhého
12. Kdyby na Zemi neexistovali rozkladači (rozkladné organismy), co by se stalo?
- (a) Odumřelé části rostlin a mrtvá zvířata by se nestávaly součástí půdy.
  - (b) Řada lidských chorob by vymizela.
  - (c) Lidé by měli k dispozici daleko více masa.
  - (d) Téměř nic by se nezměnilo.
13. Travnatá pláň se promění v poušť. Co se nejpravděpodobněji stane se zvířaty, která na pláni žijí?
- (a) Většina z nich odejde nebo uhyne.
  - (b) Budou se více množit, aby přežila.
  - (c) Ta, co se živí trávou, přejdou na jinou potravu.
  - (d) Řada z nich předá potomkům rysy, které jejich mláďatům pomohou přežít v poušti.
14. Skupina lidí zavedla ve státním lese program na ochranu vysoké zvěře (jeleni, srny, daňci atd.). V jeho rámci začali lovit vlky. O deset let později už v lese nebyli žádní vlci. Za dalších několik let, kdy vlci už v lese nežili, bylo v lese daleko více vysoké než kdy předtím. Potom náhle téměř všechna vysoká zvěř zmizela. Lidé, kteří chtěli chránit vysokou zvěř, nevěděli, že:
- (a) Vysoká se dožívá jen několika let.
  - (b) Požáry vyhubí tolik vysoké.
  - (c) Jiná zvířata sežerou vysoké zvěři tolik potravy.
  - (d) Vysoká zvěř spotřebuje veškerou potravu a řada jedinců uhyne.

15. Původním zdrojem energie pro všechny živé organismy je:
- (a) Slunce
  - (b) voda
  - (c) půda
  - (d) rostliny
16. Tělo uhynulého ptáka se rozkládá. Co se stane s energií uloženou v jeho těle?
- (a) Nestane se s ní nic. Jakmile pták uhyne, energie přijde vniveč.
  - (b) Projde organismy, které rozkládají mrtvé tělo.
  - (c) Zničí ji sluneční záření.
  - (d) Pták energii spotřeboval, když byl naživu.
17. Králík sní kukuřici. Energie z kukuřice přejde do králíka. Další den sežere králík lišku. Liška získá z kukuřice jen nepatrné množství energie. Proč?
- (a) Králík nedokáže trávit kukuřici.
  - (b) Králík již kukuřici strávil.
  - (c) Kukuřice není příliš energeticky vydatná.
  - (d) Králík již většinu energie z kukuřice spotřeboval.
18. Většina kyslíku v atmosféře pochází z:
- (a) hmyzu
  - (b) rostlin
  - (c) půdy
  - (d) Slunce
19. Jakým způsobem mohou lidé získat z tuny rostlin nejvíce energie?
- (a) Kdyby rostlinným materiálem nakrmili hmyz, ten dali sežrat rybám a poté sami snědli ryby.
  - (b) Lidé by snědli rostliny.
  - (c) Nakrmili by rostlinami dobytek a ten pak snědli.
  - (d) Nakrmili by rostlinami ryby a pak ryby snědli.
20. Poté, co živé organismy uhynou, rozloží se. Výsledkem tohoto procesu je, že živiny:
- (a) se vrátí zpět do životního prostředí a projdou dalším cyklem
  - (b) jsou zničeny bakteriemi
  - (c) se přemění na kyslík a vodní páru
  - (d) se vypaří vlivem tepla vyprodukovaného při rozkladu
21. Který z následujících procesů je součástí vodního koloběhu?
- (a) eroze
  - (b) příliv oceánů
  - (c) vypařování
  - (d) rozklad

22. Dojde ke znečištění životního prostředí a následně k úhynu velkého množství hmyzu. Jak se to může projevit na ekosystému?
- (a) Rostliny nejsou poškozené, takže ekosystém to neovlivní.
  - (b) Dojde k poškození části ekosystému, což ovlivní celý ekosystém.
  - (c) Uhyne pouze hmyz, takže ostatní živočichové zůstanou zdraví.
  - (d) Většina zvířat se živí rostlinami, takže ekosystém to příliš nezasáhne.

### C. ENVIRONMENTÁLNÍ POSTOJE

(ČESKÝ PŘEKLAD SVOBODOVÁ, KROUFEK)

U každé otázky zakroužkuj odpověď, která nejpřesněji vystihuje tvůj postoj k přírodě a životnímu prostředí (co si myslíš o přírodě a životním prostředí).

23. Byl(a) bych ochotný(á) přestat kupovat některé výrobky, abych chránil(a) zvířata.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
24. Nebyl(a) bych ochotný(á) šetřit energie nižším používáním klimatizace.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
25. Abych šetřil(a) vodou, byl(a) bych ochotný(á) snížit při koupání její množství.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
26. Nevěnoval(a) bych vlastní peníze na ochranu přírody a životního prostředí.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
27. Abych snížil(a) znečištění ovzduší, chodil(a) bych více pěšky.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím

28. Netřídil(a) bych odpad kvůli recyklaci.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
29. Byl(a) bych ochotný(á) věnovat vlastní peníze na pomoc při ochraně divokých zvířat.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
30. Abych šetřil(a) energiemi, byl(a) bych ochotný(á) používat úspornější žárovky.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
31. Abych šetřil(a) vodou, byl(a) bych ochotný(á) vypínat vodu při čištění zubů.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
32. Byl(a) bych ochotný(á) předávat environmentální informace o místním problému.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
33. Byl(a) bych ochotný(á) písemně požádat ostatní, aby pomáhali snižovat znečištění.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím



34. Byl(a) bych ochotný(á) přesvědčovat ty, kteří nerecyklují, aby recyklovat začali.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím

D. ENVIRONMENTÁLNÍ JEDNÁNÍ  
(ČESKÝ PŘEKLAD SVOBODOVÁ, KROUFEK)

U každé otázky zakroužkuj odpověď, která nejpřesněji vystihuje, co děláš pro přírodu a životní prostředí.

35. Nezajímám se o problémy znečištění.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
36. Mluvím se svými rodiči o tom, jak lze pomáhat při řešení environmentálních problémů.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
37. Při mytí zubů vypínám vodu, abych s ní více šetřil.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
38. Nepotřebuji-li doma svítit, zhasínám, abych šetřil(a) energiemi.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
39. Požádal(a) jsem rodiče, aby nekupovali výrobky ze zvířecích kožešin.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím

40. Požádal(a) jsem svou rodinu, aby některé věci používali opakovaně.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
41. Ptám se i ostatních, co můžu udělat já pro snižování znečištění.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
42. Často si čtu o přírodě a životním prostředí.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
43. Vodovodní kohoutek nechávám téct pouze tehdy, je-li to nezbytně nutné.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
44. Dokud se rozhoduji, co si vyndám z lednice, nechávám její dveře zavřené.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
45. Poblíž svého domova vyvěšuji ptačí budky nebo krmítka.
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím
46. Věci v domácnosti netřídím k jejich recyklování (opakovanému využití).
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím

E. ENVIRONMENTÁLNÍ SENZITIVITA  
(ČESKÝ PŘEKLAD SVOBODOVÁ, KROUFEK)

V několika následujících otázkách se tě budeme ptát na míru tvé citlivosti k přírodě a životnímu prostředí, tedy na pocity, které prožíváš směrem k přírodě a životnímu prostředí.

U každé otázky zakroužkuj odpověď, která nejpřesněji vystihuje tvé pocity/vní-  
mání.

47. Tvůj vztah k přírodě a životnímu prostředí je:
- (a) velmi silný
  - (b) silný
  - (c) středně silný
  - (d) slabý
  - (e) minimální
48. Vztah tvé rodiny k přírodě a životnímu prostředí je:
- (a) velmi silný
  - (b) silný
  - (c) středně silný
  - (d) slabý
  - (e) minimální
49. Jak často trávíš rodinnou dovolenou či výlety ve volné přírodě?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
50. Jak často lovíš nebo rybaříš?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
51. Jak často se věnuješ aktivitám typu procházky, turistika, cyklistika, potápění nebo kanoistika?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy

52. Jak často se věnuješ pozorování ptáků nebo fotografování přírody?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
53. Jak často se účastníš kempování v rámci zájmové organizace (např. sportovní oddíl, kroužek, skaut atd.)?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
54. Jak často trávíš čas v přírodě sám, nikoli jako člen nějaké skupiny?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
55. Jak často se bavíš četbou knih či časopisů o přírodě nebo životním prostředí?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
56. Jak často se bavíš sledováním pořadů o přírodě nebo životním prostředí?
- (a) velmi často
  - (b) často
  - (c) průměrně
  - (d) občas
  - (e) nikdy
57. Myslíš si, že tví učitelé mají pozitivní vztah k přírodě a životnímu prostředí?
- (a) souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) nejsem si jistý
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) nesouhlasím

F. VZTAH K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ  
(ČESKÝ PŘEKLAD SVOBODOVÁ, KROUFEK)

U každé otázky zakroužkuj odpověď, která nejpřesněji vystihuje míru tvého souhlasu.

58. Miluji přírodu a životní prostředí.
- (a) zcela souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) neutrální postoj
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) zcela nesouhlasím
59. Nenávidím přírodu a životní prostředí.
- (a) zcela souhlasím
  - (b) spíše souhlasím
  - (c) neutrální postoj
  - (d) spíše nesouhlasím
  - (e) zcela nesouhlasím

NYNÍ MÁŠ DOTAZNÍK VYPLNĚNÝ A MŮŽEŠ ODLOŽIT PSACÍ POTŘEBY.

DĚKUJI ZA ÚČAST!

## Observing Students' Problem Solving Strategies in Mechanics by the Eye-tracking Method

*Eva Hejnová, Martina Kekule*

### Abstract

The paper is focused on observation of students' problem solving strategies when solving concept cartoons tasks testing their understanding of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> Newton's law. Students' solving process was recorded by an eye-tracker and, based on their tracked eye-movements, analysis of their approaches was provided. Students solved tasks from the R-FCI test as well. Detailed analysis of the solutions of four high-school students, one college student and one teacher was provided.

**Key words:** eye-tracking, physics education, concept cartoons, Newton's laws of motion.

## Využití oční kamery pro kvalitativní posouzení postupů při řešení úloh z mechaniky

### Abstrakt

Článek se zaměřuje na kvalitativní posouzení postupů žáků řešících úlohy zaměřené na porozumění 1. a 2. Newtonovu pohybovému zákonu, které byly zadávány formou tzv. concept cartoons. Řešení žáků bylo nahráváno oční kamerou a na základě očních pohybů žáků byly pozorovány jejich strategie a přístupy k řešení těchto úloh. Navíc žáci řešili podobně zaměřené úlohy z testu R-FCI. Na základě celkových výsledků testování pak byli vybráni žáci s nejlepším a nejhorším celkovým získaným skóre testu a byl analyzován jejich postup řešení. Celkem se jednalo o 4 žáky ze středních škol a pro srovnání o jednoho budoucího učitele a jednoho učitele působícího již v praxi.

**Klíčová slova:** oční kamera, fyzikální vzdělávání, concept cartoons, Newtonovy pohybové zákony.

For decades, difficulties and misconceptions which students have when they deal with Newton's laws have been identified, especially via The Force Concept Inventory (Hestenes et al., 1992). Moreover, representational variant of the inventory was developed by Nieminen et al. (2010). Nowadays, concept cartoons (Naylor & Keogh, 2010) as a task form are widely used in the area of education not only for testing, but particularly in the teaching praxis as an appropriate stimulus for the discussion among students. In addition, these tasks are attractive for students because of visual representation of scientific ideas with many visual elements, minimal text and a dialogue form that we can't find in the classical form of test tasks; therefore, concept cartoons are rather similar to learning materials.

Deeper understanding about students' thinking processes can be provided with the eye-tracking research method. The method is possible to be used for both qualitative and quantitative type of research design (Bojko, 2013). In the qualitative approach, one can observe the thinking process of a participant via gaze plot or provide qualitative comparison of different students' groups and gained heat maps (Kekule, 2015). Quantitative approach is focused on the comparison of typical eye-tracking metrics on defined areas of interest of presented materials, such as total fixations duration, average fixations duration and number of fixations (Duchowski, 2006). Average fixations duration informs about information extraction difficulty or about an increased interest in an object. The number of fixations can for example indicate the level of expertise (the lower the number the more expertise) or it can inform about search difficulty. Typically, experts show shorter average fixation duration and bigger number of fixations on areas relevant for the correct solution and vice versa (Gegenfurtner et al., 2011).

Detailed overview of eye-tracking studies in physics education till 2010 is provided in (Kekule, 2014a). In physics education, probably the most studies were interested in mechanics, focused on students strategies when they solve tasks of the FCI test (for example Madsen et al. (2012), Kozhevnikov (2007), Ohno et al. (2016)). Smith et al. (2010) were interested in the way how students work with textual (conceptual) and mathematical clues when they deal with problems from mechanics. The method has been used for computer testing as well. For example, Chen et al. (2014) carried out a study focused on the prediction of the likelihood of responding the correct physics concepts from various physics fields successfully.

In this article, we present a case study where we, with the help of the eye-tracking research method, qualitatively assess the strategy of solving a few problems from mechanics focused on Newton's laws of motion.

The aim of our research is a detailed analysis and a comparison of solution strategies of several qualitative tasks aimed at some misconceptions in dynamics. On the basis of the conducted analysis, we also want to explore the possibilities of the use of an eye-tracker for the examination of visually rich tasks. For the purpose of this case study we chose six students — three experts and three novices.

## 1 RESEARCH METHOD

### 1.1 TEST TASKS

In this study, we analysed students' problem solving abilities in five tasks focused on understanding of the concepts concerning Newton's laws. Three tasks were adopted from the R-FCI test by Nieminen et al. (2010), one task was similar to the three previous ones and one task was in the form of concept cartoon.

We chose the tasks concerning both horizontal and vertical motion because the development of ideas about forces and motion take place mainly in the context of learning about these types of motion. In tasks there were included some common misconceptions about the relationship between forces and motion which have been identified by many researchers (Mandíková & Trna, 2011; Driver et al., 2003). The most common misconceptions in this domain are (Driver et al. 2003: p. 149):

1. If there is motion, there is a force acting.
2. If there is no motion, then there is no force acting.
3. There cannot be a force without motion.
4. When an object is moving, there is a force in the direction of its motion.
5. A moving object stops when the force acting on it vanishes.
6. A moving object has a force within it which keeps it going.
7. Motion is proportional to the force acting.
8. A constant speed results from a constant force.

Children develop their ideas about the natural world around them from early childhood on the bases of their sensory experiences. Research studies indicate that children have ways of constructing phenomena which are coherent and fit with their domains of experience. However, their ideas may differ substantially from the scientific view. Studies also indicate that these notions may persist into adulthood despite formal teaching. By means of the eye-tracker, it is possible to follow which misconceptions the students still fix more often in older age and, conversely, to which they pay almost no attention.

### 1.1.1 R-FCI AND ADDITIONAL TASK

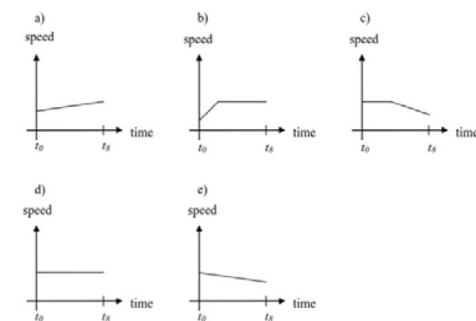
Three tasks were adopted from the R-FCI test (Nieminen et al., 2010) and another one was originally created for the purposes of the test similar to the three previous ones. All tasks were focused on understanding of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> Newton's law. Each item offered alternatives in one of the three following representations: verbal, graphic or motion map. Only two items of the R-FCI are presented here (fig. 1) in order to preserve the confidentiality of the original FCI items. The task order was chosen, so that the same task in different representations was not expressed twice successively. All task stems appeared in written (verbal) form.

#### Rocket before stopping the engine

A spaceship drifts in outer space. The spaceship is subject to no outside forces. At the instant of time  $t_0$ , the spaceship's engine is turned on and produces a constant force on the spaceship. The force is in the direction of the motion. At the instant of time  $t_1$ , the spaceship's engine is turned off.



Which of the following alternatives best describes the speed of the spaceship in the time interval  $t_0 - t_1$ ?



#### Rocket after stopping the engine

In the previous question, the spaceship's engine is turned off at the instant of time  $t_1$ . A photograph is taken from the spaceship at even time intervals from  $t_1$  to  $t_2$ . Which of the following alternatives best describes the speed of the spaceship after time  $t_1$  (i.e., after the engine is turned off)?

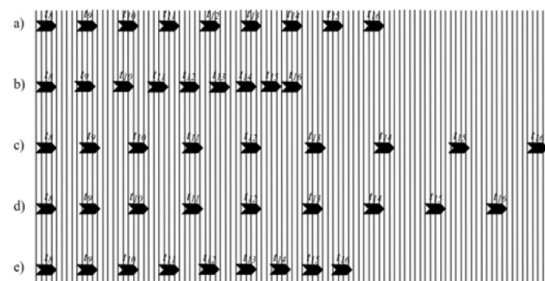


Fig. 1: Example items from the R-FCI test, one in graphic representation and the other in motion map representation



### 1.1.2 CONCEPT CARTOONS

As mentioned above, at the end students solved one task in the form of a dialogue (the tasks of Ball or Skateboard in fig. 2). This task was presented to students in the form of concept cartoons, which are cartoon-style drawings including a range of viewpoints relating to science situations. They have the form of a multiple-choice question, where cartoon characters (usually three or four) put forward alternative viewpoints about science concepts.

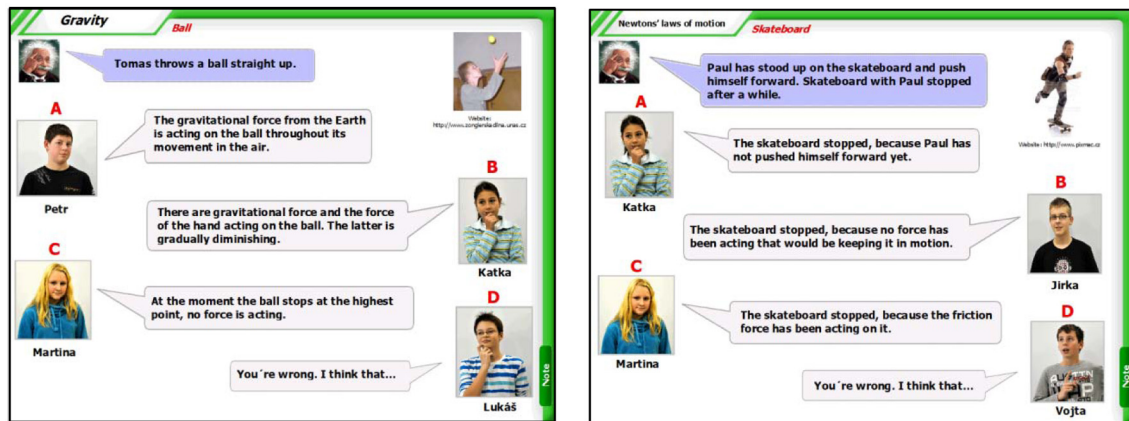


Fig. 2: Concept cartoons Ball and Skateboard

Concept cartoons as an innovative and learning strategy were developed by Stuart Naylor and Brenda Keogh (2010) in 1992. The statements in the bubbles include widely held misconceptions and alternative conceptions. Only one scientifically acceptable explanation usually exists among the statements raised by cartoon characters. However, other statements are not implausible, they are often based on students' experiences (most frequent misconceptions), so that students are likely to see many of the alternatives as credible. If learners are not confident in expressing cartoons characters' ideas, they might express their own thoughts. That's why a blank speech bubble is also included with the text "You are wrong. I think that...".

The concept cartoons can be used in various ways and in a wide range of settings (Naylor & Keogh, 2010). They are often used as a stimulus for discussion, for identifying areas of misconceptions. They are valuable to the learners (and to their teachers too) for clarifying what ideas students hold. This learning strategy is very effective in eliminating the misconceptions. Concept cartoons are also defended by numerous researchers for challenging critical thinking and developing conceptual thinking.

We used the concept cartoons to find out about the ideas that the participants of our research hold, to see if there are any similarities in their strategy of solving the problems and to identify possible differences from the classical test tasks (see the Rocket task). Both concept cartoons we used were also focused on understanding of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> Newton's law. Alternative statements were based on a research identifying common areas of student's misunderstanding (Driver et al., 2003; Mandíková & Trna, 2011). Students always chose only one statement that was scientifically acceptable for them. Each of the concept cartoons included a photo illustrating the situation and there were also photos of pupils expressing their statements. Moreover, each task included other visual elements such as headings, a link to the source of the image, a note, tiny legends of photos, illustrative photo of Albert Einstein etc.

In the task Ball, statement A is the most acceptable. The statements B and C come from the misconceptions no. 2 and 7 (see chapt. 1.1); students often think that the force at the beginning of the motion is strong (as the ball left hand) and diminishes as the ball rises. As the motion stops, there is no force acting on the ball.

In the task Skateboard, the statement C is the most acceptable. The statements A and B come from the misconceptions no. 1 and 6 (see chapt. 1.1); students often find it difficult to understand that an object will keep moving with a steady speed if there are balanced forces acting on it and that when a pushing force stops acting, the object will begin slowing down promptly. Learners often think that an object “is losing” some force gradually if we stop exerting the force (similarly to the task Ball). However, if the stopping of the skateboard were caused by canceling of the acting force, the skateboard would stop immediately. The stopping of the skateboard is caused only by friction.

In the task Rocket, students should state what rocket velocity will be when the rocket engine is switched off. The statement e) is the most acceptable. The statements a)–c) come from the misconceptions no. 5 and the statement d) comes from the misconception no. 6 (see chapt. 1.1).

## 1.2 PARTICIPANTS

During autumn 2016, 34 participants were tested and tracked by eye-tracker. 11 students' gaze-tracking data was so incomplete that it could not be used in the study and valid data from 23 participants were used for providing research results. 21 participants were high school students or students in the first year of their college study. 2 participants were physics teachers working at high schools in Prague.

## 1.3 EYE-TRACKING EQUIPMENT AND TESTING PROCEDURE

### 1.3.1 EQUIPMENT

Eye-tracker by Tobii was used, particularly TX300 with the frequency of 300 Hz, which has an accuracy of less than  $0.5^\circ$  of visual angle. The infrared camera was placed under the 23-inch screen of the stimulus PC. Stimuli were presented as a PDF document. Participant's eyes were positioned at a distance of approximately 70 cm from the centre of the screen. A five point calibration and validation procedure was used before the start of the experiment. Eye movements were recorded by Tobii Studio 3.2 and for identification of the fixations an inbuilt IVT filter was used. Eye movement was classified as a saccade when eye's velocity exceeded  $30^\circ/\text{s}$ . Minimum fixation duration was set to 60 ms. An extra mouse and keyboard were connected to the stimulus PC by which participants handled the PC.

### 1.3.2 PROCEDURE

The eye tracking session lasted about 8 minutes including the calibration process. Before each task a short instruction about the following task was presented, so that students had enough time to relax before they started to solve it. Concept cartoon tasks were presented always at the end of the test. During the whole session students were asked to think aloud when it is needed and the sessions were recorded by video camera. After the sessions students were asked to provide verbal retrospective report.

## 2 RESULTS

The characteristics of the individual participants, their test scores and the correctness of task (Skateboard or Ball) solutions are listed in tab. 1. Durations of the solutions and the analysis of the solutions based on the heat maps were presented (Hejnová, Kekule, in print) at the Contemporary Trends in Physics Teacher Training 8 conference in April 2017. Here we want to focus on a more detailed description of the strategies of the best and the worst performing students and of the other participants of our research (two teachers).

Tab. 1: The characteristics of the individual participants, their test scores and the correctness of concept cartoon tak solutions

participant no.	gender	status	R-FCI	concept cartoons	
			test score**	Skateboard***	Ball***
P26	man	high-school student	2	B	–
P28	woman	high-school student	2	B	–
P29	man	high-school student	3	<b>C</b>	–
P31	man	teacher	4	<b>C</b>	–
P32	woman	high-school student	1	<b>C</b>	–
P34	woman	high-school student	2	<b>C</b>	–
P35	woman	high-school student	0	<b>C</b>	–
P38	woman	high-school student	3	<b>C</b>	–
P39	woman	high-school student	0	B	–
P44	woman	high-school student	1	D	–
P45	woman	teacher	1	<b>C</b>	–
P46	man	college student*	1	B	–
P51	woman	college student*	3	<b>C</b>	–
P52	woman	college student*	3	A	–
P53	man	college student*	4	D	–
P54	woman	college student*	4	<b>C</b>	–
P27	man	high-school student	1	–	B
P30	woman	high-school student	2	–	<b>A</b>
P33	man	high-school student	3	–	B
P37	man	high-school student	2	–	D
P40	man	high-school student	3	–	<b>A</b>
P43	woman	high-school student	1	–	<b>A</b>
P47	woman	college student*	4	–	<b>A</b>

\*Future physics teachers in the first year of their college study.

\*\*Test score of 4 tasks of the R-FCI test.

\*\*\*Correct answers are marked in bold.

In our case study we will work in the expert-novice paradigm (Kekule, 2014a) assuming the expert and the novice have different approaches to problem solving. Whether a student was considered an expert or a novice, was decided on the basis of detected characteristics of the research participants.

As can be seen from tab. 1, all five assigned tasks were solved correctly by participants P31, P54 a P47. They were one teacher and two college students — future mathematics and physics teachers (each of them solved a different concept cartoon). We consider these participants as experts and the detailed description of their strategies of task solving will be described describe in chapt. 2.1.

The students with worse test performance are considered as novices. We will focus on the analysis of their task-solving strategies in in chapt. 2.2 in detail. College student P39 gave the weakest performance; he solved none of the assigned tasks correctly. A detailed analysis of the solution strategy will be carried out also for college student P27, who solved only one task in the test correctly and also failed to correctly solve the concept cartoon “Ball”. Moreover, it took him approximately three times longer to arrive to his solution than it did the best performing student (P47). For further detailed analysis we chose also high-school student P46 who received only one point in the test and solved the concept cartoon “Skateboard” incorrectly. Two other students (P35, P44) who gave similar weak performances in the test were not chosen for the detailed analysis, because we wanted to qualify as novices mainly students who gave bad performance in both the test and the concept cartoon. For example, college student P44 chose in the concept cartoon Skateboard answer D “You’re wrong. I think that. . .”; it is therefore not possible to express in detail the particular answer she had in mind.

In the following text, we will discuss in greater detail expert-novice differences in the solution strategies of both concept cartoons. Firstly, attention will be given to the general solution strategies and, secondly, we will comment on the strategies with regard to physics approach. Regarding the general solution strategy, we will specifically monitor:

1. the total time of solving the task;
2. the number of readings of the assignment before choosing a solution;
3. the number of fixations of pictures and other perceptually significant elements.

From the point of view of the physics approach, we will notice in particular:

4. the number of fixations of key words or phrases relevant for the right solution of a task;
5. the number of fixations of misconceptions.

In case of the students who solved the concept cartoon “Skateboard” we will present for comparison the procedure of solution of one task (the Rocket) from the test, which focused on a similar topic.

## 2.1 THE BEST PERFORMING PARTICIPANTS

### 2.1.1 COLLEGE STUDENT P54

From a relatively small number of fixations (see gaze plot of the task “Skateboard” in fig. 3) it is clear that the student came to her decision fairly quickly (solving of the task took her approximately 39 s.). From the video record of her procedure of task solving we can observe her strategy well. After reading the introductory text in the task, she first fixated the illustrative picture of a boy on a skateboard and then she read the statements of the individual cartoon characters while fixating the cartoon characters’ photos after reading each statement. After the first reading of all the text she returned to the statement A that she had been fixing for longer periods of time (in particular the phrase “he does not deflect from the ground”). Then she returned immediately to the correct statement C and she was fixing the key concept “friction force” for shorter periods of time.

For this student, we see typically shorter fixation durations, quick elimination of incorrect statement (B) and also a fairly quick decision between the incorrect

statement (A) and the most acceptable statement (C).<sup>1</sup> The student also paid quite close attention to the pictures, especially photos of children.

As for her solution procedure of the task of the Rocket (fig. 3), a similar solution strategy as for the task of the Skateboard can be noticed from video record. After carefully reading the assignment of the task and the first four options, she returned to the key information in the question “after turning off the engine”. Then the student eliminated the first two possibilities and quickly chose the correct answer (E) from the remaining three answers. The picture of the rocket was fixated only marginally.

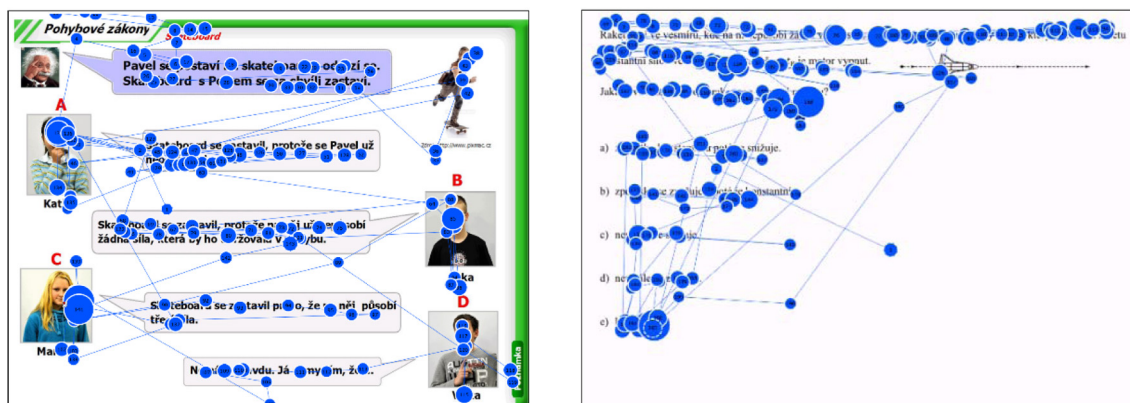


Fig. 3: Gaze plot of concept cartoon of Skateboard and Rocket (Student P54)

### 2.1.2 TEACHER P31

This participant very carefully read all the text (we can observe a great number of fixations of all statements, see gaze plot of the task “Skateboard” in fig. 4) Solving of the task took him approximately 57 s (which is the second longest time in the monitored group). From the video recording it can be seen that after careful reading of all the texts he decided immediately between the statement C, which can be considered the most acceptable, and the last option D (i.e. “You’re wrong. I think that...”). From gaze plot of the solution of the task there is apparent more frequent fixation of the key concept “friction force”.

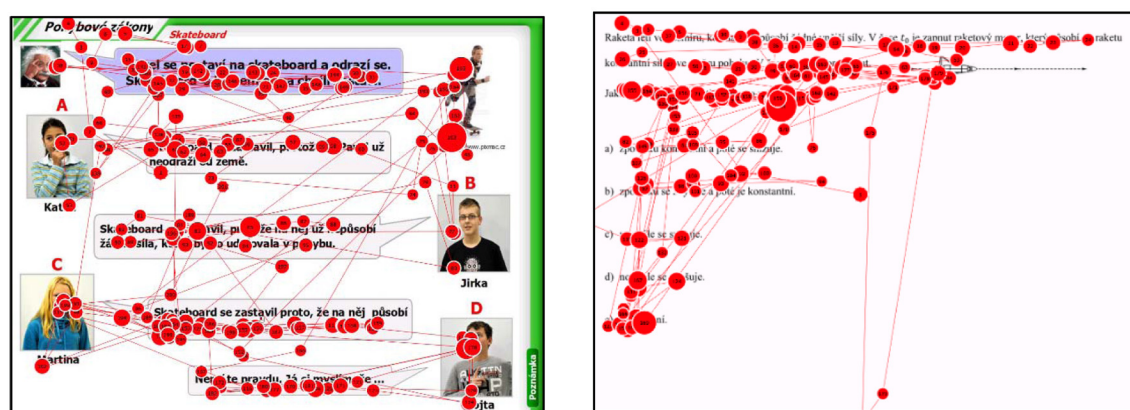


Fig. 4: Gaze plot of concept cartoon of Skateboard and Rocket (Teacher P31)

<sup>1</sup>In order to avoid possible complicating of the situation by various considerations, we don't label an answer as correct, but as (from a scientific point of view) “the most acceptable”. In the text, however, we will for simplicity use the designation “correct answer”.

For this teacher-expert, a very fast elimination of the two incorrect solutions (A and B) is typical. It is worth noting the teacher's relatively significant attention to graphic elements, in particular illustrative picture of a boy on a skateboard.

As for solving of the task "Rocket", like the student-expert P54, the teacher first carefully read the assignment, while fixating the key phrases "engine off" and "after turning off the engine" very soon. When browsing the various options he returned to those key words again several times. Then he was choosing between the last two options, i.e. "the magnitude of the velocity is constantly increasing" (D) and "velocity is constant" (E), of which he chose the right one. The student also fixated the picture of the rocket more often than the student-expert P54. If we compare the gaze plots of the Rocket task solutions in fig. 3 and fig. 4, we can notice the almost identical solving strategies and fixing of the same places in the text to a similar extent.

### 2.1.3 COLLEGE STUDENT P47

From the gaze plot of the task "Ball" (fig. 5) it is clear that the student fixated the correct statement most often and also for the longest period of time, she paid significantly less attention to the remaining two options. Solving of the task took her approximately 57 s (which was the second shortest time in the monitored group). The student-expert first read all the texts quite quickly; it was probably a quick familiarization with the task. During the second reading she was more careful and during the third reading she already fixated only the correct statement and did not pay any attention to the others. She did not fixate the incorrect idea in the statement B ("force of the hand") at all (she perceived it more likely only marginally (in the so-called area of blurred vision)), she quickly ruled it out, and then did not return to it again.

Again, for this student-expert is typical rapid elimination of incorrect solutions and also minimal fixations of the pictures.

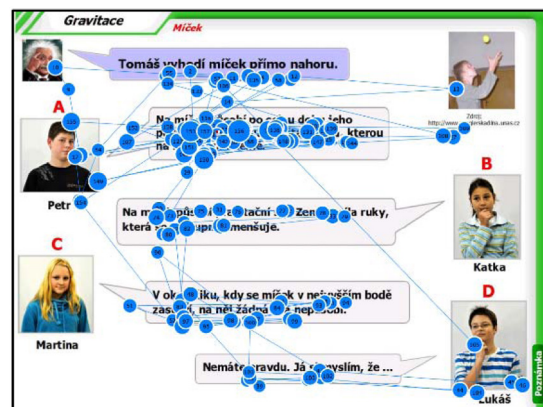


Fig. 5: Gaze plot of concept cartoon "Ball" (student P47)

## 2.2 THE WORST PERFORMING PARTICIPANTS

### 2.2.1 HIGH SCHOOL STUDENT P39

On the basis of the gaze plot of task solving (fig. 6), it can be stated that the number of fixations is in the case of this student-novice roughly the same as for the student-expert. Also, the student-novice reached her solution relatively quickly (the solution took her approximately 31 s), with no longer hesitation over the choice of her answer recorded. After the first reading of all the statements, during the

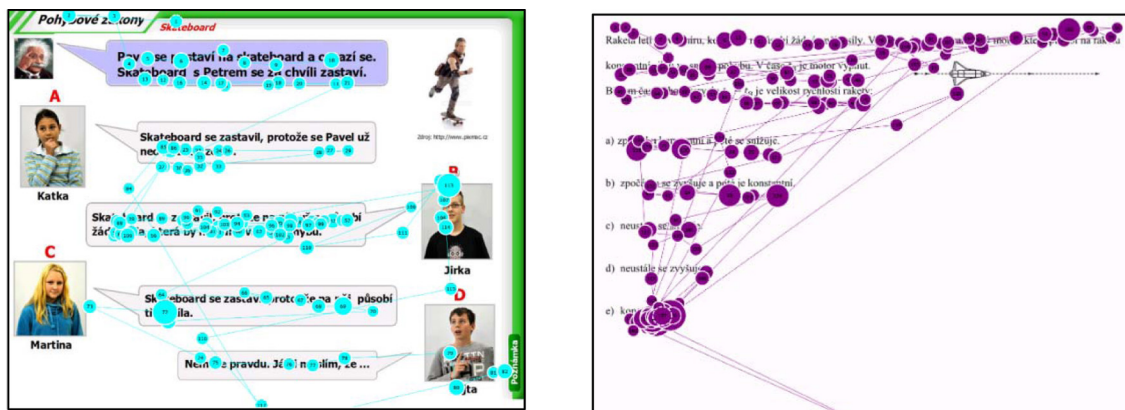


Fig. 6: Gaze plot of the “Skateboard” concept cartoon and the “Rocket” task (student P39)

second one, the student-novice returned immediately to the statement B which she identified as correct, while she did not hesitate at all between the other variants. The student fixated the key concept “friction force” during the first reading for a longer period of time, but in further reading she did not returned to it again, probably because she did not consider this answer (C) as the correct one.

For this student-novice, a smaller number of fixations and shorter durations of fixations, together with a quick selection of an incorrect statement (B) is typical. The student did not pay almost any attention to the pictures.

As for the student’s strategy of task<sup>2</sup> solving, from the video recording it is possible to observe a longer hesitation between two incorrect options, while the student fixated for a very long time the word “constant” (i.e. the rocket will move at a constant speed if the rocket motor exerts constant force). When she was making her decision she often returned to the key phrase “motor, which acts on the rocket”.

Incorrect solutions of the two tasks show that the student obviously has a typical misconception that for uniform (linear) motion it is necessary for some force to act on the body. The fact that the student did not hesitate too long in solving of the task “Skateboard” with the answer, probably indicates that she was fairly sure of her answer, which, however, appear to be based on a misconception.

### 2.2.2 COLLEGE STUDENT P46

From the gaze plot of task solving (fig. 7) it is clear that the student has devoted minimal attention to the most acceptable answer (C) and he also fixated the key concept “friction force” minimally. He paid the greatest attention to the task stem and to the second option (B), which he ultimately chose as his answer (when he had returned to it for the fourth time).

This student-novice was solving the task for a longer period (49 s), he hesitated in choosing his answer and he more often fixated some photos of individual characters.

As for the student’s solving strategy of the task “Rocket”<sup>3</sup>, from video recording it is possible to see his repeated reading of the task stem and frequent fixing of the words “at time  $t_0$  the rocket motor is switched on, which operates” and “in time  $t_8$  the rocket motor is switched off”. The student paid much less attention to the issue

<sup>2</sup>Student P39 solved the different task of the Rocket than it was the case with the two previous experts (P54 and P31). She was asked what would happen with the speed of the rocket, if the rocket motor exerted a constant force.

<sup>3</sup>The student P46 solved the same task — “Rocket” — as the student P39.

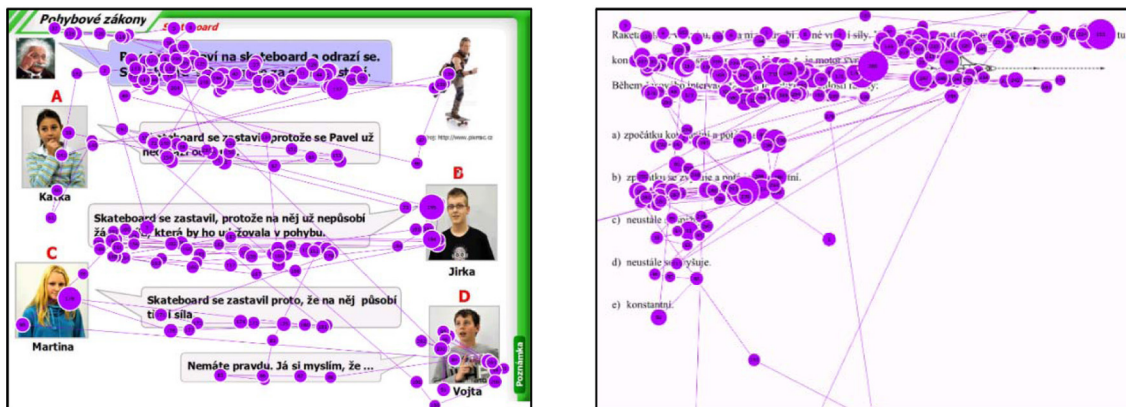


Fig. 7: Gaze plot of the “Skateboard” concept cartoon and the “Rocket” task (student P46)

of what is going on with the speed of the rocket in the interval  $t_0-t_8$ . Therefore, he probably chose answer B (the magnitude of the velocity initially increases and then is constant). The incorrect solution of this task suggests that the student did not apply his answer to the time interval, which was given in the question.

If we compare the gaze plot of the “Rocket” task solving in fig. 6 and fig. 7, it can be noticed that both participants fixated the text positioned just before the offered options to a lesser extent (in comparison with other texts in the task). The text contains key information about the time interval, which is necessary to be taken into account for the selection of the correct answer.

### 2.2.3 HIGH SCHOOL STUDENT P27

From the gaze plot of task solving (fig. 8) a greater number of fixations on all the texts in the task is noticeable at first sight (i.e. on the introductory sentence and on the individual options). Furthermore, it can be seen that the student-novice, unlike student-expers P47, much more often looked at the pictures (including the name of the task, the small text under the image and the text of the note), while paying a relatively large amount of attention to the image of the boy throwing the ball up.

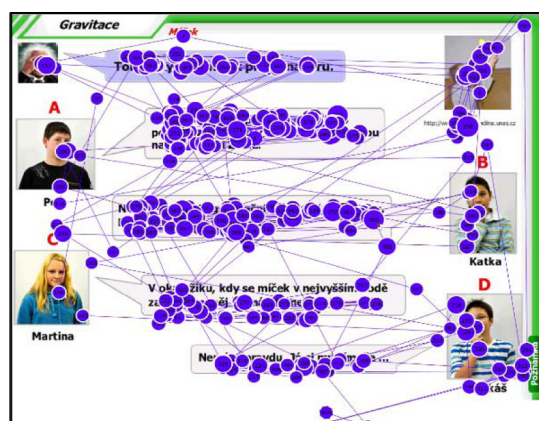


Fig. 8: Gaze plot of the concept cartoon “Ball” (student P27)

From video recording we can observe that the student-novice first carefully read the individual options, wherein he paid only little attention to the illustrative picture. During the second reading, he carefully viewed all the pictures (including the photos of the children). During the third reading he did not proceed systematically. It is clear that he was hesitating between options A and B and at the end of solving the task he fixated the illustrative picture quite often and for long time.



From the student's answer it is possible to say the student has the typical misconception that on the ball thrown up acts still "force of the hand" (Mandíková & Trna, 2011).

### 2.3 ASSESSMENT OF GRAPHICALLY RICH MATERIAL

Another aim, that this research followed, was to find out how students deal with perceptually rich materials. The submitted tasks contained, in comparison to common test items with simple cartoons, many graphic elements: headings, photos of children, photo of introductory problem situation, a link to image source and the note.

Typically, we met with the two approaches of the students. Some of the students fixated these elements very little, or not at all. It can be concluded from the analysis of task solving that if students did not fixate pictures, then as a rule they chose their answer (correct or incorrect) quickly, i.e. without longer hesitation (see, e.g. fig. 5 by the student-expert P47 and fig. 6 by the student-novice P39).

On further reflection, the students indicated that this is a test, and therefore, they did not want to be distracted by these graphical elements and they wanted to concentrate only on the task text.

The second group of students showed some interest in the graphics to varying degrees. They often fixated the photos of the characters expressing the statement, with which the students identified the most, choosing it as their answer. This is noticeable in case of most of the students who were included in our research. Furthermore, they were often interested in the illustrative photo of the particular task (the boy on a skateboard and the boy throwing up the ball), including the link to the image. However, none of the participants of the research memorized the web address, they only checked, that it is really a so-called link, and then they focused their attention elsewhere. This corresponds to one or two fixations on the text of the link.

Surprisingly, the students did not fixate the illustrative photo of Albert Einstein at all; however, they were very often aware of it, as they said during the subsequent reflection. Apparently, it is such a well-known image, it may be that their less sharp peripheral vision was sufficient to recognize the content of the photo.

## 3 DISCUSSION AND CONCLUSION

In our case study, we conducted a detailed analysis of strategies of solving physics tasks for three students-experts and three student-novices, in which we monitored in particular the total time of solving the task. Based on gaze plots and videorecordings of students eye-movements, we described students' allocation of attention to various task elements and transitions among them, especially among the offered options. We focused on the frequency of fixations on words relevant for the correct solution of tasks as well.

For students-experts, a careful but often fairly quick reading of the entire text of the task fixating the right keywords or phrases and quick elimination of incorrect solutions was typical.

The students-novices were often solving the task for a longer period of time and they devoted more time to browsing misconceptions. This is well-evident for example in solving the task "Ball" by student-novice P27. In contrast, for example,

a student-novice P39 was very clearly convinced of her solution, and after a cursory reading of all the available options she quickly chose her answer. When students solved the R-FCI tasks from the test and chose an incorrect answer, in most cases they showed the fewest average fixations duration on the correct option (Kekule et al., 2017). From the gaze plots of task solving and also from the video recordings it is possible to trace that student-novices less often fixate key words or phrases in the text that are relevant for the correct solution of the tasks (see, for example, solving the task “Skateboard” by student-novice P46). These results show previous studies as well (e.g. Madsen et al., 2012; Jouni et al., 2017). Furthermore, students who belonged to the group of “worst performers” tended to fixate more often the same point within the area of the task. Tendency of the worst test performers to fixate the same point within a graph was observed when students were solving several tasks from the Test of Understanding Graphs in Kinematics (Kekule, 2014b).

All of the tasks, the solution of which we have analyzed above, included some of the most common misconceptions in dynamics. From the gaze plots and video recordings of task solving, misconceptions that persist in students’ minds can be well identified (see, for example, “force of the hand” in case of student P27). Sometimes, quick choice of incorrect answer may indicate a considerable degree of the deep-rootedness of the misconception (see, for example, solving of the “Skateboard” task by student P39). On the other hand, some students show more hesitation when choosing between the options (see, for example, solving the “Skateboard” task student P54).

In the analysis of the solving strategy used by the individual research participants we also monitored the frequency of the fixation of the pictures and other graphic elements that occurred in the tasks. On the basis of the results mentioned in chapt. 2, it can be said that the students probably fixate the images if they are thinking about something, deciding, etc. From the video recordings it is apparent that the students pay greater attention to pictures especially when they read the text of the task repeatedly and also in the case of a longer hesitation over their answer (as it is for example in solving of the task “Ball” by student P27).

Also, photos of the characters often constituted significant perceptual elements, which attracted the attention of the students. As a disruptive perceptual elements, we can identify the link under the illustration picture, the text of the note and also the colorful clothing of the characters in the photos, which sometimes unnecessarily attracts students’ attention.

Although we are aware that the eye tracking research method has its various limitations (Kekule, 2014a), it can be very useful for observation of students’ thinking processes. For example, when we administer a test to the students, we get only students’ final answer to a task. As we showed in the presented case studies, students’ thinking processes are much richer and vary even among the group of the worst or the best performers. These observations and findings may help teachers in their better understanding of students’ problem-solving strategies and can facilitate them in the removal of frequent students’ misconceptions.

## REFERENCES

Bojko, A. (2013). *Eye tracking the user experience: A practical guide to research*. Rosenfeld Media.

- Chen, S., She, H., Chuang, M., Wu, J., Tsai, J. & Jung, T. (2014). Eye movements predict students' computer-based assessment performance of physics concepts in different presentation modalities. *Computers & Education*, 74, 61–72.
- Driver, R., Squires, A., Rushfors, P. & Wood-Robinson, V. (2003). *Making sense of secondary science*. New York: Routledge Falmer.
- Duchowski, A. (2006). *Eye tracking methodology. Theory and practice*. London: Springer.
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E. & Saljo, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: a meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523–552.
- Hejnová, E. & Kekule, M. (in print). Využití oční kamery pro kvalitativní posouzení postupu při řešení úloh z mechaniky. In *Moderní trendy v přípravě učitelů 8*. E-Proceedings.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30 (March), 141–158.
- Jouni, V., Kekule, M., Isoniemi, J. & Hautala, J. (2017). Eye-tracking the effects of representation on students' problem solving approaches. In *Proceedings of the FMSERA 2016 annual symposium* (88–98). The Finnish Mathematics and Science Education Research Association.
- Kekule, M. (2014a). Výzkum pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání. *Scientia in educatione*, 5(2), 58–73.  
Dostupné z <http://www.scied.cz/index.php/scied/article/view/107/100/>
- Kekule, M. (2014b). Students' approaches when dealing with kinematics graphs explored by eye-tracking research method. In A. Bilsel & M. U. Garip (Eds.), *Proceedings of the Frontiers in Mathematics and Science Education Research Conference, FISER' 2014* (108–117). Famagusta: Science Education research Group as Eastern Mediterranean University.
- Kekule, M. (2015). Qualitative approach of eye-tracking research in science education. In F. Dabaj (Ed.), *Proceedings of International Conference on Contemporary Issues in Education* (104–111). Dubai: UAE.
- Kekule, M. & Viiri, J. (2018). Students' approaches to solving R-FCI tasks observed by eye-tracking method. *Scientia in educatione*, 9, the same issue.
- Kozhevnikov, M., Motes, M. & Hegarthy, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving. *Cognitive Science*, 31(4), 549–579.
- Madsen, A. M. et al. (2012). Difference in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 8(1), 010122-1-13.
- Mandíková, D. & Trna, J. (2011). *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido: Brno.
- Naylor, S. & Keogh, B. (2010). *Concept cartoons in science education*. Sandbach: Milgate House Publishers.
- Nieminen, P., Savinainen, A. & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics — Physics Education Research*, 6(2), 020109.
- Ohno, E., Shimojo, A. & Iwata, Mi. (2016). Analysis of problem solving processes. In *Physics based on eye-movement data in key competences in physics teaching and learning, Proceedings of GIREP 2015 conference*. University of Wrocław.

Smith, A., Mestre, J. & Ross, B. (2010). Eye-gaze patterns as students study worked-out examples in mechanics. *Physical Review Special Topics – PER*, 6(2), 020118.

---

EVA HEJNOVÁ, [eva.hejnova@ujep.cz](mailto:eva.hejnova@ujep.cz)

University of Jan Evangelista Purkyně in Ústí nad Labem, Faculty of Science

Department of Physics

České mládeže 8, 400 96 Ústí nad Labem, Czech Republic

MARTINA KEKULE, [martina.kekule@seznam.cz](mailto:martina.kekule@seznam.cz)

Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics

Department of Physics Education

V Holešovičkách 2, 180 00 Prague, Czech Republic

## Students' approaches to solving R-FCI tasks observed by eye-tracking method

*Martina Kekule, Jouni Viiri*

### Abstract

This study sought to assess the representational format of task options in the representational variant of the force concept Inventory (R-FCI) test, namely its impact on students' problem-solving approaches. This was done with the help of eye-tracking equipment. 35 high-school students solved four tasks, mainly from the R-FCI test, which sought to assess the student's understanding of Newton's 1st and 2nd Law of Motion. As they were trying to solve the problems, their gazes were tracked by TobiiTX300. A comparison between students who provided the correct and incorrect answer was subsequently carried out. The correctly answering students very quickly found the correct solution both in verbal and graph representation. For motion map representation, they usually compared and made decision between two options. The incorrectly answering students did not show any consistent strategy except they paid the least attention to the correct answer. Moreover, two case study studies of correctly and incorrectly answering students were described.

**Key words:** eye-tracking, physics education, R-FCI test, representation.

## Přístupy žáků k řešení úloh v R-FCI testu sledované pomocí metody oční kamery

### Abstrakt

Studie se zabývá zjišťováním efektu formátu reprezentace nabízených alternativ v didaktickém testu R-FCI zaměřeném na porozumění 1. a 2. Newtonovu zákonu za pomoci oční kamery. 35 žáků SŠ řešilo 4 úlohy převážně z výše uvedeného testu a při tomto řešení byly zaznamenávány jejich oční pohyby kamerou Tobii TX300. Na základě výsledků řešení úloh byly porovnány skupiny správně a nesprávně řešících žáků. Žáci, kteří řešili danou úlohu správně, pro grafickou a verbální reprezentaci našli odpověď velmi rychle. V případě zobrazení pohybu v časovém diagramu se obvykle rozhodovali mezi dvěma možnostmi. U žáků řešících úlohu nesprávně jsme pozorovali v téměř všech případech nejmenší zaměření pozornosti právě na správnou alternativu. Dvě případové studie správně a nesprávně odpovídajících dvou žáků jsou uvedeny pro detailnější zachycení jejich rozdílných strategií.

**Klíčová slova:** oční kamera, fyzikální vzdělávání, test R-FCI, reprezentace.

Students' misconceptions and difficulties when learning science have been in the forefront of scientists' interest for decades. First focus was on mechanics, especially on students' understanding of Newton's Laws, which resulted in creation of The Force Concept Inventory (FCI) (Hestenes et al., 1992). Recently, representational variant of the force concept inventory (R-FCI) was developed by Nieminen et al. (2010). For nine original FCI items two new isomorphic variants were formulated in different representations, e.g. text, graph or diagram. The ability to use multiple representations is an essential scientist's skill (Hestenes, 1996). As Nieminen et al. found in some tasks, students' understanding was statistically significantly different when posed in different representation, so representation needs to be taken into account when one discusses a physics concept.

The main aim of our study was to compare approaches of students who solved tasks focused on understanding of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> Newton's Law concepts from R-FCI test correctly or incorrectly. Furthermore, we were interested in the way how the representation of the task affects student's solution. Observation was provided by the eye-tracking method, which can give deeper insight into students' thinking processes via tracking of participants eyes.

The method is based on the eye-mind assumption (Just & Carpenter, 1980) and is possible to be used for both qualitative and quantitative type of research design (Bojko, 2013). In qualitative approach, one can observe the thinking process of a participant via gaze plot or provide qualitative comparison of different students group using gained heat maps (Kekule, 2015). Quantitative approach is focused on comparison of typical eye-tracking metrics, such as total fixation duration, average fixation duration and number of fixations (Duchowski, 2006) on defined areas of interest of presented materials.

Comparison of correctly and incorrectly answering students came from expert-novice paradigm and is common for research in the education field. There are several typical differences observed between experts and novices. For example, Gegenfurtner et al. (2011) observed that experts are able to collect information from the parafoveal area. In addition to that, they are better able to distinguish between important and irrelevant information from each other, so they typically show shorter average fixation duration and bigger number of fixations on areas relevant for the right solving of a task and vice versa. Moreover, Chi et al. (1981) found that experts can create an internal representation of the task faster than novices. Experts generated more quickly an idea of how the task should be solved and what the solution would be.

In physics education, probably the most studies were interested in mechanics, focused on students strategies when they solve tasks of FCI test, for example Madsen et al. (2012), Kozhevnikov (2007), Ohno (2016). Smith et al. (2010) were interested in a way how students work with textual (conceptual) and mathematical clues when they deal with problems from mechanics. The method has been used for computer testing as well. For example Chen et al. (2014) carried out a study focused on prediction of likelihood of responding to the correct physics concepts from various physics fields successfully. Detailed overview of eye-tracking studies in physics education till 2010 is provided in Kekule (2014).

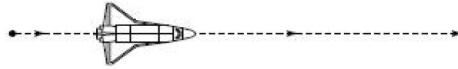
## 1 RESEARCH METHOD

### 1.1 TEST TASKS

Using the eye-tracking method we observed students when solving four tasks from mechanics, particularly three from the R-FCI test (Nieminen et al., 2010) and one

was originally created for purpose of the test in the same manner as the three previous ones. All tasks were focused on understanding of Newton's laws concepts; two on the 1<sup>st</sup> Newton's law and two on the 2<sup>nd</sup> Newton's law. The test basically consists of four different questions, each of them with options in three different representations: verbal, graph and motion map. All task stems appeared in written form. Because of preservation of the confidentiality of the original FCI items we do not publish all tasks which were included in the testing. For an example item see fig. 1.

A spaceship drifts in outer space. The spaceship is subject to no outside forces. At the instant of time  $t_0$  the spaceship's engine is turned on and produces a constant force on the spaceship. The force is in the direction of the motion.



At the instant of time  $t_8$  the spaceship's engine is turned off. During the time interval  $t_0-t_8$  the speed of the spaceship is

- a) constant for a while and decreasing thereafter
- b) increasing for a while and constant thereafter
- c) continuously decreasing
- d) continuously increasing
- e) constant

Fig. 1: Example of an item from the R-FCI test in verbal representation: Rocket before stopping the engine

## 1.2 TESTS

Each participant took part in one of the three versions of a test. Each test consists of the same four tasks, but with options in one of the three representations (graph, verbal or motion map). Tasks included in each test version are shown in tab. 1.

Tab. 1: Characteristics of tasks included in one of the three test versions

Task	Tasks and their context			
	Newton's 1 <sup>st</sup> law		Newton's 2 <sup>nd</sup> law	
	rocket after stopping the engine	astronaut	rocket before stopping the engine	woman pushing a box
Test version				
1	graph	graph	verbal	motion map
2	motion map	verbal	graph	verbal
3	verbal	motion map	motion map	graph

## 1.3 ADDITIONAL QUESTIONNAIRE – LEARNING STYLE INVENTORY (LSI)

Czech adapted version of the Learning style inventory (LSI) developed by Dunn, Dunn and Price was used for getting information about students' preferred learning styles (Mares & Slavik, 1989). Students were asked to state their preferred way of learning (visual, audio, tactile or kinesthetic) and moreover to state their attitude to conformity in sense of willingness to fulfill tasks given by their teachers. Altogether, students were asked to answer through items from five dimensions of LSI. The

questionnaire consists of statements and students express on the 5-point Likert scale the extent of their agreement.

## 1.4 PARTICIPANTS

High school students and students just enrolled in their first university year study took part in the study. Altogether, data from 46 participants were gained. As a valid data only records with more than 70% caught eyes positions were considered and further processed. Records from altogether 35 students have met the threshold. 44% male and 56% female; 2 physics teachers, 6 future teacher students in their first year of college study and high school students took part in the research. Data collection was carried out in November and December 2016.

## 1.5 EYE-TRACKING EQUIPMENT AND TESTING PROCEDURE

The eye-tracker by Tobii was used, particularly TX300 with frequency 300 Hz, which has an accuracy less than  $0.5^\circ$  of visual angle. The infrared camera was placed under the 23-inch screen of the stimulus PC. Stimuli were presented as a pdf-document. Participant's eyes were positioned at a distance of approximately 70 cm from the center of the screen. A five point calibration and validation procedure was used before the start of the experiment. Eye movements were recorded by Tobii Studio 3.2 and for identification of fixations inbuilt IVT filter were used. Eye movement was classified as a saccade when eye's velocity exceeded  $30^\circ/s$ . Minimum fixation duration was set to 60 ms. Extra mouse and keyboard were connected to the stimulus PC by which participants handled the PC. The eye tracking session lasted about 8 minutes. During the whole session students were asked to think aloud when it was needed and the sessions were recorded by video camera. After the sessions students were asked to provide verbal retrospective report. First participant solved test version 1, second participant test version 2, etc. so that participants from different groups took part in all test versions.

## 1.6 DATA ANALYSIS

Data analysis was provided by Tobii Pro3.2 software by Tobii company (tobii.com).

### EYE-TRACKING METRICS ON DEFINED AREAS OF INTEREST

A comparison of typical eye-tracking metrics on defined area of interest (AOI) is a common analysis in eye-tracking method. As AOIs particular options and stem of a task were defined and as an appropriate eye-tracking metrics total fixation duration mean on an AOI was used. As we provide comparison between two student groups, we do not need to take into account different AOIs' size. An example of defined AOIs is shown in fig. 2.


Allocation attention on AOIs is shown for each task and two student groups — those, who answered correctly (C group) and those who answered incorrectly (INC group).

### ATTENTION MAP COMPARISON

Attention maps can provide detailed insight into students' allocation of attention within defined AOIs, especially larger AOIs such as stems or options in motion map representations. Attention maps presented in the paper were created by Tobii Pro 3.2 software and were based on number of fixations.



Raketa letí ve vesmíru, kde na ni nepůsobí žádné vnější síly. V čase  $t_0$  je zapnut raketový motor, který působí na raketu konstantní silou ve směru pohybu. V čase  $t_g$  je motor vypnut.



Jaká je velikost rychlosti rakety po vypnutí motoru?

- a) zpočátku konstantní a poté se snižuje.
- b) zpočátku se zvyšuje a poté je konstantní.
- c) neustále se snižuje.
- d) neustále se zvyšuje.
- e) konstantní.

Fig. 2: Defined AOIs for a task “rocket before”: stem (gray) and five options a–e (color)

GAZE PLOTS

Gaze plots show all fixation of a participant on the screen during the testing. Gaze plots presented in the paper were created by Tobii Pro 3.2 software. Diameter of the fixation circle represents single fixation duration. Lines connecting fixations represent saccades.

## 2 RESULTS AND DISCUSSION

### 2.1 TEST RESULTS

Students needed mostly 3 up to 4 min to complete the test and the whole time ranged from 1:39 to 6:02 min.

Frequency and percentage of correct answers to the test tasks is presented in tab. 2. As we can see, the task “woman pushing a box” was generally the most difficult for students. Correct answers for different representations vary a lot for all tasks. We would point out that verbal representation has not always been the most correctly answered representation. Moreover, students who solved test version 1 provided mostly the least number of correct answers. As it is mentioned above, test versions were assigned to students one by one, so we would expect low effect of group dissimilarity on the total results.

Tab. 2: Frequency and percentage of correct answers to the test tasks

Test version	Tasks and their context Newton's 1 <sup>st</sup> law					
	rocket after			astronaut		
		frequency	percentage		frequency	percentage
1	Graph	4	33	graph	6	50
2	motion map	7	64	verbal	7	36
3	verbal	8	73	motion map	9	75
Test version	Tasks and their context Newton's 2 <sup>nd</sup> law					
	rocket before			woman pushing box		
		frequency	percentage		frequency	percentage
1	verbal	1	9	motion map	0	0
2	graph	9	82	verbal	3	27
3	motion map	7	58	graph	6	50

In the original test (Nieminen et al., 2010) similarly the task “woman pushing a box“ had very low difficulty index, under 0.3. As we can see, tested students were most successful in graph representation of options for this task. The two tasks about the rocket had in the original test difficulty indexes about 0.70 (“rocket after”) and 0.40 (“rocket before”). Our results show very high variation of the percentages of correct answers especially for the task “rocket before” in different representations.

## 2.2 CHOICE OF AN OPTION — ATTENTION ALLOCATION ON DEFINED AREAS OF INTEREST

As eye-tracking method can allow us to follow students’ eyes and so roughly their attention, it gives us much more information than only tests results. We can follow their decision making process as well. In order to carry out this, we marked multiple choice alternatives and the task stem as our AOIs (See fig. 2) and we were interested in the total fixation duration on the AOIs. Particularly, in the mean of the total fixation duration for two student groups: those, who answered correctly (C group) and those who answered incorrectly (INC group). Results are presented in tab. 3.

Tab. 3: Fixations duration mean on AOIs for two students group

total fixation duration mean on AOI/ s			students answering correctly (C group)						
concept	task	representation	AOIs						
			a	b	c	d	e	stem	all
1 <sup>st</sup> Newton's Law	astronaut	verbal	2.48	2.10	1.48	1.16	5.28	11.4	23.9
		graph	1.72	1.60	1.83	1.84	5.10	17.3	29.4
		motion map	5.72	6.88	2.61	5.51	8.65	25.5	54.9
	rocket before	verbal	2.40	1.85	1.02	1.22	5.77	24.3	36.6
		graph	1.07	0.56	0.64	2.06	2.36	16.6	23.3
		motion map	1.41	6.73	2.12	2.32	7.70	21.5	41.8
2 <sup>nd</sup> Newton's Law	woman pushing a box	verbal	2.80	1.81	5.41	2.03	0.87	27.9	40.8
		graph	5.67	6.36	10.40	4.34	4.35	30.5	61.7
		motion map	–	–	–	–	–	–	–
	rocket after	verbal	1.16	1.80	0.71	4.79	0.36	15.9	24.7
		graph	3.30	3.56	2.98	8.69	2.59	32.7	53.8
		motion map	3.27	14.50	3.20	14.50	2.50	22.7	60.6
			students answering incorrectly (INC group)						
concept	task	representation	AOIs						
			a	b	c	d	e	stem	all
1 <sup>st</sup> Newton's Law	astronaut	verbal	4.65	6.70	4.38	6.09	1.36	16.1	39.3
		graph	6.39	6.81	2.85	2.75	2.05	25.0	45.8
		motion map	2.21	3.30	2.52	7.55	1.24	21.8	38.6
	rocket before	verbal	3.65	9.06	3.47	1.95	1.22	24.5	43.9
		graph	3.40	1.82	3.77	0.77	1.51	22.5	33.8
		motion map	4.45	11.80	7.00	6.81	7.64	26.7	64.4
2 <sup>nd</sup> Newton's Law	woman pushing a box	verbal	6.41	6.36	3.94	6.86	6.94	38.0	68.5
		graph	6.80	6.71	2.78	2.07	2.60	19.8	40.8
		motion map	3.97	3.66	2.46	3.21	4.59	27.2	45.1
	rocket after	verbal	5.14	7.27	1.85	1.77	2.80	32.1	50.9
		graph	1.39	1.81	5.07	0.50	1.93	24.7	35.4
		motion map	4.17	3.37	2.68	4.98	5.30	15.4	35.9

Both student groups spend the most time on the stem AOIs. For four tasks (“rocket before” in graph and motion map representation and task “astronaut” in motion map representation and “woman pushing box” in graph representation) students in C group spend more time than student in INC group reading the stem. Table 4 shows detailed results, particularly ratio of total fixations duration mean on stem to total fixations duration mean on all AOIs for both C and INC group. Students in C group on average spend the least amount of time on the stems for motion map representation, whilst for verbal representation they spend about 2/3 of all fixation time on stems. In other words, students in the C group have found solution for verbal representation very quickly, whilst for motion map representation they needed more time. Students in INC group vary in percentage of time spend on stem similarly to students in C group (40–70%), however, we cannot observe any clear pattern in regard to task representation.

Tab. 4: Ratio of total fixations duration mean on stem to total fixations duration mean on all AOIs for both C and INC group

correctly answering students (C group)			*	incorrectly answering students (INC group)	
	task	representation		task	representation
–	woman <sup>^</sup>	<b>motion map</b>	41.0	astronaut	verbal
37.5	rocket after	<b>motion map</b>	41.5	rocket before	<b>motion map</b>
46.5	astronaut	<b>motion map</b>	43.0	rocket after	<b>motion map</b>
47.7	astronaut	verbal	48.6	woman <sup>^</sup>	<i>graph</i>
49.5	woman <sup>^</sup>	<i>graph</i>	54.5	astronaut	<i>graph</i>
51.4	rocket before	<b>motion map</b>	55.4	woman <sup>^</sup>	verbal
58.8	astronaut	<i>graph</i>	55.9	rocket before	verbal
60.7	rocket after	<i>graph</i>	56.5	astronaut	<b>motion map</b>
64.2	rocket after	verbal	60.4	woman <sup>^</sup>	<b>motion map</b>
66.5	rocket before	verbal	63.0	rocket after	verbal
68.3	woman <sup>^</sup>	verbal	66.6	rocket before	<i>graph</i>
71.3	rocket before	<i>graph</i>	69.8	rocket after	<i>graph</i>

<sup>^</sup>task “woman pushing a box”

\*ratio of total fixations duration mean on stem to total fixations duration mean on all AOI

### 2.2.1 NEWTON’S 1<sup>ST</sup> LAW CONCEPT

When solving two tasks focused on Newton’s 1<sup>st</sup> law, students in C group paid the most attention just to the correct option — speed is constant — and they spend less time on the other options for verbal and graph representation. For the “rocket after” task they were slightly more interested in the option “speed is steadily increasing” in verbal representation as well. For motion map representation, they were interested in one more option, which suggests that the speed is increasing and later constant (option b). Students who solved correctly a task “astronaut” where interested in other options including increasing speed (option b) as well; however, they paid at least two times less time to the option showing decreasing speed (option b).

INC group of students provided different allocation of attention. For motion map representation, they spent for both tasks much more time on just one option. For “astronaut” task it was “steadily increasing” (option d) and for “rocket after” task “speed is increasing and later is constant” (option b). For graph representation, they were very clearly interested in two options. For “rocket after” task they were interested in all options including decreasing function. For “astronaut” task, they were interested in all options where at the beginning of statement it says “speed is increasing”.

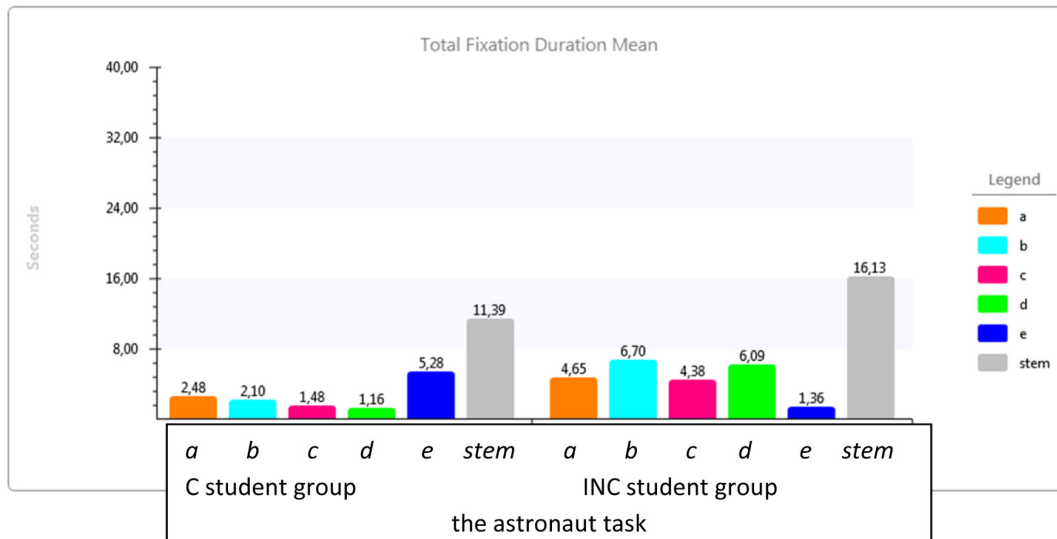


Fig. 3: Mean fixation duration spend on defined AOIs of “astronaut” task in verbal representation. On the left data for the C group, on the right for the INC group of students

For tasks in verbal representation, INC group students were interested in one or two options. For both graph and verbal representation, they spend the least time on the correct option (see blue columns in fig. 3).

These results suggest that correctly answering students already know the answer after reading the stem and only pick up the correct choice (blue column in fig. 3). Or they are able to very quickly recognize which option is absolutely irrelevant as in the case of motion map representation, whilst INC group students’ answers can probably be influenced by representation itself.

### 2.2.2 NEWTON’S 2<sup>ND</sup> LAW CONCEPT

For the students in C group we can again observe the same pattern for verbal and graph representations. They are much more interested in the correct option. See for example data for a task “woman pushing a box” in verbal representation (fig. 4, left). None of the students answered the task in motion map representation correctly.

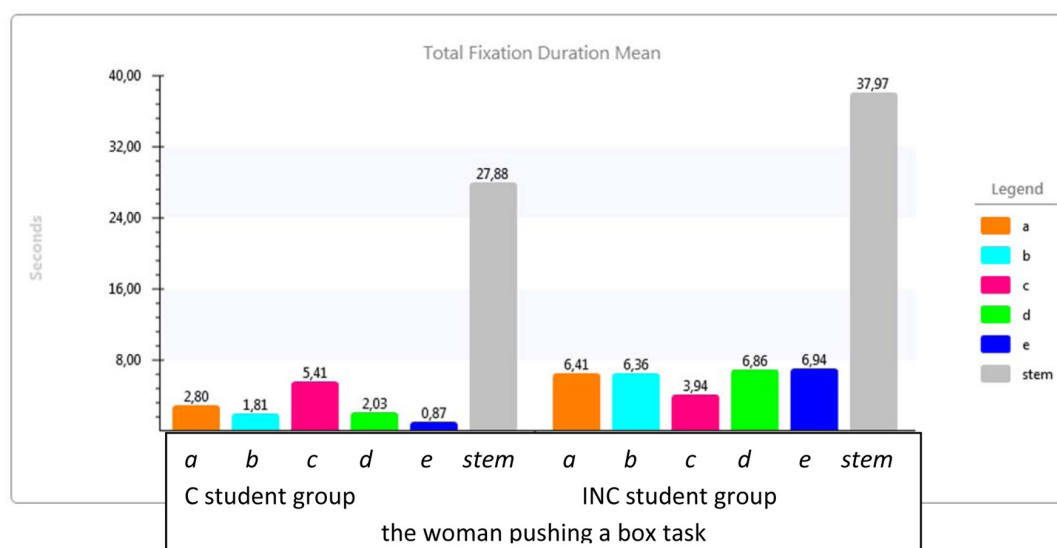


Fig. 4: Fixations duration mean spend on defined AOIs of “woman pushing a box” task in verbal representation. On the left data for the C group, on the right for the INC group of students

Students in INC group show different approaches. For tasks “rocket before” they are clearly attracted to option “speed is steadily decreasing” in graph representation, whilst in verbal representation, they paid the most attention to the two other options. The task “woman pushing a box” was for students the most difficult. In motion map and text representation, they paid similar amount of attention to almost all options. The correct answer (option c) suggesting “steadily increasing speed” was the least popular (fig. 4, right). The task in graph representation shows that they were the most interested in just two first options.

### 2.2.3 COMPARISON WITH FINISH STUDY

Eye-tracking the R-FCI tasks have been carried out in Finnish study (Jouni et al., 2017) as well. Students show some similar and some different approaches. From Newton’s Law concepts point of view, Czech students show similar difficulties like Finnish ones. Firstly, a task “woman pushing a box” was the most difficult for students. Furthermore, for the task “rocket after” focused on 1<sup>st</sup> Newton’s Law they were interested in all options including word “decreasing”, which shows typical misconception.

From representational point of view, correctly and incorrectly answering Finnish students for motion map representation paid the least attention to the option suggesting decelerating motion and preferred to check all the other options.

## 2.3 READING STEM – ATTENTION MAPS COMPARISON

Attention maps can provide detailed insight into students’ allocation of attention within defined AOIs, especially larger AOIs such as stems or options in motion map representations.

### 2.3.1 1<sup>ST</sup> NEWTON’S LAW CONTEXT

When reading the stem of “rocket after” task both student groups paid the most attention to the key information, that engine of the rocket is switched off. Students who correctly answer “astronaut task” were the most interested in information that he or she is not fastened to the spaceship. This pattern is obvious for group of incorrectly answering students only for verbal representation.

### 2.3.2 2<sup>ND</sup> NEWTON’S LAW CONTEXT

When reading the stem of a task “rocket before”, both student groups paid the most attention to the letters representing key time events. At the task “woman pushing a box”, similarly to the task “rocket after”, both students group paid the most attention to the statement, that at particular time woman excerpts twice bigger force.

### 2.3.3 COMPARISON WITH FINISH STUDY

Finnish students show differences when reading stems based on their stated either correct or incorrect answer. Correctly answering students were the most interested in tasks concerning “rocket” with words “outer space” and “does not affect”, while incorrectly answering students similarly to all students in Czech study focused on variable values marked  $t_0$ ,  $t_8$ , etc.

## 2.4 CASE STUDIES — GAZE PLOTS AND EYE-RECORDS

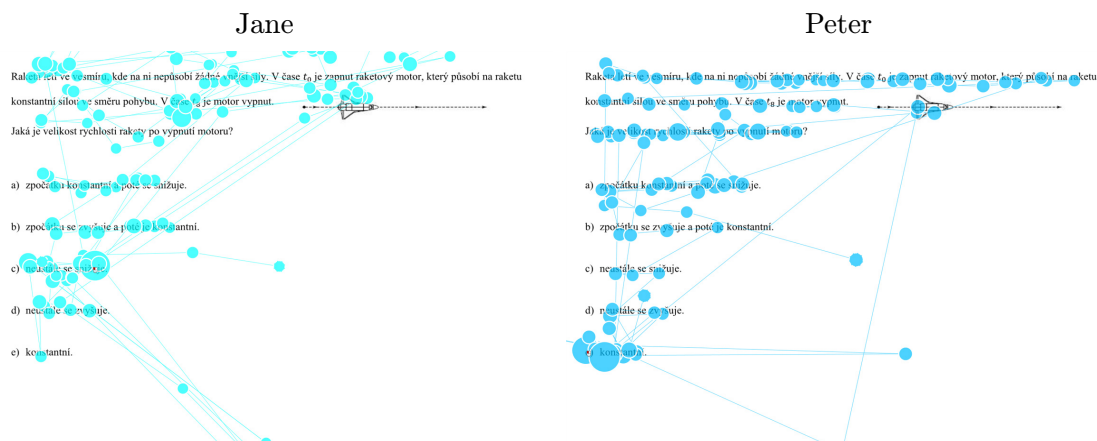
Two participants were included in detailed view on their problems solving. Both solved tasks in test version 3, came from the same school level and their maths and physics grades are at the similar level. They differ in their gender and total gained test score. One participant got the null score from the test, whilst the other got the highest possible score. Therefore, they can represent novice and expert within expert-novice paradigm. However, it is important for the interpretation to take into account that their school performance is assessed to be at the similar level. Analysis of three tasks, each with options in the three different representations will be provided.

Jane, participant no. 11, is a 17-year-old female high school student. Her grades from math and physics are at the best level. However, she does not enjoy physics much, but she finds it useful. She stated strong preferences in LSI test for kinesthetic learning style, which means need of movements during learning or to be engaged in real life experience during learning. Projects, field trips, visiting science learning centres are the appropriate school activities for these types of learners. She answered all tasks incorrectly.

Peter, participant no. 23, is a 16-year-old male high school student. His grade from math is at the best level, from physics is one level worse. He likes physics and finds it useful. He stated strong disagreement to the idea that he would like to do something with his hands during learning (e.g. build something, to make a model by hands, etc.) On the other hand, he prefers to learn by his own experiences. He answered all tasks correctly.

### 2.4.1 VERBAL REPRESENTATION

Tab. 5: Gaze plots for the two high school students for a test task with options in the verbal representation — task “rocket after” in verbal representation



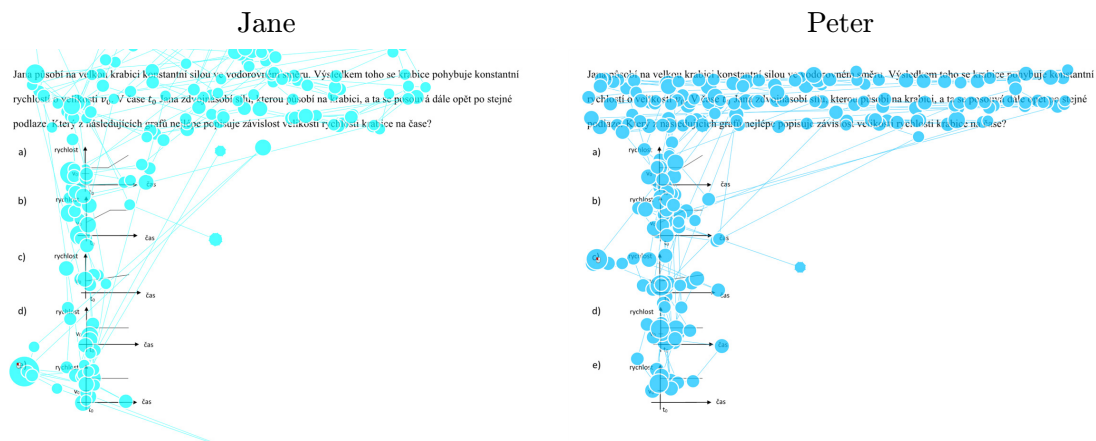
Both students paid the most attention to the option, which they in the end chose. Jane read first the stem, then each option. After reading d) she returned back to c), a), again she was reading c), d). *Then Jane took only one fixation on the correct option e).* In the end she took several fixations on the option c) alternating with picture of the rocket in the stem.

Peter read the stem carefully and then option a) about at first constant and then decreasing speed. After that, he returned to the first row of the stem and again paid attention to option a). He read the question in the stem and then he went through

all the options and took a fixation on the empty part. After that he took a short look on each option and went back to the stem question. After that, he read the question and option e). Before the end of the record, he glimpsed at a picture of rocket in the stem and confirmed e) as the correct option. Based on the gaze plot, we can notice that Peter was reading option a) for longer time in contrast to the other options. But this happened only at the beginning together with reading the stem.

## 2.4.2 GRAPH REPRESENTATION

Tab. 6: Gaze plots for the two high school students for a test task with options in the graph representation — task “woman pushing a box” in graph representation



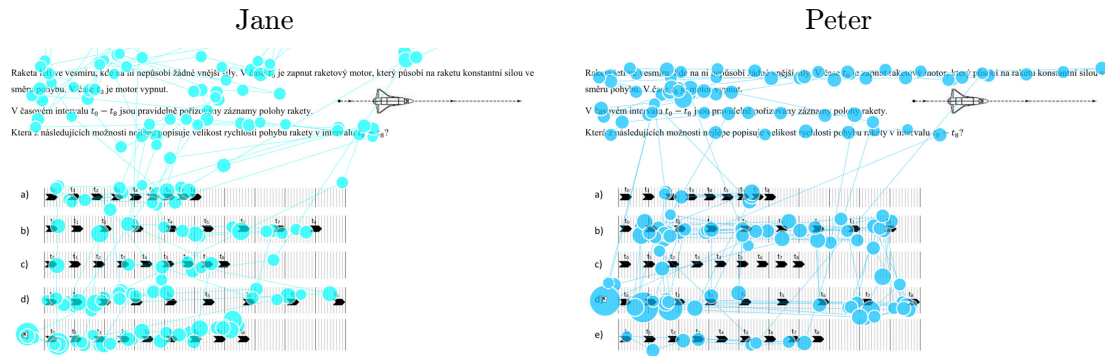
Both students took several fixations on each graph option. Again, Jane showed the least number of fixations on the correct option c. She started reading the stem and then she took a look at the first graph, particularly, at the variables along the axes. After that, she went through the other options; however, she was focused only on vertical axes, variables there and the value — initial speed. Then she returned to the stem, particularly to the part about the initial speed value. She went through options a) and b) and then she roved round the stem for longer time. She went through all the options in the column down and up and then she switched between d) and e), which both depict constant speed, several times. Finally, she went up shortly through all the options, read the stem and chose the option e).

Peter read the first sentence of the task stem, i.e. the information, that a woman is pushing a box by a constant force. Then he glimpsed at graph a) and three times reread the first sentence. After reading the whole stem and the stem question he looked at graph b), again at the stem question and several times he was reading the stem and looking at graphs a) and b). When he reread the stem question “which of these graphs” he looked at the other graphs, i.e. c), d) and e); at graph c) he was interested in graph variables. Again he returned to the stem and repeatedly he went through graphs c), d) and e). After that he went up through all the option, again down and in the end he looked at and chose the option c).

## 2.4.3 MOTION MAP REPRESENTATION

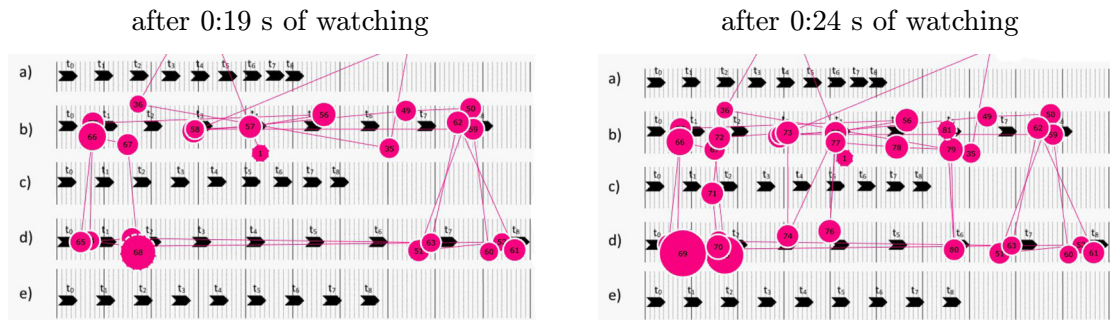
In summary, based on the gaze plot in tab. 7 we can notice that Peter easily deciphered decelerating motion, and he did made only several fixations on the three motion maps. Then he carefully counted which of the two remaining options represents the correct answer. As we can notice, for both options, he is interested in the

Tab. 7: Gaze plots for the two high school students for a test task with options in the motion map representation — task “rocket before” in motion map representation



beginning and the end of motion maps, so that he could easily compare differences. Based on the record of his eye movements, we can observe that after reading the stem and looking at option b), he was first interested in option d), particularly in the end and then in the front part, then he moved to the front part of option b) and to its end. After that first examination, he looked alternately at end parts of options b) and d) and then at front parts of options b) and d) again alternately. See transitions in the left picture in tab. 8.

Tab. 8: Gaze plots of Peter for task’s options in motion map representation during solving task “rocket before” in the motion map representation



Then he compared values of the two options b) and d) in the middle part of the motion map. See transitions in the right picture in tab. 8. Then he again read the stem and started to be interested in option a) shortly and examine option e). Again he returned to the stem, to the key information that ‘engine is switched off’ and after that his eyes mostly draw a rectangular defined by front and end parts of options b) and d). Then he stated option d) as his answer to the stem question.

Jane seems not to compare any two options with each other. After reading the stem, she was interested in option b) shortly, then in the front part of d), she carefully examined option e) and then again she returned to the front part of d). She was again interested in the stem and took a look at option a). After that, she once fixated the very front part of each option and moved to the end part of option d). Again she went through the whole motion map in the e) option, look at the stem question and chose e) as her answer.

In contrast to Jane, Peter provides more dense fixations on words. Jane returns to her favourite words more and the gaze plots then creates structures like “grapes”, which we do not observe with Peter much.



### 3 CONCLUSION

The most difficult task was the task “woman pushing a box” focused on understanding of Newton’s 2<sup>nd</sup> law. Similar results were showed by the original testing of R-FCI (Nieminen et al., 2010). The other tasks show high variation in different representation.

“Rocket before” task was the only task where students provided the most correct answers for versions with options in verbal representations. Obviously, the representation cannot be an indicator of student’s real conceptual understanding.

Students spent the most time on the stem AOI, which is in agreement with considering FCI test as the quick choice test. Students who answered tasks correctly spent the least time from the whole amount of time on reading the stem for motion map representation, whilst for verbal representation, they took for reading stem about 2/3 of the whole time. Students who answered tasks incorrectly do not show any similar pattern.

Allocation of attention to each offered option shows that correctly answering students already know the answer after reading the stem and only pick up the correct choice, especially for verbal and graph representation. Or they are able to very quickly recognize which option is absolutely irrelevant as in case of motion map representation, where they usually were interested in and compared two options. In the correct one, which presented monotone function of speed depending on time and in one, which was either at the beginning or at the end of time interval similar to the correct option.

Students who answered incorrectly provide different allocation of attention. They do not show any other consistent strategy in solving tasks with motion map representation. Sometimes they were equally interested in three or four options, sometimes they paid larger amount of attention to only one option. For tasks in verbal representation, they were interested in one or two options. For both graph and verbal representation, they spend the least time on the correct option!

Based on cased studies there were differences in approach of the correctly and incorrectly answering students. Particularly, they went through options in graph and in motion map differently. The correctly answering student was more interested in the whole area of graphs, whilst the incorrectly answering student focused her eyes mainly on vertical axes. For motion map representation, we can easily observe a pattern of comparison of the two the most probably correct options by the correctly answering students, whilst incorrectly answering students seem only to estimate what kind of motion is presented in the options.

### REFERENCES

- Bojko, A. (2013). *Eye tracking the user experience: A practical guide to research*. Brooklyn, New York: Rosenfeld Media.
- Chen, S., She, H., Chuang, M., Wu, J., Tsai, J. & Jung, T. (2014). Eye movements predict students’ computer-based assessment performance of physics concepts in different presentation modalities. *Computers & Education*, 74, 61–72.
- Duchowski, A. (2006). *Eye tracking methodology. Theory and practice*. 2nd edition. London: Springer.
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E. & Saljo, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: a meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23, 523–552.

- Nieminen, P., Savinainen, A. & Viiri, J. (2010). Force concept inventorybased multiple choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 6, 020109.
- Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for physics teachers. In *The changing role of physics departments in modern universities. Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*, College Park, 1996, AIP Conference Proceedings No. 399, New York.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141–158.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152.
- Jouni, V., Kekule, M., Isoniemi, J. & Hautala, J. (2017). Eye-tracking the effects of representation on students' problem solving approaches In *Proceedings of the annual FMSERA symposium 2016* (pp. 88–98). Finnish Mathematics and Science Education Research Association (FMSERA). Retrieved from <https://journal.fi/fmsera/article/view/60941/27043>
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329–354.
- Kekule, M. (2014). Výzkum pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání. *Scientia in educatione*, 5(2), 58–73.
- Kekule, M. (2015). Qualitative approach of eye-tracking research in science education. In F. Dabaj (Ed.), *Proceedings of International Conference on Contemporary Issues in Education* (104–111). Dubai, UAE.
- Kozhevnikov, M., Motes, M. & Hegarthy, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving. *Cognitive Science*, 31, 549–579.
- Madsen, A. M. et al. (2012). Difference in visual attention between those who correctly and incorrectly answer physics problems. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 8, 010122.
- Mareš, J. & Slavík, V. (1989). *Dotazník stylu učení (Learning Style Inventory – LSI)*. Price Systems, Inc.
- Ohno, E., Shimojo, A. & Iwata, Mi. (2016). Analysis of problem solving processes in physics based on eye-movement data in key competences in physics teaching and learning. In *Proceedings of GIREP 2015 conference*. University of Wroclav.
- Smith, A., Mestre, J. & Ross, B. (2010). Eye-gaze patterns as students study worked-out examples in mechanics. *Physical Review Special Topics – PER*, 6, 020118.

---

MARTINA KEKULE, [martina.kekule@seznam.cz](mailto:martina.kekule@seznam.cz)  
 Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta  
 Katedra didaktiky fyziky  
 V Holešovičkách 2, 180 00 Praha, Czech Republic

JOUNI VIIRI,  
 Department of Teacher Education  
 P.O. BOX 35, FI-40014 University of Jyväskylä, Finland

## Chemie im Kontext: The Students' View on its Adaption in Spain and Argentina — Two Case Studies

*Ignacio Sánchez Díaz, Martín Pérgola, Lydia Galagovsky,  
David-Samuel Di Fuccia, Beatriz Valente*

### Abstract

One of the main problems in science education nowadays, and especially in chemical education, is that the students usually cannot perceive the relevance of what they learn in their classes. There have been some efforts to improve the student interest and motivation without diminishing the understanding of the chemistry concepts. The context-based methodologies allow the students to see the relevance and applicability of what they learn in the chemistry classes, connecting the canonical science with their lives, interests and previous knowledge. One of these methodologies, Chemie im Kontext (Chemistry in Context in German), was developed in Germany to improve chemistry teaching in secondary education. Its main features include the use of contexts throughout the whole teaching unit and the effort to foster student self-learning. At present, there is an ongoing project, supported by the German Academic Exchange Service (DAAD), to assess the use of a German context-based methodology, Chemie im Kontext (ChiK in the following) in four secondary schools in the Madrid region (Spain). Based on a collaboration with the University of Buenos Aires (Argentina) this case study has been accompanied by a second one carried out in Buenos Aires during 2015 and 2016. The main goal of this project is to identify which changes students and teachers perceive when comparing a *ChiK* teaching unit to the traditional teaching approach. This article focuses on the students' opinions concerning the use of a *ChiK* methodology in chemistry classes in Spain and Argentina and therefore allows a first insight into possible effects of this teaching approach.

**Key words:** context based chemistry teaching, students' motivation, case study.

## Chemie im Kontext: Pohled studentů na uplatnění tohoto pojetí ve Španělsku a Argentině – dvě případové studie

### Abstrakt

Jedním z hlavních problémů přírodovědného, a obzvláště chemického, vzdělávání je v současnosti vnímaná nízká relevance vzdělávacího obsahu. V minulosti proběhly pokusy zvýšit

zájem žáků a motivovat je, aniž by došlo ke snížení jejich porozumění chemickým konceptům. Na kontextu založené (context-based) metodologie umožňují žákům vidět relevantnost a aplikovatelnost učiva chemie, spojuje kanonické přírodní vědy s životy žáků, zájmy a předchozími znalostmi. Jedna z těchto metodologií, *Chemie im Kontext* (chemie v kontextu, z němčiny), byla vyvinuta v Německu za účelem vylepšení výuky chemie na středních školách. Její hlavní prvky zahrnují využívání kontextů v celé výukové jednotce a klade důraz na utváření schopnosti žáků učit se (self-learning). V současnosti je realizován projekt podporovaný německou agenturou DAAD, který má za cíl hodnotit německou metodologii context-based přístupu. Projekt *Chemie im Kontext* (ChiK) probíhal na čtyřech středních školách v madridském regionu (Španělsko).

V předkládané případové studii je zmíněný projekt doplněn druhým, realizovaným ve spolupráci s University of Buenos Aires (Argentina) mezi lety 2015 a 2016. Hlavním cílem tohoto projektu bylo identifikovat změny, které žáci a učitelé vnímali mezi ChiK a tradičním pojetí výuky. Tento příspěvek se zaměřuje na názory žáků k využití ChiK ve výuce chemie ve Španělsku a Argentině, čímž umožňuje první náhled na možný efekt tohoto přístupu k výuce.

**Klíčová slova:** výuka chemie založená na kontextech, motivace žáků, případová studie.

During the last decades, a remarkable number of studies have reported worrying results regarding secondary science education. Besides unsatisfying results in the field of content knowledge it seems that affective aspects, such as feelings, motivation, attitudes and interest are often neglected in science teaching (Osborne et al., 2003). In order to foster students' interest, motivation and attitudes towards chemistry, context-based learning approaches, which are being developed for round about thirty years now (Nentwig & Waddington, 2005), try to connect chemistry concepts with the students' everyday lives and previous knowledge, thereby linking their cognitive and affective learning. The use of contexts allows the students to see the relevance and applicability of what they learn, so the newly acquired concepts can be related to their previous knowledge, ideas and interests, allowing a successful learning process (De Jong, 2006). The students can perceive what they learn as relevant to their lives, being able to construct coherent "mental maps" of the subject (Gilbert, 2006).

Many context-based approaches refer to six central process characteristics derived from a constructivist view on learning (Mandl & Kopp, 2005): Learning...

1. ...is an active construction process, where the learner must take an active participation in the learning process.
2. ...is a constructive process, where knowledge is built into already existing knowledge structures.
3. ...is an emotional process, where positive emotions from the learner are needed.
4. ...is a self-directed process, where the learner must control his/her own learning process.
5. ...is a social process, and the interaction with others is needed.
6. ...is a situated process, where the knowledge acquisition takes place in a context or specific learning environment.

There are a number of reports that claim positive effects on students' interest and motivation when these context-based approaches are used (Parchmann et al., 2006, Bennett et al., 2005, 2007).

## 1 THE CONCEPT OF *Chemie im Kontext*

One of these context-based approaches is *Chemie im Kontext* (Chemistry in Context in German, ChiK in the following). ChiK was originally developed in Germany between 1999 and 2008, with the support of the German Ministry of Education and Research (BMBF) and implemented by "learning communities" (Parchmann et al., 2006) of university researchers and teachers. It aims at improving chemistry teaching in 8th–13th grades (12- to 17-year-old pupils) in the German education system. It provides the teachers with guidance, suggestions on possible contexts and collections of material, that they can use to build their own teaching units.

In the ChiK-units the six constructivist characteristics of learning are represented by three major foci (Parchmann et al., 2006):

1. *Contexts*: Learning environments are considered "in context", where learners acquire knowledge and competence on a need-to-know-basis in dealing with an issue relevant for them, starting with their questions and ideas.
2. *Development of basic concepts*: To develop a basic knowledge foundation that can be applied to new contexts and situations, the main principles of chemistry must be derived and abstracted from the contexts. These principles are described as "basic concepts" and they structure and summarize the content knowledge.
3. *Variety of teaching and learning methods*: A variety of teaching and learning methods is one of the key elements for a successful chemistry education: a) because it considers the diversity of interests, pre-knowledge, capabilities and learning styles and b) because it offers the students situations in which they can develop and apply competencies in all areas as demanded by each National Standards (Parchmann, 2009).

In order to promote the students' self-concept and autonomy the structure of the teaching units has to combine these three theoretical foci of ChiK in a way that enables the pupils to follow their own questions and to use a variety of activities (research, lab work, discussions, team work) to achieve answers. Therefore, an ideal ChiK teaching unit consists of four phases (Nentwig, 2007):

1. Phase of contact  
Here the context is presented to the students with a special focus on its connection to their everyday life and living environment, and different aspects of the usually quite complex contexts can be discovered by the students themselves. Thus their previous knowledge of the subject is activated. There is a formulation of questions on the subject, as a basis for the development of the subsequent phases.
2. Phase of curiosity and planning  
The students bring out questions on the context. Together with the teacher they discuss which of the questions they will subsequently follow, and they develop research strategies to explore the subject in order to answer their questions.

Hypotheses are formulated, and the research work is planned in a way that students always see how their activities in the subsequent phases help answering their questions.

3. Phase of elaboration

The students conduct the research, individually or in groups. Their results are presented, the previously raised hypotheses are checked and most of the questions answered. Due to motivational reasons a special emphasis is given on methods that allow for an active learning experience (Kekule et al., 2017).

4. Phase of deepening and connecting

In this phase, special interests or questions can be focused or some of the findings of the previous phase can be discussed in greater depth, before the contents of the unit are related with other contexts, connecting the newly acquired knowledge with the previous knowledge of the students.

Focusing on the three abovementioned foci and arranging a ChiK-unit into the four phases outlined, different competencies can be developed, as it is exemplarily shown in fig. 1 for the German National Standards.

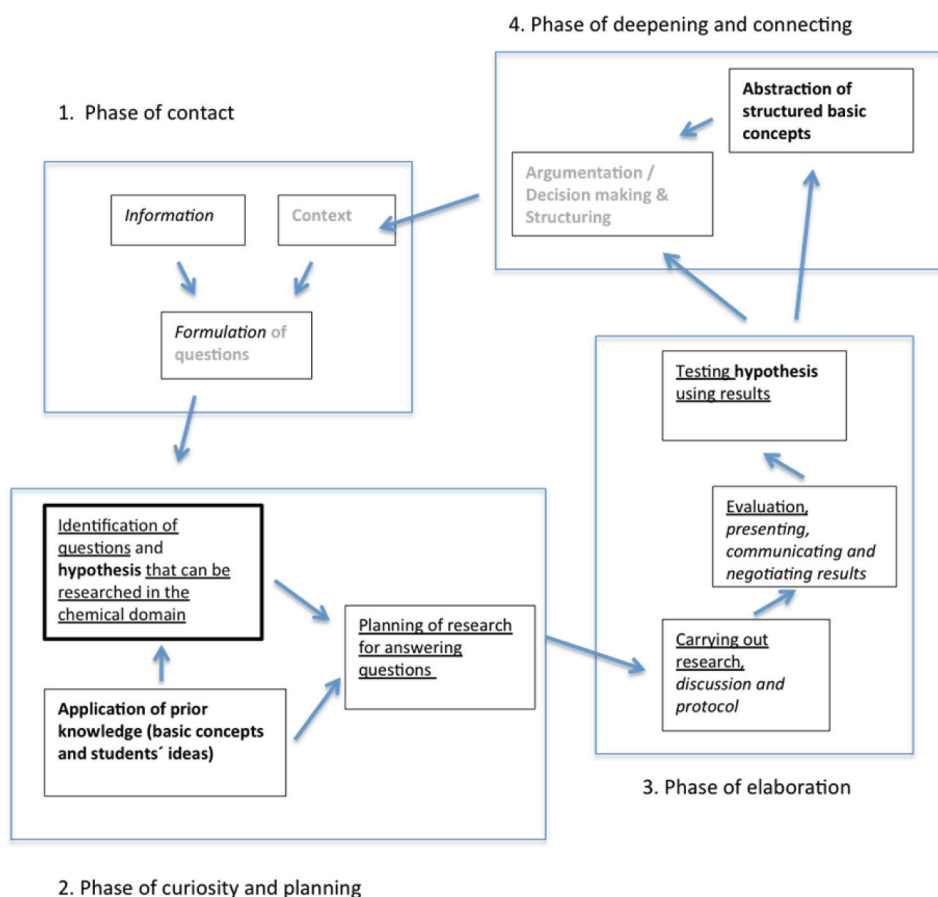


Fig. 1: Phases of a ChiK teaching unit and developed competencies (Demuth et al., 2007)

The results obtained in the evaluations of the ChiK program in Germany were mostly positive: Among the various aspects evaluated, focusing on the effects on students the following results are especially important:

- Students' motivation increases when using this methodology (Parchmann, 2006).
- The use of teacher centered methods decreases (Fussangel, 2008).

- The use of a variety of teaching methods increases (Fussangel, 2008).
- No significant gender differences could be found when comparing the results obtained by boys and girls (Nentwig, 2007).
- The awareness of the students that they are immersed in self-learning processes increases (Di Fuccia, 2007).
- Unlike expected by the teachers, the use of ChiK does not lead to lower content knowledge (Di Fuccia et al., 2005).

But also, problematic aspects could be found regarding the implementation of ChiK:

- It turned out that students tend to lose interest if the context-units are too long (Di Fuccia et al., 2005).
- It is important to make sure that the context is really relevant for students instead of only being felt relevant by the teachers (Di Fuccia et al., 2005).
- As the context do not follow the curricula it is hard to arrange them in a way that the context is treated seriously, and the curriculum is covered as well (Di Fuccia et al., 2005).
- Compared to teaching content traditionally teaching context-based is more time-consuming — especially when isolated context-units are used within a traditional course (Sanchez Diaz & Di Fuccia, 2018).
- There is a danger that students struggling with chemistry can get lost during dealing with a context as learning is not as straight forward as in traditional settings and they may be unable to extract the important information and to clearly understand their relationship and meaning (Di Fuccia et al., 2005; Parchmann et al., 2006).

But as the effects of ChiK could depend on the living environment of the pupils as well as on the education system, there is a need to find out which aspects differ when using this teaching strategy in different regions.

## 2 RESEARCH OBJECTIVE AND METHODOLOGY

The overall aim of our project is: To what extent can the positive effects of the German implementation of ChiK be found when this teaching concept is used in a setting where students have a different living environment? In order to answer this question, we are conducting two case studies, one in Madrid (Spain) since 2014, and one in Buenos Aires (Argentina) in 2015 and 2016. The reason for this double-case-study approach is to use this methodology in the very different school and living conditions in Spain and Argentina and to allow an insight into the following aspects:

1. How can the concept of ChiK be adapted to the respective educational system?
2. How can material be developed so that it can be used by teachers in these cities for teaching chemistry in a context-based way?
3. Which effects does the use of the adapted concept and the respective teaching material have?

It is worth mentioning that in both countries the students using the ChiK methodology usually follow a traditional chemistry teaching that uses little or none contexts at all.

In both countries the implementation started by providing translated German ChiK-material and adapting it concerning the teaching situation and the curricula.

In both cases this was done by learning communities following a participatory action research process (Di Fuccia et al., 2007), in which phases of development are alternated with phases of evaluation and revision.

As one of the German members of our group was part of the team that originally developed and implemented ChiK in Germany, it could be assured that the ChiK-characteristics were still fulfilled in the adapted material. The nature of the changes will be described in detail for every case study in the following. In general, it can be stated that the material was mainly adapted concerning:

1. the phase of contact, as it had to be oriented to the students' everyday life.
2. the content, in order to make it fit to the respective curricula.
3. the methodology — this was mostly done to make the material fit to the lab resources, the length of the lessons and the number of students in class and mostly applies to the phase of elaboration.
4. the supporting material for the teachers, as their preparation for teaching context-based differed considerably between the countries involved (see below).

In order to obtain data and results that are comparable between Spain, Argentina and Germany and at the same time being open for adaption to the special circumstances of the implementation in Spain and Argentina, we are following a mixed-methods approach, which is based on the instruments developed, evaluated and used for evaluating ChiK in Germany (Schellenbach-Zell et al., 2008). Therefore, the dimensions used for evaluation in Spain and Argentina were those obtained by the evaluation in Germany, even if the methods used were different due to the different circumstances – like time available for the evaluation or research tradition — in both countries.

## 3 THE SPANISH EXPERIENCE

### 3.1 IMPLEMENTATION

In Spain, the project began in 2014. Meetings with teachers and principals of several schools were held in order to present the methodology and characteristics of the research project. Positive responses were received from four schools in Madrid region, two private and two public schools. Initially eight science teachers agreed to use the ChiK methodology in their chemistry classes. The contexts of “alcohols” and “acids and bases in everyday life” were chosen to develop the first teaching units.

During the first half of the 2014–2015 school year, regular visits were made to the schools and the four teachers who finally took part in the project. At the end of that school year, the teachers used the ChiK material and methodology during 3–4 weeks in ten different high school classes: four classes of 3<sup>rd</sup> of ESO (equivalent to Grade 9 in the US school system) and six classes of 4<sup>th</sup> of ESO (equivalent to Grade 10 in the US). Due to the close collaboration between researcher and teacher in adapting the units to the Spanish situation we were able to avoid some of the above-mentioned problems, especially those concerning the length, the topic of the contexts and their relation to the curriculum.



### 3.2 METHODOLOGY OF EVALUATING THE EFFECTS

In order to assess the effects of using these teaching units in a way that the results could be compared to the German implementation, a slightly shortened version of the pre-test and post-test questionnaires that were used in Germany were used in Spain as well, in addition 22 students from different schools were interviewed.

The questionnaires, following a Likert scale, consist of a series of statements, where the person completing it should indicate to what extent he/she agrees with it. Thus, a value of 4 indicates “I strongly agree” and a value of 1 means “I strongly disagree”.

The student pre-test questionnaire contains questions about their feeling on the quality of their current chemistry classes, the type of knowledge acquired, and which features they consider a good chemistry teaching must have. The post-test questionnaire asks for the changes they perceived when the teacher used a ChiK methodology compared with the rest of the year.

As in the German evaluation the items of the questionnaires were summed up in three dimensions:

- **Motivation.** There are 7 items which focus on whether the classes have been interesting and how their attitude towards the subject has been. For example: “Time flew for me in these latter classes.”
- **Interdisciplinarity and context-based teaching.** Here there are 5 items that measure the relation of what the students have seen in class with their daily life and with the content of other subjects. For example: “I learned how to explain things from daily life with the content that we have seen in the latter classes.”
- **Self-directed learning and changes in the way the students work in chemistry classes.** The 8 items in this dimension are related to how the teacher leads the chemistry class and the promotion of self-directed learning of students. An example of these items is: “I prefer a chemistry class in which the teacher tells me exactly how he wants us to solve a particular exercise.”

In total, 166 students from the 10 different classes filled both questionnaires.

In addition to the questionnaires, 22 of the students were interviewed the week after they used the ChiK teaching unit. The interviews were used to clarify some of the results of the questionnaire study answers and to confirm the results of the questionnaires, as well as to gather information that we could not measure with them.

### 3.3 RESULTS AND DISCUSSION

Students’ answers in the questionnaires show an increase of the value in the post-test mean, when comparing with the pre-test mean, for all the three dimensions, which means a positive change for the three categories (tab. 1, fig. 2).

Category	Pre-Test				Post-Test		
	Items	M	SD	Reliability [ $\alpha$ ]	M	SD	Reliability [ $\alpha$ ]
Motivation	7	2.68	0.56	0.81	3.04	0.53	0.78
Context-based structure	5	2.62	0.54	0.71	2.79	0.49	0.62
Self-directed learning	8	2.47	0.36	0.55	2.87	0.37	0.62

Tab. 1: Results obtained by the students in the pre-test and post-test questionnaires

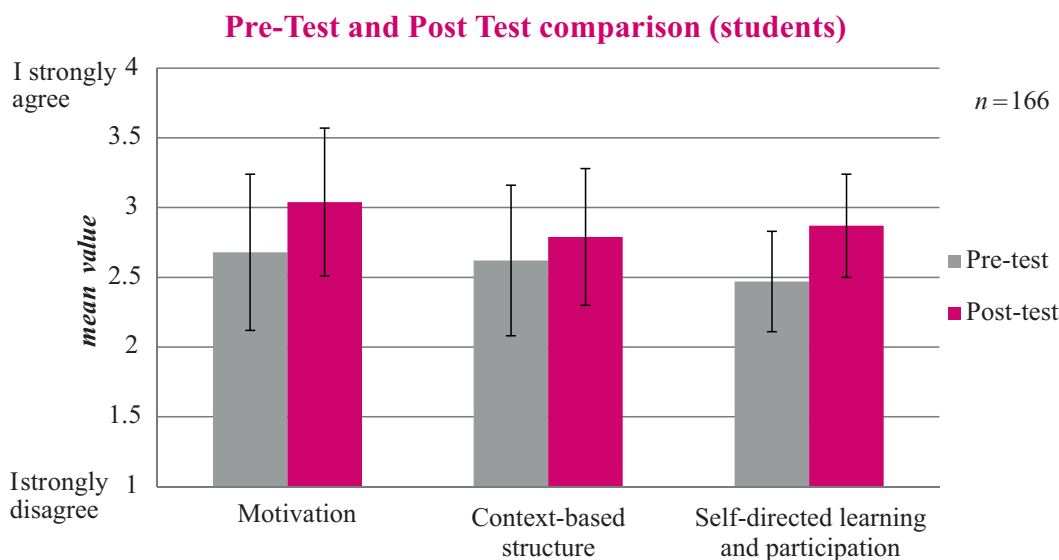


Fig. 2: Comparison of Pre-Test and Post-Test results of the students

In order to calculate the p-values, a Saphiro-Wilk test for each dimension of the students' pre- and post-test questionnaires was used. The calculation was made with Stata data analysis software, and the results corroborated that each group of data have a normal distribution.

As all the variables have a normal distribution, the pre- and post-test samples were compared using a T-Student paired data analysis, also with the Stata software. Differences in values of pre-test and post-test for all the three dimensions were statistically significant (T-Student's paired data,  $p < 0.05$ ).

There are reports that indicate that the acceptable values of Cronbach's alpha range from 0.70 to 0.95 (Nunnally et. al, 1994; Bland et al., 1997; DeVellis et al., 2003). Other reports state that high values of alpha ( $> 0.90$ ) point out redundancy among the items (Tavakol et al., 2011; Streiner, 2003). In other studies, it is stated that figures of alpha values below the conventionally set benchmark of 0.70 can be accepted (Spiliotopoulou, 2009) and that alpha values of 0.50–0.70 indicate moderate reliability (Hinton et al., 2004). According to this, all alpha values obtained show at least a moderate reliability, with three of them showing a high reliability.

Thus, in the "motivation" dimension, items such as "Time flew for me in these latter classes" (value was +0.68 higher in post-test) or "I think that the last chemistry classes were very interesting" (+0.53 higher in post-test) show that the students prefer the classes in which the ChiK methodology was used.

In the "self-directed learning and participation" dimension there are striking answers, like "In these chemistry classes we were able to gather information on a particular subject on our own" (+0.39 higher in post-test) or "In these latter chemistry classes we have been able to plan experiments and activities independently" (+1.14 higher in post-test).

As for the "Context-based structure and interdisciplinarity" dimension, there is one item with an especially interesting difference between pre-test and post-test values. The item "If chemistry classes throughout the course were as in the last weeks, I would better understand some of the problems that affect society" has in the post-test a value +0.55 higher. The change in the mean value is not as big as in the "motivation" and "self-direct learning and participation" dimensions, but it is still statistically significant.

Personal interviews are in line with the results of the questionnaires. Several students define the classes, in which a ChiK methodology is used as “more dynamic”. Others point out that “They are not so easily distracted”. When they must study for an exam, “It was easier to remember what we have seen in chemistry class” after using the ChiK teaching unit. Also, they “Feel motivated if the teacher does not direct them so much”. Almost all students find “the increase of lab work sessions” very positive. In addition to that we couldn’t find any hints indicating that this approach was especially problematic for low-achieving students as could be expected based on the German experience. Nevertheless, upon being interviewed themselves, all teachers stated that, under the current conditions in Spain, it is difficult to use a methodology like ChiK in a continuous way during the whole course as it turned out to be very time-consuming. (Sanchez Diaz & Di Fuccia, 2018)

## 4 THE ARGENTINE EXPERIENCE

### 4.1 THE ARGENTINE SITUATION

In the following, one has to keep in mind that the educational system in Argentina is quite different from the European one. First, the time to teach chemistry is comparably lower, as there only is one mandatory science course of two hours per week for two years, covering all natural sciences and one additional course in those schools that are natural-science oriented. This forces chemistry teachers to teach only selected topics and not to go into detail too much despite a very large suggested syllabus.

Second, the workload of the teachers is extraordinary high. They have to teach up to 40 hours per week, often in different schools, so that they have to travel between the schools. These travel times are neither recognized for their workload nor paid, so that the teachers only have very little resources for preparing lessons. This is made worse by the economic situation of Argentina which is characterized by a high inflation and great cuts in public spending especially for education.

### 4.2 IMPLEMENTATION

In order to adapt the *ChiK* methodology to the above mentioned Argentine situation, special material covering the context “oil” has been prepared by the researchers in Argentina, supported by the German colleagues.

The ‘Oil in Context’ material consist of a quiz for the students and an e-text with explanations for the teachers and students.

The quiz features ten sections with interdisciplinary contents related to the context ‘oil’ and therefore brings the scope of this context into the students’ attention. Those sections are: 1) Can oil erupt spontaneously?, 2) Was there oil in ancient times?, 3) Black gold or dangerous disaster?, 4) How has Petroleum been formed?, 5) How is oil extracted? 6) Fracking, innovation or danger?, 7) Oil price and demand, 8) Oil distillation and refinement, 9) Uses of petroleum: fuels, 10) Other uses of petroleum: plastics and other products.

Each section contains problems/questions with answering options as it is known from TV quiz shows; Those answering options comprised the correct answer as well as typical misconceptions or ‘common sense ideas’ about the respective content and students were allowed to choose more than one of them. The underpinning goal of the quiz is to present problems which answering options can either generate students’ motivation to know the correct answers or eventually provoke some intellectual

discomfort by the awareness of the extent of lacking knowledge that they had and thus lead to additional motivation.

Due to the shortage of time for teaching chemistry in the Argentine schools the ChiK adaptation used by the teacher consisted of a quick individual answering of the quiz before teams of students were required to prepare a 10-minute video about any of the topics of the quiz, in a one month extra class project (Gama & Barroso, 2017). In order to support the teacher and to enable the students to produce their videos an especially designed e-text was developed which discusses the quiz problems and orientates the readers about confident websites where more information could be found. By conducting important parts of the work as an extra class project, the problems of the length of the unit as well as the feasibility of using such units in everyday classes could be bypassed. On the other hand, this poses a clear limitation of implementing context-based science teaching in the current Argentine system.

The context 'oil' was selected to work with one chemistry teacher (in the City of Buenos Aires) after hydrocarbons and combustion contents have been taught. The 'Oil in Context' teaching approach was successfully tested during 2015 (Pergola et al., 2015a; Pergola et al., 2015b; Pergola et al., 2015c) and a qualitative research was carried out during May of 2016 involving five courses of one teacher (132 students in sum). By this it should be ensured that the context is accessible and relevant for students.

### 4.3 METHODOLOGY OF EVALUATING THE EFFECTS

A qualitative methodology to measure the students' motivation, their opinions on the context-based structure and the interdisciplinarity of the material as well as on the self-directed learning and participation during the ChiK experience was used, which was based on the dimensions obtained in Germany and already used in Spain.

It consisted of applying a questionnaire where students were asked to select words and emoticons representing their feelings on seven aspects of the implementation: 1. Answering the questionnaire; 2. Using the e-text; 3. Producing the video; 4. Giving an opinion on their own video; 5. Giving an opinion about others' videos; 6. Receiving others' opinion on their own video; 7. Being evaluated by the teacher.

Words students could use to express their motivation and their feelings in the survey were:

Easy – Amazing – Boring – Bad – Enjoying – Unforgettable – Extraordinary – Forgettable – Surprising – inconsequential – Complicated – Difficult – Incomprehensible – Cool – Ugly – Very nice

In addition to that the students had to choose one of 16 different provided emoticons to express how they have felt when working with the material. The method of "words plus emoticon" was used before in Argentina (Pergola et al., 2014) and chosen as it proofed feasible in the Argentine context to evaluate the emotions of the students via the emoticons whilst cognitive aspects and reasoning of the students can be obtained analyzing the chosen words.

Both words and emoticons were classified as positive, negative or neutral (Pergola et al., 2014) for further analysis of the survey (see tab. 2). In order to learn more about the reasons for the words and emoticons chosen students had the opportunity to give free comments, which were characterized as positive, negative or neutral and analyzed as well.

Tasks	Words			Emoticons		
	positive	negative	neutral	positive	negative	neutral
Answering the quiz	23	51	26	38	55	7
Using the e-text	36	36	28	52	43	4
Producing the video	66	28	6	66	34	0
Giving an opinion on their own video	67	15	18	72	17	11
Giving an opinion about others' videos	76	12	12	70	18	12
Receiving others' opinion on their own video	58	12	30	60	25	15
Being evaluated by the teacher	65	22	13	62	28	10

Tab. 2: Student's selection of words and emoticons concerning the seven aspects of the didactic experience

In addition to that each of the 27 videos produced by the students was evaluated by the teacher for content as well as for the commitment with which students worked on it.

#### 4.4 RESULTS AND DISCUSSION

Out of the 132 students taking part in the case study in Buenos Aires, 92 answered the survey (choosing words and emoticons) about their feelings when working on the 'Oil in Context'. Tab. 2 shows the results.

Tab. 2 shows that the students liked all activities related to the video most, while dealing with the quiz and the e-text weren't their favorites.

The free comments allow a deeper qualitative insight into why the students answered in this way. Concerning the task "Answering the questionnaire" students mentioned positively: "I liked it, but I felt ignorant"; "There were things I did not know"; "Interesting, difficult"; "Long but interesting" whilst the negative comments were like: "boring", "unnecessary" and "complicated". Since each problem of the questionnaire involved interdisciplinary knowledge, some students perceived it as a positive challenge, but the awareness of difficulties was a negative issue for others. The fact of being aware of one's own cognitive limitations is nevertheless one of the interesting points highlighted in the approach chosen that promotes the "self-regulation of learning" (Zimmerman et al., 2009) and it is obviously perceived by the students.

In addition to that, a number of students commented positive on the e-text which should help them finding the correct answer to the topic and to enable them to produce a video with proper content, their comments were: "Very useful and easy to understand information"; "Well explained, rewarding"; "Accurate and useful"; "Useful as an introduction to the topic". Reasons for negative ratings of the e-text were: "unnecessary"; "endless", "complex"; "difficult to understand".

Summing up all the aspects related to the video, reasons for positive students' ratings were given as "enjoying"; "very amusing task", "it required a lot of research"; "difficult but enjoying"; "we could learn more things"; "creative, funny, well done and interesting outcomes"; "It is another way to learn". Those who chose negative words or emoticons on some of the aspects related to the videos commented "tedious

work”; “oil is not an attracting subject”; “I do not like other people to give opinions on my work”.

As tab. 2 and the open comments show, students liked producing the video very much. This result is supported by the teacher’s analysis of the videos and the process of producing them. The teacher reported that all the students showed great commitment to the tasks and willingness for teamwork; most of the videos proved to be ingenious and creative either in contents or technical qualities (Valente et al., 2016). In addition to that, no evidence was found that this activity posed special problems for low achieving students.

Summing up, most of the students liked a demanding self-regulated task and accordingly could make metacognitive reflections about their knowledge. This is consistent with the finding that students invested a lot of effort in producing their original videos, with creative animations and spoken texts and searching for information and images that had not been mentioned in the e-text (Valente et al., 2016). The motivation and commitment derived from this type of approach furthermore demonstrates abilities that there are not usually evaluated in traditional classes (Zimmerman & Moylan, 2009).

## 5 CONCLUSIONS

Although the ChiK methodology was not used in its complete extent (for example, the Spanish teachers found the 4-steps structure of an ideal ChiK teaching unit too demanding to implement it directly), the experiences in both case studies show that:

- the concept of ChiK is adaptable to very different situations, school systems and living environments;
- it is possible to develop material with which it is possible to teach chemistry following the adapted concept;
- the use of such an adapted ChiK-based approach has shown positive impacts on the student point of view in both case studies, especially the increase of motivation and self-directed learning;
- the positive effect on students’ motivation seems to be quite independent from the school systems and living environment of the students.

In addition to that, in both case studies aspects can be found that can hinder the ChiK adaptation (for example, the length of the syllabus, the lack of resources for the lab sessions and the overloaded teaching conditions), but these are more related to the teacher and the curricular point of view and it could be shown that by using the experiences from other implementations some of the problems can be prevented.

It has to be stressed that we only conducted two quite limited case studies with only some special contexts in only two cities. So, there remains a lot to be done, like e.g. using different contexts and teaching strategies and to focus on the teachers’ perceptions and their preparation during their teacher training, nevertheless, based on our experiences so far, it seems justified to conclude that:

- the inclusion of more contexts during the chemistry classes, even if they do not follow the ChiK approach, could be useful from a motivational point of view and
- the results obtained and the experiences gathered in this project could be encouraging and helpful for researchers and teachers in all regions of the world to start working on including contexts in their chemistry classes.

## ACKNOWLEDGEMENT

The collaborative part of this work could only be done due to the support of the Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD, German Academic Exchange Service) and the Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MIN-CyT, Argentina).

The work done in Argentina was partially supported by a grant from the University of Buenos Aires. The work done in Spain was supported by the University of Kassel.

## REFERENCES

- Bennett, J., Hogarth, S. & Lubben, F. (2005). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science on boys and girls, and on lower-ability pupils. In *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.
- Bennett, J., Hogarth, S. & Lubben, F. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370.
- Bland, J. & Altman, D. (1997). Statistics notes: Cronbach's alpha. *BMJ*, 314, 572.
- Demuth, R., Parchmann, I. & Ralle, B. (2007). *Handreichungen für den Unterricht. Chemie im Kontext – Sekundarstufe II*. Berlin: Cornelsen.
- De Jong, O. (2006). Making chemistry meaningful: conditions for successful context-based teaching. *Educación Química*, 17, 215–221.
- DeVellis, R., (2003). *Scale development: theory and applications*. Thousand Okas, CA: Sage.
- Di Fuccia, D., Ralle, B. & Schwarz, W. (2005). Lehrer planen gemeinsam. Ein Einblick in die Arbeit des Projektes Chemie im Kontext. *MNU*, 58, 388–393.
- Di Fuccia, D., Schellenbach-Zell, J. & Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext: Entwicklung, Implementation und Transfer einer innovativen Unterrichtskonzeption. *MNU*, 60, 274–282.
- Fußangel, K., Schellenbach-Zell, J. & Gräsel, C. (2008). Die Verbreitung von Chemie im Kontext: Entwicklung der symbiotischen Implementationsstrategie. In R. Demuth, I. Parchmann & B. Ralle (Eds.), *Chemie Im Kontext: von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts* (49–81). Münster: Waxmann.
- Gama, E. & Barroso, M. F. (2017). Student's video production as formative assessment. *Scientia in educatione*, 8(special issue), 165–171.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Hinton, P. R., McMurray, I., Brownlow, C. & Cozens, B. (2004). *SPSS Explained*. London: Routledge.
- Kekule, M., Zak, V., Jeskova, Z., Kimakova, K., Ganajova, M. & Kires, M. (2017). Inquiry based science education and getting immediate students' feedback about their motivation. *Scientia in educatione*, 8(special issue), 207–213.

- Mandl, H. & Kopp, B. (2005). "Situated learning: Theories and models". In P. Nentwig & D. Waddington (Eds.), *Making it Relevant: Context Based Learning of Science* (15–34). Münster: Waxmann.
- Nentwig, P. & Waddington, D. (Eds.) (2005). *Making it Relevant: Context based learning of science*. Münster: Waxmann.
- Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C. & Ralle, B. (2007). Chemie im Kontext: Situating learning in relevant contexts while systematically developing basic chemical concepts. *Journal of Chemistry Education*, 84, 1439–1444.
- Nunnally, J. & Bernstein, L. (1994). *Psychometric theory*. New York: McGraw.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049–1079.
- Parchmann, I. (2009). Chemie im Kontext: One approach to realize science standards in chemistry classes? *Educació química*, 2, 24–31.
- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R. & Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Chemistry Education*, 28, 1041–1062.
- Pérgola, M., Galagovsky, L., Valente, B., Sánchez-Díaz, I. & Di-Fuccia, D.-S. (2015a). Investigación sobre enseñanza de petróleo en contexto: aportes de estudiantes de de una escuela secundaria. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 102(1–2), 600–604.
- Pérgola, M. & Galagovsky, L. (2014). Puesta a prueba de una unidad didáctica dentro del enfoque de química en contexto. *Revista de Educación en la Química*, 20(2), 143–155.
- Pérgola, M., Galagovsky, L., Sánchez-Díaz, I. & Di-Fuccia, D.-S. (2015b). Química en Contexto: tema petróleo. Una investigación argentino-alemana. In *XVII Meeting of the Argentine Chemistry Teachers*, ADEQRA. CD-ROM. Chaco Austral: Universidad National.
- Pérgola, M., Goyeneche, M., Rodriguez, M., Sanchez-Diaz, I., Di-Fuccia, D.-S. & Galagovsky, L. (2015c). Investigación sobre enseñanza en contexto del tema petróleo: aportes de estudiantes de profesorado. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 102(1–2), 593–596.
- Sanchez Diaz, I. & Di Fuccia, D. (2018). Chemie im Kontext: Outcomes of an implementation of a context-based methodology for chemistry teaching. In *12th International Technology, Education and Development Conference Proceedings* (5283–5288). Sevilla: ATED.
- Schellenbach-Zell, J., Rürup, M., Fußangel, K. & Gräsel, C. (2008). Bedingungen erfolgreichen Transfers am Beispiel von Chemie im Kontext. In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B. Ralle (Eds.), *Chemie im Kontext* (83–124). Münster: Waxmann.
- Spiliotopoulou, G. (2009). Reliability reconsidered: Cronbach's alpha and paediatric assessment in occupational therapy. *Australian Occupational Therapy Journal*, 56(3), 150–155.
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personal assessment*, 80(1), 99–103.
- Tavakol, M. & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55.



Valente, B., PÉrgola, M. & Galagovsky, L. (2016). *Experiencia didáctica a partir del tema hidrocarburos en la material Química, de quinto año de escuela secundaria*. XXXI Congreso Argentino de Química, 25–28th October, Buenos Aires, Argentina.

Zimmerman, B. J. & Moylan, A. R. (2009). Self-regulation: Where metacognition and motivation intersect. In D. J. Hacker, J. Dunlosky & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (299–315). New York: Routledge.

---

IGNACIO SÁNCHEZ DÍAZ, isanchez@uni-kassel.de  
University of Kassel, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Chemistry Education  
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34109 Kassel, Germany

MARTÍN PÉRGOLA, martinpergola@gmail.com  
Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Instituto Centro de Formación e Investigación en Educación de las Ciencias  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1428EGA, Argentina

BEATRIZ VALENTE  
Instituto Libre de Segunda Enseñanza  
Libertad 555, C1012AAK, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

LYDIA GALAGOVSKY, lydiagalagovsky@ccpems.exactas.uba.ar  
Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Instituto Centro de Formación e Investigación en Educación de las Ciencias  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1428EGA, Argentina

DAVID-SAMUEL DI FUCCIA, difuccia@uni-kassel.de  
University of Kassel, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Chemistry Education  
Heinrich-Plett-Str. 40, D-34109 Kassel, Germany

## Developing Prospective Mathematics Teachers' Knowledge of the Modelling Approach

*Juhaina Awawdeh Shahbari, Michal Tabach*

### Abstract

Modelling is considered an important approach that requires prospective teachers to be qualified both in modelling competencies and in pedagogical knowledge. In order to investigate the development of these competencies, we examined 49 prospective mathematics teachers studying in a course that included a sequence of modelling activities. During the course, groups of 5–6 participants engaged in these modelling activities as learners. The data include two sets of reports by the prospective teachers on their observations of a recorded modelling activity carried out by a group of five 6<sup>th</sup> grade students. The first set of reports was collected before the prospective teachers worked on any modelling activities, while the second set was collected after they had engaged in the modelling activities. The findings indicate that, prior to working on modelling activities, most of the prospective teachers described the students' modelling activity as a linear process and focused on the final mathematical model and the mathematical results. After the prospective teachers engaged in the activities, most of their reports identified cyclical processes as the mathematical models progressed.

**Key words:** modelling, modelling abilities/competencies, modelling process, prospective teachers.

## Rozvoj znalostí o modelování u budoucích učitelů matematiky

### Abstrakt

Modelování je považováno za důležitý přístup k vyučování, jenž vyžaduje, aby byli budoucí učitelé dostatečně kvalifikováni jak v samotném modelování, tak i v jeho didaktice. Abychom prozkoumali možný rozvoj těchto kompetencí, provedli jsme výzkum u 49 budoucích učitelů matematiky, kteří se účastnili kurzu, zahrnujícího sérii aktivit na modelování. V průběhu kurzu se do těchto aktivit zapojovaly skupiny po 5 až 6 účastnících. Výzkumná data zahrnují dvě zprávy, které vypracovali budoucí učitelé poté, co shlédli na záznamu skupinu pěti žáků 6. ročníku, jak se zabývají modelováním. První zpráva byla vypracována před tím, než se budoucí učitelé sami zapojili do modelovacích činností, druhá poté, co sami získali s modelováním zkušenosti. Výsledky ukazují, že před vlastním zapojením do modelovacích aktivit budoucí učitelé popisovali modelování u žáků jako lineární proces a zaměřovali se na výsledný matematický model a matematické výsledky. Po vlastním zapojení do modelovacích činností byla většina z budoucích učitelů schopna rozeznat cyklické procesy, pomocí nichž se matematické modely vyvíjely.

**Klíčová slova:** modelování, schopnost modelovat, proces modelování, budoucí učitelé.

The modelling approach to teaching and learning mathematics emphasizes the effectiveness of mathematics in real life (Vorhölter, Kaiser & Borromeo Ferri, 2014) along with the students' need for knowledge and competencies to deal with complex systems and real world situations (English & Sriraman, 2010; Lesh & Doerr, 2003). With respect to the education of mathematics teachers, the modelling approach posits that expertise in teaching should be reflected in what teachers can “do” and what they “see” in teaching, learning, and problem-solving situations (Lesh & Lehrer, 2003: p. 111), so that their interventions while their students engage in modelling activities will be effective (Blum & Leiß, 2005). Several studies (e.g., Cetinkaya et al., 2016) have reported barriers and difficulties among prospective teachers that were related to the teaching and learning of modelling. Thus, it is important to develop modelling competencies and knowledge (Tan & Ang, 2013). To meet this requirement, researchers have proposed modelling courses for prospective teachers (e.g., Borromeo Ferri & Blum, 2010; Kaiser & Schwarz, 2006).

The current study joins previous studies by suggesting that prospective teachers should gain experience in modelling sequences. Our aim in this paper is to examine changes in the ability of prospective teachers to identify their students' modelling processes. We adopted the modelling cycle of Blum and Leiß (2005) as a visual aid to examine changes in identified students' modelling cycles and processes.

## THEORETICAL BACKGROUND

### MODELLING

Mathematical modelling is defined as solving real-world problems with the help of mathematics (Mischo & Maaß, 2013). Modelling activities involve partial, ambiguous or undefined information about a situation (English & Fox, 2005). During these activities, learners need to mathematize in ways that are meaningful to them while they work in small groups (English & Watters, 2004). This involves a cyclic process of translation, description, explanation, justification and prediction of data outcomes (Lesh & Doerr, 2003). Several researchers (e.g., Doerr & English, 2003) identified the modelling process and described it verbally, without visual description of the modelling cycles. While various visual descriptions have been suggested by different researchers (e.g., Blum & Leiß, 2005; Geiger, 2011), in the current study we adopted the modelling cycle proposed by Blum and Leiß (2005), which appears often in the literature (Stohlmann et al., 2016: p. 13). This cycle includes phases and actions that lead from one phase to another. The phases consist of a situation model, a real model, a mathematical model, mathematical results and realistic results. The actions include the following: i) understanding the problem and simplifying a situation model; ii) presenting a real model; iii) mathematizing, which leads to constructing a mathematical model; iv) applying mathematical procedures that yield mathematical results; v) interpreting these mathematical results with respect to the real-world situation; and vi) validating these results with reference to the situation. If the outcomes do not satisfy the needs of the original situation, the cycle begins again. In order to carry out modelling processes effectively, modellers need mathematical and communicational competencies, which are referred to as modelling abilities or competencies (English & Fox, 2005). *Modelling competencies* are “skills and abilities to perform modelling processes appropriately and goal-oriented,

as well as the willingness to put these into action” (Maaß, 2006: p. 117). Modelling competencies are needed to complete modelling activities successfully (Stillman et al., 2007). According to Maaß (2006), there is a consensus that modelling competencies include certain sub-competencies, among them recognizing relevant variables, constructing relations between variables, choosing appropriate mathematical notations, selecting and applying appropriate formulae and generalizing or extending the solution.

## EDUCATING TEACHERS FOR MODELLING ACTIVITIES

One of the barriers to effective application of modelling activities in the classroom is the limited nature of teachers’ subject-specific and pedagogical knowledge about modelling (Kuntze, Siller & Vogl, 2013). Therefore, the prospective teachers’ qualifications vis-à-vis modelling activities are considered an important issue that has been addressed in various studies (e.g., Borromeo-Ferri & Blum, 2010; Cetinkaya et al., 2016). Different types of courses for prospective teachers have been suggested, such as a course integrating theory and practice as suggested by Borromeo-Ferri and Blum (2010). This course offers integration by focusing on theories about modelling, solving and designing modelling problems, analysing students’ modelling processes and discussing the role of teachers while their students solve modelling activities. Stender and Kaiser (2015) adopted a different perspective. They proposed training prospective teachers by focusing on scaffolding. They reported that the training they conducted within the seminar for prospective teachers was successful in terms of the students’ preference for using scaffolds that promote independent student modelling activities. Another type of course that integrated modelling with technology was designed by Lingefjärd and Holmquist (2001). In this course the prospective teachers were asked to solve modelling activities by using technology and their own mathematical knowledge. In addition, the course emphasized the validation phase in the modelling process.

Along the same lines, several other studies have also noted that engaging in modelling activities has positive effects for prospective teachers. These include developing their ideas about the nature of modelling and modelling tasks (Cetinkaya et al., 2016); changing their beliefs concerning mathematics from static views to more application-oriented views (Kaiser & Schwarz, 2006); influencing their ability to construct modelling activities while considering different principles (Bukova-Güzel, 2011); having an impact on their knowledge, skills, and opinions regarding mathematical modelling (Ciltas & Isik, 2013); and affecting their pedagogical content knowledge about mathematical modelling and their self-efficacy in modelling (Maaß & Gurlitt, 2011).

## RESEARCH QUESTIONS

The current study sought to address the effect of engagement in sequences of modelling activities among prospective teachers by focusing on their ability to interpret student modelling activities. More specifically, this research addresses the following questions:

1. How do prospective mathematics teachers with no prior modelling experience interpret students’ modelling activity?

2. Does participation in a sequence of modelling activities change how prospective mathematics teachers interpret students' modelling activity? If yes, to what extent?

## METHODOLOGY

### PARTICIPANTS

The study was conducted among 49 prospective teachers in their second year of studies in the primary mathematics education track at a college of education in Israel. As part of their studies, participants took a problem-solving course taught by the first author. During this course, the participants engaged in a sequence of modelling activities (more details are provided in the section describing the sequence of modelling activities). None of them had any previous experience with modelling.

### PROCEDURE AND DATA SOURCES

The prospective teachers were given a 70-minute-long video recording and transcript that documented five 6<sup>th</sup> grade students working on a modelling activity (the *sneaker* activity, taken from Doerr & English, 2003, see appendix A). After watching the video, they each wrote an initial report (R1) about the students' work on the modelling activity. After submitting R1, groups of five to six prospective teachers worked on four modelling activities. The work on each of the four modelling activities took place once a week for approximately 90 minutes. The participants then watched the same video again and wrote a second report (R2) about the students' work on the activity. In total, two sets of 26 reports were submitted. Eight weeks elapsed between R1 and R2.

### SEQUENCE OF MODELLING ACTIVITIES

The prospective teachers worked on a sequence that included four modelling activities designed by the researchers. The *camp activity* (Shahbari & Tabach, 2017) was presented via four tables that provided information about six camps, with each table referring to several components. The first table included the dates of each camp, as well as information on transportation, food and costs. The second table included types and numbers of entertainment activities at each camp. The third table consisted of data from the previous year about the number of participants and number of counsellors at each camp. The fourth table contained the parents' evaluations and rankings of the camps from the previous year, with the rankings ranging from one to five stars.

The *good teacher activity* (Shahbari & Tabach, 2017, see appendix B) also comprised four tables describing ten candidates for a teaching position. The first table included the candidates' ages and their average grades in their B.Ed. studies. The second table included the candidates' rankings by their pedagogical instructors for their practicum work in the schools over three years, with the rankings ranging from A+ to F. The third table included the rankings of the candidates' performance at an interview, with the rankings ranging from "not at all acceptable" to "widely acceptable". The fourth table included the candidates' rankings on social initiatives, ranging from "did not participate at all" to "participated to a large extent".



# REPORT ANALYSES

We examined the two sets of the prospective teachers' reports (R1 and R2) to see whether references were made to each of the modelling phases (A–D) and modelling actions (1–5). Next we compared each report with the one produced by the researchers' analyses, as reflected in Fig. 1. We represented each report visually to facilitate identifying changes between the first report set (R1) and the second report set (R2) and to determine to what extent the prospective teachers' reports had changed.

## FINDINGS

### DEVELOPING ABILITIES FOR IDENTIFYING MODELLING PROCESSES IN STUDENTS' MODELLING ACTIVITY

We report the findings according to the prospective teachers' descriptions of the modelling activities and according to their identification of modelling phases and actions in the two reports, R1 and R2. Analyses of the prospective teachers' reports indicated that R1 can be classified into four categories and R2 into five categories. We described each category visually in Fig. 2, 3, 4, 5, and 6 and Fig. 1 above.

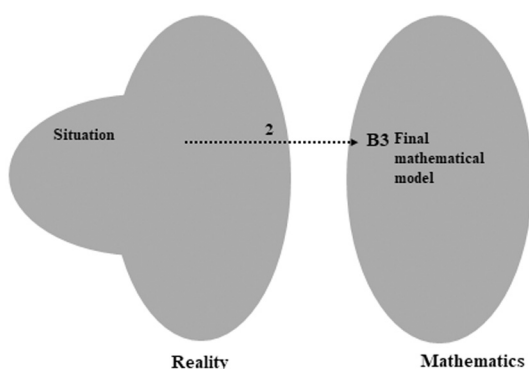


Fig. 2: Frequencies of prospective teachers' descriptions in R1 and R2 (%): R1 = 38, R2 = 11

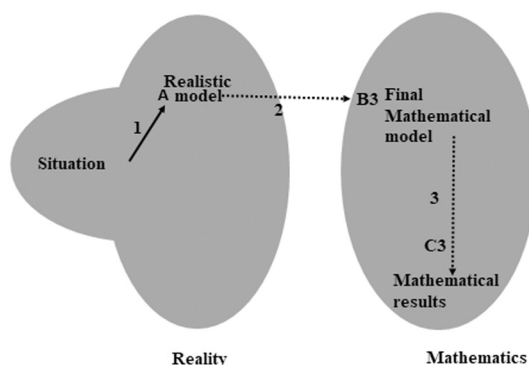


Fig. 3: Frequencies of prospective teachers' descriptions in R1 and R2 (%): R1 = 46, R2 = 27

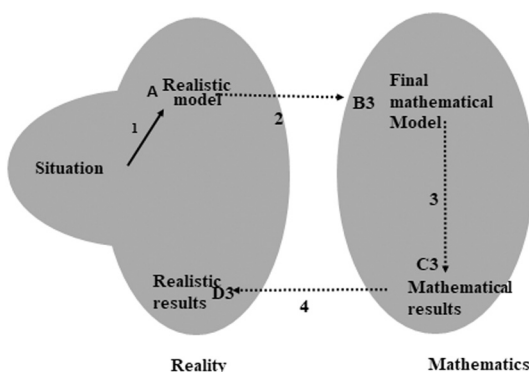


Fig. 4: Frequencies of prospective teachers' descriptions in R1 and R2 (%): R1 = 12, R2 = 31

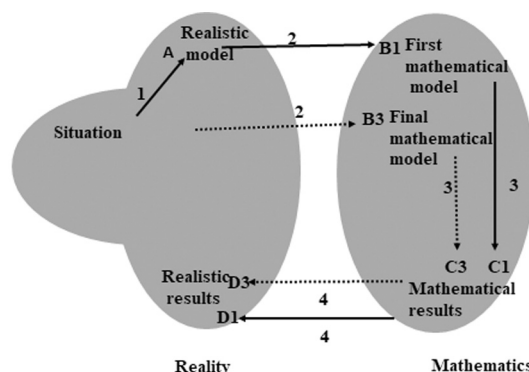


Fig. 5: Frequencies of prospective teachers' descriptions in R1 and R2 (%): R1 = 4, R2 = –

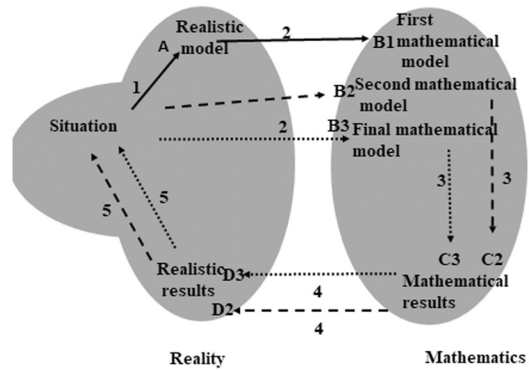


Fig. 6: Frequencies of prospective teachers' descriptions in R1 and R2 (%):  
 R1 = -, R2 = 12

Similar to researchers' analysis (see Fig. 1) R1 = -, R2 = 19.

In the following section, we briefly explain each figure 2–6. Figure 2 considers only the mathematizing action and the final mathematical model (B3), while ignoring all the other modelling phases and actions. Figure 3 includes interpretation of the situation, describes the real model (A), considers the mathematical work and the final mathematical model (B3), and describes the mathematical results (C3) elicited by applying the final mathematical model. Figure 4 considers all the phases and actions appearing in Figure 3, in addition to the realistic results (D3) obtained from interpreting the mathematical results to reality. Figure 5 considers the first model cycle as in Figure 4 and also considers the third cycle, including the mathematical work, the third mathematical model (B3), the mathematical results (C3) obtained from applying these models and the realistic results (D3). Figure 6 considers part of the first modelling cycle and all the phases and actions of the second and third modelling cycles.

In general, only one R1 noted two modelling cycles. The other R1s identified only one modelling cycle, while a third of the R2s identified three modelling cycles. More than half of the prospective teachers' R1s considered the mathematical results of applying the final model. In addition, in the R1s little attention was devoted to the modelling phases or to actions related to the first two modelling cycles. In contrast, the descriptions in the R2s paid attention to the three modelling cycles in relation to the modelling phases and actions in them. The results also show that both in the R1s and in the R2s, the least amount of attention was directed toward validating processes in three modelling cycles compared with other actions. Figures 7 and 8 summarize the phases and actions identified by the prospective teachers in the two reports.

## DISCUSSION

The first research question examined how prospective mathematics teachers with no prior modelling experience interpret students' modelling activity. The findings indicate that before the prospective teachers engaged in modelling activities themselves, their descriptions did not include the entire modelling process. Most of the R1 descriptions considered the final mathematical model and the mathematical results of applying this model, while overlooking the realistic results and the validating process. In addition, most R1 descriptions disregarded the second and third mathematical modelling cycles as well as the modelling phases and actions related to these cycles. The prospective teachers placed emphasis on the final model without considering the first and second model cycles, implying that they considered the



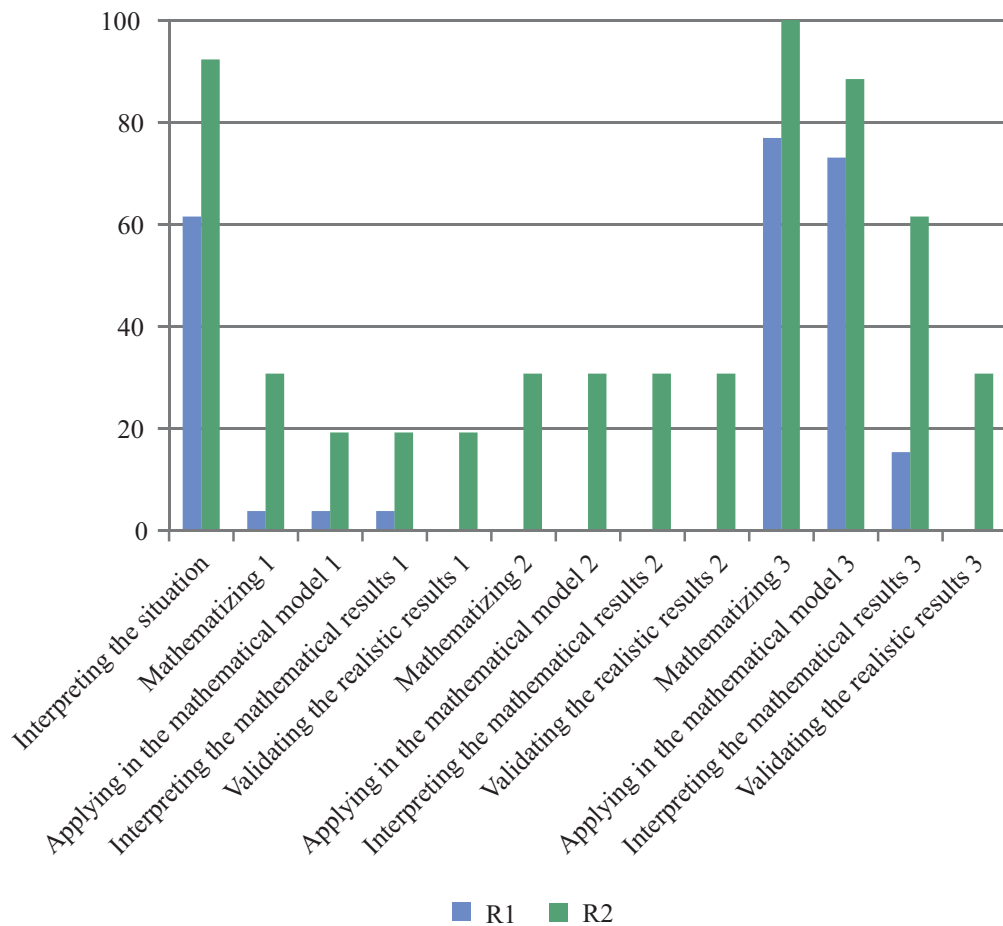


Fig. 7: Modelling phases identified in the two reports

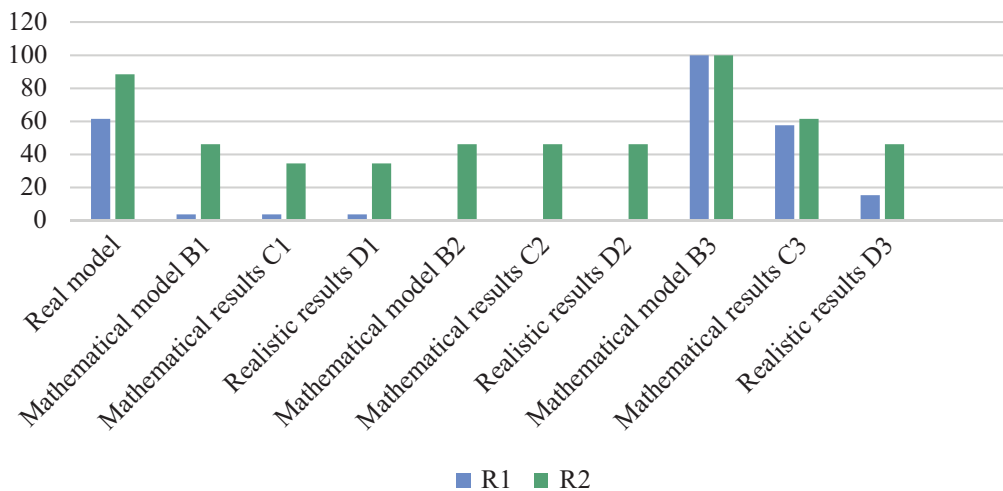


Fig. 8: Modelling actions identified in the two reports

solution path to be linear. In other words, the prospective teachers expected to see a specific computational solution rather than a more general strategy, as outlined in Doerr and English (2006). Furthermore, it is possible that the prospective teachers emphasized the final mathematical model because they were expecting it to be the result of the students' work.

Now we consider whether participation in a sequence of modelling activities changed the ways in which prospective teachers interpret students' modelling activity, and if so, then to what extent. The findings indicated that prospective teachers'

active participation in the modelling activities made them more aware of the processes according to which mathematical models progress. The findings obtained from analysing the R2s indicate that more prospective teachers considered the three modelling cycles and took the cyclic process of the mathematical models' progress into consideration. In the R2s, the actions (understanding and simplifying, mathematizing, applying, interpreting the mathematical results, validating) and the phases (real model, first and second mathematical model, mathematical results, realistic results) were more frequently identified than in the R1s. These results are in line with those of Tan and Ang (2013), who reported that knowledge of different elements in modelling process phases was enhanced by experience with modelling activities. A stronger influence of experience with modelling activities was found among practicing teachers (Shahbari & Tabach, 2016b). Our findings in the current study show that in both reports the participants made the fewest references to the validating process. It is important to note that validation is considered to be the most difficult process for learners in dealing with modelling activities because in "regular" classroom activity it is the teacher who is responsible for solution correctness (Blum & Borromeo Ferri, 2009).

Based on the findings of this study, we recommend providing opportunities for prospective teachers to deal with modelling activities as learners. We also recommend adopting the modelling cycle to monitor their pedagogical knowledge as expressed in their ability to interpret students' modelling activities.

## REFERENCES

- Blum, W. & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45–58.
- Blum, W. & Leib, D. (2005). "Filling Up" – the problem of independence – preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. In M. Bosch (Ed.), *CERME 4 – Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (1623–1633). Sant Feliu de Guíxols, Spain: ERME.
- Borromeo Ferri, R. & Blum, W. (2010). Mathematical modelling in teacher education – experiences from a modelling seminar. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne & F. Arzarello (Eds.), *CERME 6, Proceedings of the sixth congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (2046–2055). Lyon: Institut national de recherche pédagogique.
- Bukova-Güzel, E. (2011). An examination of pre-service mathematics teachers' approaches to construct and solve mathematical modelling problems. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 30(1), 19–36.
- Cetinkaya, B., Kertil, M., Erbas, A. K., Korkmaz, H., Alacaci, C. & Cakiroglu, E. (2016). Pre-service teachers' developing conceptions about the nature and pedagogy of mathematical modeling in the context of a mathematical modeling course. *Mathematics Thinking Learning*, 18(4), 287–314.
- Ciltas, A. & Isik, A. (2013). The effect of instruction through mathematical modelling on modelling skills of prospective elementary mathematics teachers. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 13(2), 1187–1192.
- Doerr, H. M. & English, L. D. (2006). Middle grade teachers' learning through students' engagement with modeling tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(1), 5–32.

- Doerr, H. & English, L. (2003). A modelling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(2), 110–136.
- English, L. D. & Fox, J. L. (2005). Seventh-graders' mathematical modelling on completion of a three-year program. In P. Clarkson et al. (Eds.), *Building connections: Theory, research and practice* (Vol. 1, 321–328). Melbourne: Deakin University Press.
- English, L. D. & Watters, J. J. (2005). Mathematical modelling in the early school years. *Mathematics education research journal*, 16(3), 58–79.
- English, L. & Sriraman, B. (2010). Problem solving for the 21st century. In B. Sriraman & L. English (Eds.), *Theories of Mathematics Education: Seeking New Frontiers* (263–290). Berlin/Heidelberg: Springer Science and Business.
- Geiger, V. (2011). Factors affecting teachers' adoption of innovative practices with technology and mathematical modeling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modeling, (ICTMA 14)* (305–314). New York: Springer.
- Kaiser, G. & Schwarz, B. (2006). Mathematical modelling as bridge between school and university. *ZDM*, 38(2), 196–208.
- Kuntze, S., Siller, H.-S. & Vogl, C. (2013). Teachers' self-perceptions of their pedagogical content knowledge related to modelling – an empirical study with Austrian teachers. In G. Stillman, G. Kaiser, W. Blum & J.P. Brown (Eds.), *Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice* (317–326). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Lesh, R. A. & Doerr, H. M. (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives in mathematics teaching, learning, and problem Solving*. Mahawah, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A. & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In R. Lesh & A. Kelly (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (591–644). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lesh, R. & Lehrer, R. (2003). Models and modelling perspectives on the development of students and teachers. *Mathematical Thinking and Learning*, 5(2–3), 109–129.
- Lingefjard, T. & Holmquist, M. (2001). Mathematical modelling and technology in teacher education – visions and reality. In J. Matos, S. K. Houston, W. Blum, & S. Carreira (Eds.), *Modelling and mathematics education: Applications in science and technology* (205–215). Chichester: Horwood Publishing.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38(2), 113–142.
- Maaß, K. & Gurlitt, J. (2011). LEMA-Professional development of teachers in relation to mathematical modeling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Eds.), *Trends in teaching and learning of mathematical modeling: ICTMA 14* (629–639). New York: Springer.
- Mischo, C. & Maaß, K. (2013). The effect of teacher beliefs on student competence in mathematical modeling – an intervention study. *Journal of Education and Training Studies*, 1(1), 19–38.
- Shahbari, J. A. & Tabach, M. (2016a). Different generality levels in the product of a modelling activity. In C. Csikos, A. Rausch & J. Szitanyi (Eds.), *Proceedings of the 40<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, 179–186). Szeged, Hungary: PME.

- Shahbari, J. A. & Tabach, M. (2016b). Developing modelling lenses among practicing teachers. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(5), 717–732.
- Shahbari, J. A. & Tabach, M. (2017). The commognitive framework lens to identify the development of modelling routines. In B. Kaur, W. Kin Ho, B. Heng Choy (Eds.), *Proceedings of the 41<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, 185–192). Singapore, Singapore: PME.
- Stender, P. & Kaiser, G. (2015). Scaffolding in complex modelling situations. *ZDM*, 47(7), 1255–1267.
- Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J. & Edwards, I. (2007). A framework for success in implementing mathematical modelling in the secondary classroom. In J. Watson & K. Beswick (Eds.), *Proceedings of the 30th Mathematics Education Research Group of Australasia conference Mathematics: Essential research, essential practice* (Vol. 2, 688–707). Adelaide: MERGA.
- Stohlmann, M., DeVaul, L., Allen, C., Adkins, A., Ito, T., Lockett, D. & Wong, N. (2016). What is known about secondary grades mathematical modelling – A Review. *Journal of Mathematics Research*, 8(5), 12.
- Tan, L. S. & Ang, K. C. (2013). Pre-service secondary school teachers knowledge in mathematical modelling – A case study. In G. Stillman, G. Kaiser, W. Blum & J. Brown (Eds.), *Teaching mathematical modelling: Connecting research to practice* (373–384). New York: Springer.
- Vorhölter, K., Kaiser, G. & Borromeo Ferri, R. (2014). Modelling in mathematics classroom instruction: An innovative approach for transforming mathematics education. In Y. Li, E. A. Silver & S. Li (Eds.), *Transforming Mathematics Instruction* (21–36). Cham, Switzerland: Springer.

---

JUHAINA AWAWDEH SHAHBARI, juhaina8@gmail.com  
Al-Qasemi Academy & The College of Sakhnin, Israel

MICHAL TABACH, tabachm@post.tau.ac.il  
Tel-Aviv University, Israel

## APPENDIX A

*Sneaker* problem (Doerr & English, 2003): Students encounter the notion of multiple factors that can be used in developing a rating system for purchasing sneakers and the notion that not all factors are equally important to all people. Students were asked: “What factors are important to you in buying a pair of sneakers?” This generated a list of factors in which not all the factors were equally important to the students. The students then worked in small groups to determine how to rank these factors in deciding which pair of sneakers to purchase.

## APPENDIX B

The good teacher activity:

Mr. Salama is a principal of an elementary school that is sponsored by a teachers training college. He is seeking a candidate for the position of math teacher at his school. The college sent him a list of graduates who completed a B.Ed. in elementary mathematics during the last year, as described in Tab. 1.

Name	Age	Average grades in B.Ed. studies
Rawan	23	95
Sereen	21	82
Adeam	22	85
Nemreen	24	91
Jawan	25	96
Wafaa	32	78
Aram	27	82
Mayar	26	84
Maysan	25	92
Nasreen	29	90

Tab. 1: Candidates' ages and average grades in their B.Ed. studies

Mr. Salama decided he needed more details about how the pedagogical instructors ranked the candidates' practice teaching. He asked the pedagogical instructors who had worked with the candidates over the past three years for comments on specific components. The pedagogical instructors assessed the candidates using the following grades, as shown in Table 2 below: A+, A, B+, B, C+, C, D+, D, E+, E, F+, F.

Name	Took student diversity into consideration			Able to work in a team			Preparation of teaching materials			Classroom management			Mastery of elementary school contents		
	1st year	2nd year	3rd year	1st year	2nd year	3rd year	1st year	2nd year	3rd year	1st year	2nd year	3rd year	1st year	2nd year	3rd year
Rawan	E	E+	D+	F	F+	F+	C+	C	C+	D	D	D+	A	A	A+
Sereen	C	C+	B+	E	E+	A	D+	E+	C	B+	B	A	C	C+	A+
Adeam	B+	A	A	B+	A	A+	A+	A+	A+	A	A	B+	B+	A	A
Nemreen	F+	F+	C+	E+	D+	C+	E+	D+	C+	C+	B	B+	E+	C+	A+
Jawan	B+	A	A	F+	F+	C+	B+	A	A+	F+	D+	C	B	B+	A
Wafaa	F+	C+	B+	B+	A+	F+	C+	B	A	C+	B+	A	B+	A+	A+
Aram	C+	C+	B	C+	A+	C+	A+	A	A	F	F+	E	B+	A	A
Mayar	C+	B	B+	E	D+	B	F+	E	B+	D	D+	C+	A	A	A
Maysan	C+	A	A	F	F	F+	A	A+	A	F	F+	E+	B+	A	A+
Nasreen	A+	A+	A+	F+	F+	C+	B	B+	A	C	E	C	A	A+	A+

Tab. 2: Pedagogical instructors' ranking of candidates' practice teaching

The school math coordinator interviewed the candidates for 15 minutes and summed up his impressions in Tab. 3 below.

The school principal obtained additional data about the candidates' participation in social initiatives during their academic studies, such as helping students, volunteering in charitable organizations or organizing seminars, as described in Tab. 4 below.

Name	Not at all appropriate				Very appropriate
Rawan			✓		
Sereen				✓	
Adeam		✓			
Nemreen					✓
Jawan				✓	
Wafaa			✓		
Aram		✓			
Mayar				✓	
Maysan					✓
Nasreen			✓		

Tab. 3: Ranking of participants' performance during the interview

Name	Did not participate at all	Participated in a few	Participated	Widely participated
Rawan			✓	
Sereen		✓		
Adeam		✓		
Nemreen				✓
Jawan	✓			
Wafaa			✓	
Aram				✓
Mayar			✓	
Maysan			✓	
Nasreen		✓		

Tab. 4: Ranking of participation in social initiatives

Write a letter to the principal that identifies the most suitable candidate and explains why. Moreover, provide him with a model for choosing suitable candidates that he can use in the coming years.

# Scientia in educatione

*Vědecký recenzovaný časopis pro oborové didaktiky*

*přírodovědných předmětů a matematiky*

*Scientific Journal for Science and Mathematics Educational Research*

Vydává nakladatelství Karolinum – <http://www.scied.cz>

**Vedoucí redaktorka (Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova)**

doc. RNDr. Naďa Vondrová, Ph.D.

**Redakce (Univerzita Karlova)**

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.

doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.

prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.

PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D.

**Mezinárodní redakční rada**

prof. RNDr. Pavel Beneš, CSc. (Univerzita Karlova)

Dr. John Carroll (Nottingham Trent University, Great Britain)

assoc. prof. Robert Harry Evans (University of Copenhagen, Denmark)

RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

doc. Ph.Dr. Alena Hošpesová, Ph.D. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

Dr. Paola Iannone (University of East Anglia, Norwich, Great Britain)

Prof. Dr. Rainer Kaenders (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Uni. Bonn, Germany)

RNDr. Alena Kopáčková, Ph.D. (Technická univerzita v Liberci)

Ph.Dr. Magdalena Krátká, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

PaedDr. Svatava Kubicová, CSc. (Ostravská univerzita v Ostravě)

prof. RNDr. Ladislav Kvasz, Dr. (Univerzita Karlova)

Prof. Dr. Martin Lindner (Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany)

prof. RNDr. Danuše Nezvalová, CSc. (Univerzita Palackého v Olomouci)

dr. hab. Małgorzata Nodzyńska (Uniwersytet Pedagogiczny, Krakow, Poland)

prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D. (Univerzita Karlova)

prof. Dr. Gorazd Planinšič, Ph.D. (Univerza v Ljubljani, Slovinsko)

RNDr. Vladimír Přívratský, CSc. (Univerzita Karlova)

Prof. Bernard Sarrazy (Université Bordeaux, France)

dr. hab. prof. UR Ewa Swoboda (Uniwersytet Rzeszowski, Poland)

RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova)

doc. Dr. Andrej Šorgo (University in Maribor, Slovenia)

**Adresa redakce**

Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: [scied@pedf.cuni.cz](mailto:scied@pedf.cuni.cz)

Pokyny pro autory jsou uvedeny na

<http://ojs.pedf.cuni.cz/index.php/scied/about/submissions#authorGuidelines>.

Sazbu v systému  $\text{\LaTeX}$  zpracoval Miloš Brejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.

Logo navrhl Ivan Špirk.

Redaktorka a jazyková korektorka Bc. Zdeňka Janušová