



Experimenty ve výuce fyziky: Kde se čeští učitelé inspiroují?

Experiments in physics education: Where do Czech teachers get inspired?

 Jana Marounová^{1,*},  Petr Kácovský¹

¹ Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; jana.marounova@mff.cuni.cz

Hlavním cílem této studie, která je součástí rozsáhlého výzkumu role experimentu ve výuce fyziky, je zmapovat zdroje inspirace pro experimentální aktivity, které do svých hodin zařazují čeští středoškolští učitelé. K tomuto účelu byl použit online dotazník rozeslaný v listopadu roku 2020 učitelům fyziky na středních školách a v odpovídajících ročních gymnáziích; své odpovědi poskytlo 309 z přibližně dvou tisíc oslovených respondentů. Vyhodnocením vybraných dvou otázek dotazníku bylo zjištěno, že nejvýznamnějším zdrojem inspirace ve většině věkových skupin je internet, výjimku tvoří pouze nejstarší učitelé s více jak třicetiletou praxí, kteří preferují tištěné sbírky a učebnice. Mezi fyzikáři-muži je oproti fyzikářkám-ženám téměř dvojnásobný podíl těch, kteří deklarují, že si některé experimenty do výuky vymýšlejí sami. Velké rozdíly při volbě inspirace k experimentům můžeme vidět v závislosti na typu školy, na které respondenti působí. Gymnaziální učitelé v porovnání s učiteli z odborných středních škol ke své inspiraci výrazně více využívají tištěné zdroje a své kolegy. Mezi konkrétně zmiňovanými internetovými zdroji dominují především videa na YouTube, ale i elektronická sbírka pokusů <http://fyzikalnipokusy.cz> a stránky výrobce měřicích čidel <http://vernier.cz>. Často zmiňované jsou akce pro učitele zastřešené projekty Elixir do škol a Heuréka.

Klíčová slova:

fyzikální experiment, zdroj inspirace, střední škola, učitel, výuka fyziky.

Zasláno 3/2022

Revidováno 6/2022

Přijato 8/2022

The main aim of this study, which is part of a large research concerning the role of experiment in physics teaching and learning, is to map the sources of inspiration for experimental activities used by Czech upper secondary school physics teachers in their lessons. To achieve this goal, an online questionnaire has been sent in November 2020 to physics teachers at both general and specialized upper secondary schools. 309 of the nearly two thousand recipients have provided their answers. After evaluating two selected questions from the questionnaire, it was discovered that the most significant source of inspiration for teachers in most age groups is the Internet, with the only exception being the eldest teachers with more than thirty-year work experience who prefer printed collections and textbooks. Among male physics teachers there is almost twice the percentage of those who claim to use some experiments of their own design compared to female physics teachers. Large differences when choosing the source of inspiration can be found based on the type of school at which the teacher works. Teachers from general schools use as inspiration printed sources and their own colleagues significantly more than their counterparts from specialized schools.

Key words:

physics experiment, sources of inspiration, upper secondary school, physics teaching and learning.

Received 3/2022

Revised 6/2022

Accepted 8/2022

1 Úvod

Konstruktivistické pojetí, které dominuje dnešnímu přístupu k výuce, postavilo do centra vzdělávacího procesu žáka a učitelé vymezilo roli průvodce, mediátora žákovských aktivit. Tato změna paradigmatu klade na současné učitele nemalé nároky nejen v oblasti vedení výuky jako takové, ale také při jejím promýšlení a koncipování. Zatímco čistě transmisivní přístup k předávání poznatků učiteli v zásadě umožňoval sledovat, v nejextrémnějším případě, i jediný zdroj informací, například učebnici, potřeba aktivizovat studenty nutně vede k hledání pestřejších a členitějších cest, jak toho dosáhnout.

Učitel proto při přípravě své výuky přirozeně vyhledává, posuzuje a následně kompiluje různé zdroje nápadů a inspirace. Informační věk, ve kterém žijeme, nabízí takových zdrojů nepřeberné množství, přičemž jejich produkce, zdá se, v posledním desetiletí stále akceleruje. Vycházejí nové učebnice a články didaktiků, probíhají workshopy, konference a vzdělávací projekty, v rámci závěrečných prací studentů učitelství či volně na webu a na sociálních sítích se publikují desítky nových námětů, tipů, videí a metodik. Tato inflace inspirace s sebou nese i evidentní negativa – významně kolísá kvalita vznikajících materiálů, skutečně inovativní náměty se obtížně hledají v záplavě dokola „recyklovaných“ aktivit. Ačkoliv paleta námětů se v čase velmi rychle mění, neměli bychom rezignovat na snahu výzkumně zachytit, jaké trendy jsou aktuálně v komunitě učitelů významné.

V této studii se omezíme pouze na středoškolské učitele fyziky a budeme se zabývat otázkou, kterými kanály se k nim nejčastěji dostává inspirace pro experimenty. Termíny „experimenty“ a „experimentální aktivity“ používáme v textu jako záměnné.

2 Teoretický rámec

2.1 Experimentální aktivity ve výuce přírodních věd

„A budeme dneska zase dělat experiment?“ Podobné uvítání od žáků mnozí učitelé ze svých hodin dobře znají, a to prakticky bez ohledu na věk jejich svěřenců. Experimenty jsou ve výuce přírodních věd vnímány žáky poměrně nekriticky jako atraktivní a oblíbená část hodin (např. Cerini et al., 2003; Owen et al., 2008; Sharpe & Abrahams, 2020). Tento široce konsenzuální závěr četných studií nijak nesnižuje ani fakt, že někteří autoři upozorňují, že důvody této obliby stojí často mimo experimentování samotné (Gardner & Gauld, 1990) a spíše souvisejí s volnějším režimem ve třídě, změnou činnosti a možnostmi žáků větší interakce mezi sebou (Bennett, 2003).

Ačkoliv lze v literatuře nalézt i jemnější dělení (viz např. Etkina et al., 2002), v zásadě lze většinu experimentálních aktivit zařadit do dvou skupin – první skupinou jsou demonstrační experimenty, při kterých je pozornost typicky centrována na učitele, druhou pak praktická a laboratorní práce, kterou provádějí samotní žáci. Ačkoliv společným rysem demonstračních experimentů a praktické práce je využití experimentu coby kritéria pravdy při poznávání přírody a odhalování jejich zákonitostí, z hlediska učitele jde o dvě značně odlišné „disciplíny“.

Příprava demonstračního experimentu kromě technických otázek spojených s jeho samotným provedením sestává obvykle zejména z rozvahy nad tím, jak experiment do výuky zasadit, jakými otázkami jej doprovázet a jakým způsobem do něj žáky zapojit. Výzkumy posledních desetiletí (např. Miller et al., 2013; Milner-Bolotin et al., 2007; Zimrot & Ashkenazi, 2007) ve shodě poukazují na to, že má-li demonstrace měřitelně přispívat k rozvoji konceptuálního porozumění, měli by žáci po představení experimentu dostat čas na samostatné zformulování předpovědi, jaký bude jeho průběh a výsledek, a pak mezi sebou své předpovědi krátce prodiskutovat. Výukový přínos tradičního demonstračního experimentu, při kterém nejsou žáci výše uvedeným způsobem aktivizováni, je, měřeno prostřednictvím konceptuálního porozumění, považován za sporný (Crouch et al., 2004; Miller, 2013).

Praktická práce, kterou zde chápeme jako „jakákoli přírodovědná výuková nebo učební činnost, při které studenti, pracující samostatně nebo v malých skupinkách, pozorují anebo manipulují s předměty nebo materiály, které studují“ (Millar, 2010, s. 109), staví před učitele odlišné výzvy. Oproti demonstracím, které může zkušený učitel podle reakcí publika v reálném čase opakovat, krokovat či upravovat jejich počáteční podmínky, je při zadávání praktické práce zásadní předvídat nezamýšlené situace, do kterých se mohou žáci dostat, a předcházet tak jejich zmatení. Je klíčové, aby žáci od počátku věděli, co je cílem jejich práce, a aby náročnost experimentálního úkolu představovala dostatečnou, ale zvládnutelnou intelektuální výzvu (Bennett, 2003). Dále se ukazuje, že v konceptuální oblasti profitují žáci z praktické práce tehdy, pokud byly základy příslušných konceptů teoreticky vybudovány již před experimentováním samotným. Někteří autoři proto učitele explicitně vyzývají, aby nespoleháli na to, že vysvětlení experimentálních jevů se během praktické práce zázračně „vynoří“ v mysli žáků konzistentně odůvodněné a věcně správné (Abrahams & Millar, 2008; Millar, 2010). Zásadní roli má samozřejmě způsob zadání praktické práce, ať již jde o zvolenou míru otevřenosti bádání (Banchi & Bell, 2008) nebo strukturu materiálů, které žáky experimentální činností provádí. V této souvislosti studie opakovaně prokázaly neefektivitu tzv. „kuchařek“ (*cookbooks, recipes*), tedy materiálů, které vedou žáky prostřednictvím detailně popsaných kroků spíše technického charakteru. Millar (2010) explicitně uvádí, že takové materiály vedou k aktivitám, které sice mohou být *hands-on*, ale zřídka jsou také *minds-on*. Žáci pak obvykle umí popsat to, co během praktické práce dělali a viděli, ale nejsou s to vysvětlit, co se naučili (Sharpe & Abrahams, 2020).

V tuzemském kontextu se ne vždy odděluje demonstrační experiment od praktické práce, mnozí autoři jednoduše hovoří o experimentu či experimentování. Jak uvádí Žák (2008), časté experimentování je odborníky dáváno do souvislosti s kvalitní výukou (fyziky), ačkoliv vzhledem k rozmanitosti jeho podob lze stěží jednoduše tvrdit, že přímo vede ke kvalitnější výuce (Žák & Martínková, 2018). Pravdou ale je, že i učitelé z praxe zmiňují „provádění experimentů, jejich rozbor a vysvětlení“ jako významný ukazatel kvality výuky ve fyzice (Žák, 2008) i chemii (Rozkydalová, 2017).

Pokud jde o četnost jednotlivých typů experimentálních aktivit, Marounová a Kácovský (2022) ukázali, že demonstrační experimenty jsou v hodinách fyziky významně častější než praktická práce žáků; vzhledem k nižší časové i materiální náročnosti demonstrací jde o nepřekvapující zjištění. Lze tedy předpokládat, že pokud se v této studii zabýváme zdroji inspirace pro experimentální aktivity, půjde převážně o inspiraci vztahující se k demonstračním pokusům.

2.2 Zdroje informací a inspirace v práci učitele

Historicky nejběžnějším materiálem, se kterým většina učitelů pracuje, je učebnice. S její tradiční, papírovou podobou soupeří v posledních letech elektronické učebnice. Eventualita, že s tištěným textem by mohli

žáci pracovat jiným způsobem než s jeho digitální verzí, se stala východiskem pro velké množství studií srovnávajících efektivitu používání těchto dvou podob učebnic; z často citovaných zmiňme například studii (Rockinson-Szapkiw et al., 2013). Získané výsledky jsou ale rozporuplné, a dokonce ani rozsáhlé a hojně citované metaanalýzy z nedávných let nedocházejí ke shodným závěrům – zatímco Singerová a Alexanderová (2017) konstatují nedostatek důkazů pro to, že by tištěná či digitální verze učebnic efektivněji podporovala čtení s porozuměním, Delgado et al. (2018) reportují výsledky ve prospěch tištěných knih.

Učebnice, ať již v elektronické či papírové podobě, jsou ovšem jen podmnožinou široké palety zdrojů, které lze při plánování výuky používat. Vzhledem ke značné různorodosti těchto zdrojů a jedinečnosti, se kterou s nimi různí učitelé pracují, je obtížné porovnávat jejich přímé dopady na výuku, výzkumníci se proto obvykle (stejně jako dále my) omezují na popisný přístup. Jednu z kvantitativně pojatých studií publikovali v nedávné době Sawyerová et al. (2020), kteří zjišťovali, jaké zdroje používají studenti učitelství při přípravě svých hodin v rámci pedagogické praxe na 1. stupni ZŠ. Autoři konstatují, že nejčastěji vycházeli studenti ze zdrojů, které jim doporučili jejich provázející učitelé, a také z dalších internetových zdrojů, mezi kterými vévodila platforma Pinterest (což není s ohledem na stáří žáků, u kterých praxe probíhala, překvapivé).

Z tuzemských studií zmiňme práci Sikorové et al. (2019), kteří zkoumali, jaké výukové zdroje používají učitelé ve výuce na 2. stupni ZŠ. Jejich kvalitativní studie zahrnovala polostrukturované rozhovory s pěti učiteli, kteří ve shodě označili tištěné učebnice za hlavní zdroj, ze kterého čerpají obsahovou kostru pro svoji výuku; digitální zdroje používali respondenti při snaze učivo lépe vizualizovat či žáky motivovat.

Pokud jde o to, jaké zdroje využívají při přípravě svých hodin učitelé konkrétního předmětu, v českém kontextu se podobnou otázkou v nedávné době zabýval ve své diplomové práci Soucha (2020), a to ve výuce ICT. Dle jeho výsledků se jako první čtyři nejpoužívanější zdroje umístily různé typy webových stránek (včetně portálů <http://rvp.cz> či <http://dumy.cz>), teprve za nimi uváděli respondenti tištěné učebnice; výuka ICT tedy pravděpodobně přirozeně tíhne k využívání elektronických zdrojů. Na uvedené výsledky je ale třeba nahlížet kriticky, neboť metodologie průzkumu má zjevné nedostatky; jmenujme například výběr respondentů (mezi které autor zahrnul mj. své spolužáky a dřívější absolventy stejného oboru) či kvantitativní zpracování odpovědí od 38 učitelů, kde postrádáme alespoň zmínku o tom, že při dané velikosti vzorku nelze výsledky zobecňovat (jak se v diskusi zmiňované práce děje).

V případě učitelů fyziky lze odkázat na další diplomovou práci, ve které Kácovský (2012) zjišťoval, odkud učitelé získávají návody k fyzikálním měřením. Nejčastěji zmiňovaným zdrojem byl v tomto průzkumu internet (69 % z celkem 162 respondentů) následovaný učebnicemi (62 %); samotné zadání otázky, tj. „návody k měřením“, je ale významně užší než „inspirace k experimentům“, které se v tomto textu budeme dále věnovat.

Obecně můžeme na základě naší provedené rešerše konstatovat, že v tuzemské i zahraniční literatuře se otázka zdrojů, kterými se učitelé inspiroují, vyskytuje poměrně zřídka, a v souvislosti s inspirací pro experimentální aktivity téměř vůbec.

2.3 Výzkumné otázky

Je zřejmě více faktorů, které u konkrétního učitele rozhodnou o tom, kde bude přednostně získávat inspiraci ke svým experimentálním aktivitám. Mezi ty, které se nabízí detailněji zkoumat, patří jistě vzdělání učitele, jeho dosavadní pedagogická zkušenost, ochota inovovat vlastní výuku novými prvky či kontakt učitele s kolegy, ať již v rámci jedné školy či na úrovni širší komunity. Nezanedbatelným faktorem je pak samozřejmě vývoj materiálů samotných – rezervovanost vůči určitému typu materiálu (řekněme, videu na YouTube) může velmi rychle zmizet, pokud se objeví z pohledu učitele užitečný, konkrétní zdroj (v případě YouTube například konkrétní kanál s vhodnými videi).

Zejména v online prostoru a v aktivitách vázaných na časově omezené financování jsou rychlý vznik a rozvoj zdrojů typické stejně jako riziko jejich náhlého vyhasnutí; dřívější výzkumná zjištění týkající se zdrojů inspirace (např. Kácovský, 2012) mohou tedy v tomto kontextu rychle zastarávat. Proto si tato studie klade za cíl získat obrázek o aktuální situaci. Jsme si vědomi toho, že i ta se bude v budoucnu poměrně rychle vyvíjet, ale status quo nám může poskytnout alespoň částečný vhled do způsobu, jak učitelé zacházejí s materiály, které často vznikají primárně pro ně. Klademe si tedy následující výzkumné otázky:

1. Jakou formou se k učitelům nejčastěji dostává inspirace k experimentům do hodin fyziky?
2. Liší se tyto formy v závislosti na vzdělání učitelů, na jejich pedagogické zkušenosti, na typu školy, kde učí? Existují v nich genderové rozdíly?
3. Které konkrétní elektronické či tištěné zdroje využívají učitelé fyziky nejčastěji?

Tyto otázky budeme vztahovat primárně ke středoškolským učitelům, byť je zřejmé, že pro vyučující na víceletých gymnáziích není reálné oddělit středoškolskou a základěškolskou perspektivu. Věříme, že odpovědi na výše uvedené otázky poskytnou tvůrcům vzdělávacích materiálů s tematikou fyzikálních experimentů rámcovou představu, kdo produkty jejich práce v praxi využívá.

3 Metodologie

3.1 Kontext studie

Popisovaná studie je součástí komplexnějšího výzkumu, který se zabývá rolí fyzikálních experimentů ve výuce fyziky na střední škole. První, kvalitativní část výzkumu byla zaměřena na zjištění názorů vybraných středoškolských učitelů fyziky na roli experimentů ve fyzikálním vzdělávání, a to formou polostrukturovaných rozhovorů. Respondenti z řad zkušených učitelů s mnoholetou praxí, kteří zároveň dlouhodobě spolupracují s Katedrou didaktiky fyziky MFF UK a účastní se aktivit, které tato katedra pořádá, mluvili primárně o hlavních aspektech experimentálních aktivit a jejich zkušenostech se zařazováním těchto aktivit do své výuky. Podrobnější závěry z této části výzkumu byly popsány v konferenčním sborníku *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 9* (Machalická, 2022).

3.2 Výzkumný nástroj

Na základě popsané kvalitativní části výzkumu vznikl v roce 2020 online dotazník s názvem *Role experimentů ve výuce fyziky*, a to zvlášť ve verzi pro středoškolské učitele fyziky a zvlášť pro jejich žáky. Určité části dotazníku jsou uzpůsobeny tak, aby se pohled učitelů a žáků dal porovnávat.

Pilotní verze popisovaného nástroje byla v létě 2020 konzultována s několika českými didaktiky fyziky a psychology, výsledná podoba se ale již výrazně neměnila.

Dotazník je strukturován do několika částí. První část je zaměřena na informace o respondentech, součástí jsou i postojové otázky týkající se fyziky jako vědy i fyziky jako školního předmětu. Především v žákovské verzi dotazníku jsou tyto otázky formulovány tak, aby se získaná data dala porovnat s výsledky výzkumu vnitřní motivace žáků (Kácovský & Snětinová, 2021), který proběhl na naší katedře v nedávné době. Druhá část vytvořeného nástroje se snaží zmapovat aktuální stav zařazování experimentálních aktivit do výuky fyziky na středních školách. Důraz je kladen na četnost i podobu těchto aktivit, míru zapojení žáků, používané pomůcky apod. Poslední část dotazníku se zabývá představou respondentů o ideálním stavu zapojení experimentálních aktivit do výuky fyziky, jakousi vizí, jak by mělo experimentování v hodinách fyziky vypadat.

Tato studie je zaměřena na vyhodnocení vybraných dvou otázek z učitelské verze dotazníku, které jsou uvedeny níže (tab. 1). Výčet položek v první otázce O1 se každému respondentovi řadí náhodně, zachována je pouze možnost *Jiné* na posledním místě, kde každý může doplnit text dle svých potřeb. Druhá otázka O2 se respondentům otevřela jen v případě, že u první otázky vybrali alespoň jednu z možností *Na internetu* nebo *V tištěných učebnicích a sbírkách pokusů*. Vzhledem k tomu, že šlo o otevřenou otázku, měli respondenti možnost uvést libovolný počet zdrojů.

Tab. 1: Otázky z učitelského dotazníku zjišťující zdroje inspirace pro experimenty ve výuce

<p>O1: <i>Inspiraci pro experimenty zařazené do výuky získávám:</i></p> <ul style="list-style-type: none">a. <i>Na internetu</i>b. <i>V tištěných učebnicích a sbírkách pokusů</i>c. <i>Od kolegů</i>d. <i>Z materiálů od výrobce používaných pomůcek (tištěných či webových)</i>e. <i>Experimenty si vymýšlím sám</i>f. <i>Jiné</i> <p>O2: <i>Budeme rádi, když se s námi podělíte o Váš oblíbený zdroj.</i></p>
--

3.3 Sběr a zpracování dat

Pro sběr dat byl využit software Typeform, ve kterém byl výzkumný nástroj konstruován. Odkaz byl v listopadu 2020 rozeslán na více jak 2000 e-mailových adres učitelů fyziky, které jsme získali z webových stránek středních škol, jejichž přehled lze najít na Atlasu školství (2022). Na některých školách není

předmět fyzika vyučován, z tohoto důvodu jsme mezi oslovené učitele zařadili i ty, kteří učí předmět základy přírodních věd. V případě, že některá škola na svých webových stránkách nezveřejnila jednotlivé kontakty na své zaměstnance, oslovili jsme přímo kancelář dané školy.

Pro zpracování dat byl využit software IBM SPSS Statistics 26. Při hledání odpovědi na první a třetí výzkumnou otázku jsme využívali pouze základní popisné statistiky, typicky (relativní) četnosti. V případě druhé výzkumné otázky často porovnáváme dvě skupiny respondentů (např. ženy vs. muži, gymnázia vs. odborné školy) odpovídající na dichotomické otázky (využívá vs. nevyužívá daný zdroj inspirace). Testujeme nulovou hypotézu, že podíl respondentů vykazujících daný znak je v obou porovnávaných skupinách stejný. Při testování nulové hypotézy sestavujeme kontingenční tabulku typu 2×2 a porovnáváme pozorované četnosti daného znaku s četnostmi, které odpovídají nezávislosti znaku na proměnné, která skupiny respondentů definuje. Výstupem je χ^2 statistika a jí příslušející p -hodnota; pro $p < 0,05$ nulovou hypotézu zamítáme. V případě zamítnutí nulové hypotézy jsme navíc pomocí koeficientu korelace φ kvantifikovali velikost účinku (*effect size*), tedy míru vztahu mezi příslušností k dané skupině respondentů a hodnotou měřeného znaku. Jak uvádí Salkind (2010), $\varphi = 0,1$ odpovídá malému, $\varphi = 0,3$ střednímu a $\varphi = 0,5$ velkému účinku.

4 Výsledky

4.1 Základní data o respondentech

Do výzkumu se vyplněním dotazníku zapojilo 309 učitelů, z toho bylo 50 % mužů a 50 % žen. Celková návratnost dotazníku vzhledem k počtu odeslaných e-mailů byla 12 %. Žádný z krajů neměl výrazně nadprůměrnou návratnost, oproti tomu Liberecký kraj měl návratnost v porovnání s ostatními kraji pouze poloviční; nižší návratnost jsme zaznamenali také z kraje Karlovarského a Zlínského. Celkem 60 % respondentů učí alespoň částečně na gymnáziu, 37 % učí na jiném typu středních škol (střední odborné školy, střední průmyslové školy, obchodní akademie aj.), zbylá 3 % respondentů typ školy neuvedla.

Zjišťovali jsme také délku praxe ve výuce fyziky na střední škole. V tab. 2 je zachyceno rozložení četnosti respondentů v závislosti na jejich věku a délce praxe; celkem 46 respondentů alespoň jednu z těchto informací neuvedlo.

Tab. 2: Rozložení respondentů dle věku a délky praxe (absolutní počty respondentů)

věk	délka praxe			
	< 10 let	10–20 let	20–30 let	> 30 let
< 30 let	23	0	0	0
30–40 let	26	18	0	0
40–50 let	15	31	22	0
50–60 let	10	11	33	39
> 60 let	5	2	2	26

Dále jsme se dotazovali na aprobovanost učitelů, resp. na jejich vysokoškolské vzdělání. Ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství fyziky pro SŠ uvedlo 58 % respondentů, 13 % respondentů uvedlo jiné vysokoškolské pedagogické vzdělání či pedagogické vzdělání v rámci kurzu CŽV a 9 % respondentů mělo jiné nepedagogické vysokoškolské vzdělání. Celkem 20 % respondentů své vzdělání neuvedlo.

4.2 Zdroje, ze kterých se učitelé inspiroují pro experimentální aktivity

Nyní budeme reportovat výsledky stěžejní pro zodpovězení stanovených výzkumných otázek. Pokud se podíváme na to, které zdroje inspirace uvádějí učitelé v souvislosti s experimentálními náměty nejčastěji, získáme následující pořadí: internet (80 % všech respondentů), tištěné učebnice a sbírky (60 %), kolegové (57 %) a materiály výrobců pomůcek (42 %); dvě pětiny respondentů si experimenty samy vymýšlí.

Pokud se podíváme na genderové rozdíly v chování respondentů (tab. 3), vidíme, že ženy–fyzikářky oproti svým mužským kolegům významně méně často uvádějí, že by samy navrhovaly experimenty do svých hodin; naopak, internetové zdroje používají více než muži, zde ale jde o velmi slabou tendenci.

Typ školy, na které učitel působí, je evidentně více diferencujícím faktorem než pohlaví. Střední až velký efekt pozorujeme u vlivu typu školy na četnost inspirace v tištěných sbírkách, resp. u kolegů – oba tyto zdroje jsou významně více využívány gymnaziálními učiteli v porovnání s jejich kolegy z odborných škol (tab. 4).

Pokud jde o vzdělání učitelů, zestručnili jsme poměrně podrobnou získanou informaci tak, že jsme učitele rozdělili do dvou skupin – na ty, kteří mají ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství

Tab. 3: Genderové rozdíly v uváděných zdrojích inspirace ($N = 308$). Procenta v prvních dvou sloupcích značí, jaká část dané kohorty uvedla, že příslušný zdroj používá

zdroj inspirace	ženy	muži	χ^2	p	φ
materiály výrobců pomůcek	44 %	39 %	0,687	0,407	–
internet	83 %	73 %	4,545	0,033	0,121
tištěné učebnice a sbírky	62 %	56 %	1,044	0,307	–
kolegové	54 %	58 %	0,495	0,482	–
experimenty vymyslím sám/sama	28 %	50 %	15,538	0,000	0,225

Tab. 4: Uváděné zdroje inspirace podle typu školy, na které učitel působí ($N = 299$). Procenta v prvních dvou sloupcích značí, jaká část dané kohorty uvedla, že příslušný zdroj používá

zdroj inspirace	gymnázia	odborné SŠ	χ^2	p	φ
materiály výrobců pomůcek	47 %	32 %	6,170	0,013	0,144
internet	77 %	79 %	0,112	0,738	–
tištěné učebnice a sbírky	72 %	39 %	32,373	0,000	0,329
kolegové	73 %	32 %	49,365	0,000	0,406
experimenty vymyslím sám/sama	44 %	32 %	4,147	0,042	0,118

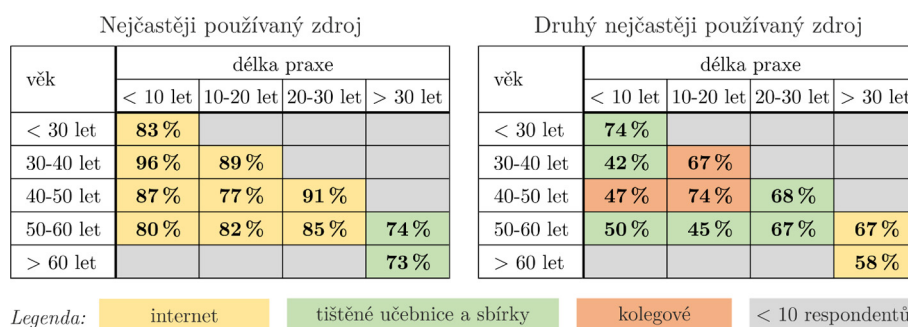
Tab. 5: Uváděné zdroje inspirace podle vzdělání učitelů ($N = 249$). Procenta v prvních dvou sloupcích značí, jaká část dané kohorty uvedla, že příslušný zdroj používá

	skupina 1	skupina 2	χ^2	p	φ
materiály výrobců pomůcek	48 %	26 %	9,649	0,002	0,197
internet	78 %	80 %	0,056	0,812	–
tištěné učebnice a sbírky	69 %	41 %	16,810	0,000	0,260
kolegové	68 %	33 %	24,192	0,000	0,318
experimenty vymyslím sám/sama	43 %	36 %	0,884	0,347	–

fyziky pro SŠ (v tab. 5 označení jako *skupina 1*), a na ty, kteří deklarovali jiný druh vzdělání, ať již pedagogického, či nepedagogického charakteru (*skupina 2*). Ve srovnání obou skupin vidíme podobné znaky jako v případě typu školy – opět se jejich příslušníci liší zejména v tom, nakolik využívají tištěné sbírky/učebnice a zkušenosti kolegů.

To, že výsledky získané při dělení vzorku podle vzdělání učitelů jsou podobné těm, které jsme reportovali při dělení podle typu školy, není náhoda. V našem vzorku má v případě gymnázií ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství fyziky pro SŠ celých 71 % respondentů vyučujících na gymnáziu; v případě vyučujících na odborných školách je to pouze 38 %. Mezi typem školy a typem vzdělání učitelů tedy vidíme jistou vazbu (velikost Spearmanova korelačního koeficientu $|r| = 0,23$ je statisticky významně odlišná od nuly).

Pedagogickou zkušenost učitelů jsme se rozhodli vizualizovat podobným způsobem jako v tab. 1. Opět jsme vytvořili matici zohledňující věk i délku pedagogické praxe respondentů a zpracovali do ní dvě informace – barevným podkladem jsme v každé buňce vyznačili, který zdroj je pro respondenty daného věku a praxe první a který druhou nejčastější volbou; procentuální údaj v buňce udává, jaký podíl z dané kohorty jej v dotazníku uvedl (viz obr. 1). Šedé jsou označena pole, do kterých spadá méně než 10 respondentů a uvádění procentuálního podílu přestává být relevantní. S výjimkou služebně nejstarších



Obr. 1: Schémata zachycují dva nepoužívanější zdroje v různých skupinách učitelů dle věku a délky praxe. Typ zdroje je udán barevným podkladem buňky, číslo v buňce vyjadřuje podíl učitelů z dané kohorty, která tento zdroj využívá

učitelů dominuje ve všech ostatních skupinách coby primární zdroj inspirace internet uváděný zde více jak čtyřmi z pěti respondentů. Coby druhý nejčastěji uváděný zdroj jsou ve většině skupin uváděny tištěné učebnice/sbírky nebo zkušenosti kolegů.

Respondentů, kteří v první otázce vybrali jako zdroj inspirace tištěné učebnice a sbírky či internet, jsme se dotazovali na jejich oblíbený zdroj. Na tuto otázku odpovědělo celkem 199 učitelů a škála získaných zdrojů je tak velmi pestrá. Většina učitelů uvedla pouze jeden nebo dva zdroje, v necelých dvaceti případech se objevily i zdroje tři. Nejčastěji se jako zdroj inspirace experimentů objevoval YouTube, který uvedlo přes 40 dotazovaných. Více než 20 respondentů zmínilo mezi svými oblíbenými zdroji webové stránky <http://vernier.cz> a <http://fyzikalnipokusy.cz>. Další významné zdroje, které se objevily v odpovědích alespoň desetkrát, jsou učebnice fyziky pro SŠ, řada sbírek *Pokusy z fyziky na střední škole*, webové stránky <http://realisticky.cz>, materiály z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky, akce Elixíru do škol či semináře Heuréky. Ostatní odpovědi se opakovaly jen výjimečně.

5 Diskuse

Základním výstupem této studie je odpověď na otázku, které zdroje informací používají učitelé nejčastěji, když hledají ve výuce fyziky inspiraci pro experimentální aktivity do svých hodin. Zdaleka nejčastěji zmiňovaným zdrojem je internet, následují tištěné učebnice a sbírky, inspirace od kolegů a nakonec materiály výrobců pomůcek. Toto pořadí je identické s tím, jaké popisuje Kácovský (2012) ve svém průzkumu zaměřeném na zdroje inspirace k fyzikálním měřením, a také relativní četnost jednotlivých zdrojů je v obou studiích prakticky shodná; jedinou výjimku představuje internet, který byl v deset let starém výzkumu zmiňován 69 % respondentů, v našem šetření jej uvedlo 80 % respondentů. Ačkoliv se náš výzkum věnoval „inspiraci pro experimenty do výuky fyziky“, a Kácovský (2012) se dotazoval na „náměty k fyzikálním měřením“ (tedy primárně na experimenty kvantitativní povahy), respondenti v obou případech vyjádřili stejné preference.

Nabízí se také domněnka, že mnozí respondenti ve své interpretaci slova „experiment“ a „měření“ prakticky ztotožnili. Pokud na tuto domněnku přistoupíme a budeme srovnávat relativní četnosti výskytu jednotlivých zdrojů, zdá se, že role internetu coby zdroje inspirace pro experimentální aktivity v poslední dekádě dále vzrostla. To by jistě nebylo překvapivé s ohledem na to, že podobný trend pozorujeme také v jiných aspektech vzdělávání i našeho každodenního života obecně. Do experimentálních aktivit ve výuce fyziky vstupují stále častěji nové technologie – ať už to jsou notebooky, tablety, digitální čidla, datalogery, termovizní kamery, výrobky z 3D tiskáren či chytré telefony – a internetové zdroje prakticky obratem nabízejí náměty, jak je využívat, zatímco do tištěných učebnic a sbírek se tyto náměty dostávají s odstupem několika let. Navíc lze předpokládat, že epizody distanční výuky spojené s pandemií nemoci covid-19 dále přispějí k upevnění role internetu coby „místa“, kam si chodí učitelé pro radu a inspiraci. Náš výzkum vliv pandemie plně neodráží, neboť byl realizován v listopadu roku 2020, kdy mělo české školství nejdelší etapu distanční výuky ještě před sebou, a učitelé byli navíc při vyplňování dotazníku vyzýváni, aby se vyjadřovali k „běžným poměrům“, tedy své obvyklé prezenční výuce.

Výsledkem genderového srovnání je především poznatek, že fyzikářky–ženy oproti fyzikářům–mužům významně méně často zařazují do své výuky experimenty, které samy vymýšlejí. Považujeme za pravděpodobné, že tento genderový rozdíl sleduje trend, který je dlouhodobě pozorován mezi žáky. Výzkumy provedené v žákovské populaci poukazují na to, že chlapci vyjadřují větší sebedůvěru a kompetenci při provádění fyzikálních experimentů i ve fyzice jako takové (Hazari et al., 2008), zatímco dívky mají z experimentů častěji respekt či přímo obavu (zejména v oblasti elektřiny a magnetismu, viz Murphy, 1993). Tento genderový rozdíl patrně s opuštěním školním lavic nemizí a přenáší se i do profese učitele, a to včetně profese učitele fyziky; nižší míra vnímané kompetence pak může ženy odrazovat od navrhování vlastních experimentů. V tomto místě však upozorníme, že číselné výsledky studie není na místě přeceňovat – záleží totiž pochopitelně na tom, zda ženy a muži stejně interpretují vyjádření „vymýšlím si své vlastní experimenty“. Výklad tohoto tvrzení je poměrně široký – často zřejmě nepůjde o to, že by učitelé vymysleli zcela nový experiment, se kterým se ještě nikdy nesetkali, ale spíše s pomůckami, které mají k dispozici, upraví nebo vylepší pro potřeby své výuky pokus, který již v nějaké podobě znají (z dob svého studia, od kolegů apod.). Fyzikářky–ženy mohou oproti svým mužským kolegům pouze interpretovat znění otázky přesněji, doslovněji, a tedy úžeji.

Při analýze dat jsme zjistili, že skupina učitelů, kteří nemají ukončené vysokoškolské vzdělání v oboru učitelství fyziky pro SŠ, se významně překrývá se skupinou učitelů, kteří vyučují na středních odborných školách. Pro obě tyto skupiny je typické, že učitelé v nich zastoupení využívají pro svoji inspiraci dominantně internet, všechny ostatní zdroje (tištěné materiály, kolegové, návody výrobců pomůcek atd.) jsou významně méně četné, než odpovídá průměru našeho vzorku. Vzhledem k tomu, že jde o učitele s pedagogickým vzděláním v nefyzikálním oboru, případně učitele zcela bez pedagogického vzdělání, považovali

bychom za vhodné tuto „odkázanost na internet“ zmínit. Jako vhodnou a obecně uznávanou cestu (Rolls & Hargreaves, 2021) vidíme zapojení těchto učitelů do stávajících komunit aktivních fyzikářů (např. Elixír do škol, 2022), kteří mohou poskytnout své zkušenosti, případně osvědčené tipy na vhodné a důvěryhodné internetové zdroje.

Poměrně překvapivý obrázek nám poskytl pohled na preferované zdroje inspirace podle věku a délky praxe učitelů. Očekávali jsme, že četnost využívání digitálních zdrojů v čele s internetem bude s věkem postupně klesat, naopak afinita k tištěným zdrojům stejným směrem poroste. Tato očekávání podporují také studie, které ukazují, že mladší učitelé používají technologie ve výuce obecně častěji, například Li et al. (2019) staví věkovou hranici, pod kterou je používání technologií častější, na 45 let. V naší studii se ale ukázalo, že s výjimkou nejstarších učitelů s praxí nad 30 let dominuje internet coby nejčastěji využívaný zdroj inspirace zcela homogenně, bez věkových trendů. Pokud jde o tištěné učebnice a sbírky, ty jsou nejvíce využívány učiteli s více jak dvacetiletou praxí a poté těmi, kterým ještě nebylo 30 let. V případě této nejmladší kohorty respondentů není používání tištěných zdrojů překvapivé, neboť pro začínající učitele jsou učebnice skutečně zásadním zdrojem při plánování obsahu výuky, a to navzdory tomu, že leckdy pochybují o jejich vhodnosti (Stará, 2019).

6 Limity

Dotazníkové šetření probíhalo během pandemie nemoci covid-19, kdy byla výuka na středních školách ČR vedena distanční formou. Kvůli velkému množství nových povinností s tím spojených nemusela velká část učitelů pro vyplnění dotazníku najít chuť a prostor. Můžeme se tedy domnívat, že se do výzkumu zapojili spíše aktivní učitelé, které fyzikální experimenty nějakým způsobem zajímají a pestrost jimi využívaných a zmíněných zdrojů tak může být vyšší. Zároveň se nám několik desítek e-mailů vrátilo jako nedoručitelných, ačkoliv byly všechny adresy z oficiálních webových stránek škol uvedené jako aktuální. Procento návratnosti mohl snížit i fakt, že jsme oslovovali i učitele základů přírodních věd, které se na některých odborných školách vyučují namísto fyziky. V takovém předmětu pro fyzikální experimenty pravděpodobně není příliš prostoru a motivace učitelů k vyplnění dotazníku tak může být nižší.

Vzhledem k tomu, že byli respondenti s žádostí o účast ve výzkumu osloveni studentkou doktorského studia na katedře didaktiky fyziky MFF UK, není příliš překvapivé, že nejčastěji zmiňované konkrétní zdroje inspirace mají často nějakou vazbu právě na toto pracoviště.

Z některých odpovědí, které odkazují na akce určené pro učitele fyziky, nejsme schopni přesně určit, zda autoři zamýšleli jako zdroj inspirace akci samotnou nebo materiály (ať už tištěné či elektronické), které v souvislosti s těmito akcemi a projekty vznikají. To platí i pro materiály výrobců, které jsou velmi často dodávány v tištěné verzi s pomůckami, ale zároveň jsou snadno dohledatelné v online verzi na webových stránkách výrobce.

Otázka zaměřená na konkrétní zdroj inspirace byla zařazena s cílem získání přehledu využívaných materiálů, z odpovědí tak nejsme schopni určit, jak často a intenzivně respondenti dané zdroje využívají. Zatímco YouTube i jiné internetové zdroje by se daly považovat za nekonečnou studnici nápadů, ke které se máme důvod opakovaně vracet a hledat stále novou inspiraci, tištěné sbírky pokusů se svou inspirací rychle vyčerpají.

Podotkneme také, že zdaleka ne všechny zdroje inspirace jsou učiteli využity cíleně, se „záměrem se inspirovat“ – s mnohými inspirativními materiály se setkáváme víceméně náhodou, mimoděk. Nahodilá inspirace je pravděpodobně významným prvkem například na sociálních sítích, kde se sdružují učitelé sdílející náměty ze své či cizí výuky.

7 Závěry a implikace

V rámci této studie jsme se věnovali otázce, jaké zdroje inspirace využívají čeští středoškolské učitelé fyziky při zařazování experimentálních aktivit do svých hodin. K tomuto účelu byly vyhodnoceny dvě otázky z elektronického dotazníku, který byl v listopadu 2020 rozeslán učitelům fyziky na středních školách a v odpovídajících ročnících víceletých gymnáziích. Do výzkumu se zapojilo 309 z více než dvou tisíc oslovených respondentů.

Nejvýraznějším poznatkem je zjištění, že zdaleka nejčastěji zmiňovaným zdrojem inspirace je internet, následují (v tomto pořadí) tištěné učebnice a sbírky, inspirace od kolegů a materiály výrobců pomůcek. Je tedy nasnadě, že materiály, které jsou cíleny jako podpora pro učitele, je vhodné připravovat primárně elektronicky, případně tvorbu tištěných materiálů přizpůsobit tak, aby se daly snadno převést do elektronické, ideálně interaktivnější verze. Dále se ukazuje, že četnost využívání internetu je velmi vysoká bez ohledu na věk a délku praxe respondentů; výjimkou je kohorta nejstarších učitelů s více než 30 lety praxe,

kteří využívají internet méně než tištěné zdroje. Kromě nich jsou tištěné učebnice a sbírky nejčastěji využívány také učiteli mladšími třiceti let. Tento výsledek potvrzuje, že pro začínající učitele jsou učebnice důležitým zdrojem při plánování výuky; je navíc pravděpodobné, že nejmladší učitelé si přinášejí jistou afinitu k učebnicím ze svého vlastního studia. Navzdory tomu, i v této věkové skupině dominuje coby nejčastěji využívaný zdroj internet. Domníváme se proto, že podobnou pozornost, jaká je ve vysokoškolské přípravě učitelů věnována problematice učebnic, by si zasloužily také internetové zdroje. Jejich základní znalost (myšleno relevantních zdrojů v daném oboru) by měla patřit ke vzdělání učitele podobně samozřejmě jako základní přehled o existujících tištěných učebnicích. Navíc, v případě internetových zdrojů by nastupující učitel měl být vybaven schopností kritického posuzování jejich důvěryhodnosti přecházejícího využívání nevhodných či zcela zavádějících materiálů, které se v online prostředí běžně vyskytují. Obezřetnost vůči internetovým zdrojům a nutnost vést k ní budoucí učitele jsou tím naléhavější, že dalece nejčastěji uváděným zdrojem, který učitelé jako inspiraci pro své pokusy zmiňovali, jsou videa z YouTube. Jakkoli jde o zdroj nesmírně bohatý, cenný, atraktivní a jednoznačně soudobý, nedává jakoukoliv garanci správnosti a učitel zůstává odkázán na svoji odbornost a profesionalitu.

Pozoruhodným výsledkem genderového srovnání je fakt, že mezi fyzikáři-muži je oproti fyzikářkám-ženám téměř dvojnásobný podíl těch, kteří deklarují, že si některé experimenty do výuky vymýšlejí sami. Tento genderový rozdíl může být způsobený nižší mírou vnímané kompetence k provádění fyzikálních experimentů, které výzkumy ženám obecně připisují, ale také odlišným výkladem v dotazníku nabízené možnosti „vymýšlím si své vlastní experimenty“.

Dále jsme došli ke zjištění, že učitelé na odborných školách a učitelé bez ukončeného vysokoškolského vzdělání v oboru učitelství fyziky jsou významně více odkázáni na internetové zdroje než jejich kolegové (tj. gymnaziální učitelé a ti s ukončeným fyzikálně-didaktickým vzděláním). Věříme, že pro profesní rozvoj těchto učitelů, a to nejen v oblasti přípravy experimentů, by mohlo být velkým přínosem jejich zapojení do stávajících komunit aktivních fyzikářů.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu GA UK 1190119 *Postoje učitelů a žáků k experimentálním aktivitám* a SVV 260577 *Studentský výzkum v oblasti didaktiky fyziky a matematického a počítačového modelování*.

Literatura

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Atlas školství. (2022). *Střední školy v ČR*. <https://www.atlaskolstvi.cz/stredni-skoly>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29. <https://www.michiganseagrant.org/lessons/wp-content/uploads/sites/3/2019/04/The-Many-Levels-of-Inquiry-NSTA-article.pdf>
- Bennett, J. (2003). *Teaching and learning science*. Continuum.
- Cerini, B., Murray, I., & Reiss, M. (2003). *Student review of the science curriculum: Major findings*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18429.31206>
- Crouch, C., Fagen, A. P., Callan, J. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72(6), 835–838. <https://doi.org/10.1119/1.1707018>
- Delgado, P., Vargas, C., Ackerman, R., & Salmerón, L. (2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension. *Educational Research Review*, 25, 23–38. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.003>
- Elixir do škol. (2022). *Proč tu jsme*. <https://www.elixirdoskol.cz/proc-tu-jsme/>
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., Brookes, D. T., & Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction – A process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351–355. <https://doi.org/10.1119/1.1511592>
- Gardner, P., & Gauld, C. (1990). Labwork and students' attitudes. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 132–156). Routledge.
- Hazari, Z., Sadler, P. M., & Tai, R. H. (2008). Gender differences in the high school and affective experiences of introductory college physics students. *The Physics Teacher*, 46(7), 423–427. <https://doi.org/10.1119/1.2981292>
- Káčovský, P. (2012). *Využívání dataloggerů ve výuce fyziky (se zaměřením na systém Vernier)*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/41575>

- Káčovský, P., & Snětinová, M. (2021). Physics demonstrations: Who are the students appreciating them?. *International Journal of Science Education*, 43(4), 529–551. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1871526>
- Li, Y., Garza, V., Keicher, A., & Popov, V. (2019). Predicting high school teacher use of technology: Pedagogical beliefs, technological beliefs and attitudes, and teacher training. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(3), 501–518. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9355-2>
- Machalická, J. (2022). Role fyzikálního experimentu ve výuce fyziky. In O. Kéhar (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky: Změny v RVP a jejich dopady do obsahu výuky fyziky* (s. 114–117). Západočeská univerzita v Plzni. https://kof.zcu.cz/ak/trendy/9/sbor/ModerniTrendy9_sbornik.pdf
- Marounová, J., & Káčovský, P. (2022). How Czech teachers use physics experiment in their lessons. *AIP Conference Proceedings*, 2458, 030023. <https://doi.org/10.1063/5.0079213>
- Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne, & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say* (pp. 108–134). Open University Press.
- Miller, K. (2013). Use demonstrations to teach, not just entertain. *The Physics Teacher*, 51, 570. <https://doi.org/10.1119/1.4830081>
- Miller, K., Lasry, N., Chu, K., & Mazur, E. (2013). Role of physics lecture demonstrations in conceptual learning. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 9(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020113>
- Milner-Bolotin, M., Kotlicki, A., & Rieger, G. (2007). Can students learn from lecture demonstrations? *Journal of College Science Teaching*, 36(4), 45–49. https://www.researchgate.net/publication/238711199_Can_Students_Learn_from_Lecture_Demonstrations
- Murphy, P. (1993). Gender differences in pupils' reactions to practical work. In R. Levinson (Ed.), *Teaching Science* (pp. 138–150). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203990377>
- Owen, S., Dickson, D., Stanisstreet, M., & Boyes, E. (2008). Teaching physics: Students' attitudes towards different learning activities. *Research in Science & Technological Education*, 26(2), 113–128. <https://doi.org/10.1080/02635140802036734>
- Rockinson-Szapkiw, A. J., Courduff, J., Carter, K., & Bennett, D. (2013). Electronic versus traditional print textbooks: A comparison study on the influence of university students' learning. *Computers & Education*, 63(1), 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.022>
- Rolls, L., & Hargreaves, E. (2021). Professional teacher communities as creative, inspiring sites of learning. In E. Hargreaves, & L. Rolls (Eds.), *Reimagining professional development in schools* (pp. 1–8). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429293337-1>
- Rozkydalová, A. (2017). *Zjišťování parametrů kvality výuky chemie*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/85115>
- Salkind, N. J. (2010). *Encyclopedia of research design*. SAGE Publications.
- Sawyer, A. G., Dredger, K., Myers, J., Barnes, S., Wilson, R., Sullivan, J., & Sawyer, D. (2020). Developing teachers as critical curators: Investigating elementary preservice teachers' inspirations for lesson planning. *Journal of Teacher Education*, 71(5), 518–536. <https://doi.org/10.1177/0022487119879894>
- Sharpe, R., & Abrahams, I. (2020). Secondary school students' attitudes to practical work in biology, chemistry and physics in England. *Research in Science & Technological Education*, 38(1), 84–104. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1597696>
- Sikorová, Z., Václavík, M., & Červenková, I. (2019). Užívání tištěných a digitálních zdrojů v práci učitelů 2. stupně ZŠ: hybridizace a remixování. *Studia paedagogica*, 24(3), 111–129. <https://doi.org/10.5817/SP2019-3-5>
- Singer, L. M., & Alexander, P. A. (2017). Reading on paper and digitally: What the past decades of empirical research reveal. *Review of Educational Research*, 87(6), 1007–1041. <https://doi.org/10.3102/0034654317722961>
- Soucha, F. (2020). *Funkce a využití učebnic pro výuku informatiky zaměřených předmětů vzdělávací oblasti IKT na středních odborných školách v ČR*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/152837>
- Stará, J. (2019). *Práce učitelů s učebnicemi*. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta.
- Zimrot, R., & Ashkenazi, G. (2007). Interactive lecture demonstrations: A tool for exploring and enhancing conceptual change. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 197–211. <https://doi.org/10.1039/B6RP90030E>
- Žák, V. (2008). Zjišťování parametrů kvality výuky fyziky. *Pedagogika*, 58(1), 61–72. <https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1168&lang=cs>
- Žák, V., & Martínková, J. (2018). Kvalita výuky fyziky – případy začínajících učitelů. *Orbis Scholae*, 11(2), 1–25. <https://doi.org/10.14712/23363177.2018.57>