

## Obsah

### Teoretická studie

- Veronika Scholzová, Svatava Janoušková  
Klimatická gramotnost – nová nebo odvozená gramotnost? ..... 2

### Přehledová studie

- Michaela Horníaková  
Moderné biotechnológie v školskom vzdelávaní z pohľadu zahraničných výskumných štrení.... 12

### Výzkumné stati

- Nkosinathi Willy Nkosi, Abraham Motlhabane  
The power of inquiry-based chemical change lesson in under-resourced classrooms: Perspectives of grade 10 learners..... 29
- Petra Pschotnerová, Dana Mandíková, Martin Chvál  
Results of Czech gymnasium students in the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test repeated in 2023 ..... 39

# Klimatická gramotnost – nová nebo odvozená gramotnost?

## Climate literacy — new or derived literacy?

Veronika Scholzová<sup>1,\*</sup>, Svatava Janoušková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 8, 128 00 Praha 2; volklov@natur.cuni.cz

Slovo gramotnost ve spojení s řadou adjektiv v pedagogickém i laickém slovníku zevšednělo. Díky šetření PISA běžně využíváme termíny matematická, čtenářská, přírodovědná a finanční gramotnost. Počet těchto termínů dále narůstá (viz např. environmentální, digitální gramotnost). U většiny z nich přitom chybí konsenzus na přesné vymezení. V našem teoretickém příspěvku analyzujeme koncepty přírodovědné, environmentální a klimatické gramotnosti. Na základě této analýzy docházíme k závěru, že stávající vymezení klimatické gramotnosti nepřináší žádnou novou dimenzi, která by nebyla již zahrnuta v přírodovědné a environmentální gramotnosti. S ohledem na tuto skutečnost se domníváme, že pro školní praxi a do jisté míry i pro výzkum je vymezení tohoto pojmu nadbytečné. Domníváme se, že dobrá znalost dlouhodobě existující gramotnosti přírodovědné a environmentální umožní vyučujícím uchopit i odvozené gramotnosti, mezi nimi gramotnost klimatickou či gramotnost související s udržitelností.

**Klíčová slova:**  
přírodovědná  
gramotnost,  
environmentální  
gramotnost,  
klimatická gramotnost.

Zasláno 3/2024  
Revidováno 5/2024  
Přijato 7/2024

**Key words:**  
science literacy,  
environmental literacy,  
climate literacy.

Received 3/2024  
Revised 5/2024  
Accepted 7/2024

In conjunction with various adjectives, literacy has become commonly used in pedagogical and lay vocabulary. Thanks to the PISA survey, we use terms like mathematical, science, and financial literacy. These terms continue to grow (e.g., environmental and digital literacy). For most of them, there has yet to be a consensus on a precise definition. In our theoretical study, we analyze the concepts of science, environmental, and climate literacy. Based on this analysis, we conclude that the current definition of climate literacy does not introduce any new dimension other than those already included in science and environmental literacy. Therefore, it is redundant for school practice and, to some extent, also for research. A good knowledge of long-standing science and environmental literacies will enable teachers to grasp derived literacies, including climate literacy or literacy related to sustainability.

## 1 Úvod

Slovo gramotnost v pedagogickém slovníku již zevšednělo. Původní význam pojmu, který označoval schopnost člověka číst a psát, je v současnosti chápán obecněji, tj. jako schopnost aplikace některých specifických dovedností (Průcha et al., 2009). Proto se ve vědecké literatuře setkáváme s gramotností čtenářskou, přírodovědnou, matematickou, digitální, funkční, environmentální, finanční atd. Je těžké určit, proč se pojem „gramotnost“ stal tak oblíbeným, nicméně některí autori (viz např. Baumert, 1997) uvádějí, že to souvisí se skutečností, že pojem představuje komplexní ideu, která je přesvědčivá a zdá se být snadno uchopitelná.

Tato snadná uchopitelnost i srozumitelnost je však zdánlivá. Pokud se blíže ponoříme do vymezení jednotlivých druhů gramotností, zjišťujeme, že neexistuje žádné jednotné vymezení těchto pojmu. Kromě toho, že neexistuje konsenzus na obsahu pojmu mezi vědci, není ani zřejmé, do jakých detailů by se měl pojem vymezit. Pokud si totiž pomůžeme shora uvedenou obecnou definicí dle Průchy et al., pak bychom přírodovědnou gramotnost mohli vymezit jako schopnost aplikovat přírodovědné dovednosti. Pak se však musíme ptát, jaké dovednosti by to měly být, a přirozeně také, do jaké míry je potřeba je ovládat (blíže viz např. Janoušková et al., 2019). A samozřejmě se také nabízí otázka, zvláště u nově se objevujících typů gramotností, například gramotnosti o udržitelnosti (sustainability literacy) či klimatické gramotnosti (climate literacy), nakolik se odlišují od tradičně diskutovaných gramotností, jako je gramotnost přírodovědná či environmentální.

Naše teoretická studie si dává za cíl analyzovat nově se objevující pojem klimatická gramotnost, jak je prezentován v literatuře. Naším cílem je kriticky zhodnotit vymezení tohoto pojmu (této gramotnosti) a posoudit, nakolik je zavedení nového pojmu prospěšné v kontextu již existujících a zavedených pojmu, kterými jsou přírodovědná a environmentální gramotnost.

## 2 Analýza pojmu gramotnost, přírodovědná gramotnost a environmentální gramotnost

### Gramotnost

Definice pojmu gramotnosti se v čase vyvíjí souběžně s rozvojem společnosti a jejími požadavky na jedince žijícího v dané společnosti. Gramotnost je tudíž sociálně-kulturním konstruktem, který je úzce spjat s konkrétní společností a jejím sociokulturálním zázemím. (Gadsden, 1992; Gee, 1989; Mirra & Garcia, 2021)

Etymologicky se pojem gramotnost vztahuje k jazyku a k tomu, co umožňuje, tedy mluvit, psát a číst s porozuměním (Eisner, 1991). Není proto překvapující, že zaměříme-li se na definici pojmu gramotnost, nejčastěji je definována jako schopnost číst a psát, případně číst, psát a počítat (tzv. trivium). Podle Eisnera (1991) má ale gramotnost hlubší smysl a neomezuje se pouze na text, ale hráje zásadní roli při vykládání a předávání významu sdělení v širokém slova smyslu, včetně interpretace. To implikuje nutnost znalosti dalších oborů. Skutečnost, že gramotnost je dovednost aplikovaná ve specifické oblasti či znalost určitého oboru, je v souladu s definicí podle Průchy (Průcha et al., 2009), kterou jsme uvedli shora. UNESCO už tyto dvě původně oddělené definice spojuje v jednu. Ta vymezuje gramotnost jako celoživotní zdokonalování se ve čtení, psaní a používání čísel, a také jako soubor všech dalších specifických dovedností týkajících se digitálních technologií, využívání médií, pochopení a aplikace principů udržitelného rozvoje nebo specifických dovedností využívaných v povolání (UNESCO, 2024).

Vyjdeme-li tedy ze skutečnosti, že gramotnost je souborem specifických dovedností různého typu, pak je nasnadě, že je termín gramotnosti spojován s různými vědními obory a s nimi spojenými dovednostmi. Z toho pak nutně vyplývá, že gramotnost není pouze jedna všeobecná, ale že existuje množství rozdílných gramotností (Mirra & Garcia, 2021). Na základě toho se posouvá vnímání od statické gramotnosti (tj. „být gramotný“) k celoživotnímu osvojování si dalších a dalších gramotností, tedy „stávat se gramotným“ (Stover et al., 2015). Gramotnost, jak je chápána nyní, hráje zásadní roli při rozvoji kognitivního potenciálu, který určuje, jak se lidé v průběhu života chovají a jaké činy konají. Je zásadní rozvíjet rozličné formy gramotnosti, přičemž definitivní gramotnosti nikdy nedosáhneme, protože lidské poznání není konečné (Eisner, 1991).

### Přírodovědná gramotnost

Pojem přírodovědné gramotnosti, podobně jako matematické či čtenářské gramotnosti, se již mezinárodně prosadil do „pedagogického a didaktického slovníku“, a to zejména díky mezinárodnímu výzkumu PISA (Programme for International Students Assessment) (Dillon, 2009). Archer-Bradshaw (2014) vycházející z analýzy existujících vymezení přírodovědných gramotností přináší tři okruhy, které jsou shodné napříč jí analyzovanými vymezeními. Těmi jsou znalost základních pojmu; znalost povahy přírodních věd a znalost vztahů mezi přírodními vědami a společností. Sama autorka se však příliš definici jednotlivých dimenzi nevěnuje, jen uvádí, že různí autoři je vymezují různě. Bližší pochopení vymezení gramotnosti, která vznikla rovněž na základě analýzy existující literatury, přináší publikace *Gramotnosti ve vzdělávání* (Faltýn et al., 2010). Čtyři jí definované dimenze, tj. aktivní osvojení si a používání základních prvků pojmového systému přírodních věd; aktivní osvojení si a používání metod a postupů přírodních věd; aktivní osvojení si a používání způsobů hodnocení přírodovědného poznání; aktivní osvojení si a používání způsobů interakce přírodovědného poznání s ostatními segmenty lidského poznání či společnosti, jsou v publikaci detailněji vyspecifikovány (viz tab. 1). Definice pak není v žádném rozporu s dalšími existujícími definicemi, včetně té, kterou přináší OECD ve svém rámci pro šetření PISA (OECD, 2016; OECD, 2023), až snad na jedený detail. Tím je skutečnost, že OECD více zdůrazňuje aspekty čtenářských dovedností v rámci přírodovědné gramotnosti (blíže viz Janoušková et al., 2019). Vezmeme-li však v úvahu původní vymezení gramotnosti, pak by čtenářské dovednosti jistě ve vymezení jakékoli gramotnosti neměly chybět.

**Tab. 1:** Vymezení přírodovědné gramotnosti (upraveno dle Faltýn et al., 2010)

Aktivní osvojení si a používání základních pojmu přírodních věd	Aktivní osvojení si a používání metod a postupů přírodních věd
Aktivní osvojení si a používání způsobů hodnocení přírodovědného poznávání	Aktivní osvojení si a používání způsobů interakce přírodovědného poznání s ostatními segmenty lidského poznání či společnosti

## Environmentální gramotnost

Stejně jako pojem přírodovědná gramotnost, i pojem environmentální, případně ekologická gramotnost, má řadu vymezení (Payne, 2006). McBride et al. (2013) ve své studii analyzovali různé přístupy k vymezení těchto konceptů a identifikovali čtyři různé dimenze, které definice environmentální gramotnosti zahrnují. Těmi jsou *znalosti* (ekologické, environmentální a sociopolitické), *kognitivní dovednosti* (identifikace a vymezení environmentálních problémů, jejich analýza, syntéza a hodnocení; schopnost vedení vědeckého zkoumání, předpovídání a plánování; volba strategií k řešení problémů), dále *prožívání jedince* (pocit environmentální odpovědnosti, motivace aktivně působit v ochraně prostředí, zvažování různé hodnotové orientace lidí atp.) a nakonec *environmentálně odpovědné chování* (aktivní participace na řešení environmentálních problémů, redukce spotřeby, aktivní dodržování různých nařízení a doporučení vztahujících se k životnímu prostředí, podpora dalších lidí v dodržování postupů k ochraně prostředí a také podpora a iniciace politik, které vedou k ochraně životního prostředí). Tyto dimenze jsou v souladu s chápáním environmentální gramotnosti dalšími studiemi (viz např. Hollweg et al., 2011; Kaya & Elster, 2019; Lloyd-Strovet et al., 2018). V čem se liší vymezení environmentální gramotnosti od gramotnosti přírodovědné, je zřejmé. Složky znalostí i kognitivních dovedností jsou u obou gramotností identické. Znalosti se týkají environmentálních věd, které jsou do značné míry totožné s poznatky věd přírodních. Další znalosti vycházející z oblasti věd sociálních pak odpovídají schopnosti osvojit si interakci přírodovědného poznání s dalšími segmenty poznání. Vazby mezi přírodním a sociálním prostředím nelze bez znalostí pojmu, zákonů a principů obou oblastí pochopit.

Co se liší, je zařazení afektivní dimenze do vymezení environmentální gramotnosti, a také dimenze odpovědného chování. Důvodem zařazení těchto dvou dimenzí byla nutnost zdůraznit skutečnost, že lidé vybavení environmentální gramotností by měli mít nejen příslušné znalosti a dovednosti, ale měli by také cítit potřebu a mít vůli čelit různým typům environmentálních hrozob, které nás aktuálně obklopují (viz např. Pihkala, 2020; Servant-Miklos, 2022).

Dříve se mělo za to, že zvyšování individuálních environmentálních znalostí vede k pozitivnějším postojům k životnímu prostředí (Bradley et al., 1999; McMillan et al., 2004) a odvozovalo se, že znalost a pozitivní postoje se (do určité míry) promítají do pozitivního chování jedinců (viz např. Newhouse, 1990; Casaló & Escario, 2018). Nicméně vztah mezi kognitivními složkami, afektivními složkami a chováním je velmi složitý, jak naznačují poznatky z oblasti environmentální psychologie. V řadě studií se ukazuje, že hodnoty a postoje jsou prostředníkem mezi environmentální znalostí a záměrem k proenvironmentálnímu chování, resp. odpovědnému klimatickému chování, ale znalosti samotné nestačí (viz např. Shen & Saijo, 2008; Hollweg et al., 2011; Duarte et al., 2017; Liu et al., 2020). Pokud je tedy záměrem vzdělávání vzbudit v lidech proenvironmentální chování, pak dává zařazení afektivních složek do vymezení environmentální gramotnosti smysl, a to zvláště v období, kdy je většinově přijatou rozvojovou koncepcí udržitelný rozvoj (viz UN Desa, 2016).

## Klimatická gramotnost

Je zřejmé, že v době, kdy je vztah mezi změnou klimatu a lidským působením nesporný, je zásadní srozumitelně přenáset vědecké poznatky do povědomí lidí a zvyšovat tak jejich povědomí o klimatu (Arndt & LaDue, 2008). Otázkou je, zda v případě, že máme vymezen pojem přírodovědné a environmentální gramotnosti, má ještě význam vymezovat také pojem klimatické gramotnosti. Taková tendence zde zřejmě je. Již v roce 2008 bylo publikováno speciální číslo časopisu *Physical Geography* zaměřené na téma klimatické gramotnosti. Příspěvky poukazovaly na skutečnost, že je potřeba rozšiřovat povědomí o klimatické změně mezi odbornou i laickou veřejnost, tj. zvyšovat jejich klimatickou gramotnost. Také řada aktuálních studií poukazuje na nutnost zvyšování povědomí o dopadech lidské činnosti na prostředí a potřebu budovat klimatickou gramotnost (Foy & Foy, 2020; Kumar et al., 2023; Oziewicz, 2023). Tím se ovšem otvírá potřeba klimatickou gramotnost vymezit. Vydefinování však provází stejná nejistota jako tomu bylo a do určité míry je u přírodovědné a environmentální gramotnosti. V současnosti neexistuje jednotná definice ani shoda na tom, co vše by měla klimatická gramotnost zahrnovat. Ve skutečnosti v anglicky psané literatuře nepanuje shoda ani na pojmu samotném. Relevantní informace najdeme pod pojmy *climate literacy*, který je nejrozšířenější (Alkaher, 2020; Arndt & LaDue, 2008; Bedford, 2016; Buhr Sullivan & John, 2014; Clement et al., 2011; Cook et al., 2014; Forbes et al., 2020; Kranz et al., 2022; Liu et al., 2014; McNeal et al., 2014; Oziewicz, 2023; Pacini et al., 2022; Shafer, 2008; Shafer et al., 2009; Shwom et al., 2017; Uherek & Schüpbach, 2008) *climate change literacy* (Dalelo, 2011; Hoydis et al., 2023; Kuthe et al., 2020; Peterman, 2017) a *climate science literacy* (Bogataj, 2010), příp. *climate change science literacy* (Anyanwu et al., 2015) či *literacy in climate change* (Thote & Gowri, 2020). Alternativ názvu existuje tedy ještě mnohem více, než je tomu u přírodovědné gramotnosti, kterou někteří autoři nazývají *science literacy* a jiní *scientific literacy*. Ovšem i v tomto případě se pojmy užívají záměnně.

Většina odborníků (Anyanwu et al., 2015; Bedford, 2016; Bogataj, 2010; Dewaters et al., 2014; Hiser & Lynch, 2021; Ledley et al., 2014; Liu et al., 2014; McNeal et al., 2014; Pacini et al., 2022; Shafer et al., 2009; Shwom et al., 2017) zabývajících se vymezením pojmu přejímá definici z roku 2009 „Klimatická gramotnost je porozumění klimatickým vlivům na člověka a společnost a vlivu člověka na klima“. (USGCRP, 2009, s. 4, překlad Miléř, 2014, s. 5). Někteří autoři však přicházejí s vlastním pojetím klimatické gramotnosti, které využívají v rámci vlastních výzkumů. Ty se více či méně výše uvedené definici blíží. Následující dvě formulace byly publikovány v roce 2008, tedy dříve než výše uvedená definice, a je tedy možné, že jí byly inspirací. „Klimatická gramotnost je intelektuální schopnost porozumět tomu, jak nás klima ovlivňuje a jak my, ať už jako jedinci nebo jako společnost, ovlivňujeme klima.“ (Uhorek & Schüpbach, 2008, s. 545) „Klimatická gramotnost je soubor znalostí klimatického systému Země potřebných k porozumění klimatickým problémům, na které člověk narazí ve zprávách i jinde.“ (Niepold et al., 2008, s. 534).

Novější definice se od předchozích liší tím, že poukazuje na nutnost nejen znalostí klimatického systému a vzájemného vlivu lidstva, ale také na nutnost vymezit zmírňující kroky společnosti. „Klimatická gramotnost je schopnost rozpoznat základní přírodnovědné principy klimatické změny, její hlavní příčiny a důsledky a stanovit zásadní adaptační a mitigační opatření.“ (Dalelo, 2011, s. 89). Také podle Kumara et al. (2023) je tedy zásadní, aby byla klimatická gramotnost základem informované společnosti, která díky tomu přijme mitigační a adaptační opatření. Podobně podle Shafera et al. (2009) je nutné začlenění znalostí o změně klimatu do dlouhodobých plánů, ale i každodenních činností každého jedince.

Řada autorů však upozorňuje, že výše uvedené definice zahrnují pouze kognitivní dimenzi klimatické gramotnosti, ale ve vymezení chybí dimenze afektivní, která by přispěla k tomu, aby se klimaticky gramotný člověk choval způsobem, který klima skutečně pomůže ochránit. Správně upozorňují, že znalost dat a faktů není přímou cestou k jednání zmírňujícímu dopady klimatické změny (Hiser & Lynch, 2021; Hoydis et al., 2023; Niepold et al., 2007; Niepold et al., 2008; Oziewicz, 2023), ani přes existenci pozitivní korelace mezi zvýšenými vědomostmi a zvýšenými obavami (Milfont, 2012), a to kvůli existenci psychologické propasti mezi myšlením/věděním a chováním tzv. „mind-behaviour gap“ (Hiser & Lynch, 2021; Hoydis et al., 2023; Miléř, 2012). Proto je důležitou složkou v procesu klimatického vzdělávání současné zapojení poznatků sociálních a humanitních věd (Foy & Foy, 2020; Hoydis et al., 2023; Shwom et al., 2017), konkrétně vybraná politická, občanská, sociální, ekonomická, geografická, kulturní, psychologická a filozofická téma (Oziewicz, 2023), na základě nichž lze rozvíjet vlastní hodnoty, zodpovědnost, spravedlnost, etiku, komunikaci a další kompetence (Shwom et al., 2017). Autoři, kteří si toto uvědomují, přicházejí s komplexnějším pojetím klimatické gramotnosti, do které se snaží zahrnout všechny tyto složky.

Kupříkladu Kuthe et al. (2020) za základ klimatické gramotnosti považuje klimaticky šetrné chování jedince, které vychází z jeho ochoty k pochopení klimatické změny a z určitého osobního znepokojení z jejích dopadů. To dle autora vede nejen k osobní zodpovědnosti, ale také pozitivnímu působení na nejbližší okolí, které se tímto vlivem také začne chovat zodpovědněji. Kuthe et al. (2020) však zároveň konstatuje, že toto chování je úzce spjato s přírodnovědnými znalostmi o změně klimatu. Kolenatý et al. (2022) shrnují, že klimatická gramotnost stojí na třech pilířích: 1. na znalostech; 2. na kompetencích (dovednostech, např. práci s mediálními sděleními); 3. na postojích a hodnotách. Vychází přitom plně z původního textu Daniše (Daniš, 2023). Daniš stanovuje metodické minimum, resp. cíle učení o klimatické změně pro různé věkové skupiny žáků. Autor nedefinuje přímo přírodnovědnou gramotnost, ale cíle učení, nicméně ty odpovídají obecnému vymezení kombinace přírodnovědné a environmentální gramotnosti, jak je uvedeno výše. Clement et al. (2011) vymezuje klíčové prvky pro efektivní komunikování klimatické změny a následného zvyšování klimatické gramotnosti ve společnosti. Navrhoje dlouhodobou spolupráci s účastníky vzdělávacích programů, zapojení znalostí o principech rozhodování do působení na osoby s rozhodovací pravomocí, transparentnost při sdělování nejistoty budoucího vývoje klimatického systému, používání a pochopení klimatického modelování, správné porozumění dlouhodobým měřením a pozorování klimatu a zavedení indikátorů změny klimatu na samém počátku, abychom identifikovali problémy a mohli se z nich použít. S nejobsáhlnejší definicí klimatické gramotnosti přichází Oziewicz (2023, s. 34).

Klimatická gramotnost je pochopení klimatické nouze – jejích faktů, hnacích sil, dopadů a nálehvosti – které se soustředí na rozvoj hodnot, postojů a změny chování v souladu s tím, jak bychom měli žít. Je třeba dnes chránit integritu Země, aby byla zachována i pro budoucí generace. Klimatická gramotnost vyžaduje sladění několika způsobů poznání – explcitního/objektivního a tichého/subjektivního – do prožitých, emocionálně nabitych a osobně poznaných planetárních nesnází v antropocénu. Vyžaduje to přijmout naši individuální i kolktivní odpovědnost a postavit se za biosférické dědictví. Za všechny pozemské systémy, které udržují život a v současnosti se zmítají pod mnohostranným útokem antropogenní změny klimatu.

Pokud bychom tedy měli analogicky s předchozími vymezeními gramotností – přírodovědné a environmentální – vymezit dimenze klimatické gramotnosti, budou se zcela překrývat s průnikem dimenzí gramotností přírodovědné a environmentální, jak je patrné z tab. 2. Jistě platí, podobně jako v předchozích případech, že hranice mezi jednotlivými částmi dimenzí nebo dimenzemi samotnými nejsou strikní. Například znalosti adaptačních a mitigačních opatření spadají jak do oblasti přírodovědného, tak společenskovědního poznávání, podobně jako znalost dopadů klimatické změny vyžadují jak znalosti přírodovědných (environmentálních), tak společenskovědních oborů. Podobně působení na nejbližší okolí může přecházet mezi pocity environmentální odpovědnosti, tj. jedinec diskutuje se svým okolím o klimatické změně a snaží se je přesvědčit k environmentálně šetrnému chování, resp. klimaticky odpovědnému chování. Lze však také působit vzorem, tj. jedinec sám se odpovědně chová, a aniž musí přesvědčovat ostatní, ti ho v chování následují (typicky např. malé děti následují v chování rodiče).

**Tab. 2:** Vazba mezi přírodovědnou, environmentální a klimatickou gramotností

Dimenze přírodovědné a environmentální gramotnosti (průnik)	Specifikace dimenze přírodovědné a environmentální gramotnosti	Výchozí literatura	Rozřazení dimenzí klimatické gramotnosti dle dimenze přírodovědné a environmentální gramotnosti	Výchozí literatura
<b>Znalosti</b>	aktivní osvojení si a používání základních pojmu přírodních věd, včetně pojmového systému environmentální vědy	Faltýn et al., 2010; Hollweg et al., 2011; Kaya & Elster, 2019; Lloyd-Strovaset et al., 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rozpoznaní základních přírodovědných principů klimatické změny, jejich hlavních příčin a důsledků</li> <li>• získání souboru znalostí klimatického systému Země potřebných k porozumění klimatickým problémům</li> <li>• pochopení klimatické nouze – jejich faktů, hnacích sil</li> <li>• porozumění vlivu člověka na klima</li> </ul>	Dalelo, 2011; Kumar et al., 2023; Oziewicz, 2023; Uherek & Schüpbach, 2008
	osvojení si a používání způsobů interakce přírodovědného poznání s ostatními segmenty lidského poznání či společnosti	Faltýn et al., 2010; Hollweg et al., 2011; Kaya & Elster, 2019; Lloyd-Strovaset et al., 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• porozumění klimatickým vlivům na člověka a společnost</li> <li>• pochopení důsledků klimatické změny a stanovení zásadních adaptačních a mitigačních opatření</li> <li>• zapojení poznatků sociálních a humanitních věd (téma politická, sociální, ekonomická, geografická, kulturní, psychologická, filosofická)</li> <li>• zapojení znalostí o principech rozhodování do působení na osoby s rozhodovací pravomocí</li> </ul>	Dalelo, 2011; Foy & Foy, 2020; Hoydis et al., 2023; Oziewicz, 2023; Shafer et al., 2009; Shwom et al., 2017

<b>Kognitivní dovednosti</b>	osvojení si a používání metod a postupů environmentální vědy osvojení si a používání způsobů hodnocení přírodovědného poznání	Faltýn et al., 2010; Hollweg et al., 2011; Kaya & Elster, 2019; Lloyd-Strovaset et al., 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>pochopení klimatického modelování, porozumění dlouhodobým měřením, pozorování klimatu a zavedení indikátorů změny klimatu</i></li> <li><i>explicitní/objektivní poznávání</i></li> <li><i>práce s mediálními sděleními</i></li> </ul>	Clement et al., 2011; Oziewicz, 2023
<b>Prožívání jedince</b>	pocit environmentální odpovědnosti a zvažování hodnotové orientace	Hollweg et al., 2011; Duarte et al., 2017; Liu et al., 2020; Shen & Saijo, 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>rozvíjení vlastních hodnot, zodpovědnosti, spravedlnosti, etiky, komunikace a dalších kompetencí</i></li> <li><i>tiché/subjektivní poznávání zasazené do prožitých, emocionálně nabitých a osobně poznaných planetárních nesmází v antropocénu</i></li> <li><i>působení na nejbližší okolí, které se tímto vlivem také začne chovat odpovědněji</i></li> </ul>	Oziewicz, 2023; Shwom et al., 2017
<b>Odpovědné chování</b>	aktivní participace na řešení problémů	Hollweg et al., 2011; Duarte et al., 2017; Liu et al., 2020; Shen & Saijo, 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>klimaticky šetrné chování jedince, které vychází z jeho ochoty pochopit příčiny a dopady klimatické změny</i></li> <li><i>přijetí naší individuální i kolektivní odpovědnosti a postavení se za biosférické dědictví</i></li> </ul>	Oziewicz, 2023

### 3 Diskuze a závěr

Z hlediska přírodovědných oborů je dle našeho názoru vytyčení klimatické gramotnosti nadbytečné. Dané vymezení pouze blíže specifikuje to, co už je vymezeno konceptem environmentální a přírodovědné gramotnosti, resp. jejich průniky. Důvodem je mj. skutečnost, že základem klimatické gramotnosti je rozpoznání základních přírodovědných principů klimatické změny, staví se tedy na přírodovědných poznatcích. Ty jsou pak zasazovány do širších přírodovědných i společenskovědních souvislostí (dopady na ekosystémové služby, sociální a ekonomické prostředí), což spadá do dimenze propojení přírodovědných oborů s dalšími segmenty lidského poznávání. Náš názor je dílčím způsobem v souladu s vymezením některých studií (viz např. Azevedo & Marques, 2017), které nadřazují přírodovědnou gramotnost nejen klimatické, ale také environmentální gramotnosti. Z naší analýzy ovšem vyplývá, že přírodovědná gramotnost ve svých vymezeních explicitně nepracuje s rovinou hodnot a postojů a odpovědného chování, což je jedna z podstatných dimenzí environmentální gramotnosti.

Dovolíme si udělat paralelu mezi naším stanoviskem a stanoviskem Mojeové (2009). Ta uvádí, že někteří autoři vymezují nový typ gramotnosti, jehož rysem je třeba schopnost mladých lidí rychle přeskakovat mezi texty na internetu. Argumentují tím, že je na to potřeba nový typ kognitivních dovedností. Autorka se ptá, jaký je rozdíl mezi rychločtením tištěných textů a rychločtením textů digitálních a zda by se nemělo lépe zacházet s pojmy jako je gramotnost, dovednost, zkušenost, praktické využití apod.

Téma klimatické změny přináší do určité míry nový vzdělávací obsah, ale ten zapadá do existujících rámců přírodovědné a environmentální gramotnosti. Také dovednosti, které je třeba uplatnit, nevybočují z obsahu těchto gramotností, včetně toho, že přírodovědně, resp. environmentálně gramotný jedinec má

umět hodnotit přírodovědné poznání, což platí i pro analýzu médií, která přináší různé interpretace faktů. Jsme tedy i v souladu s vymezením Miléře a Sládka (2011). Ti sice za základ klimatické gramotnosti kromě gramotnosti přírodovědné a environmentální považují také gramotnost mediální, to však není v rozporu s naší ideou. I my předpokládáme schopnost výběru a analýzy médií v rovině hodnocení přírodovědného poznávání.

Rovněž vztah mezi znalostmi, postoje a hodnotami a klimaticky šetrným chováním se v literatuře řeší ve stejné rovině, jako je tomu u environmentální gramotnosti. Předpokládá se, že vztah mezi znalostmi a klimaticky šetrným chováním je nejméně stejně komplikovaný, ne-li ještě komplikovanější, než je tomu u pro-environmentálního chování. Nicméně řada studií prokázala korelaci mezi vyšší úrovní znalostí a klimaticky šetrným chováním u různých cílových skupin (viz např. Dijkstra & Goedhart, 2012; Guy, 2014; Stevenson et al., 2018; Stoutenborough & Vedlitz, 2014). I zde tedy koresponduje vymezení klimatické gramotnosti s gramotností environmentální.

Z výše uvedeného je zřejmé, že klimatická gramotnost není novou ideou. Je spíše jakousi zkratkou pro vyjádření znalostí, vědomostí, dovedností, hodnot, postoje a chování různých cílových skupin v konkrétním tématu – klimatické změny. Analogicky však můžeme mít mnoho dalších gramotností – energetickou gramotnost, oceánskou gramotnost, gramotnost související se zemskými systémy (viz např. Azevedo & Marques, 2017). Možná je to účelné v oblasti vědy a výzkumu, i když i to může být sporné.

Z našeho pohledu je však vymezování dalších gramotností nevhodné vzhledem ke školní praxi. Z hlediska přírodovědných oborů a stávajícího kurikula považujeme za stěžejní koncepty přírodovědné a environmentální gramotnosti. Jejich dobrá znalost umožní vyučujícím uchopit i odvozené gramotnosti, mezi nimi gramotnost klimatickou či gramotnost o udržitelnosti, jak jsme prokázali výše. Další termíny mohou z našeho pohledu být ve vyučujících nejistotu či nelibost, zvláště, pokud by se dané (odvozené) gramotnosti staly předmětem nějakého komplexnějšího hodnocení vyučujícího či školy.

Poděkování: Tato publikace byla podpořena prostředky Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, programem institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace – Cooperatio.

## Literatura

- Alkaher, I. (2020). Climate literacy and environmental activism. In W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, P. G. Özuyar & T. Wall (Eds.), *Climate action. Encyclopedia of the UN sustainable development goals*, (pp. 1–14). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1\\_139-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71063-1_139-1)
- Anyanwu, R., Le Grange, L., & Beets, P. (2015). Climate change science: The literacy of geography teachers in the Western Cape Province, South Africa. *South African Journal of Education*, 35(3), 1–9. <https://doi.org/10.15700/saje.v35n3a1160>
- Arndt, D. S., & LaDue, D. S. (2008). Applying concepts of adult education to improve weather and climate literacy. *Physical Geography*, 29(6), 487–499. <https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.6.487>
- Archer-Bradshaw, R. E. (2014). Demystifying scientific literacy: Charting the path for the 21st century. *Journal of Educational and Social Research*, 4(3), 165–172. <https://doi.org/10.5901/jesr.2014.v4n3p165>
- Azevedo, J., & Marques, M. (2017). Climate literacy: A systematic review and model integration. *International Journal of Global Warming*, 12(3–4), 414–430. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2017.084789>
- Baumert, J. (1997). Scientific literacy: A German perspective. In W. Graeber & C. Bolte (Eds.), *Scientific literacy. An international symposium* (pp. 167–180). Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Bedford, D. (2016). Does climate literacy matter? A case study of US students' level of concern about anthropogenic global warming. *Journal of Geography*, 115(5), 187–197. <https://doi.org/10.1080/00221341.2015.1105851>
- Bogataj, L. K. (2010). Climate science literacy. In S. Dolinšek & T. Lyons (Eds.), *IOSTE 2010: XIV, International organization for science and technology education international symposium on socio-cultural and human values in science and technology education* (pp. 25–32). IRI UL, Institute for Innovation and Development of University of Ljubljana. [https://www.researchgate.net/profile/Alexandro-Escudero-Nahon/publication/235609805\\_The\\_trouble\\_of\\_cultural\\_values\\_in\\_science\\_education\\_towards\\_the\\_construction\\_of\\_the\\_european\\_model\\_of\\_science\\_in\\_society/links/5453bb520cf2cf51647c220b/The-trouble-of-cultural-values-in-science-education-towards-the-construction-of-the-european-model-of-science-in-society.pdf#page=25](https://www.researchgate.net/profile/Alexandro-Escudero-Nahon/publication/235609805_The_trouble_of_cultural_values_in_science_education_towards_the_construction_of_the_european_model_of_science_in_society/links/5453bb520cf2cf51647c220b/The-trouble-of-cultural-values-in-science-education-towards-the-construction-of-the-european-model-of-science-in-society.pdf#page=25)
- Bradley, J. C., Waliczek, T. M., & Zajicek, J. M. (1999). Relationship between environmental knowledge and environmental attitude of high school students. *The Journal of environmental education*, 30(3), 17–21. <https://doi.org/10.1080/00958969909601873>
- Buhr Sullivan, S. M., & St. John, K. (2014). Continuation of the theme: Outcomes of climate literacy efforts (Part 2). *Journal of Geoscience Education*, 62(4), 535–537. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-62.4.535.1>

- Casaló, L. V., & Escario, J. J. (2018). Heterogeneity in the association between environmental attitudes and pro-environmental behavior: A multilevel regression approach. *Journal of Cleaner Production*, 175, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.237>
- Clement, A., Kirtman, B., & Pirani, A. (2011). Climate literacy as a foundation for progress in predicting and adapting to the climate of the coming decades. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(5), 633–635. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3161.1>
- Cook, J., Bedford, D., & Mandia, S. (2014). Raising climate literacy through addressing misinformation: Case studies in agnotology-based learning. *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 296–306. <https://doi.org/10.5408/13-071.1>
- Dalelo, A. (2011). Climate change literacy among postgraduate students of addis ababa university, Ethiopia. *Southern African Journal of Environmental Education*, 28, 85–104. <https://www.ajol.info/index.php/sajee/article/view/122245>
- Daniš, P. (2023). *K jakým cílům učení směřovat s různě starými žáky? Metodické minimum.* <https://ucimoklimatu.cz/metodiky/4-k-jakym-cilum-uceni-smerovat-s-ruzne-starymi-zaky/>
- DeWaters, J. E., Andersen, C., Calderwood, A., & Powers, S. E. (2014). Improving climate literacy with project-based modules rich in educational rigor and relevance. *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 469–484. <https://doi.org/10.5408/13-056.1>
- Dillon, J. (2009). On scientific literacy and curriculum reform. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 201–213. [http://www.ijese.net/makale\\_indir/IJSE\\_1391\\_article\\_5827227d7a22c.pdf](http://www.ijese.net/makale_indir/IJSE_1391_article_5827227d7a22c.pdf)
- Dijkstra, E. M., & Goedhart, M. J. (2012). Development and validation of the ACSI: Measuring students' science attitudes, pro-environmental behaviour, climate change attitudes and knowledge. *Environmental Education Research*, 18(6), 733–749. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.662213>
- Duarte, R., Escario, J. J., & Sanagustín, M. V. (2017). The influence of the family, the school, and the group on the environmental attitudes of European students. *Environmental Education Research*, 23(1), 23–42. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1074660>
- Eisner, E. W. (1991). Rethinking literacy. *Educational Horizons*, 69(3), 120–128. <https://www.jstor.org/stable/42924878>
- Faltýn, J., Nemčíková, K., & Zelendová, E. (Eds.). (2010). *Gramotnosti ve vzdělávání – příručka pro učitele.* Výzkumný ústav pedagogický. <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2011/03/Gramotnosti-ve-vzdelavani11.pdf>
- Forbes, C., Chandler, M., Bhattacharya, D., Steward, K. C., Blake, J., Johnson, V., Morrow, M. B., Mason, W., & DeGrand, T. (2020). Fostering climate literacy with global climate models in secondary science classrooms: Insights from a collaborative partnership. In J. Henderson & A. Drewes (Eds.), *Teaching climate change in the United States* (pp. 29–43). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367179496-3>
- Foy, G. P., & Foy, R. L. H. (2020). The path forward through climate science literacy. In K. E. Peterman, G. P. Foy & M. R. Cordes (Eds.), *Global consensus on climate change: Paris agreement and the path beyond* (pp. 119–131). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1313.ch013>
- Gadsden, V. L. (1992). Giving meaning to literacy: Intergenerational beliefs about access. *Theory Into Practice*, 31(4), 328–336. <https://doi.org/10.1080/00405849209543560>
- Gee, J. P. (1989). What is literacy. *Journal of education*, 171(1), 18–25. <https://commons.und.edu/tl-journal/vol2/iss1/2>
- Guy, S., Kashima, Y., Walker, I., & O'Neill, S. (2014). Investigating the effects of knowledge and ideology on climate change beliefs. *European Journal of Social Psychology*, 44(5), 421–429. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2039>
- Hiser, K. K., & Lynch, M. K. (2021). Worry and hope: What college students know, think, feel, and do about climate change. *Journal of Community Engagement and Scholarship*, 13(3), 96–107. <https://doi.org/10.54656/IOWF3526>
- 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.* North American Association for Environmental Education. <https://cdn.naaee.org/sites/default/files/inline-files/devframewkassessenvlitonline.pdf>
- Hoydis, J., Bartosch, R., & Gurr, J. M. (2023). *Climate change literacy.* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009342032>
- Janoušková, S., Žák, V., & Rusek, M. (2019). Koncept přírodovědné gramotnosti v České republice: analýza a porovnání. *Studia paedagogica*, 24(3), 93–109. <https://doi.org/10.5817/SP2019-3-4>
- Kaya, V. H., & Elster, D. (2019). A critical consideration of environmental literacy: Concepts, contexts, and competencies. *Sustainability*, 11(6), 1581. <https://doi.org/10.3390/su11061581>

Kolenatý, M., Kroufek, R., & Činčera, J. (2022). What triggers climate action: The impact of a climate change education program on students' climate literacy and their willingness to act. *Sustainability*, 14(16), 10365. <https://doi.org/10.3390/su141610365>

Kranz, J., Schwichow, M., Breitenmoser, P., & Niebert, K. (2022). The (Un)political perspective on climate change in education — a systematic review. *Sustainability*, 14(7), 4194. <https://doi.org/10.3390/su14074194>

Kumar, P., Sahani, J., Rawat, N., Debele, S., Tiwari, A., Emygdio, A. P. M., Abhijith, K. V., Kukadia, V., Holmes, K., & Pfautsch, S. (2023). Using empirical science education in schools to improve climate change literacy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178, 113232. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113232>

Kuthe, A., Körgen, A., Stötter, J., & Keller, L. (2020). Strengthening their climate change literacy: A case study addressing the weaknesses in young people's climate change awareness. *Applied Environmental Education & Communication*, 19(4), 375–388. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2019.1597661>

Ledley, T. S., Gold, A. U., Niepold, F., & McCaffrey, M. (2014). Moving toward collective impact in climate change literacy: The climate literacy and energy awareness network (CLEAN). *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 307–318. <https://doi.org/10.5408/13-057.1>

Liu, P., Teng, M., & Han, C. (2020). How does environmental knowledge translate into pro-environmental behaviors?: The mediating role of environmental attitudes and behavioral intentions. *Science of the total environment*, 728, 138126. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138126>

Liu, S., Varma, K., & Roehrig, G. (2014). Climate literacy and scientific reasoning. In D. Dalbotten, G. Roehrig & P. Hamilton (Eds.), *Future earth — Advancing civic understanding of the anthropocene* (pp. 31–40). American Geophysical Union. <https://doi.org/10.1002/9781118854280.ch4>

Lloyd-Strovas, J., Moseley, C., & Arsuffi, T. (2018). Environmental literacy of undergraduate college students: Development of the environmental literacy instrument (ELI). *School Science and Mathematics*, 118(3–4), 84–92. <https://doi.org/10.1111/ssm.12266>

McBride, B. B., Brewer, C. A., Berkowitz, A. R., & Borrie, W. T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere*, 4(5), 1–20. <https://doi.org/10.1890/ES13-00075.1>

McMillan, E. E., Wright, T., & Beazley, K. (2004). Impact of a university-level environmental studies class on students' values. *Journal of Environmental Education*, 35(3), 19–27. <https://doi.org/10.3200/JOEE.35.3.19-27>

McNeal, K. S., John, K. S., & Sullivan, S. B. (2014). Introduction to the theme: Outcomes of climate literacy efforts (Part 1). *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 291–295. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-62.3.291>

Miléř, T., & Sládek, P. (2011). The climate literacy challenge. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 12, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.02.021>

Miléř, T. (2012). Vzdělávání o změně klimatu a jeho cíle. In E. Hájková & R. Vémolová (Eds.) *XXX International Colloquium on the Management of Educational Process* (s. 1–5). Univerzita obrany.

Miléř, T. (2014). *Úvod do problematiky vzdělávání o globální změně klimatu*. [https://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy/docs/KarSysPed/vzdelavani\\_o\\_CC.pdf](https://amper.ped.muni.cz/miler/climateliteracy/docs/KarSysPed/vzdelavani_o_CC.pdf)

Milfont, T. L. (2012). The interplay between knowledge, perceived efficacy, and concern about global warming and climate change: a one-year longitudinal study. *Risk Analysis: An International Journal*, 32(6), 1003–1020. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01800.x>

Mirra, N., & Garcia, A. (2021). In search of the meaning and purpose of 21st-century literacy learning: a critical review of research and practice. *Reading Research Quarterly*, 56(3), 463–496. <https://doi.org/10.1002/rrq.313>

Moje, E. B. (2009). Standpoints: A call for new research on new and multi-literacies. *Research in the Teaching of English*, 43(4), 348–362. <https://doi.org/10.58680/rte20097070>

Newhouse, N. (1990). Implications of attitude and behavior research for environmental conservation. *The Journal of Environmental Education*, 22(1), 26–32. <https://doi.org/10.1080/00958964.1990.9943043>

Niepold, F., Herring, D., & McConville, D. (2007). The case for climate literacy in the 21st century. In *5th International Symposium on Digital Earth*, (pp. 1–11).

<https://rose.geog.mcgill.ca/geoide/files/geoide/CaseForClimateLiteracy.pdf>

Niepold, F., Herring, D., & McConville, D. (2008). The role of narrative and geospatial visualization in fostering climate literate citizens. *Physical Geography*, 29(6), 529–544. <https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.6.529>

OECD (2016). *PISA 2015: Assessment and analytical framework*. OECD Publishing.

OECD (2023). PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: PISA science framework. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1330e9b6-en>

- Oziewicz, M. (2023). What is climate literacy? *Climate Literacy in Education*, 1(1), 34–38. <https://doi.org/10.24926/cle.v1i1.5240>
- Pacini, A., Edelmann, H. G., Großschedl, J., & Schläter, K. (2022). A literature review on facade greening: How research findings may be used to promote sustainability and climate literacy in school. *Sustainability*, 14(8), 4596. <https://doi.org/10.3390/su14084596>
- Payne, P. (2006). The technics of environmental education. *Environmental Education Research*, 12(3–4), 487–502. <https://doi.org/10.1080/13504620600943103>
- Peterman, K. E. (2017). Climate change literacy and education: History and project overview. In K. E. Peterman, G. P. Foy & M. R. Cordes (Eds.), *Climate change literacy and education the science and perspectives from the global stage volume 1* (pp. 1–14). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2017-1247.ch001>
- Pihkala, P. (2020). Eco-anxiety and environmental education. *Sustainability*, 12(23), 10149. <https://doi.org/10.3390/su122310149>
- Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2009). *Pedagogický slovník* (6., rozš. a aktualiz. vyd.). Portál.
- Servant-Miklos, V. (2022). Environmental education and socio-ecological resilience in the COVID-19 pandemic: lessons from educational action research. *Environmental Education Research*, 28(1), 18–39. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.2022101>
- Shafer, M. A. (2008). Climate literacy and a national climate service. *Physical Geography*, 29(6), 561–574. <https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.6.561>
- Shafer, M. A., James, T. E., & Giuliano, N. (2009). Enhancing climate literacy. In R. Pandya & D. R. Smith (Eds.), *18th Symposium on Education [Symposium]*. American Meteorological Society, Phoenix AZ. [https://ams.confex.com/ams/89annual/techprogram/paper\\_150334.htm](https://ams.confex.com/ams/89annual/techprogram/paper_150334.htm)
- Shen, J., & Saijo, T. (2008). Reexamining the relations between socio-demographic characteristics and individual environmental concern: Evidence from Shanghai data. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.10.003>
- Shwom, R., Isenhour, C., Jordan, R. C., McCright, A. M., & Robinson, J. M. (2017). Integrating the social sciences to enhance climate literacy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(7), 377–384. <https://doi.org/10.1002/fee.1519>
- Stevenson, K. T., Nils Peterson, M., & Bondell, H. D. (2018). Developing a model of climate change behavior among adolescents. *Climate Change*, 151, 589–603. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2313-0>
- Stoutenborough, J. W., & Vedlitz, A. (2014). The effect of perceived and assessed knowledge of climate change on public policy concerns: An empirical comparison. *Environmental Science and Policy*, 37, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.08.002>
- Stover, K., Kissel, B., Wood, K., & Putman, M. (2015). Examining literacy teachers' perceptions of the use of VoiceThread in an elementary, middle school, and a high school classroom for enhancing instructional goals. *Literacy Research and Instruction*, 54(4), 341–362. <https://doi.org/10.1080/19388071.2015.1059911>
- Thote, P., & Gowri, S. (2020). Impact of globalization on climate change: A step towards climate change literacy. *IJO-International Journal of Applied Science*, 3(6), 1–12. <https://ijojournals.com/index.php/as/article/view/350/154>
- Uherek, E., & Schüpbach, E. (2008). European efforts in earth science and climate change education. *Physical Geography*, 29(6), 545–560. <https://doi.org/10.2747/0272-3646.29.6.545>
- UN Desa (2016). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- UNESCO (2024). *What you need to know about literacy*. <https://www.unesco.org/en/literacy/need-know#:~:text=Literacy%20is%20a%20continuum%20of,well%20as%20job%20specific%20skills>
- US Global Change Research Program (2009). *Climate literacy: The essential principles of climate science*. U. S. Global Change Research Program.

# Moderné biotechnológie v školskom vzdelávaní z pohľadu zahraničných výskumných štúrení

## Modern biotechnology in school education from the perspective of foreign research

✉ Michaela Horniaková<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Pedagogická fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, Žižkovo nám. 5, 779 00 Olomouc; michaela.horniakova01@upol.cz

Predložená prehľadová štúdia sa zaoberať zahraničnými výskumami v oblasti vzdelávania, ktoré skúmajú znalosti vo väzbe na prekoncepty a miskoncepty respondentov o moderných biotechnológiách. Cieľom štúdie je teda poskytnúť komplexný prehľad existujúcich zahraničných výskumov týkajúcich sa primárne poznatkov a predovšetkým prekonceptov a miskonceptov v danej oblasti. Štúdia sa zameriava na analýzu zahraničných výskumov od roku 2000 po rok 2023. Výskumy boli vyhľadávané v databázach Web of Science a Scopus na základe kľúčových pojmov/slov. Analyzuje v relevantných výskumoch sledované ciele, využité metódy, výsledky výskumov a ich odporúčania pre budúcnosť. Z výsledkov zahraničných výskumov je zrejmé, že žiaci majú minimálne znalosti o moderných biotechnológiách, navyše im chýba konceptové porozumenie biotechnológií ako celku. V závere sa štúdia sústredí na zhodnotenie práce s prekonceptami žiakov v súvislostami s výsledkovou časťou prehľadovej štúdie. Poukazuje na teóriu, ktorá sa prekonceptami žiakov priamo zaobera a v nadväznosti na ňu predkladá možný prístup, ktorý je využitelný pri práci s prekonceptami a k náprave miskonceptov žiakov práve v prírodovednom vzdelávaní. Táto prehľadová štúdia môže slúžiť ako základ pre ďalšie výskumy alebo vývoj pedagogických stratégií zameraných na zlepšenie vyučovania biotechnológií a pochopenie prekonceptov a miskonceptov nie len u žiakov.

**Klíčová slova:**  
prírodovedné  
vzdelávanie,  
biotechnológie,  
prekoncepty,  
miskoncepty,  
konceptuálna zmena.

Zasláno 3/2024  
Revidované 8/2024  
Prijato 10/2024

The present review study examines foreign educational research that explores knowledge in relation to respondents' preconceptions and misconceptions about modern biotechnology. Thus, the aim of the study is to provide a comprehensive overview of existing foreign research that focuses primarily on knowledge and, in particular, on preconceptions and misconceptions in this area. The study focuses on the analysis of foreign research from 2000 to 2023. The research was carried out in the Web of Science and Scopus databases using key words/terms. It analyses the objectives of the research, the methods used, the results of the research and its recommendations for the future. The results of the international research show that students' knowledge of modern biotechnology is minimal and that they lack a conceptual understanding of biotechnology as a whole. In conclusion, the study focuses on the evaluation of students' pre-conceptual work in the context of the results section of the review study. It highlights the theory that deals directly with students' preconceptions and then proposes a possible approach that can be applied to work with preconceptions and to address students' misconceptions specifically in science education. This review study can serve as a basis for further research or the development of pedagogical strategies aimed at improving the teaching of biotechnology and the understanding of preconceptions and misconceptions, not only among students.

**Key words:**  
science education,  
biotechnology,  
preconceptions,  
misconceptions,  
conceptual change.

Received 3/2024  
Revised 8/2024  
Accepted 10/2024

## 1 Úvod

V prírodovednom vzdelávaní je práca s abstraktnými pojмami (konkrétnie v oblasti moderných biotechnológií), ktoré sú pre žiakov častokrát ľažko uchopiteľné, veľmi dôležitá. Žiaci majú taktiež často vytvorené nesprávne prekoncepty (miskoncepty), ktoré je nevyhnutné rekonštruovať. Preto je podstatné zistiť, ako žiaci o danom fenoméne premýšľajú. Diskusia o moderných biotechnológiách a ich dôsledkoch sa stáva čoraz bežnejšou, avšak nedostatok posilnenia kritického myslenia žiakov a nedostatok identifikácie ich prekonceptov a miskonceptov je stále problémom. Mylné predstavy môžu byť pevne zakorenene v myslienach študentov a môžu sa výrazne lísiť od správneho chápania danej problematiky. Oprava týchto mylných predstav je kľúčová pre dosiahnutie požadovaných vzdelávacích výsledkov.

## 2 Žiacke predporozumenie

### 2.1 Prekoncepty

Výskumy o žiackych prekonceptoch a ich roly v procese výučby sa stali jednou z najdominantnejších oblastí pedagogického výskumu minimálne v posledných piatich desaťročiach, a to už od 70. rokoch 20. storočia, kedy sa začalo so skúmaním predvýučbových predstáv študentov o rôznych prírodovedných obsahoch (Duit & Treagust, 2003; Wisch et al., 2018).

V predkladanej štúdií chápeme *prekoncepty* podľa Slavíka et al. (2017), ktorí rozlišujú dve úrovne zdieľania obsahu: *intersubjektívnu* a *subjektívnu*. Pre *intersubjektívne* zdieľanie daného obsahu je používaný termín *význam* (koncept, pojem, skript) a pre *subjektívne* chápanie obsahu sú používané termíny *predstava*, *presvedčenie* a *prekoncept*. Tým, že sa subjektívne chápanie obsahu konkretizuje v daných výrazoch, priraduje sa mu určitý význam (Slavík et al., 2017, s. 154). Prekoncept je teda subjektívne chápanie obsahu daného oboru žiakom, ktoré vzniklo pred inštruktážou (*pre-instructional conceptions*) o danom fenoméne (Duit & Treagust, 2003; Slavík et al., 2017). Na identifikáciu konceptov žiakov/študentov sa využívajú rôzne typy výskumných nástrojov. Ucelený pohľad priniesol výskum Gurel et al. (2015), ktorí urobili analýzu 273 výskumov zaobrajúcich sa identifikáciou žiackych konceptov so záverom, že: 53 % výskumov využívalo ako nástroj rozhovor; 34 % testy s otvorenou odpovedou (*open-ended tests*); 32 % testy s výberom odpovede (*multiple-choice tests*); 9 % dvoj-úrovňový konceptový test (*two-tier multiple conceptual tests*); 3 % troj-úrovňový konceptový test (*three-tier multiple conceptual tests*); 1 % štvor-úrovňový konceptový test (*four-tier multiple conceptual tests*) a 9 % nástrojov používalo iný spôsob.

### 2.2 Miskoncepty

Prekoncepty nájdeme v odbornej literatúre pod rôznymi označeniami. Nájdeme však aj označenie pre prekoncepty, ktoré nie sú v súlade s vedeckými vysvetleniami javov (Duit & Treagust, 2003) a to mení ich označenie ako miskoncepty (Clement et al., 1989). Prekoncepty sa teda ako miskoncepty označujú vtedy, keď sú v rozpore s vedeckými konceptmi (Posner et al., 1982; Nakleh, 1992; Trowbridge & Wandersee, 1994; Sneider & Ohadi, 1998; Mandíková & Trna, 2011; Gurel et al., 2015). Často sa tento pojem chápe ako zastrejúci termín pre zle pochopené žiacke (študentské) predstavy, ktoré sú ustálene, rozšírené, odolné voči odstráneniu a často krát bránia v procese učenia (Vlčková et al., 2016). V zahraničnej literatúre sú často označované aj ako alternatívne koncepty (napr.: Duit & Treagust, 2003).

Charakteristickým znakom miskonceptov je, že vedú k nesprávnym vysvetleniam javov, interpretáciám alebo riešeniam problémových situácií. Podľa Smitha et al. (1993) sú miskoncepty: (a) vychádzajúce z predchádzajúcich predstáv; (b) stabilné a odolné voči zmene; (c) brzdiace budúce učenie a (d) je potrebné ich nahradíť vedeckými koncepciami. Miskoncepty zohrávajú klúčovú úlohu v rušení žiaka pri porozumení vede a sú spojené s nesprávnym porozumením, nesprávnou komunikáciou, nesprávnym vzdelávaním a nesprávnym uplatňovaním dobre zavedených princípov (Nussbaum & Novick, 1982). Tekkaya (2002) uvádza, že miskoncepty môžu vzniknúť z rôznych skúseností, ktoré si žiaci často vzájomne prenášajú. Tieto miskoncepty môžu mať svoje korene aj v bežných každodenných skúsenostiach. Miskoncepty sú v mysli žiaka pevne zakotvené a podporené jeho osobnou skúsenosťou, emotívnym zážitkom alebo väzbou na ďalšie prekoncepty alebo miskoncepty (Kireš et al., 2016). Vznikajú aj v prípade, keď žiaci spoja nové naučené koncepty s predchádzajúcimi, primitívnejšími predstavami. Náprava miskonceptov, ktoré sa nachádzajú v mysliach žiakov, je klúčový aspekt pri dosahovaní výsledkov výučby.

## 3 Biotechnológie a ich miesto vo vzdelávaní

*Všeobecne sa termínom biotechnológie označuje každá aplikácia „vedy a techniky na živé organizmy, ... s cieľom zmeniť živé alebo neživé materiály na výrobu tovarov a k využitiu pre služby“.* (OECD, 2012, s. 156) Oblast biotechnológií, ktorá sa označuje ako moderné biotechnológie (pozri napr. Clark & Pazderník, 2012) sa oproti tradičným biotechnológiám, do ktorých zaradujeme napríklad šľachtenie alebo kvásenie (o ktorých sú zmienky spred mnoho tisícročí), objavuje len nedávno medzi rokmi 1960–1980 (Clark & Pazderník, 2012). Ide o časť biotechnológií využívajúcich genetické manipulácie ako nástroj zmeny. Jedná sa napríklad o genetické inžinierstvo alebo taktiež klonovanie DNA. Drobník (2008) ďalej uvádza, že za základný kameň moderných biotechnológií je považovaná práve metóda rekombinantnej DNA. K tomu sa prikláňajú aj Clark & Pazderník (2012), ktorí pokladajú manipuláciu s DNA, predovšetkým s cieľom tvorby rekombinantnej DNA, za základ moderných biotechnológií. V dnešnej dobe, keď je tok informácií z každej strany obrovský, je obzvlášť dôležité mať validné informácie, najmä ak ide o tak do určitej miery kontroverzný fenomén, akým sú moderné biotechnológie.

Rozvoj moderných biotechnológií je nezastaviteľný. Je to jedna z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich oblastí vedy s vplyvom na celú spoločnosť. Genetické inžinierstvo sa dá nazvať revolučnou silou, ktorá otvára vo svete nové možnosti. Diskusia o jeho výhodách alebo nevýhodách je čoraz bežnejšia (Kooffreh et al., 2021). Je potrebné zapojiť kritické myšlenie tvárou v tvár veľkému množstvu informácií, ktoré prichádzajú z rôznych častí okolia. Biotechnológie podľa Samani et al. (2011) možno považovať skôr za vedeckú ako sociálnu tému, ale napriek tomu sa jej venuje značná pozornosť v domácich mainstreamových médiách, ktoré spôsobujú časté miskoncepty a tým pádom neprispievajú ku konštruktívnej diskusii. Už pred vyše 30 rokmi médiá napríklad rozsiahlo informovali o genetickom inžinierstve, pričom vedcov často vykreslovali stereotypnými obrazmi ako rigidných, ľahostajných a nesympatických jedincov (Dawson & Soames, 2006). Napriek tomu stále viac chýba posilnenie kritického myšlenia študentov a rozpoznanie ich prekonceptov a miskonceptov o danej téme (Kidman, 2010). Biotechnológie na príklade technológií DNA sa často vnímajú s vysokou mierou rizika podobne ako iné technológie zahŕňajúce napríklad chemické látky, jadrovú energiu, rádioaktívny odpad a elektromagnetické polia (Welser, 1991). Problém môže byť napríklad aj s povedomím o využívaní geneticky modifikovaných potravín. V ich prípade mnohé štúdie odmietajú pravdepodobnosť významných zdravotných rizík spojených s ich konzumáciou. To ale automaticky neznamená, že sa zmení postoj k nim a mylné predstavy o nich (Lopez & Carrau, 2002; Prokop et al., 2007). Náprava mylných predstáv, ktoré študenti majú je veľmi dôležitá pre dosiahnutie požadovaných študijných výsledkov. Dawson a Schibeci (2003, s. 66) si kladú veľmi dôležitú otázku: „Ak majú učebné osnovy prírodovedných predmetov pripraviť žiakov na to, aby sa stali občanmi, môžeme tejto oblasti prírodných vied nadalej venovať nedostatočnú pozornosť?“ Vytvára sa tak priestor na zisťovanie toho, čo žiaci skutočne vedia/nevedia. Okrem toho, mať správne koncepty o akomkoľvek jave je najdôležitejšou schopnosťou na prijímanie správnych rozhodnutí v každodennom živote (Harms, 2002).

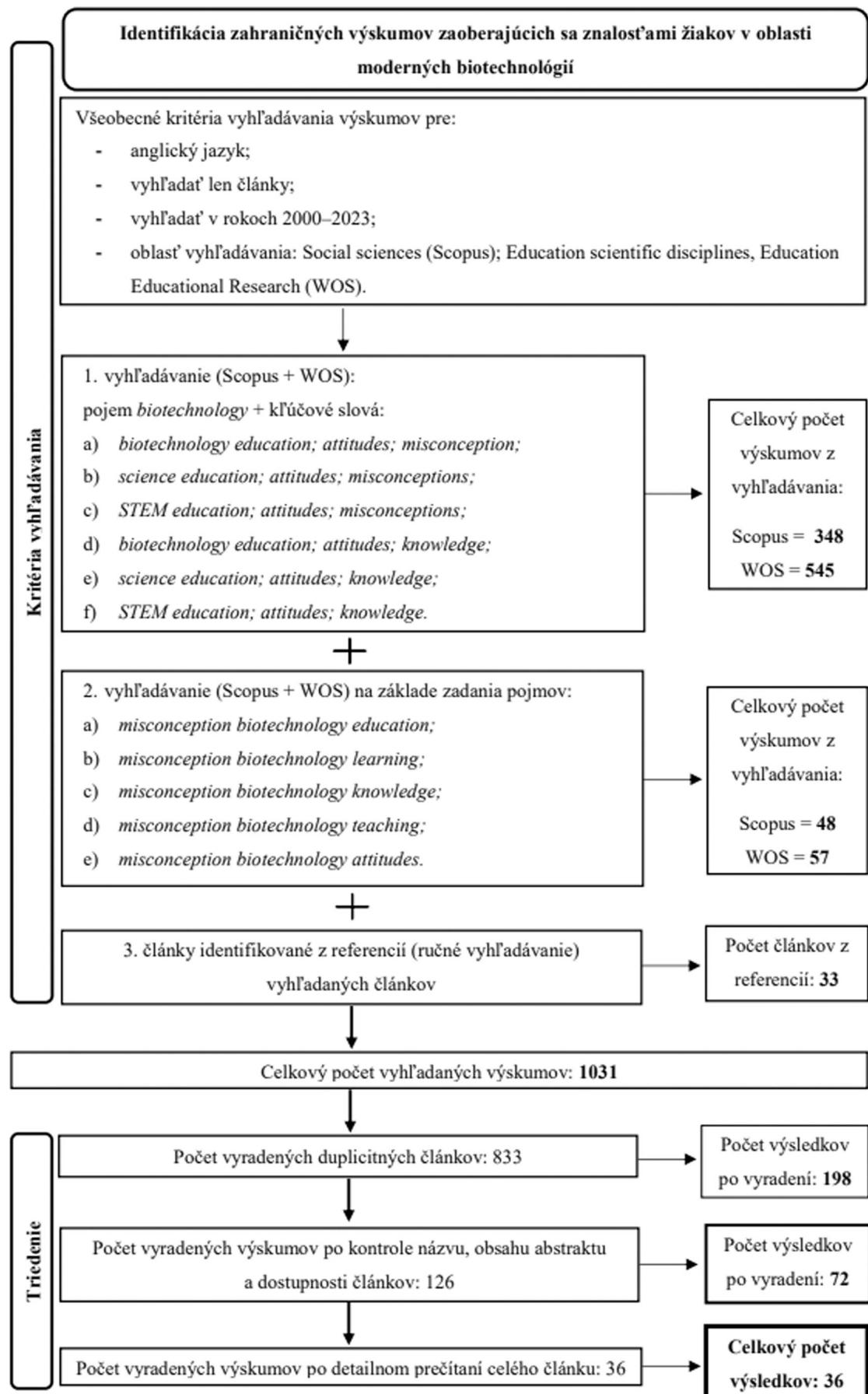
## 4 Ciele a výskumné otázky štúdie

Prehľadová štúdia si kladie za cieľ poskytnúť komplexný prehľad zahraničných výskumov zaobrájúcich sa identifikáciou znalostí respondentov z oblasti vzdelávania o biotechnológiách, s konkrétnym zameraním práve na prekoncepty a miskoncepty o moderných biotechnológiách (pozri kapitola 3). Na základe položených otázok (pozri nižšie) nás najmä zaujímalо, akými prekonceptami a najmä miskonceptami o danom fenoméne disponujú respondenti. Následne, keďže v tuzemskej výskumnej sfére chýbajú výskumy zaobrájúce sa prekonceptami a miskonceptami žiakov o biotechnológiách (chýbajú výskumy zaobrájúce sa aj inými skupinami respondentov), je čiastkovým cieľom aj poukázať na to, o čom v Českej republike oproti zahraničiu nemáme povedomie. Štúdia si stanovuje 5 výskumných otázok:

- VO1: Aké ciele si kladú výskumy z oblasti vzdelávania zaobrájúce sa identifikáciou znalostí respondentov o moderných biotechnológiách?
- VO2: Na akú skupinu respondentov sú výskumy z oblasti vzdelávania zaobrájúce sa identifikáciou znalostí respondentov o moderných biotechnológiách najčastejšie zamerané?
- VO3: Aké metódy identifikácie prekonceptov a miskonceptov v oblasti moderných biotechnológií sú vo výskumoch z oblasti vzdelávania najčastejšie využívané?
- VO4: Aké výsledky prinášajú výskumy z oblasti vzdelávania zaobrájúce sa identifikáciou znalostí respondentov o moderných biotechnológiách?
- VO5: Aké limity a odporúčania uvádzajú výskumy z oblasti vzdelávania zaobrájúce sa identifikáciou znalostí respondentov o moderných biotechnológiách?

## 5 Metodika

Prehľadová štúdia vychádza z výskumov zameraných primárne na analýzu žiackych znalostí (prekonceptov a miskonceptov) v oblasti moderných biotechnológií. Výskumy obsahujú taktiež výsledky v oblasti postojov, pokiaľ sa daný výskum zameriava na ich vplyv na znalosti, pretože znalosti v danej oblasti sú často spájané s tým, aký postoj k nim daný respondent zaujíma (pozri Príloha 1). Výber výskumov do prehľadovej štúdie bol realizovaný na základe postupu popísanom v *The PRISMA statement* (Moher et al., 2009). Databázy, ktoré boli zvolené pre vyhľadávanie výskumov, boli databáza Scopus a databáza Web of Science (WOS). Konkrétny postup vyhľadávania výskumov je uvedený vo forme diagramu (obr. 1).



**Obr. 1:** Diagram metodiky vyhľadávania výskumov pre prehľadový štúdiu podľa *The PRISMA statement* (Moher et al., 2009)

## 6 Výsledky

Vo výsledkovej časti sú zodpovedané položené výskumné otázky predloženej prehľadovej štúdie.

### 6.1 Ciele kladené vo výskumoch (VO1)

Prehľadová štúdia je zameraná primárne na výskumy zaobrajúcimi sa znalosťami študentov ohľadne moderných biotechnológií (pozri kapitola 3). Do moderných biotechnológií zaradujeme podkategórie ako je genetické inžinierstvo, geneticky modifikované organizmy alebo klonovanie. Keďže primárny cieľ štúdie je analýza výskumov, ktoré sa zaobrajú študentskými znalosťami v daných oblastiach, všetkých 36 analyzovaných výskumov si kladie za cieľ zistiť, aké je porozumenie resp. znalosti študentov v oblasti moderných biotechnológií.

Pri analyzovaní výskumov týkajúcich sa znalostí sa výskumy zaobrajú taktiež postojovým hľadiskom (23 výskumov / 64 %). Spojenie výskumu znalostí a postoju je najbežnejšie spájaný výskumný cieľ štúdií (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Dawson & Soames, 2006). Výskumy pojednávajú o vplyve znalostí na postoje a vice versa (viď vyššie) alebo taktiež o vplyve biotechnologického vzdelávania (napr. kurzu, inštruktází, prednášok) na znalosti a postoje študentov (napr. Dawson & Soames, 2006; Bigler & Hanegan, 2011).

### 6.2 Výber respondentov vo výskumoch (VO2)

Výskumy zaobrajúce sa primárne znalosťami študentov v oblasti moderných biotechnológií sa sústreďujú prevažne na tri skupiny respondentov v oblasti vzdelávania. Prvou sú respondenti druhého stupňa základnej školy (prevažne 8. a 9. ročník), a odpovedajúcich ročníkov viacročných gymnázií a stredných škôl (prevažne 3. a 4. ročník) a odpovedajúcich ročníkov viacročných gymnázií (tzn. rok štúdia 8–12 v anglosaskom systéme vzdelávania). V našom prostredí sú to teda žiaci/študenti od približne 15 do 18 rokov (napr. Harms, 2002; Meerah et al., 2012; Walker, 2021). Znalosťami študentov ZŠ/SŠ v oblasti moderných biotechnológií sa zaoberá 18 výskumov (50 %).

Druhú skupinu respondentov tvoria študenti vysokých škôl. Touto skupinou respondentov sa zaoberá 13 výskumov, čo predstavuje 36 % (napr. Bal et al., 2007; Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevičienė, 2008; Duda et al., 2021).

Treťou skupinou respondentov sú učitelia základných alebo/a stredných škôl. Z celkového počtu 36 výskumov sa touto skupinou respondentov zaoberá 9 výskumov, čo predstavuje 25 % (napr. Mohapatra et al., 2010; Acarli, 2016; Jiménez-Salas et al., 2017).

Výskumy taktiež hodnotia viaceré skupiny respondentov v jednom výskumnom šetrení ako napríklad kombináciu žiakov/študentov ZŠ/SŠ a študentov VŠ (1 výskum; Usak et al., 2009), alebo skupinu žiakov/študentov ZŠ/SŠ spolu vo výskume s učiteľmi na ZŠ/SŠ (3 výskumy; Dawson & Soames, 2006; Mohapatra et al., 2010; Alanazi, 2021).

### 6.3 Metódy identifikácie žiackych prekonceptov a miskonceptov (VO3)

Vo všeobecnosti sú diagnostické metódy na identifikáciu žiackych prekonceptov nástroje hodnotenia, ktoré sa zaobrajú trvalými alebo opakujúcimi sa ľažkostami pri učení, ktoré zostávajú nerozriešené a sú príčinou ľažkostí pri učení. Inými slovami, tieto nástroje ukazujú rozpor medzi tým, čo chceme, aby naši študenti vedeli alebo sa naučili, a tým, čo skutočne vedia alebo sa naučili (Gurel et al., 2015).

Na identifikáciu žiackych prekonceptov sa využívajú rôzne metódy, medzi ktoré patria napríklad rozhovory, testy s otvorenou otázkou, testy s výberom odpovede alebo konceptové testy. Čo sa týka identifikácie znalostí (prekonceptov a miskonceptov) v oblasti biotechnológií, najčastejšie využívanou metódou na identifikáciu sú testy. Testy (samostatne alebo v kombinácii) využíva 32 z 36 výskumov, čo predstavuje 89 %. Testy vo výskumoch obsahujú napríklad uzavreté otázky (napr. Veličković et al., 2015; Wisch et al., 2018; Walker, 2021) aj otvorené otázky (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Mollett & Cameron, 2016; Wisch et al., 2018) alebo otázky formou určenia pravdy/lži (Casanoves et al., 2015). Taktiež napríklad zatvorené otázky, ktorých odpoveď má študent odôvodniť (Wisch et al., 2018), poprípade určiť istotu svojej odpovede (*Certainty of Response Index*; method from Hasan et al., 1999) (Duda et al., 2020a; Duda et al., 2020b). Medzi často využívaný nástroj na zistenie znalostí je forma päťbodového Likertovho biotechnologického vedomostného dotazníka *Biotechnology Knowledge Questionnaire* (BKQ) so 16 položkami, ktoré vypracovali Prokop et al. (2007). Položky v danom dotazníku hodnotia znalosti o aplikáciách biotechnológií v rôznych oblastiach, ako sú napríklad živočíšne a rastlinné biotechnológie alebo samotná aplikácia biotechnológií. Položky sú hodnotené od 1 (rozhodne nesúhlasím) po 5 (rozhodne súhlasím). Validita dotazníka bola zistená prostredníctvom recenzie troma odborníkmi v oblasti genetiky a biologického vzdelávania. Na základe ich pripomienok a návrhov boli vykonané revízie. Reliabilita dotazníka BKQ bola

stanovená prostredníctvom koeficientu Cronbachovo  $\alpha = 0,69$ . Úplná verzia dotazníka je na požiadanie k dispozícii u autorov (Prokop et al., 2007, s. 898). K BKQ bol taktiež vypracovaný dotazník zameraný na postoje k biotechnológiám s využitím Likertových škál: *Biotechnology Attitude Questionnaire* (BAQ) s 37 položkami (Erdogan et al., 2012). BAQ sa zaobera vzťahom respondentov ku konzumácií GMO, aplikácií genetického inžinierstva, vierou ľudí v riziká a následné regulácie genetickej modifikácie, právom ľudí na zásah do životného prostredia prostredníctvom GMO, obavami o narušenie životného prostredia, ale taktiež aj využitím genetickej modifikácie v medicíne (Erdogan et al., 2012). Reliabilita dotazníka BKQ stanovená prostredníctvom koeficientu Cronbachovo je  $\alpha = 0,76$ . BKQ a BAQ využívajú aj ďalšie výskumy ako Özel et al. (2009); Usak et al. (2009); Erdogan et al. (2012); Meerah et al. (2012) alebo Alanazi (2021).

Ďalšia forma využívaného testu je *Biotechnology Instrument for Knowledge Elicitation* (BIKE), ktorý sa skladá z 35 položiek zložených z otázok vyžadujúcich krátku odpoveď, otázky na určenie pravdivosti výroku, otázky s otvorenou odpoveďou a otázky, kde je potrebné zadať odôvodnenie svojej odpovede (Wisch et al., 2018). Tento výskumný nástroj bol vytvorený Witzig et al. (2014). Výskumný nástroj je pevne opretý o literárnu rešerš, je spoločne využívaný a poskytuje položky s rôznou obťažnosťou. Autori uvádzajú, že jeho výhodou je skúmanie študentského chápania, uvažovania a koncepčného porozumenia biotechnológiám, namiesto zisťovania len správnosti odpovede (Witzig et al., 2014, s. 677–678).

Druhou najčastejšou metódou zberu dát je rozhovor (napr. individuálne pološtrukturované interview; pološtrukturované interview ohniskových skupín). Túto metódu zvolilo 13 výskumov (36 %). Výskumy využívajú aj možnosť kombinácie metód. Najčastejšie kombinujú testy a rozhovory, popr. diskusie medzi študentami alebo ohniskové skupiny (10 výskumov / 28 %; napr. Harms, 2002; Dawson & Soames, 2006; Dawson, 2007). Ďalšou výskumnou metódou na identifikáciu žiackych prekonceptov sú písomné práce študentov (3 výskumy / 8 %; Dawson, 2007; Acarli, 2016; Anderton & Ronald, 2018), ako napríklad *draw-and-write method* a *word association test* (Acarli, 2016).

## 6.4 Výsledky výskumných štrení (VO4)

Výsledky výskumov podľa obsahu rozdeľujeme do hlavnej kategórie biotechnológie a jej 3 časťí: genetické inžinierstvo, geneticky modifikované organizmy (genetically modified organisms; GMO) a klonovanie. Výsledková časť približuje znalosti študentov či už vo forme prekonceptov alebo miskonceptov, a taktiež v závislosti od výskumu aj postoje a ich vplyv na znalosti a naopak.

### Biotechnológie

Výskumy, ktoré prezentujú poznatky o biotechnológiách u rozdielnych skupín respondentov narážajú na rôzne výsledky výskumných štrení. Casanoves et al. (2015) napríklad uvádzajú, že pri biotechnologickej znalostiach sú poznatky žiakov veľmi variabilné a záleží na téme (časti), ktorá je skúmaná. K tejto časti výsledkov zaobrajúcej sa všeobecne biotechnológiami patria okrem moderných biotechnológií aj tradičné biotechnológie ako napríklad fermentácia. Paš et al. (2019) vo svojom výskume analyzujú výsledky z rôznych typov gymnázií. Najviac správnych poznatkov a aj pozitívnych postojov preukazovali študenti z bio-technických gymnázií a zo všeobecných gymnázií. Študenti mali taktiež signifikantne lepšie znalosti o tradičných biotechnológiách ako o moderných. Čo sa týka tradičných biotechnológií, Duda et al. (2020a) zistili, že z pojmov z oblasti technológie kvasenia bolo 41 % žiakov zaradených do kategórie, že poznajú pojmy; 25 % žiakov nepozná pojmy a 34 % má miskoncepty. V pojnoch týkajúcich sa fermentačných produktov 32 % žiakov pojmy pozná, 34 % nepozná pojmy a 34 % má miskoncepty. Z údajov v oboch prípadoch vyplýva, že je stále pomerne vysoký počet žiakov, ktorí majú miskoncepty. V rovnakom výskume autori uvádzajú, že respondenti nemajú konceptové porozumenie a nerozumejú konceptu ako celku. Ku konceptuálnemu porozumeniu je možné dôjsť zaradením napríklad vzdelávacieho kurzu na danú problematiku. Výskum Dawson a Soames (2006) zaobrajúci sa zaradením kurzu na tému biotechnológií zistil, že po prebehnutí kurzu sa po štúdiu biotechnológií zvýšil počet uvedených správnych príkladov na 647 (priemer 4,6) z 387 správnych príkladov (priemer 2,8) pred kurzom, čo predstavuje celkový nárast o 67 %. Uvádzajú však, že medzi jednotlivými študentmi boli značné rozdiely. Úspešne rekonštruované žiacke miskoncepty, ktoré sa týkali DNA replikácie, DNA manipulácie, DNA a jej roly v bunke a dedičnosti DNA boli preukázané vo výskume Wisch et al. (2018), kde študenti univerzít absolvovali taktiež kurz k danej problematike. Vo výskume Alanazi (2021) údaje z dotazníkového prieskumu ukazujú, že existujú štatisticky významné rozdiely vo vedomostach a postojoch medzi žiakmi vyššieho sekundárneho vzdelávania. Spomedzi žiakov týchto troch ročníkov preukázali najväčšie vedomosti žiaci 12. ročníka. Naopak vo výskume Usak et al. (2009) pri porovnaní študentov stredných škôl a študentov vysokých škôl je trend vekovo „opačný“. Rozdiel medzi vedomosťami študentov stredných a vysokých škôl o biotechnológiách ukazuje, že stredoškoláci majú viac vedomostí ako študenti z univerzít, pokiaľ

ide o takmer všetky položky vo výskume. Výskum Usak et al. (2009) sa v oblasti znalosti biotechnológií zameriava prevažne na moderné biotechnológie, väčšina stredoškolákov aj vysokoškolákov vedela, že moderné biotechnológie sú spojené napríklad so zmenami DNA, ktoré by mohli viesť k zvýšeniu produktivity organizmov (Usak et al., 2009).

Biotechnológie sa podľa údajov z literatúry rozdeľujú na podkategórie ako červené biotechnológie, ktoré sa využívajú v lekárstve; biele (sivé) biotechnológie, ktoré sa využívajú v priemyselnej výrobe a zelené biotechnológie, ktoré sa využívajú v poľnohospodárstve (Atmojo et al., 2018). Výskumníci zaobrajúci sa znalosťami začínajúcich učiteľov v oblasti vyššie spomínaných kategórii zistili, že najnižšie priemerné skóre je 17,5 % v červenom biotechnologickom koncepte, zatiaľ čo najvyššie priemerné skóre je v koncepte zelenej biotechnológie s percentuálnym podielom 30,56 % (Atmojo et al., 2018). Vo výskume porovnávajúcim skupiny študentov a učiteľov Alanazi (2021) zistil, že medzi učiteľmi a študentami neboli štatisticky významné rozdiely, pokiaľ ide o ich vedomosti o biotechnológiách; niektorí učitelia zdôraznili, že biotechnológie považujú za veľmi dôležitý fenomén pre vedecký aj ekonomický pokrok. Avšak z výsledkov vyplýva, že vedomosti o biotechnológiách sa zdajú byť obmedzené u študentov aj učiteľov. Výskum Mohapatra et al. (2010) uvádza, že mnohí učitelia a študenti si nie sú vedomí napríklad toho, že rastliny upravené na produkciu proteínov s pesticídnymi vlastnosťami môžu ovplyvniť nerieľové druhy; že geneticky modifikované plodiny uvoľnené do životného prostredia by interagovali s rozmanitosťou biotopov; že by sa zhoršila úrodnosť pôdy a ovplyvnila ekosystém a že transgénne rastliny odolné voči vírusom môžu viesť k novým vírusovým ochoreniam. V porovnávaní skupín chlapcov a dievčat Usak et al. (2009) zistili, že chlapci vykazujú o niečo pozitívnejší postoj k biotechnológiám v porovnaní s dievčatami bez ohľadu na úroveň ich vzdelania. Toto zistenie potvrdzuje aj Maes et al. (2018) – chlapci sa v téme orientovali lepšie ako dievčatá a starší študenti vedeli o trochu viac o komerčnom statuse GMO, ale znalosti boli v celku limitované. To viedlo k výsledku, že študenti majú veľmi limitované poznatky na to, aby mohli robiť informované rozhodnutia k danej problematike.

Limitované znalosti v oblasti biotechnológií potvrdilo aj mnoho ďalších výskumov. Výskum Duda et al. (2020b) u univerzitných študentov zaobrajúci sa rastlinnými biotechnológiami uviedol nesprávne konceptové porozumenie „fungovania“ rastlín (konceptuálne pochopenie stavby rastlín – definovanie, mechanizmy, negatívny aspekt, ...). Nesprávne pojmy používalo okolo 41 % univerzitných študentov. Výskum realizovaný na Slovensku (Prokop et al., 2007) uvádza, že tretina z 1116 vysokoškolákov nemá žiadne povedomie, či porozumenie biotechnológiám. Výskum Walker (2021) uvádza problém študentov (11–14 rokov) popísat biotechnológie ako také. Správna odpoveď bola len u jedného študenta. Síce ešte v ďalších dvoch prípadoch študenti uviedli správne odpovede, ale neskôr tvrdili, že ich poznatky ovplyvnili kontextové informácie z výskumu (Walker, 2021, s. 796).

Výsledky výskumu Dawson a Schibeci (2003) uvádzajú, že žiaci vo veku 15 rokov nevedia uviesť ani jeden príklad biotechnológií (20–30 %) a rovnako aj v tomto výskume im chýba porozumenie konceptu ako celku. Nie sú napríklad schopní rozlísiť klonovanie organizmu a genetické inžinierstvo a taktiež je pre nich mäťúci rozdiel medzi genetickou manipuláciou a šľachtením (Dawson & Schibeci, 2003 s. 65–66). V ďalšom výskume Dawson (2007) 88 % žiakov (15–18 rokov) taktiež nevedelo čo biotechnológie sú. V písomnom prieskume len približne tretina žiakov 10. ročníka (34 %) a 12. ročníka žiakov (36 %) uviedla správny príklad biotechnológií. Najčastejšie sa vyskytujúce príklady (v klesajúcim poradí) vo všetkých skupinách ročníkov sa týkali medicínskeho využitia, environmentálneho využitia, poľnohospodárstva a geneticky modifikovaných potravín (Dawson, 2007).

V správnych príkladoch biotechnológií uvádzajú respondenti najmä klonovanie (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Fonseca et al., 2012b; Acarli, 2016); geneticky modifikované potraviny (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Mohapatra et al., 2010); využitie vo výskume (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Van Lieshout & Dawson, 2016) a všeobecne genetické inžinierstvo (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Fonseca et al., 2012b). Medzi príkladmi sa taktiež vyskytlo kvasenie ako príklad tradičných biotechnológií (napr. Veličković et al., 2015; Acarli, 2016; Van Lieshout & Dawson, 2016). Veľké zastúpenie mala taktiež medicínska oblasť, kde sa vo výsledkoch vyskytlo všeobecné využitie v medicíne (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Fonseca et al., 2012b). Vo výskume Van Lieshout a Dawson (2016) 24 % žiakov neuviedlo žiadny iný príklad biotechnológií súvisiacich s ľudským zdravím okrem výroby inzulínu alebo genetickej manipulácie všeobecne. V danom výskume 76 % respondentov (15–18 rokov) dokázalo pred vyučovaním (konceptu biotechnológií) uviesť aspoň jeden príklad aplikácie biotechnológií súvisiacich s ľudským zdravím. Čo sa týka konkrétnych príkladov na medicínske využitie, najčastejšie bola spomínaná tvorba inzulínu, využitie pri liečbe rakoviny (napr. Fonseca et al., 2012b; Van Lieshout & Dawson, 2016), génová terapia alebo rast svalov a náhrada kože (napr. Acarli, 2016; Van Lieshout & Dawson, 2016).

Z pohľadu vzťahu k biotechnológiám sú výsledky rôzne. Walker (2021) uvádza, že pozitívny vzťah má 49 % respondentov (15–18 rokov). Vplyv postoja na vedomosti a vice versa je preukázaný v značnom počte výskumov. Pozitívny vzťah uviedli taktiež aj Fonseca et al. (2012b) a vo výskume Cavanagh et al. (2005) uviedlo približne 74 % respondentov (15–18 rokov), že v oblasti biotechnológií prevažujú benefity

nad rizikom. Avšak vo výskume Kooffreh et al. z roku 2021 len 20 % respondentov (15–18 rokov) uvádza pozitívny vzťah. Naopak, respondenti nesúhlasia, že by biotechnológie zlepšili niečo pre spoločnosť, čo odzrkadluje aj fakt, že 50 % respondentov vôbec nepomyslelo na ich využitie v medicíne (Kooffreh et al., 2021). Negatívny vzťah bol taktiež preukázaný vo výskume Mohapatra et al. (2010).

Vo výskume Van Lieshout a Dawson (2016) autori rozdelili v písomných prácach študentské odpovede na odpovede s kognitívnym komponentom (poznatok) 43 %, afektívnym komponentom (pocit) 57 % a behaviorálnym komponentom (praktické využitie) 33 % (Van Lieshout & Dawson, 2016). Pokiaľ negatívny postoj študentov klesá, ich úroveň vedomostí o danej téme sa zvyšuje (napr. Bal et al., 2007; Črne-Hladník et al., 2012; Paš et al., 2019). Na druhej strane, vnímanie etiky, obavy a všeobecné pochybnosti o genetickej modifikácii významne korelujú len so znalosťami modernej biotechnológie: neexistuje významná korelácia medzi postojmi v týchto oblastiach a znalosťami tradičnej biotechnológie (Paš et al., 2019).

Mickkoncepty respondentov ohľadne biotechnológií pochádzajú z oblastí ako napríklad využitie v doprave (mechanika) alebo z oblastí rádioaktivity. Študenti si tieto oblasti spájajú s biotechnológiami, a preto v nich následne vidia riziko („*Perception of personal health risks.*“). Autori uvádzajú, že je to v nedostatku nie len faktických znalostí študentov, ale aj v dôsledku nevedomosti ohľadom praktického využitia biotechnológií (Šorgo & Ambrožič-Dolinšek, 2010; Veličković et al., 2015, s. 7–9). Uvádzaným príkladom miskonceptu v oblasti biotechnológií v ďalšom výskume bola aj elektronika („... *something that is electronic*“ – niečo elektronické) (Walker, 2021, s. 796). Miskoncepty prináša aj téma biopalív. Biopalivá spadajú do oblasti bielych biotechnológií, kde sa využívajú živé bunky a/alebo enzymy na vytváranie priemyselných produktov, ako je vývoj a výroba nových zlúčenín a výroba obnoviteľnej energie. V tejto oblasti si respondenti napríklad myslia, že keď elektrárne používajú takto vyrobené biopalivá, tak neprodukujú CO<sub>2</sub> ako taký a má teda iné chemické vlastnosti ako CO<sub>2</sub> uvoľňovaný elektrárňami využívajúcimi fosílné palivá (Atmojo et al., 2018).

### Genetické inžinierstvo

Pri časti výsledkov z oblasti genetického inžinierstva sa taktiež vyskytuje veľmi výrazný nedostatok znalostí. Na limitované vedomosti poukazujú napríklad Bal et al. (2007) alebo Suryanti et al. (2018), ktorí vo výsledkoch svojich šetrení uvádzajú, že študenti VŠ, ktorí sa zúčastnili „genetického kurzu“ a/alebo „kurzu genetického inžinierstva“ (Bal et al., 2007) a študenti „biologického programu“ (Suryanti et al., 2018) nevedia ani aké typy enzymov sa využívajú pri genetickom inžinierstve a ani ich funkciu. Čo sa týka odpovedí na základné biologické otázky, študenti univerzity (konkrétnie „biologického programu“) majú problém s odpovedou, pretože napríklad nevedia ani stavbu buniek. Tento výsledok potvrdil výskum Suryanti et al. (2018), kde autori uvádzajú, že v prípade správnej odpovede bola nutnosť poznáť stavbu rastlinnej a živočíšnej bunky. Často vyskytujúci sa jav je, že študenti správne odpovede hádajú alebo vedia správnu odpoveď, avšak nevedia ju odôvodniť. Správnych odôvodnení svojich odpovedí je v tomto prípade menej ako správnych odpovedí ako takých (Suryanti et al., 2018). Vo výsledkoch sa najčastejšie vyskytuje využitie v medicíne alebo vo výskume (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Cavanagh et al., 2005). Ďalej napríklad využitie v poľnohospodárstve (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Cavanagh et al., 2005). Ako príklad genetického inžinierstva bolo často uvádzané aj klonovanie, kde bola hlavným príkladom klonovaného organizmu ovca Dolly, vyskytli sa však aj príklady klonovania nepotravinových zvierat (tzv. domáčich miláčikov) alebo ľudí (Dawson & Schibeci, 2003; Bal et al., 2007).

Čo sa týka vzťahu respondentov ku genetickému inžinierstvu, výskum Bal et al. (2007) preukázal, že 11 % univerzitných študentov tvrdí, že by určite a 42 %, že by pravdepodobne prevážili benefity nad rizikami a 3,5 % respondentov uviedlo, že určite prevažuje riziko. Fonseca et al. (2012b) vo výskume uvádzajú, že študenti (15–18 rokov) nevidia nijaké zvlášť podstatné riziká využitia genetického inžinierstva, keďže študenti sa naučili, že mikroorganizmy sa používajú na výrobu inzulínu a rastových látok, ktoré zlepšujú zdravie a životný štýl. Po štúdiu biotechnológie boli študenti menej pozitívne naladení na procesy zahrňajúce zvieratá (Fonseca et al., 2012b).

Výskum Suryanti et al. (2018) uvádza, že najviac miskonceptov majú univerzitní študenti o koncepte genetického inžinierstva ako takom. Hlavný problém vidia v tom, že si študenti koncept nevedia spojiť s reálnym životom. Dawson a Schibeci (2003) tvrdia, že aj medzi mladšími študentmi je značný zmätok v tom, čo predstavuje genetické inžinierstvo. Štvrtina 15 ročných žiakov všeobecného vzdelávania (23,3 %; 250) nevedela uviesť ani príklad genetického inžinierstva. Vo výskume Dawson a Soames (2006) okrem toho mnohí študenti (15–16 rokov) uviedli príklady selektívneho šľachtenia, melóny bez semien a paradajky ako príklady genetickej modifikácie. Medzi ďalšie miskoncepty patrí napríklad názor, že hygiena predchádza genetickým poruchám (Casanoves et al., 2015) a oplodnenie in vitro ako príklad genetického inžinierstva (Dawson & Soames, 2006). Okrem toho v skupine od 15 do 18 rokov študenti uviedli, že geneticky modifikované organizmy obsahujú veľa nebezpečných chemikalií. Niektorí študenti napríklad uviedli, že konzervačné látky a chemické spracovanie potravín sú taktiež príkladmi genetického inžinier-

stva (napr. Dawson & Soames, 2006; Prokop et al., 2007; Usak et al., 2009). Ako oblasť miskonceptov sa vyskytovala napríklad aj kriminalistika, kde študenti označili ako najväčší prínos pre človeka práve využitie pri riešení zločinov (odtláčky prstov) (napr. Cavanagh et al., 2005, s. 125).

### Geneticky modifikované organizmy (GMO)

Väčšina respondentov súhlasí, že by sa genetické inžinierstvo mohlo použiť na zlepšenie stavu plodín a že genetická modifikácia môže zvýšiť výživovú kvalitu a/alebo chuť GM produktov. Myslia si ale aj to, že geneticky modifikované potraviny môžu mať nepriaznivý účinok na zdravie ľudí (napr. Prokop et al., 2007, Fonseca et al., 2012a; Kooffreh et al., 2021).

Najčastejšie sa vyskytujuca oblasť výsledkov výskumov GMO boli geneticky modifikované potraviny (GMF). Čo sa týka jedenia GMF, vo výskume Maes et al. (2018), ktorý sa zaoberal študentami od 12–18 rokov (druhý stupeň) na vzorke 4 002 respondentov na 126 školách (Flandry; Belgicko), boli mladší žiaci (13–14 rokov) viac odhadlaní konzumovať GMF ako starší (17–18 rokov). Vo výskume Dawson (2007) percento žiakov 9. ročníka, ktorí vedeli definovať geneticky modifikované potraviny, bolo veľmi nízke – iba 4 % (sedem žiakov) uviedlo, že bola zmenená DNA. Žiaci 10. ročníka (25 % správnych odpovedí) a 12. ročníka (28 % správnych odpovedí) už vedeli lepšie definovať GMF. Študenti 12. ročníka študujúci biologické vedy s najväčšou pravdepodobnosťou uvádzali všeobecne akceptovanú definíciu (31 %). V prípade uvádzania príkladov boli najčastejšie správne odpovede kukurica, repka olejná a sója (Dawson, 2007). Respondenti však často nevedeli dať príklad na GMF a ich zdôvodnenia etických postojov žiakov, ako aj písomné odpovede v testoch ukázali slabo rozvinuté schopnosti zdôvodňovať svoje rozhodnutia (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Dawson & Soames, 2006; Prokop et al., 2007; Van Lieshout & Dawson, 2016). Ďalej je vo výsledkoch výskumov uvádzané, že respondenti (študenti stredných škôl a univerzít) si uvedomujú potenciálne riziká pre životné prostredie pri poľnohospodárskej výrobe a využití GMF (napr. Dawson & Soames, 2006; Bal et al., 2007). Študenti základných, stredných škôl, ale aj univerzít preukazujú nevôľu pri kúpe GMF a veria v negatívny vplyv na ľudské zdravie a taktiež na prírodu (napr. Bal et al., 2007; Usak et al., 2009). K tomu sa pridávajú aj učitelia (Šorgo & Ambrožič-Dolinšek, 2010), ktorí vyjadrili nesúhlas s GMO práve vtedy, keď išlo o GMO ako o modifikované potraviny. Naopak ale vo výskume Van Lieshout a Dawson (2016) študenti 10. ročníka chlapčenskej školy neprejavili jasný nesúhlas s geneticky modifikovanými potravinami a vyjadrili naopak dôveru k ich výrobe. Tento pozitívny vzťah ku GMO môže byť výsledkom toho, že študenti mali za sebou biotechnologický kurz ako vstup k zoznámeniu sa s DNA (Van Lieshout & Dawson, 2016). Čo sa týka vzťahu učiteľov ku GMO, vo výskume Šorgo & Ambrožič-Dolinšek (2010, s. 148) sa preukázalo, že sa učitelia obávajú najmä možných neznámych vplyvov GMO, uvedomujú si dôležitosť vzdelávania o GMO a uznávajú dôležitosť spoločensko-vedných otázok pri vytváraní individuálnych hodnotových systémov budúcich učiteľov o GMO.

Miskoncepty ohľadne GMO sú medzi respondentami, okrem už vyššie spomínaných, aj také, že GMO uvádzajú ako vždy veľkostne väčšie (Casanoves et al., 2015), často vyskytujúci sa príklad je napríklad zelenina, ovocie a paradajky (Dawson & Schibeci, 2003; Dawson & Soames, 2006). Rozšírený miskoncept u stredoškolských, ale aj vysokoškolských študentov na základe výskumov je chybná predstava, že po konzumácii GMF sa modifikované gény (z požitej potravy) dostanú medzi ľudské gény alebo môžu zničiť ľudské gény (danej osoby, ktorá potravu požila) (napr. Prokop et al., 2007; Usak et al., 2009; Casanoves et al., 2015). Wisch et al. (2018) uvádzajú výber konkrétnych miskonceptov, medzi ktorými nájdeme aj miskoncept uvádzajúci, že GMO sú nebezpečné pre dojčatá.

### Klonovanie

Samostatne v oblasti klonovania bol najčastejší príklad klonovaného organizmu ovca Dolly (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Dawson & Soames, 2006). Ďalej sa často vyskytovali príklady zvierat a nepotravinárskych výrobkov, klonovanie rastlín, ľudí, domáčich miláčikov, mikroorganizmov alebo potravín (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Dawson & Soames, 2006; Bal et al., 2007; Dawson, 2007). Študenti (15–18 rokov) nevedeli správne definovať alebo uviesť správny príklad klonovania, pričom žiaci 12. ročníka (obor biologických vied) mali najčastejšie uvedenú všeobecne akceptovanú definíciu (37 %) a príklad (77 %). Hoci približne tri štvrtiny opýtaných žiakov 8. ročníka (78 %) spomenuli kopírovanie alebo vytváranie kópie niečoho, len malá časť uviedla, že klonovanie zahŕňa vytváranie geneticky identickej kópie (7 %) (Dawson, 2007).

## 6.5 Limity a odporúčania výskumných šetrení (VO5)

Jedno z odporúčaní, ktoré výskumy uvádzajú, ale taktiež je všeobecne platné pri realizácii akýchkoľvek výskumných šetrení, je, že pre kvalitné výsledky je potrebná dostatočná vzorka – nie je vhodné mať len jednu školu, malú veľkosť, jedno pohľatie a podobne. Obmedzuje to zovšeobecniteľnosť zistení

(napr. Van Lieshout & Dawson, 2016). Čo sa týka odporúčaní z rôznych krajín (napr. Saudská Arábia, Indonézia, Austrália, Slovensko a ďalšie), v ktorých sa výskumy realizovali, tak panuje prevažne zhoda na potrebe zaradenia témy biotechnológií do národného kurikula. Výskumy uvádzajú, že je nevyhnutné zvýšiť informovanosť žiakov a študentov na školách. Saudský národný prírodovedný rámec by mal v rámci saudských učebných osnov uznať potrebu zvýšenia informovanosti študentov prírodných vied o biotechnológiách (Alanazi, 2021). Taktiež v rámci zaraďovania predmetov do výuky prevažuje značný nedostatok predmetov, ktoré by mohli potenciálne rozoberať témy týkajúce sa biotechnológií. Taktiež autori výskumov považujú za dôležité, aby sa vedomosti v tejto oblasti prepájali nielen s príslušnými vednými oblastami ale aj so skúsenosťami študentov. To znamená zamerať sa napríklad na sociálny rozmer predstáv (spomienky z detstva, vplyv médií, ...). Pre vzdelávacie účely je potrebné zaoberať sa sociálnym rozmerom koncepcíí, ako aj ich kognitívnymi aspektmi. Mali by taktiež byť do výuky zahrnuté niektoré klúčové vedecké trendy, ktoré sa pravidelne objavujú v médiach, medzi nimi aj moderné biotechnológie (napr. Dawson & Schibeci, 2003; Prokop et al., 2007; Alanazi, 2021). Informovanosť a osveta o biotechnológiách a ich vplyv v rôznych oblastiach by sa mala zvýšiť medzi študentmi stredných škôl, aby sa zlepšili vedomosti a ich lepšie pochopenie (Bal et al., 2007; Prokop et al., 2007; Kooffreh et al., 2021). Ako tvrdí Cavanagh et al. (2005), 87,2 % respondentov uvádzajú, že ani verejnosť nemá dosť informácií. Taktiež sa vyskytuje potreba riešiť najmä sociálne a etické otázky súvisiace s touto tému (Črne-Hladník et al., 2012). Toto sú aspekty, ktoré žiakov najviac zaujímajú a ktorími sa radi zaoberajú. Zamerať sa na morálne posudzovanie ľudských činov, ktoré možno hodnotiť ako morálne dobré alebo zlé. Platí to najmä v biotechnologickom vzdelávaní, kde do hry nevyhnutne vstupujú postoje a emócie (Harms, 2002; Črne-Hladník et al., 2012). Črne-Hladník et al. (2012) uvádzajú, že by navyše prírodovedné obory mali spolupracovať aj s psychológiou a sociológiou. Taktiež výskumy uvádzajú, že ak majú študenti rozhodovať o biotechnológiách na základe informácií, musia sa naučiť taktiež explicitne vyjadriť svoje myšlienky (Črne-Hladník et al., 2012). S cieľom podporiť občiansku a pracovnú angažovanosť by mali vzdelávacie inštitúcie poskytovať príležitosti žiakom (napr. stredoškolákom) tvoriť aspoň základné povedomie (Walker, 2021).

Učitelia prírodovedných predmetov si tiež musia byť vedomí nesprávnych predstáv alebo nedostatočného pochopenia, ktoré môžu mať žiaci o biotechnológiách. Avšak nie všetci učitelia prírodovedných predmetov rozumejú moderným biotechnológiám. Pre učiteľov prírodovedných predmetov, ktorí ukončili vlastné vzdelávanie pred rozvojom génových technológií a klonovania, môže byť prínosom odborný rozvoj alebo postgraduálne štúdium (Dawson & Schibeci, 2003; Cavanagh et al., 2005).

Atmojo et al. (2018) uvádzajú, že študenti nechápu predložené koncepty (celky), nevedia analyzovať predložené otázky a nechájú sa pomýliť. Taktiež biotechnologické časti v učebniciach, ktoré používajú učitelia, majú často nesprávne informácie. Na základe výsledkov výskumu uvádzajú autori päť spôsobov, ako zlepšiť porozumenie a zvládnuť prírodovedného pojmu: (1) poskytnutie príležitostí žiakom, aby vyjadrili svoje nápady a myšlienky o preberanej látke alebo študovanom materiáli; (2) kladenie otázok a diskusia o súvisiacom materiáli, ktorý má nesprávny pojem, kým nenájdú spôsob, ako prekonať nesprávne chápanie a identifikovať pôvodné porozumenie; (3) vykonávanie experimentálnych činností s cieľom dokázať koncept; (4) používanie veľkého množstva literatúry, ako sú knihy a články z výskumov ako referencie pri vyučovaní a (5) používanie vhodných metód a modelov vo výučbe v súlade s učebnými materiálmi z oblasti prírodných vied (Atmojo et al., 2018, s. 5; vlastný preklad autorov). Učitelia /inštruktori by preto mali zvážiť doplnenie formátu prednášky o rôzne aktívne stratégie vyučovania/učenia, ktoré povzbudia študentov, aby si uvedomili svoje nepochopenie (Duda et al., 2020b).

## 7 Implikácie prehľadovej štúdie pre prácu s prekonceptami v oblasti moderných biotechnológií v školskej výučbe prírodopisu a biológie

V 80. rokoch 20. storočia došlo vo výskumoch zaoberajúcich sa prístupmi v oblasti konceptuálnej zmeny k rastu štúdií žiackych myšlienkových štruktúr (prekonceptov, príp. miskoneptov). Nárast skúmania (prekonceptov) privádza k otázke: „Ako žiacke aktuálne myšlienkové štruktúry interagujú s novými predkladanými konceptami?“, čo smeruje k tvorbe ucelenej Teórie konceptuálnej zmeny, ktorá sa na danú otázku bude snažiť nájsť odpoveď (Chi et al., 1994; Duit & Treagust, 2003). Teória konceptuálnej zmeny (*Theory of Conceptual Change*; Posner et al., 1982; Strike & Posner, 1982; Hewson, 1992; Duit & Treagust, 2003) sa zaoberá žiackym (resp. ľudským) procesom, na základe ktorého žiak mení svoje centrálne koncepty pod vplyvom nových myšlienok/informácií (nekompatibilných s jeho vlastnými).

Tým, že učenie je chápané ako racionálna aktivita, ktorá závisí na podpore a akceptácii myšlienok, ktoré sú zrozumiteľné, prijateľné a racionálne, stáva sa skúmaním/objavovaním (*inquiry*). Pri téme, ako je GMO, je veľmi dôležitá oblasť „priyatia“ danej informácie, čo súvisí aj s emóciami. Žiaci si vytvárajú názory jednak na základe dostupných informácií/dôkazov, ale aj na základe postoja a akceptácie danej

témy. Výskum Šorgo & Ambrožič-Dolinšek (2010) vo výsledkoch výskumu ukázal, že postoje, rozhodnutia a akceptácia GMO nie sú založené len na vedeckých faktoch a formálnom zdôvodnení (vedomostach), ale skôr na neformálnom zdôvodnení. Takže samotné pridávanie nových informácií do prednášok nestáči, preto by mali prevziať aktívnu úlohu pri vytváraní vlastných názorov práve aktéri výučby s cieľom vytvoriť diskusiu na túto tému, ktorá by prešla od neformálneho k formálnemu uvažovaniu založenému na vedeckých faktoch (Šorgo & Ambrožič-Dolinšek, 2010, s. 149).

Pri pohľade na výsledky výskumu však môžeme konštatovať, že respondenti majú príliš málo informácií o daných javoch na to, aby sa mohli zaoberať niekedy dosť kontroverznými otázkami. Nielen že disponujú minimálnym množstvom správnych prekonceptov, ale disponujú značnými miskonceptami, ktoré im bránia v ďalšom učení a vo vedení fundovannej diskusie. Z výskumov vyplýva, že je viac ako nutné pracovať so žiackymi miskonceptami v danej oblasti a snažiť sa o ich nápravu. Na to, aby u žiakov mohla prebehnúť konceptuálna zmena, musí u žiakov v prvom rade dôjsť k silnej nespokojnosti s ich aktuálnymi konceptami v jeho mysli. V takýchto situáciach vznikajú v mysli žiakov konceptuálne konflikty medzi ich vlastným a novým konceptom (Tekkaya, 2002). Väčšina respondentov sa však o biotechnológiách na školách vôbec neučila. Najviac vedomostí majú respondenti, ktorí sa (bud) aktívne zaujímajú o danú oblasť a/alebo téma im je blízka. Avšak to, že respondenti majú správne predstavy o jednom pojme (napr. biotechnológie), neznamená, že správne uvažujú o genetickom inžinierstve alebo klonovaní. Veľmi často sú tieto pojmy respondentmi striktne oddelené ako navzájom nesúvisiace. Pri konceptuálnej zmene je nutné, aby novo predložený koncept bol zrozumiteľný (*intelligible*), hodnoverný (*prijateľný; plausible*) a/alebo prínosný (*plodný; fruitful*) (Duit & Treagust, 2003). Pokiaľ nový koncept spĺňa tieto podmienky, je pravdepodobné, že konceptuálna zmena nastane. „*Vyučovanie je chápané ako vytváranie didaktických situácií, v ktorých sa žiakom dostáva príležitosť (re)konštruovať – vytvárať, modifikovať, zdokonalovať – svoje doterajšie znalosti*“ (Janík, 2009, s. 653). Preto je potrebné zaradiť aspoň nejaké základné informácie o tomto fenoméne napríklad do školských osnov. Medzi danými novými konceptami však môže nastať rivalita/konflikt (Duit & Treagust, 2003). Toulmin (1972 v Posner et al., 1982; Duit & Treagust, 2003) tento stav nazýva „konceptuálna ekológia“ (*conceptual ecology*), čo je súbor žiackych epistemologických presvedčení, ktoré sprostredkujú/riadia proces konceptuálnej zmeny. U žiaka dochádza k porovnávaniu zrozumiteľnosti, hodnovernosti a prínosu nových konceptov a následne prichádza k rozhodnutiu, či novým konceptom nahradí celý svoj aktuálny koncept alebo len jeho časť. Učiteľ by mal pomáhať žiakom vidieť zmysel v obsahu a psychodidakticky im ho priblížiť. Fenomén moderných biotechnológií je v mnohých oblastiach veľmi diskutabilný a vzbudzuje v žiakoch veľa otázok. Dotýka sa aj emocionálnej stránky, ktorá hrá veľkú úlohu pri akceptovaní predloženej informácie žiakovi. Existujú však presvedčivé dôkazy, že explícitné vyučovanie biotechnologických obsahov zlepšuje akceptáciu, porozumenie a znižuje neistotu v danej oblasti (Maes et al., 2018). V oblasti biotechnologického vzdelávania je veľmi dôležité zistiť a hlavne pochopiť prekoncepty a miskoncepty študentov. Výuka, ktorá vedie ku konceptuálnej zmene u žiaka by mala byť zameraná na vytváranie situácií, problémov alebo aktivít, ktoré vyvolajú u žiakov kognitívne konflikty. Prispôsobenie výučby na základe porozumenia žiackych myšlienok je obzvlášť dôležité v prírodovedných disciplínach (Witzig et al., 2013; Suryanti et al., 2018). Organizácia výučby by taktiež nemala zabúdať na odhalovanie „obranných opatrení“ žiakov, ktoré im bránia v prijatí nového konceptu (Posner et al., 1982). Čím viac bude žiak nespokojný s jeho aktuálnym konceptom, tým pravdepodobnejšie môže dôjsť k nahradeniu jeho aktuálneho konceptu novým konceptom (Posner et al., 1982; Duit & Treagust, 2003).

Jedným zo spôsobov, ktorý je využívaný na štrukturáciu učebného prostredia, ktoré podporuje aktívne učenie, zmysluplné vyučovanie a umožňuje študentom revidovať miskoncepty a konštruovať nové – správne porozumenie, je Model didaktickej rekonštrukcie (*The Model of Educational Reconstruction*; Kattmann et al., 1997; Jelemenská et al., 2003; Van Dijk & Kattmann, 2007; Kattmann, 2009; Duit et al., 2012; Slavík et al., 2007). Tento model je založený práve na Teórii konceptuálnej zmeny a poskytuje pedagogický rámec pre dosiahnutie konceptuálnej zmeny u študentov. Kladie dôraz na vytváranie učebných materiálov a aktivít, ktoré sú zamerané na podporu konceptuálnej zmeny. Prekoncepty žiakov nie sú v danom modeli chápané ako prekážky, ale ako predpoklady pre učenie, ktoré vychádzajú z každodenných skúseností žiakov. Prekonceptom je potrebné najskôr porozumieť, aby bolo následne možné na ne nadviazať. Zatial čo transformácia obsahu je zameraná na prechody (transformačné prechody) obsahu medzi objektívou – intersubjektívou – subjektívou realitou, v ktorých musí byť zachovaný význam a zmysel obsahu, rekonštrukcia následne znamená daný obsah rekonštruovať tak, aby bol prínosný pre kvalitu učebného prostredia. Transformácia obsahu nesie svoj pôvod v kontexte transmisívnej výučby a rekonštrukcia obsahu v konštruktivistickom poňatí výučby (Slavík et al., 2017).

Model teda v sebe zahŕňa tri dôležité oblasti a) výskum žiackych predstáv (*empirical study of students' pre-scientific conceptions*); b) objasnenie oborového obsahu (*clarification of science subject matter*); c) štrukturáciu učebného prostredia (*design and evaluation of learning environment*) (Kattmann et al., 1997; Kattmann, 2009; Duit et al., 2012). Výskum žiackych predstáv v sebe zahŕňa štúdium žiackeho pred-

inštruktážneho porozumenia (prekoncepty, prípadne miskoncepty), kedy je potrebné porozumieť chápaniu žiakov, ktoré je využívané v procese učenia (Duit et al., 2012; Jáč et al., 2019). Objasnenie oborových predstáv zdôrazňuje kľúčové oborové poznatky (vedecký obsah) v snahe rekonštruovať obsah príslušného vedného obooru, ktorý je potrebný elementarizovať pre potreby školskej praxe (Kattmann et al., 1997; Kattmann, 2009; Duit et al., 2012; Jáč et al., 2019). Štrukturácia učebného prostredia tvorí výsledok objasnenia žiackych a oborových predstáv. Obsah je teda rekonštruuovaný pre potrebu školskej výučby. Výučba, ktorá je založená na modely didaktickej rekonštrukcie, by tak mala smerovať k rekonštrukcii žiackych predstáv (*conceptual reconstruction*) (Kattmann et al., 1997; Kattmann, 2009; Duit et al., 2012; Jáč et al., 2019).

Dôležitým aspektom modelu je jeho rekurzívny charakter, kedy sa všetky tri oblasti navzájom podmieňujú a podporujú. Prácu so žiackymi predstavami môžu ovplyvniť výskumy oborových predstáv a znalosti žiackych predstáv môžu ovplyvniť pochopenie oborových obsahov (Kattmann, 2009; Jáč et al., 2019). Dieťa si na základe svojich skúseností, rozumových schopností a možností vytvára predstavu, ktorá vychádza zo spojenia viacerých prekonceptov. V priebehu výučby žiacke prekoncepty prichádzajú do kontaktu s novými informáciami a ideami a pod ich vplyvom prichádza k ich modifikácií. Ak informácie o danej problematike dávajú zmysel, môže to dieťaťu taktiež pomáhať pri riešení úloh (Posner et al., 1982; Haverlíková, 2013). Pre žiakov je však dôležité aj ak ich prekoncepty sú funkčné a využiteľné v praxi (Ozgur, 2013). Žiak postupne získava nové informácie a poznatky, ktoré sú pokročilejšie než jeho pôvodné prekoncepty. Postupne sa od týchto prekonceptov upúšťa a nahradzuje ich vo svojich vedomostných štruktúrach vedeckými konceptmi (Held et al., 2011). Tento prístup preklenuje priečasť medzi predchádzajúcimi vedomosťami študentov a vedeckými koncepciami a podporuje novú generáciu informovaných a inovatívnych myslí v tejto dynamickej oblasti.

## 8 Záver

Prehľadová štúdia poskytuje komplexné hodnotenie výskumu primárnych vedomostí respondentov o biotehnológiách (VO1). Vzhľadom na súčasnú kontroverznosť témy biotehnológie je nevyhnutné pristupovať k informáciám kriticky a zvažovať ich pravdivosť, najmä s ohľadom na rôzne médiá. Na kritické myšlenie, diskusiu a vytvorenie vlastného názoru je nevyhnutné mať dostatočné vedomosti o danej téme. Etické a morálne aspekty biotehnológií, ako napríklad genetické inžinierstvo, sú v tejto oblasti podstatou premennou. Preto sa väčšina skúmaných výskumov zameriava na kombináciu vedomostí a postojov respondentov. Problematická oblasť biotehnológií sa dotýka všetkých úrovní spoločnosti a vyžaduje si pozornosť nielen na základných, stredných a vysokých školách, ale aj u učiteľov (VO2). Najčastejšou metódou zberu údajov je použitie samostatného výskumného nástroja vo forme testu alebo v kombinácii s rozhovorom (VO3). Výsledky štvrtnej výskumnej otázky (VO4) ukazujú, že respondenti majú vo všeobecnosti nedostatočné vedomosti o biotehnológiách. Často chýba komplexné pochopenie problematiky, čo otvára priestor pre ďalší výskum a prácu na zlepšenie pochopenia problematiky, najmä v kontexte podpory konštruktívnej diskusie. Nedostatok vedomostí a pochopenia v oblasti genetického inžinierstva sa odráža aj v nedostatočnej schopnosti obhájiť vlastný postoj k tejto téme. Obmedzenia a odporúčania (VO5), ktoré vyplynuli z uskutočneného výskumu, sa zameriavajú najmä na začlenenie témy biotehnológií do národných učebných osnov, zabezpečenie ďalšieho vzdelávania pedagógov a zvýšenie informovanosti o tejto problematike v triedach. Učitelia musia vypracovať stratégie na odstránenie nesprávnych predstáv a mylných názorov žiakov a študentov. Je nevyhnutné pochopiť ich názory a pracovať s týmito poznatkami. Identifikovaním prekážok v mysliach žiakov a študentov môžeme vytvoriť cielené a účinné vyučovacie stratégie, ktoré podporia proces koncepciuálnej zmeny.

## Poděkovanie

Poděkování patří RNDr. Martinovi Jáčovi, Ph.D., za podporu a poskytnuté rady počas výskumu a spracování rukopisu.

## Podpora výskumu

Výskum je podporený z Grantového fondu dekana Pedagogickej fakulty Univerzity Palackého v Olomouci pod číslom GFD\_PdF\_2023\_06.

## Literatúra

- Acarli, D. S. (2016). Determining prospective biology teachers' cognitive structure in terms of "Biotechnology". *Journal of Baltic Science Education*, 15(4), 494–505. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.494>
- Alanazi, F. H. (2021). Saudi students' and science teachers' knowledge of and attitudes towards biotechnology. *Journal of Biological Education*, 57(1), 196–213. <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1884584>
- Anderton, B. N., & Ronald, P. C. (2018). Hybrid thematic analysis reveals themes for assessing student understanding of biotechnology. *Journal of Biological Education*, 52(3), 271–282. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1338599>
- Atmojo, I. R. W., Sajidan, S., Sunarno, W., Ashadi, A., & Nugraha, D. A. (2018). The profiles of pre-service elementary teachers (PETs) in biotechnology using RCB. In D. Suparmi & D. A. Nugraha (Eds.), *International Conference on Science and Applied Science, 2014*(1). <https://doi.org/10.1063/1.5054467>
- Bal, Ş., Samancı, N. K., & Bozkurt, O. (2007). University students' knowledge and attitude about genetic engineering. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(2), 119–126. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75383>
- Bigler, A. M., & Hanegan, N. L. (2011). Student content knowledge increases after participation in a hands-on biotechnology intervention. *J Sci Educ Technol*, 20, 246–257. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9250-7>
- Casanoves, M., González, Á., Salvadó, Z., Haro, J., & Novo, M. (2015). Knowledge and attitudes towards biotechnology of elementary education preservice teachers: the first Spanish experience. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2923–2941. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1116718>
- Cavanagh, H., Hood, J., & Wilkinson, J. (2005). Riverina high school students views of biotechnology. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(2), 1–7.
- Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2012). *Biotechnology*. Elsevier.
- Clement, J., Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11(5), 554–565. <https://doi.org/10.1080/0950069890110507>
- Črne-Hladnik, H., Hladnik, A., Javornik, B., Košmelj, K., & Peklaj, C. (2012). Is judgement of biotechnological ethical aspects related to high school students' knowledge? *International Journal of Science Education*, 34(8), 1277–1296. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.572264>
- Dawson, V. (2007). An exploration of high school (12–17 year old) students' understandings of, and attitudes towards biotechnology processes. *Research in Science Education*, 37(1), 59–73. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9016-7>
- Dawson, V., & Schibeci, R. (2003). Western Australian school students' understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 25(1), 57–69. <https://doi.org/10.1080/09500690210126720>
- Dawson, V., & Soames, C. (2006). The effect of biotechnology education on Australian high school students' understandings and attitudes about biotechnology processes. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 183–198. <https://doi.org/10.1080/02635140600811569>
- Drobník, J. (2008). *Biotechnologie a společnost*. Karolinum.
- Duda, H. J., Wahyuni, F. R. E., & Setyawan, A. E. (2020a). Misconception of the biology education students on the concepts of fermentation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4), p. 042006. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042006>
- Duda, H. J., Wahyuni, F., & Setyawan, A. E. (2020b). Plant biotechnology: Studying the misconception of biology education students. In B. Purnama (Ed.), *International Conference on Science and Applied Science, 2296*(1). <https://doi.org/10.1063/5.0030449>
- Duda, H. J., Wibowo, D. C., Wahyuni, F. R. E., Setyawan, A. E., & Subekti, M. R. (2021). Examines the misconceptions of students biology education: health biotechnology. *Pedagogika*, 142(2), 182–199. <https://doi.org/10.15823/p.2021.142.10>
- Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction — A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science education research and practice in Europe* (pp. 13–37). SensePublishers. [https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2)
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Erdogán, M., Öznel, M., BouJaoude, S., Lamanauskas, V., Uşak, M., & Prokop, P. (2012). Assessment of preservice teachers' knowledge and attitudes regarding biotechnology: Across-cultural comparison. *Journal of Baltic Science Education*, 11(1), 78–93. <https://doi.org/10.33225/jbse/12.11.78>

- Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012a). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 368–381.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.11.007>
- Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012b). Multidimensional analysis of high-school students' perceptions about biotechnology. *Journal of Biological Education*, 46(3), 129–139.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2011.634019>
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 988–1008. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a>
- Harms, U. (2002). Biotechnology education in schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5(3), 5–6.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/34/5/304>
- Haverlíková, V. (2013). *Alternatívne predstavy žiakov vo fyzikálnom poznávaní*. FMFI UK.
- Held, L., Žoldošová, K., Orolínová, M., Juricová, I., & Kotuláková, K. (2011). *Výskumne ladená koncepcia príroovedného vzdelávania (IBSE v slovenskom kontexte)*. Typi Universitatis Tyrnaviensis.
- Hewson, P. W. (1992). Conceptual change in science teaching and teacher education [Paper presentation]. Research and Curriculum Development in Science Teaching, under the auspices of the National Center for Educational Research, Documentation, and Assessment, Ministry for Education and Science, Madrid, Spain.  
[https://www.researchgate.net/publication/253300170\\_Conceptual\\_change\\_in\\_science\\_teaching\\_and\\_teacher\\_education](https://www.researchgate.net/publication/253300170_Conceptual_change_in_science_teaching_and_teacher_education)
- Chi, M. T., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction*, 4(1), 27–43. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90017-5)
- Jáč, M., Kopecká, J., Morris, M., & Vránová, O. (2019). *Didaktické kazuistiky výuky prírodopisu a biologie*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Janík, T. (2009). Obecná didaktika. In J. Průcha et al., *Pedagogická encyklopédie* (pp. 169–183). Portál.
- Jelemenská, P., Sander, E., & Kattmann, U. (2003). Model didaktickej rekonštrukcie: Impulz pre výskum v odborových didaktikách. *Pedagogika*, 53(2), 190–201.
- Jiménez-Salas, Z., Campos-Góngora, E., González-Martínez, B. E., Tijerina-Sáenz, A., Escamilla-Méndez, A. D., & Ramírez-López, E. (2017). Basic-education mexican teachers' knowledge of biotechnology and attitudes about the consumption of genetically modified foods. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(5), 396–402.  
<https://doi.org/10.1002/bmb.21058>
- Kattmann, U. (2009). Didaktická rekonstrukce: učitelské vzdělávání a reflexe výuky. In T. Janík et al., *Možnosti rozvíjení didaktických znalostí obsahu u budoucích učitelů* (pp. 17–32). Paido.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kidman, G. (2010). What is an 'interesting curriculum' for biotechnology education? Students and teachers opposing views. *Research in Science Education*, 40, 353–373. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9125-1>
- Kireš, M., Ješková, Z., Ganajová, M., & Kimáková, K. (2016). *Bádateľské aktivity v priroovednom vzdelávaní. Časť B*. Štátnej pedagogický ústav.
- Kooffreh, M. E., Ikpeme, E. V., & Mgbado, T. I. (2021). Knowledge, perception, and interest regarding biotechnology among secondary school students in Calabar, Cross River State, Nigeria. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 49(4), 664–668. <https://doi.org/10.1002/bmb.21507>
- Lamanauskas, V., & Makarskaitė-Petkevičienė, R. (2008). Lithuanian university students' knowledge of biotechnology and their attitudes to the taught subject. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(3), 269–277. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75349>
- Lopez, R. C., & Carrau, J. G. (2002). *The GMO Regulation in the EU and the Commercial Conflict with the United States* [Paper presentation]. EAAE Congress 'Exploring Diversity in the European Agri-Food System', Zaragoza, Spain.
- Maes, J., Bourgonjon, J., Gheysen, G., & Valcke, M. (2018). Variables affecting secondary school students' willingness to eat genetically modified food crops. *Research in Science education*, 48(3), 597–618.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9580-4>
- Mandíková, D., & Trna, J. (2011). *Žákovské prekoncepty ve výuce fyziky*. Paido.
- Meerah, T. S. M., Harail, M. F. A., & Halim, L. (2012). Malaysian secondary school students' knowledge and attitudes towards biotechnology. *Journal of Baltic Science Education*, 11(2), 153–163.  
<https://doi.org/10.33225/jbse/12.11.153>

Mohapatra, A. K., Priyadarshini, D., & Biswas, A. (2010). Genetically modified food: Knowledge and attitude of teachers and students. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 489–497.

<https://doi.org/10.1007/s10956-010-9215-x>

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097.

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

Mollett, J., & Cameron, A. (2016). Making a case for epistemological access in biotechnology education in Southern Africa. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 20(3), 234–243. <https://doi.org/10.1080/18117295.2016.1222118>

Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional science*, 11, 183–200. <https://doi.org/10.1007/BF00414279>

Nakleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>

OECD (2012). *OECD Factbook 2013: Economic, Environmental and Social Statistics*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/factbook-2013-en>

Özel, M., Erdogan, M., Usak, M., & Prokop, P. (2009). High school students' knowledge and attitudes regarding biotechnology applications. *Kuram Ve Uygulamada Egitim Bilimleri*, 9(1), 321–328. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/high-school-students-knowledge-attitudes/docview/236990425/se-2>

Ozgur, S. (2013). The persistence of misconceptions about the human blood circulatory system among students in different grade levels. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(2), 255–268. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1008604.pdf>

Paš, M., Vogrinc, J., Raspor, P., Udrovč Kneževič, N., & Čehovin Zajc, J. (2019). Biotechnology learning in Slovenian upper-secondary education: Gaining knowledge and forming attitudes. *Research in Science & Technological Education*, 37(1), 110–125. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1491473>

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>

Prokop, P., Lešková, A., Kubiatko, M., & Diran, C. (2007). Slovakian students' knowledge of and attitudes toward biotechnology. *International Journal of Science Education*, 29(7), 895–907. <https://doi.org/10.1080/09500690600969830>

Samani, M. C., Amin, L., & Rezali, N. I. (2011). Using media to educate public on biotechnology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 2360–2364. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.108>

Slavík, J., Janík, T., Najvar, P., & Knecht, P. (2017). *Transdisciplinární didaktika: o učitelském sdílení znalostí a zvyšování kvality výuky napříč obory*. Masarykova univerzita.

Smith, C. A., Haynes, K. N., Lazarus, R. S., & Pope, L. K. (1993). Search of the “hot” cognitions: attributions, appraisals, and their relation to emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65(5), 916–929. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.65.5.916>

Sneider, C. I., & Ohadi, M. M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the earth's shape and gravity. *Science Education*, 82(2), 265–284. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199804\)82:2%3C265::AID-SCE8%3E3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199804)82:2%3C265::AID-SCE8%3E3.0.CO;2-C)

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231–240. <https://doi.org/10.1080/0140528820040302>

Suryanti, D., Sinaga, P., & Surakusumah, W. (2018). Improvement of students' environmental literacy by using integrated science teaching materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/306/1/012031>

Šorgo, A., & Ambrožič-Dolinšek, J. (2010). Knowledge of, attitudes toward, and acceptance of genetically modified organisms among prospective teachers of biology, home economics, and grade school in Slovenia. *Biochemistry and molecular biology education*, 38(3), 141–150. <https://doi.org/10.1002/bmb.20377>

Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(23), 259–266.

Trowbridge, J. E., & Wandersee, J. H. (1994). Identifying critical junctures in learning in a college course on evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 459–473. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310504>

Usak, M., Erdogan, M., Prokop, P., & Ozel, M. (2009). High school and university students' knowledge and attitudes regarding biotechnology: A Turkish experience. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 37(2), 123–130. <https://doi.org/10.1002/bmb.20267>

Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885–897. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.05.002>

Van Lieshout, E., & Dawson, V. (2016). Knowledge of, and attitudes towards health-related biotechnology applications amongst Australian year 10 high school students. *Journal of Biological Education*, 50(3), 329–344. <https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1117511>

Veličković, V., Jović, M., Nalić, E., Višnjić, A., Radulović, O., Šagrić, Č., & Ćirić, M. (2015). Knowledge, attitudes toward, and acceptability of genetic modification among Western Balkan University students of life sciences (AGREE Study). *Journal of the American college of Nutrition*, 35(2), 150–162. <https://doi.org/10.1080/07315724.2014.1003115>

Vlčková, J., Kubiatko, M., & Usak, M. (2016). Czech high school students' misconceptions about basic genetic concepts: Preliminary results. *Journal of Baltic Science Education*, 15(6), 738–746. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.738>

Walker, J. T. (2021). Middle school student knowledge of and attitudes toward synthetic biology. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 791–802. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09919-y>

Welser, J. R. (1991). An industrial perspective on biotechnology issues. *Food Technology*, 45(4), 102–109.

Wisch, J. K., Farrell, E., Siegel, M., & Freyermuth, S. (2018). Misconceptions and persistence: Resources for targeting student alternative conceptions in biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 46(6), 602–611. <https://doi.org/10.1002/bmb.21176>

Witzig, S. B., Freyermuth, S. K., Siegel, M. A., Izci, K., & Pires, J. C. (2013). Is DNA alive? A study of conceptual change through targeted instruction. *Research in Science Education*, 43(4), 1361–1375. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9311-4>

Witzig, S. B., Rebello, C. M., Siegel, M. A., Freyermuth, S. K., Izci, K., & McClure, B. (2014). Building the BIKE: Development and testing of the biotechnology instrument for knowledge elicitation (BIKE). *Research in Science Education*, 44, 675–698. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9398-x>

## Príloha 1

Súpis analyzovaných výskumov v programe MS Excel vzhľadom na prvé 3 výskumne otázky prehľadovej štúdie. Boli sledované ciele výskumov primárne zaoberajúce sa znalosťami, ktoré sú najčastejšie spájané s postojovou zložkou respondentov; respondenti a využité metódy. V prvom stĺpci tabuľky je vypísaná oblasť v ktorej boli výskumy realizované.



# The power of inquiry-based chemical change lesson in under-resourced classrooms: Perspectives of grade 10 learners

Nkosinathi Willy Nkosi<sup>1</sup>,  Abraham Motlhabane<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> University of South Africa, Department of Science and Technology Education, Preller Street, Muckleneuk Ridge, UNISA Pretoria 0003; motlhat@unisa.ac.za

This qualitative study delves into the learner experience of inquiry-based lessons, uncovering the perceptions and insights of learners engaged in this pedagogical approach. Through focus group interviews, we gathered rich data that reveals a transformative learning environment characterized by active engagement, collaborative discourse, and autonomy. Learners embraced the opportunity to explore concepts independently, seeking clarification from peers and cultivating a deeper understanding of the subject matter. Notably, despite feeling unsupported by their teachers, learners perceived the limited teacher involvement as a liberating force, fostering independence and encouraging more extensive reading and peer discussion. Our findings resonate with existing research, underscoring the efficacy of inquiry-based learning in promoting learner-centeredness, critical thinking, and conceptual understanding. The study's outcomes have significant implications for science education, highlighting the need for a paradigmatic shift from traditional teacher-centric approaches to learner-centered inquiry-based methods that empower students to take ownership of their learning.

**Key words:**  
inquiry-based lesson,  
perspectives, chemical  
change.

Received 7/2024

Revised 11/2024

Accepted 12/2024

## 1 Introduction

The struggles learners face in grasping the concept of chemical change can be attributed to the prevalent teaching approaches employed in Physical Sciences classrooms. Despite the established benefits of inquiry-based teaching and learning in Science, research suggests that most teachers still rely on traditional lecture methods, characterized by teacher-centric instruction and limited learner engagement (Mamombe et al., 2020; Penn et al., 2021). This disconnect between recommended and actual teaching practices highlights the need to investigate learners' perceptions of inquiry teaching, particularly in chemical change, where inquiry-based approaches are emphasized in the curriculum but often overlooked in practice (Penn et al., 2021). By exploring learners' perspectives, we can better understand the barriers and facilitators to effective teaching and learning in Science, ultimately informing strategies to enhance learner understanding and engagement.

Recent studies have investigated the complex interplay between teachers' beliefs, instructional approaches, and student outcomes in science education. For instance, Li et al. (2024) explored the relationship between science teachers' beliefs about inquiry-based teaching and their students' development of science process skills. Meanwhile, Safkolam, Madahae, and Saleah (2024) examined the impact of inquiry-based learning activities on science student teachers' understanding of the nature of science. Furthermore, Achurra, Uskola, and Zamalloa (2024) investigated pre-service teachers' perceptions of their preparedness to implement science as inquiry in their future teaching practices. These studies contribute to a deeper understanding of the multifaceted factors influencing science education. Gyllenpalm et al. (2021) conducted a seminal study examining students' understanding of scientific inquiry and the potential impact of school science on this knowledge. Their findings revealed a concerning trend, wherein many students in both grade levels demonstrated a lack of informed understanding of key aspects of scientific inquiry. In a related investigation, Kersting et al. (2023) developed and employed a rigorous observation manual to systematically analyze video data of instructional practices in 20 Norwegian science classrooms across primary and lower-secondary school levels. Notably, their findings suggest that inquiry-based teaching approaches not only afford students greater autonomy in decision-making but also enhance the quality of student participation in the classroom, thereby underscoring the importance of pedagogical strategies that foster student agency and engagement in science learning. Lu and So (2023) explored the intersection between English Medium Instruction (EMI) and scientific inquiry, scrutinizing science teachers' cognitive and affective responses to implementing inquiry-based science activities in EMI classrooms. Their study revealed that teachers encountered a unique set of challenges in EMI contexts, including the tension between passive language acquisition and the reciprocal learning of scientific inquiry and language, as well as the pedagogical dilemma posed by the incongruity between inquiry-based science teaching and the linguistic demands of EMI. These findings underscore the complexities inherent in integrating scientific inquiry and language learning in EMI settings. A recent South African study by Siphukhanyo and Olawale

(2024) investigated the experiences of life sciences teachers and learners on the usage of enquiry-based learning in enhancing learners' academic performance.

Notwithstanding the abundance of research on inquiry-based teaching, there is a significant scarcity of studies investigating the perceptions of Grade 10 chemical change learners in South Africa. Inquiry-based studies have primarily employed quantitative approaches to examine the impact or effect of inquiry-based activities. There is a need for qualitative research that explores the perceptions and experiences of Grade 10 chemical change learners in South Africa to gain a deeper understanding of their needs and preferences in the context of inquiry-based teaching. Studies have consistently shown that inquiry-based teaching and learning approaches improve learners' conceptual understanding and performance in Physical Sciences (Mamombe et al., 2020; Penn et al., 2021). Therefore, the research question for this study is: What are the learners' perspectives on the effectiveness of inquiry-based teaching in enhancing their understanding of the concept of chemical change?

## 2 Conceptual Framework and Literature Review

The concept of inquiry-based learning has its roots in the seminal work of Gagne (1963), who advocated for a science education approach centered on three core objectives: cultivating attitudes, methods, and understanding of inquiry. According to Gagne, learners should develop the capacity to investigate scientific phenomena in a manner akin to professional scientists. This entails acquiring essential skills, including, observing and inferring, predicting and classifying, interpreting data and hypothesizing, and experimenting. Gagne (1963) emphasized that mastering these capabilities is crucial for learners to comprehend scientific concepts genuinely. Building on Gagne's (1963) ideas, Schwab (1966) argues that science education should replicate the scientific process. To achieve this, Schwab stresses the importance of incorporating science laboratories into teaching practices, thereby promoting inquiry-based learning. This approach becomes a recurring theme in Gagne's (1963) works. The study centers around the concept of inquiry as a guiding conceptual framework. Research suggests that science teachers often hesitate to implement inquiry-based strategies due to perceived difficulties in execution (Nicol et al., 2020). Teachers (Ong et al., 2021) tend to view inquiry-based approaches as ambiguous and poorly defined. The concept of inquiry has been defined and redefined by various researchers, often aligned with the specific objectives of their studies. Literature has generally conceptualized inquiry as a learner-centered approach, where learners engage in exploration, questioning, discovery, and experimentation to develop a deeper understanding of a topic. Penn et al. (2021) define inquiry as an active learning approach where students tackle challenging problems, gather evidence, and develop an understanding of core concepts and learning strategies. Kazeni and Mkhwanazi (2021) describe inquiry as a teaching method that enables students to investigate, build knowledge, and understand the world around them while developing essential scientific skills such as questioning, data gathering, and evidence-based conclusion drawing. Notably, the 1996 National Sciences Education Standards (NSES) provide a foundational definition of inquiry, widely referenced in the research community, which encompasses a multifaceted process involving observation, questioning, investigation, critical thinking, and communication (National Research Council, 2000). This definition has served as a basis for subsequent interpretations and adaptations of the concept of inquiry.

Upon closer examination, the various definitions of inquiry reveal a common thread – a focus on learner activities. This convergence aligns with Jerrim, Oliver, and Sims' (2019) assertion that inquiry aims to empower learners with knowledge through engagement in scientific activities rather than merely receiving information from teachers. In an inquiry-oriented science classroom, learners take center stage, conducting investigations, performing experiments, asking questions, and making observations to solve problems, thereby enhancing their critical thinking skills and deepening their understanding of science concepts (Gyampon et al., 2020). Susilawati et al. (2020) echo this sentiment, highlighting the need for learner-centeredness in inquiry-based science education, where learners independently seek knowledge and utilize their thoughts and experiences to address problems in the classroom and beyond. The National Sciences Education Standards (NSES) distil the essence of inquiry into learner activities, including engagement with scientifically based questions, evidence-based explanations, formulation of explanations, connection to scientific knowledge, and presentation and support of explanations (National Research Council, 2000). These activities encapsulate the learner-centered nature of inquiry, emphasizing the agency and autonomy of learners in the learning process.

The reviewed literature reveals a paradigm shift in the roles of teachers in inquiry-based learning, diverging from traditional classroom dynamics. The definitions of inquiry emphasize the learner's role, signaling a departure from rote teaching methods. There are generally critiques of traditional methods for prioritizing teacher-centric approaches over learner engagement. In contrast, inquiry-based learning

repositions the teacher as a facilitator, challenging learners to think critically, analyze, and experiment. This facilitator role aims to empower learners to construct their knowledge, adopting a scientist-like mindset. Effective facilitation involves scaffolding, motivation, and judicious intervention to maintain learner interest and autonomy.

Liu and Wang (2022) investigated the nexus between inquiry-based learning and science self-efficacy, revealing a statistically significant positive correlation between the two variables. Notably, their findings suggest that science interest plays a mediating role, partially explaining the relationship between inquiry-based learning and science self-efficacy. This study provides empirical evidence that inquiry-based learning not only enhances science self-efficacy but also fosters science interest, which in turn reinforces self-efficacy beliefs. The findings have implications for the design of science learning environments that aim to promote students' self-efficacy and interest in science.

Jerrim et al. (2019) identify two crucial dimensions that underpin inquiry-based learning: the range of classroom activities engaging learners and the degree of teacher involvement. This framework gives rise to four distinct inquiry types, which teachers can deliberately choose from to align with their lesson's specific aims and objectives (Banchi & Bell, 2008). By acknowledging and adapting to these variations, educators can harness the full potential of inquiry-based learning, fostering a dynamic and effective science education environment. Therefore, confirmatory inquiry, structured inquiry, guided inquiry and open inquiry are critical, as discussed in the following paragraph.

Firstly, confirmation inquiry, the most basic form of inquiry, serves as an introductory approach to acquaint learners with investigation skills and the inquiry method, particularly suited for reinforcing previously taught topics (Banchi & Bell, 2008). Toma (2022) characterizes this type of inquiry as logically positivist, as it relies heavily on teacher demonstration and provision of information. However, Jerrim et al. (2019) critique confirmation inquiry for lacking authentic inquiry elements, as learners are provided with predetermined research questions, objectives, and outcomes, limiting their agency and critical thinking. The primary concern lies in the excessive teacher involvement and limited learner engagement. In confirmation inquiry, the teacher formulates research questions, guides the investigation process, and provides the conclusions, leaving learners with minimal challenging activities (Toma, 2022). While this approach contradicts the fundamental principles of inquiry (Jerrim et al., 2019), Toma (2022) argues that confirmation inquiry remains a valuable improvement over traditional rote teaching methods despite its limitations.

Secondly, confirmation and structured inquiry represent the foundational levels of inquiry-based learning, characterized by a more pronounced teacher role in the learning process. These lower levels of inquiry are distinguished by the extent of teacher involvement, with the teacher providing scaffolding and guidance throughout (Banchi & Bell, 2008). While both types share similarities, structured inquiry exhibits a subtle shift towards learner autonomy, as students are tasked with generating their own explanations from data they have collected (Banchi & Bell, 2008). A notable trend emerges from confirmation to structured inquiry, where teacher responsibilities decrease as learner responsibilities increase. According to Toma (2022), structured inquiry serves as a crucial stepping stone, equipping learners with fundamental scientific skills like investigation and data gathering, which are essential for tackling more complex inquiries in higher-level inquiry approaches.

Thirdly, guided inquiry involves teachers providing research questions, which learners then investigate to gather evidence for conclusions. Banchi and Bell (2008) concur, noting that teachers' roles are limited to providing research questions, while learners assume responsibility for setting up investigations, conducting experiments, and drawing conclusions. This model exhibits a further reduction in teacher involvement and a corresponding increase in learner autonomy. In contrast to structured inquiry, guided inquiry engages learners more extensively in the learning process, fostering scientific skills like experiment design and execution (Banchi & Bell, 2008). This approach aims to guide learners through the inquiry process, channeling them towards evidence-based learning. While Jerrim et al. (2019) acknowledge potential benefits, such as preventing learner overwhelm, they question whether guided inquiry aligns with the fundamental principles of inquiry, which emphasize learner agency, knowledge construction, and scientific problem-solving through investigations. This debate surrounding guided inquiry's authenticity as an inquiry approach warrants further investigation, a topic beyond the current scope.

Lastly, open inquiry represents the pinnacle of inquiry-based learning, where learners assume complete ownership of their scientific exploration (Toma, 2022). In this autonomous approach, learners formulate research questions, design experiments, collect evidence, and present findings, with teachers providing minimal assistance (Banchi & Bell, 2008). While literature acknowledges that initial learner resistance, proper orientation can lead to productive engagement and deep understanding. Jerrim et al.'s (2019) study supports this, showing that guided inquiry improves assessment performance. The literature highlights the crucial role of teacher involvement in preventing learner overwhelm and ensuring effective inquiry (Jerrim et al., 2019). Teachers must strategically select appropriate inquiry forms and learning cycle

models, comprising connected phases that break down the complex scientific process, to maximize learner support and emphasize key scientific inquiry features (Mupira & Ramnarain, 2018).

Research highlights the challenges teachers face in implementing inquiry-based approaches in their science lessons despite curriculum recommendations. In South Africa, studies by Mamombe et al. (2020), Mupira and Ramnarain (2018), and Penn et al. (2021) identify infrastructure limitations, inadequate resources, poor teacher training, and lack of support as significant obstacles to implementing inquiry-based teaching and learning (IBTL) in science classrooms. These findings underscore the need for systemic support and resources to effectively empower teachers to implement inquiry-based approaches in science education.

### 3 Methodology

This study recruited Grade 10 Physical Science learners from four South African high schools as research participants. These learners were from under-resourced educational environments, marked by constraints in material and human resources, which can potentially impact the quality of science education and learner outcomes. The study employed a guided inquiry approach, where learners participated in hands-on and minds-on activities, including group discussions, observations, experiments, and result presentations. To gather in-depth insights, semi-structured focus group interviews were employed, leveraging the benefits of collective discussion and peer interaction (Creswell & Poth, 2016). As noted by Creswell and Poth (2016), focus groups facilitate the collection of rich qualitative data efficiently. The interviews followed a funnel structure, commencing with open-ended questions to stimulate participants' thoughts and encourage honest responses (McMillan & Schumacher, 2010). The primary objective of these interviews was to explore learners' perceptions of their learning experiences with inquiry-based chemical change lessons. Interviews (Creswell & Poth, 2016) constituted a vital methodological tool for collecting rich qualitative data. While often maligned as time-consuming and analytically challenging, interviews offered a unique epistemological advantage, providing unparalleled data validity since they emanated directly from the participants' own voices.

A purposive sampling strategy was employed to select eight learners from each class, constituting four focus groups. This yielded a total of 32 learners participating in the focus group interviews. The interview protocol was informed by the perceptual indicators with additional questions incorporated to explore learners' cohesiveness, cooperation, teacher support, confidence in the topic, and knowledge gain. Each interview session lasted approximately 60 minutes, allowing participants ample time to share their experiences without feeling rushed. This deliberate allocation of time implies that generous time allocation in qualitative data collection enhances the credibility and validity of the study (Creswell & Poth, 2016). Furthermore, all interviews were audio recorded, with participants' informed consent obtained before recording (McMillan & Schumacher, 2010).

A qualitative content analysis was employed to analyze the interview data to uncover learners' perceptions of their learning experiences with chemical change under inquiry-based pedagogy. The audio recordings were transcribed verbatim, and the resulting data was subjected to a rigorous coding process guided by both priori and emergent themes. Coding (McMillan & Schumacher, 2010) was systematic, and it involved the careful reading and division of data into meaningful analytical units, which were then labeled with symbols or descriptive terms. Following coding, the data was organized into logical units, which were then categorized into emergent themes. These facilitated a rich interpretation of the findings.

The transcribed data from the focus group interviews underwent thematic analysis guided by the five-step framework outlined by Clarke and Braun (2012). Initially, the researcher engaged in acquaintance and immersion, actively participating in the interviews to foster a deep understanding of the topic and elicit rich data from participants through clarifying questions, encouraging equal participation, and maintaining topical focus. Next, the researcher identified and coded themes, aligning them with the pre-defined indicators, including learners' confidence, teacher support, cohesiveness, and knowledge gain. Two additional themes emerged from the coded data: the practical nature of science and teaching style. The researchers then conducted a coding process, assigning codes to repeated and common words and phrases, ensuring comprehensive analysis and interpretation of the data. Further analysis and explanation revealed the two emerging themes, increasing the total to six. Finally, the researchers consolidated individual code interpretations, seeking common ground, providing explanations, and defining concepts, thus verifying the findings.

The identified codes were then linked to a priori themes, developed prior to data examination, drawing on existing literature and studies (McMillan & Schumacher, 2010). A priori themes served as a conceptual framework, facilitating the coding process and enabling the exploration of existing theories and expanded upon them. To avoid the limitations of confirmatory bias, the researcher remained open to emergent themes, allowing new insights to arise during the coding process. The qualitative data analysis was

subsequently separated, with initial analysis focused on pre-defined themes, followed by an examination of emergent themes, culminating in a comprehensive summary of the entire qualitative process.

**Table 1:** Themes and questions

Theme	Explanation	Questions Asked
Learners' Confidence	Self-confidence is a crucial aspect of effective learning, as learners with high self-confidence are more likely to develop their abilities and perform well academically	<ul style="list-style-type: none"> <li>Did you enjoy learning chemical change? Elaborate.</li> <li>Are you confident enough to share what you learned about chemical change? Elaborate.</li> </ul>
Teacher Support	Teacher support is essential for learner motivation and academic success. Effective teachers question, facilitate, provide feedback, and motivate learners during the learning process	<ul style="list-style-type: none"> <li>Was there a point during the chemical change lessons that you felt lost? How did you overcome this?</li> <li>Do you believe there was sufficient teacher assistance during the lessons? Explain.</li> </ul>
Learners' Cohesiveness/Cooperation	Learners must work effectively in groups and individually, engaging in collaborative learning and sharing responsibilities	<ul style="list-style-type: none"> <li>Did you play a role during group discussions in class? Elaborate.</li> <li>Were you actively participating in class during the chemical change lessons? If not, why?</li> </ul>

## 4 Results and Discussion

The findings of this study are interrogated through the lens of emergent themes, as delineated in Table 1, which serves as a conceptual framework for unpacking the complexities of the data, thereby facilitating a richer understanding of the phenomena under investigation.

The discussion of the themes unfolds in a logical and coherent sequence, beginning with the learners' confidence, which serves as the foundation for exploring the subsequent themes. Next, the crucial role of teacher support will be examined. Following this, the theme learners' cohesiveness/cooperation is discussed.

As the discussion progresses, two emerging themes will be revealed, which were not initially anticipated but emerged from the data analysis. Firstly, the practical nature of science will be explored, highlighting the significance of hands-on experiences in shaping learners' understanding and appreciation of scientific concepts. Finally, the theme of teaching style will be examined, revealing the profound impact that educators' approaches have on learners' engagement, motivation, and, ultimately, their learning outcomes.

### 4.1 Learners' Confidence

The group exhibited a prevailing sentiment of enthusiasm towards learning chemical change, with a particular emphasis on the experimental components of the lessons. One learner succinctly captured this sentiment, stating, "I enjoyed the lessons because the practicals clarified concepts that were unclear in our notes." This sentiment was echoed by the majority of learners, who found the experiments to be engaging and effective in facilitating connections between observed phenomena and theoretical concepts presented in their notes and textbooks. This aligns with the principles of inquiry learning, as articulated by Gyampon et al. (2020), who posit that an inquiry-orientated science classroom enables learners to assume an active role in their learning, engaging in investigations, experiments, questioning, and observation to resolve problems and thereby enhancing their critical thinking skills and understanding of scientific concepts. Thus, while learners were actively participating in practical activities, they were, in fact, engaging in inquiry learning, fostering a deeper understanding of chemical change.

The learners exhibited enthusiasm and eagerness to share their understanding of the concepts of chemical change and physical change, demonstrating a high level of confidence in their learning. This observation aligns with the findings of Mupira and Ramnarain (2018), who noted that learners in inquiry-based classrooms tend to exhibit self-confidence and motivation. While the learners generally demonstrated a good understanding of the concepts, correctly distinguishing between chemical and physical changes and explaining the processes involved, some learners still held misconceptions. For instance, one learner defined physical change as the formation of a physical product and chemical change as the formation of

invisible products. This definition reveals that, despite their confidence and enthusiasm, some learners still harbor misconceptions that require attention. The overconfidence of some learners may have contributed to their failure to accurately define and observe chemical and physical changes, as Gormally et al. (2009) found that learners with lower confidence during learning tend to achieve better outcomes, while those with high confidence often experience reduced outcomes due to a lack of attention to detail, leading to mistakes and misconceptions.

## 4.2 Teacher Support

A significant proportion of learners grappled with challenges related to balancing chemical equations, particularly when applying the laws of constant composition and conservation of mass. Initially, they struggled to comprehend how to balance equations using the law of conservation of mass. However, upon further inquiry, it emerged that most learners eventually overcame this hurdle through collaborative learning and group work. Despite acknowledging the importance of teacher support, learners felt that they did not receive sufficient guidance, as the teacher primarily provided textbook references and supplementary notes rather than hands-on assistance. Interestingly, one learner noted that the limited teacher assistance fostered autonomy and self-directed learning, stating, “Although we didn’t receive much help from our teacher, we worked independently in our groups and managed to arrive at correct answers, which was a valuable learning experience.” This sentiment highlights the potential benefits of learner-centered approaches and peer-to-peer learning in developing problem-solving skills and promoting academic resilience.

Love et al. (2015) argue that an inquiry-orientated classroom environment is characterized by learner-centeredness, where learners engage in meaningful activities that promote autonomy and agency. In such an environment, learners exhibit high levels of participation while the teacher assumes a facilitative role, providing introductory information and resources to support inquiry-based learning. The accounts of Love et al. (2015) suggest that the group was indeed engaged in inquiry-based learning, with the teacher acting as a facilitator and providing learners with the necessary resources to explore and discover concepts. However, some learners expressed a desire for more scaffolding, potentially due to their familiarity with traditional teaching methods and the challenges of adapting to a more autonomous learning approach. As one learner noted, “I think the lessons would be more interesting if the teacher provided more assistance rather than waiting for us to figure it out ourselves.” This sentiment resonates with the concerns raised by Khalaf and Zin (2018), who highlight the limitations of inquiry-based approaches in neglecting the finite capacity of individual learners’ working memory, potentially leading to reduced information retention. Building on the work of van Uum, Verhoeff, and Peeters (2016), inquiry-based science education emerges as a potent pedagogical approach that fosters engagement and motivation in science learning by empowering learners to design and conduct their own scientific inquiries. The study by Uum et al. (2016) demonstrates that teachers can effectively facilitate learners’ progression through the open inquiry process by explicitly addressing the interconnected domains of scientific knowledge, including conceptual, epistemic, social, and procedural aspects, in a phased and systematic manner. This finding underscores the importance of a structured and scaffolded approach to inquiry-based learning, highlighting the critical role of teacher guidance in promoting learners’ scientific literacy and cognitive development.

## 4.3 Learners’ Cohesiveness/Cooperation

Learners engaged in vibrant group discussions during the chemical change lessons, demonstrating active participation and enthusiasm. Learners voluntarily described their roles in the discussions, showcasing their agency and engagement. One learner proudly declared, “I was the curious one, always asking questions, discussing, and contributing suggestions!” Another learner highlighted their supportive role, stating, “I assisted my peers when they struggled to recall concepts.” Learners enthusiastically shared their roles, including group leaders, scribes, resourceful members, and researchers, indicating a high level of engagement. During these discussions, learners employed critical thinking skills, debating, discussing, and brainstorming together. Most learners reported being actively engaged in most lessons, posing clarity-seeking questions, participating in debates, and contributing during teacher feedback. One learner noted, “I was particularly active during practicals, as I eagerly anticipated the reaction outcomes.” Another learner appreciated the autonomy, stating, “The group discussions were interesting because the teacher didn’t interfere with our discussions.” This learner-centered approach fostered a collaborative learning environment, promoting learner autonomy and agency.

The learners’ sentiments indicate that they were actively engaged in their learning process, collaboratively seeking clarification and constructing understanding through peer-to-peer interactions. This aligns with the principles of inquiry-based learning, which emphasizes student-centered activities like group

discussions and reflections to foster meaningful and effective teaching and learning (Toma, 2022). Group discussions are a crucial component of science education, as they offer numerous benefits, including the opportunity for learners to articulate their understanding of a topic, receive feedback and validation from peers, and develop essential scientific skills and humanitarian values (Tanaka, 2007). The learners' ability to clearly articulate concepts related to chemical change and their willingness to share their understanding with peers during interviews suggest that they have greatly benefited from the group discussions, demonstrating the efficacy of this pedagogical approach in promoting deep learning and academic achievement.

As we delve deeper into the findings, two intriguing themes emerged from the data, warranting further exploration and discussion. Firstly, the practical nature of science comes to the forefront, highlighting the significance of experiential learning and hands-on activities in shaping learners' understanding and appreciation of scientific concepts. Closely tied to this, the theme of teaching style reveals itself, underscoring the profound impact that educators' approaches have on learners' engagement, motivation, and, ultimately, their learning outcomes. These two emerging themes offer valuable insights into the complex dynamics of science education, inviting us to reconsider the ways in which we teach and learn science.

#### 4.4 The Practical Nature of Science

The learners expressed enthusiasm for their lessons, citing the experiments and group discussions as key factors that contributed to their enjoyment of the lesson on chemical and physical changes. The learners perceived experiments as an integral component of their learning experience, eagerly anticipating the outcomes of the practical activities. This suggests that learners who engage in experiment-based science learning tend to be more engaged and motivated, actively participating in classroom activities. This finding is supported by Annisa and Rohaeti (2018), who discovered that learners taught science through experiments generally enjoy the hands-on experience and have positive reviews of the practical activities. In addition, the findings of this study resonate with the work of Sharpe and Abrahams (2019), who similarly found that students viewed practical work as a valuable and enjoyable aspect of science lessons. Specifically, both studies suggest that hands-on, inquiry-based activities are perceived by students as a positive and engaging way to learn science, fostering a deeper understanding of scientific concepts and promoting a more meaningful connection to the subject matter. This alignment reinforces the notion that practical work is a crucial element of effective science education, and its inclusion can profoundly impact students' attitudes and learning outcomes. This aligns with the principles of inquiry-based learning, which emphasizes experimental activities as a fundamental aspect of the learning process. Through this approach, learners are presented with research questions, guided in formulating hypotheses, encouraged to conduct experiments to test their hypotheses, and supported in conducting literature reviews to explain their findings.

#### 4.5 Teaching Style

The learners perceived their teacher's pedagogical approach as facilitative, allowing them autonomy to explore ideas and construct understanding through group discussions without interference. One learner appreciated the limited assistance, stating, "The less assistance we received from our teacher was beneficial, as we worked independently in our groups and arrived at correct answers despite minimal guidance." This suggests a learner-centered approach, where the teacher acts as a facilitator, providing support and resources while allowing learners to take ownership of their learning. Effective science learning requires a teacher who acts as an initiator and director, facilitating learner-centered inquiry (Donkoh & Amoakwah, 2024) and providing opportunities for independent exploration and problem-solving. The learners acknowledged receiving necessary resources, including printouts, notes, laboratory equipment, worksheets, and textbooks, at the beginning of lessons, which they utilized during activities. During classroom activities, the teacher observed and took notes while learners debated, brainstormed, and answered questions, as one learner described, "We were debating and brainstorming while answering worksheet questions, and the teacher moved around observing and taking notes without interrupting." The learners' accounts suggest the teacher perceived their role as a facilitator, providing scaffolding and resources while observing and addressing potential misconceptions.

In summary, the focus group interviews revealed that learners perceived their learning experience as promoting active engagement, fostering group discussions, and minimizing teacher intervention, ultimately leading to enhanced knowledge acquisition. These findings provide valuable insights into the learners' perspectives on their learning experiences, allowing for a direct connection to be made between their views and the teaching approach employed.

The learners were enthusiastic about their lessons, readily sharing their acquired knowledge with peers without hesitation. The current study's findings are consistent with the research conducted by

Arisujati and Suweken (2020), which demonstrated that students who received instruction through an inquiry-based learning model exhibited superior reasoning skills and higher self-esteem compared to their peers who received traditional instruction. Specifically, the inquiry learning model's emphasis on active exploration, critical thinking, and problem-solving appeared to foster a more profound impact on students' cognitive and affective development, leading to enhanced reasoning abilities and a more positive self-perception. This alignment suggests that inquiry-based learning has the potential to promote deeper learning outcomes and more positive student outcomes, reinforcing the value of this approach in educational settings. During group discussions, learners assumed various roles, relishing the opportunity to discover concepts independently and seeking clarification from peers when needed.

The findings of this study resonate with the research conducted by Hung and Wu (2023), who similarly found that inquiry-based methods empower learners, enabling them to take an active role in their learning journey. By embracing inquiry-based approaches, learners are encouraged to engage meaningfully in research, analysis, and classroom activities, fostering a sense of agency and autonomy in their learning process. This, in turn, leads to a more immersive and interactive learning experience, where learners are motivated to explore, investigate, and construct their own understanding of the subject matter. The alignment with Hung and Wu's discovery highlights the potential of inquiry-based learning to transform learners from passive recipients of information to active participants in the learning process, leading to a more engaging and effective educational experience.

Learners felt under-supported by their teachers but perceived the limited teacher involvement as liberating, fostering independence and encouraging more extensive reading and peer discussion to attain desired answers. The current study's findings harmonize with Antonio and Prudente's (2024) argument that inquiry-based approaches profoundly impact student learning, cultivating independent thinking, higher-order cognitive skills, and active engagement. In stark contrast, traditional teaching methods often focus on teacher-directed instruction and rote memorization, which can stifle students' autonomy, creativity, and critical thinking abilities. By adopting inquiry-based strategies, educators can shift the learning paradigm, empowering students to take ownership of their learning journey, explore complex concepts, and develop a deeper understanding of the subject matter. This alignment reinforces the notion that inquiry-based learning is a potent catalyst for fostering intellectual curiosity, creativity, and critical thinking, ultimately preparing students for success in an increasingly complex and interconnected world.

## 5 Limitations

This study has several limitations that should be acknowledged. The small sample size and single-method approach may limit the generalizability and depth of the findings. Additionally, the study's focus on learner perspectives, without fully exploring teacher experiences and challenges, provides an incomplete picture of inquiry-based learning. The study's contextual factors, such as the specific school environment and curriculum, may also impact the findings, making it difficult to apply them to other settings. Furthermore, the short-term focus and reliance on self-reported data may not capture the full complexity of learners' experiences and the long-term impact of inquiry-based learning. Finally, the study may not fully explore the challenges and difficulties learners faced during the process, potentially overlooking important aspects of the inquiry-based learning experience.

## 6 Conclusion

In conclusion, this study demonstrates the efficacy of inquiry-based learning in fostering a learner-centered environment that promotes active engagement, autonomy, and conceptual understanding in science education. By empowering learners to take ownership of their learning, inquiry-based approaches encourage critical thinking, problem-solving, and collaboration. The findings highlight the importance of shifting from traditional teacher-centered methods to learner-centered inquiry-based approaches, which can lead to deeper understanding and improved academic achievement.

The study's outcomes have implications for science education, emphasizing the need for teachers to adopt facilitative roles, providing scaffolding and support while allowing learners to explore and discover concepts independently. By embracing inquiry-based learning, educators can create dynamic learning environments that cultivate curious, creative, and critically thinking individuals equipped to succeed in an increasingly complex and rapidly changing world.

## References

- Achurra, A., Uskola, A., & Zamalloa, T. (2024). Future teachers' perceptions about their preparedness to teach science as inquiry. *Education Sciences*, 14(7), Article 700. <https://doi.org/10.3390/educsci14070700>

- Annisa, D., & Rohaeti, E. (2018). The effect of inquiry-based learning on students' understanding of the chemical equilibrium concept. In *AIP Conference Proceedings* 2021 (1). AIP Publishing.  
<https://doi.org/10.1063/1.5062823>
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2024). Effects of inquiry-based approaches on students' higher-order thinking skills in science: A meta-analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 251–281. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Arisujati, N. W., & Suweken, G. (2020). The influence of inquiry learning method aided by open ended worksheet towards quantitative reasoning and self-esteem. *Journal of Physics: Conference Series*, 1503(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1503/1/012009>
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.  
<https://www.jstor.org/stable/43174976>
- Clarke, V., & Braun, V. (2012). *Using thematic analysis: Qualitative research in psychology*. APA Books.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Donkoh, S., & Amoakwah, A. (2024). The use and challenges of learner-centered pedagogy: Basic school teachers' perspective. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(1), 66–71.  
<https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.1.774>
- Gagne, R. M. (1963). The learning requirements for inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(2), 144–153. <https://doi.org/10.1002/tea.3660010211>
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2), Article 16. <https://doi.org/10.20429/ijstotl.2009.030216>
- Gyampon, O. A., Aido, B., Nyagblbosmase, G. A., Kofi, M., & Amoako, S. K. (2020). Investigating the effect of 7E Learning Cycle Model of Inquiry-Based Instruction on students' achievement in Science. *Journal of Research and Method in Education*, 10(5), 39–44. <https://doi.org/10.9790/7388-1005013944>
- Gyllenpalm, J., Rundgren, C. J., Lederman, J., & Lederman, N. (2021). Views about scientific inquiry: A study of students' understanding of scientific inquiry in grade 7 and 12 in Sweden. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(2), 336–354. <https://doi.org/10.1080/00313831.2020.1869080>
- Hung, C. S., & Wu, H. K. (2023). High school science teachers' assessment literacy for inquiry-based science instruction. *International Journal of Science Education*, 46(7), 621–642.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2251657>
- Jerrim, J., Oliver, M., & Sims, S. (2019). The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England. *Learning and Instruction*, 61, 35–44.  
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101310>
- Kazeni, M., & Mkhwanazi, N. (2021). Life sciences teachers' understanding, perceptions and adoption of inquiry-based science education in selected South African high schools. *Education and New Developments*, 27–31. <https://doi.org/10.36315/2021end006>
- Kersting, M., Karlsen, S., Ødegaard, M., Olufsen, M., Kjærnsli, M., & Suhr Lunde, M. L. (2023). Studying the quality of inquiry-based teaching in science classrooms. A systematic video study of inquiry-based science teaching in primary and lower-secondary schools. *International Journal of Science Education*, 45(17), 1463–1484. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2213386>
- Khalaf, B. K., & Zin, Z. B. M. (2018). Traditional and inquiry-based learning pedagogy: A systematic critical review. *International Journal of Instruction*, 11(4), 545–564. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11434a>
- Li, X., Zhang, Y., Yu, F., Zhang, X., Zhao, X., & Pi, Z. (2024). Do science teachers' beliefs related to inquiry-based teaching affect students' science process skills? Evidence from a multilevel model analysis. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00089-y>
- Liu, Y., & Wang, J. (2022). The mediating–moderating model of inquiry-based learning and science self-efficacy: evidence from PISA 2015. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1096–1119.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2067364>
- Love, B., Hodge, A., Corritore, C., & Ernst, D. C. (2015). Inquiry-based learning and the flipped classroom model. *Primus*, 25(8), 745–762. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1046005>
- Lu, C., & So, W. W. M. (2023). Inquiry-based science teaching in English Medium Instruction science secondary classrooms: Teachers' understanding and perceptions. *Language and Education*, 38(3), 401–417.  
<https://doi.org/10.1080/09500782.2023.2221216>

Mamombe, C., Mathabathe, K. C., & Gaigher, E. (2020). The influence of an inquiry-based approach on grade four learners' understanding of the particulate nature of matter in the Gaseous Phase: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), em1812.  
<https://doi.org/10.29333/ejmste/110391>

McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in education: Evidence-based inquiry*. Pearson.

Mupira, P., & Ramnarain, U. (2018). The effect of inquiry-based learning on the achievement goal-orientation of grade 10 physical sciences learners at township schools in South Africa. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(6), 810–825. <https://doi.org/10.1002/tea.21440>

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Education Standards: A guide for teaching and learning*. The National Academies Press.

Nicol, C., Gakuba, E., & Habinshuti, G. (2020). An overview of learning cycles in science inquiry-based instruction. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 16(2), 76–81.  
<https://doi.org/10.4314/ajesms.v16i.2.5>

Ong, E. T., Govindasamy, D., Singh, C. K. S., Ibrahim, M. N., Wahab, N. A., Borhan, M. T., & Tho, S. W. (2021). The 5E inquiry learning model: Its effect on the learning of electricity among Malaysian students. *Cakrawala Pendidikan*, 40(1), 170–182. <https://doi.org/10.21831/cp.v40i1.33415>

Penn, M., Ramnarain, U., Kazen, M., Dhurumraj, L., Mavuru, L., & Ramaila, S. (2021). South African primary school learners' understanding about the nature of scientific inquiry. *Education*, 49, 263–274.  
<https://doi.org/10.1080/03004279.2020.1854956>

Safkolam, R., Madahae, S., & Saleah, P. (2024). The effects of inquiry-based learning activities to understand the nature of science of science student teachers. *International Journal of Instruction*, 17(1), 479–496.  
<https://doi.org/10.29333/iji.2024.17125a>

Schwab, J. (1966). *The teaching of science*. Harvard University Press.

Sharpe, R., & Abrahams, I. (2019). 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>

Siphukhanyo, L., & Olawale, B. E. (2024). Chronicling the experiences of life sciences teachers and learners on the usage of enquiry-based learning in enhancing learners' academic performance. *Journal of Culture and Values in Education*, 7(1), 19–36. <https://doi.org/10.46303/jcve.2024.2>

Susilawati, S., Doyan, A., Artayasa, P., Soeprianto, H., & Harjono, A. (2020). Analysis of validation development science learning tools using guided inquiry model assisted by real media to improve the understanding concepts and science process skills of students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(1), 41–44.  
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i1.473>

Tanaka, H. (2007). Discussion-oriented teaching methods and examples: discussion-oriented lessons for improving students' expressive skills. In M. Isoda, M. Stephens, Y. Ohara & T. Miyakawa (Eds.), *Japanese Lesson Study in mathematics: Its impact, diversity and potential for educational improvement* (pp. 102–111). World Scientific. [https://doi.org/10.1142/9789812707475\\_0019](https://doi.org/10.1142/9789812707475_0019)

Toma, R. B. (2022). Confirmation and structured inquiry teaching: Does it improve students' achievement motivations in school science? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22(1), 28–41. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42330-022-00197-3>

van Uum, M. S. J., Verhoeff, R. P., & Peeters, M. (2016). Inquiry-based science education: Towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 33(3), 450–469.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1147660>

# Results of Czech gymnasium students in the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test repeated in 2023

✉ Petra Pschotnerová<sup>1,\*</sup>, ✉ Dana Mandíková<sup>1</sup>, ✉ Martin Chvál<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, V Holešovičkách 2, 180 00 Prague, Czech Republic; petra.pschotnerova@matfyz.cuni.cz

The paper presents the first results of the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test re-administered to final-year students of gymnasiums in the Czech Republic in 2023. In 2023, we used the original test booklets from 1995 in paper form. Of 90 gymnasiums from 1995, 72 participated in the repeated survey. Another 10 gymnasiums participated as replacement schools. In 1995, 819 students participated in the physics test. In the paper, we work with a sample of 1602 students from 2023. The overall mean achievement of students has decreased significantly compared to 1995. Males worsened more than females. Student mean achievement significantly lowered in all five physics content areas. The largest decrease in mean was observed in items from mechanics. More than a 10% decrease in the mean achievement most often appeared in items from the area of modern physics. In the case of open-ended items to which students had to create their own answers, the decrease in mean achievement was mainly due to the fact that students did not solve them at all. This may be due to the lower knowledge of the students caused by the reduction in the number of lessons devoted to teaching physics, but also to the lower motivation of the students when solving the test.

**Key words:**  
TIMSS Advanced 1995,  
physics test, Czech  
gymnasium students.

Received 2/2024

Revised 7/2024

Accepted 7/2024

## 1 Introduction

International study assessments can serve as an objective tool for comparing the level of mathematical, reading, and science literacy of students. Namely, the TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) and PISA (Programme for International Mathematics and Science Study), whose established methodology and regular cycle of their implementation make it possible to monitor trends in the learning outcomes of students in the participating countries.

The Czech Republic has been participating in the international surveys TIMSS and PISA since their inception, in the case of TIMSS since 1995 and in the case of PISA since 2000. However, this does not apply to all populations of tested students and all parts of these studies. One of the exceptions is, for example, the TIMSS Advanced study, in which the Czech Republic participated in 1995 for the first and last time. The TIMSS Advanced international assessment was also held in 2008 and 2015.

TIMSS Advanced measures the learning outcomes of students in the final year of secondary school enrolled in special advanced mathematics programs and physics programs (or tracks). In the Czech Republic, in 1995, this group was represented by students in the final year of general secondary schools (gymnasiums<sup>1</sup>).

The reason why we focused specifically on TIMSS Advanced is that in 1995 a representative sample of upper secondary school students whose curriculum included physics was tested in the Czech Republic. Today, the situation with compulsory teaching of physics in secondary schools is the same, because physics education is especially included in the educational programmes for gymnasiums (Pschotnerová, 2021).

In 2021 we conducted a questionnaire survey among physics teachers and final-year students who chose to take the final examination in physics. The results of the survey showed that the final examination in physics at the end of upper secondary school studies differs to a certain extent between schools and cannot serve as an objective tool to measure the results of physics education (Pschotnerová & Mandíková, 2024). In addition, only about a tenth of final-year students choose the final examination in physics.

All these findings supported our decision to repeat the TIMSS Advanced specialized physics test from 1995 among students in the final year of gymnasiums in the Czech Republic. In this paper, we discuss the methodology and results of the current testing, as well as the comparison of the results with the results from 1995.

It is also important to point out that since 1995, the Czech education system has not undergone a more fundamental reform in the field of secondary school physics education.

<sup>1</sup>The term gymnasium will refer to a general secondary school.

## 2 Theoretical Framework

### 2.1 International Surveys in the Czech Republic

International comparative studies such as PISA or TIMSS conducted in the Czech Republic focus especially on pupils of primary and lower secondary schools.<sup>2</sup> A basic overview of international studies carried out in the Czech Republic is given by Potužníková et al. (2014).

TIMSS and PISA measure, among others, science literacy that includes physics. Neither of them deals exclusively with students' knowledge and applications of physics concepts. An exception to these surveys was the TIMSS Advanced specialized physics test conducted in 1995, 2008 and 2015.

It is worth noting that since 1995, the mean achievement of fourth- and eighth-graders in science has been significantly higher than the TIMSS international average. The results of Czech eighth-graders in physics test items deteriorated significantly between the years 1995 and 1999, however, they improved slightly by 2007 (Mandíková et al., 2011). In 1995, the achievement of Czech upper secondary school students in science literacy was comparable to the international average achievement, but in the TIMSS Advanced physics test they had significantly lower mean achievement (Mandíková, 2022). You can find more information on the results of Czech students in recent cycles of the TIMSS survey in the TIMSS national reports (Tomášek et al., 2008; Tomášek et al., 2012; Tomášek et al., 2016; Tomášek et al., 2020).

### 2.2 Tested Students and Sample Construction in TIMSS 1995

In the TIMSS 1995 study, three populations of students were tested (Martin & Kelly, 1996):

1. Population 1: students enrolled in the two adjacent grades that contain the largest proportion of students of age 9 years at the time of testing (mostly students in the third and fourth grades);
2. Population 2: students enrolled in the two adjacent grades that contain the largest proportion of students of age 13 years at the time of testing (mostly seventh and eighth graders);
3. Population 3: students in their final year of secondary education (including students in vocational education programs).

Within Population 3, the participating countries had the opportunity to test two subgroups of students:

- a) Students who have studied advanced mathematics.
- b) Students who have studied physics.

For each country, a necessary condition for participation in the study was to test students of Population 2, the other populations, and parts of the survey were optional. Our study focuses on a subgroup of students in Population 3 who have studied physics in upper secondary school.

The sampling design was a process that took place in two stages. In the first stage, a school was sampled with probability proportional-to-size, in the second stage, a fixed number of students, most often the entire class of students, was sampled (Martin & Kelly, 1998).

### 2.3 Design and Types of Test Items in the TIMSS 1995 Survey

The development of the TIMSS achievement test items followed analyses of the curricula of participating countries. Curriculum frameworks describe the subject-matter content and performance expectation elicited by the test items in the TIMSS achievement tests. The three main dimensions of the TIMSS science curriculum framework (subject-matter content, performance expectation, and perspectives) can be found in Chapter 1.3 of the TIMSS technical report (Martin & Kelly, 1996). For complete TIMSS curriculum frameworks, see the publication written by Robitaille (1993).

In order to cover the largest possible scope of the curriculum, the TIMSS tests used a cluster-based design. Individual test items were divided into a set of mutually exclusive groups, the so-called clusters. The number of items in the clusters varied because an estimated number of minutes that a typical student would need to solve the items in the cluster was defined for each cluster. Then, the clusters of items were systematically divided into test booklets. One cluster could appear in only one test, but also in several test booklets (tests). Each student was assigned one test booklet (Martin & Kelly, 1996).

TIMSS tests consisted of multiple-choice items with one correct answer at a time. The tests also contained open-ended items of two types: items with a short-answer and extended-response items. Open-ended items were coded using a two-digit coding scheme. The first digit of the code indicated the level of correctness of the answer, and the second digit represented the type of answer. Using the frequencies of

<sup>2</sup>In the case of PISA, students of the first years of upper secondary schools are also tested.

codes for selected open-ended items, for example, typical students' misconceptions when solving physics items can be identified, see Angell et al. (2000). Such analyses support the strength of the TIMSS framework design.

## 2.4 The International Context of the TIMSS Advanced Study

The educational systems of participating countries differ to a large extent. It is particularly complicated for countries to select a sample of students representing Population 3. Also, for this reason, a large part of the countries has given up to repeatedly participate in the TIMSS Advanced study. Descriptions of educational systems and definitions of Population 3 of the TIMSS Advanced 1995 participants provide Mullis et al. in Appendix A (1998).

Of the 16 original countries from 1995, only Norway, the Russian Federation, Slovenia, and Sweden participated in two repetitions of the TIMSS Advanced study in 2008 and 2015.

In the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test, Norway and Sweden had the two highest mean physics achievement among participating countries. Students from the Russian Federation had the third-best results. The mean achievement of Slovenian students was also higher than the international average, but the difference was not statistically significant.

In 2008, Slovenia and Norway belonged to the group of highest-achieving countries. Students from the Russian Federation scored somewhat above the international average, and Sweden had the mean achievement lower, but very close to the international average.

Both countries, Norway and Sweden, scored reasonably high in the TIMSS Advanced 2008 specialized physics test, but their mean achievement declined compared to 1995. According to Lie et al. (2011, pp. 180) 'One important factor contributing to this decline in Sweden might be that due to a school reform the most advanced mathematics course is no longer obligatory for students studying advanced physics.' Lie et al. (2011, pp. 186) continue to interpret the reasons behind the marked decline in the TIMSS Advanced physics achievement test by discovering 'a strong effect of the degree of mathematical or algebraic manipulation implied when solving a physics problem'. Lie et al. (2011) also noticed a considerable increase in the amount of time spent doing paid jobs by 18-year-olds in both countries and the possible negative influence of doing a paid job on students' physics scores.

Norway, Sweden, and the Russian Federation had lower mean physics achievement in 2015 than in 1995. The mean achievement of Slovenian students has not changed essentially since 1995 (Mullis, 2016). However, Slovenia had the highest mean physics achievement among all participating countries, followed by the Russian Federation and Norway. Students in Sweden performed slightly lower.

Pentin et al. (2018) try to explain the decrease in the mean physics achievement of Russian students compared to previous cycles by the increase in the percentage of items on modern physics in which students performed lower than in other content areas. This content area is in the Russian physics curriculum the least covered. They also hypothesized about the increased coverage index, which indicates the percentage of young people enrolled in advanced physics programs in the country's population of the given age group (Pentin et al., 2018). According to that hypothesis, the increased number of students enrolled in advanced physics courses caused the increase in new physics teachers with a lack of experience, which could result in a lower acquired physics knowledge of the students.

In the context of the comparative international study TIMSS Advanced assessing the knowledge of students at the end of secondary school studies, it is useful to look at the school-leaving exams of the participating countries. Such a comparison will complement the picture of the focus of upper secondary education in the given countries and might help reveal the possible motivation of countries to participate repeatedly in international tests.

### 2.4.1 School-Leaving Examination in Physics in Slovenia

At the end of upper secondary education, students take the school-leaving examination, which differs between study programmes. There is general Matura for students of general secondary schools (gymnasiums), vocational Matura for students of technical secondary schools, and final examination for students of vocational secondary schools (Eurydice, 2023, November 27).

School-leaving examination in physics is possible only for students of gymnasiums. It is usually chosen by 20% of final-year gymnasium students (Državni izpitni center, 2022c).

The Matura examination in physics has an external part (makes up 80% of the final mark) and an internal part (makes up 20% of the final mark). The Matura exam catalogue for physics (Državni izpitni center, 2022a) determines, among other things, what the Matura exam consists of and what curriculum it covers. The external part consists of two types of tests. The first test contains 35 multiple-choice questions, and each correct question is scored by 1 point. The second test consists of open-ended items. Of the six

open-ended items, the student chooses three items that will be scored. Each open-ended item belongs into one of the areas of Measurement, Mechanics, Thermal physics, Electricity and magnetism, Oscillations, wave phenomena and optics, Modern physics and astronomy. The maximum for each open-ended item is 15 points. The internal part of the Matura exam in physics comprises laboratory work. Students must complete 8–10 laboratory works, from which they will prepare a report and submit the report to their teacher until the deadline set by the calendar of the general Matura examination (Državni izpitni center, 2022b). The laboratory works are assessed by teachers and scored maximum by 20 points.

The external part of the Matura exam in physics is prepared and assessed centrally in Slovenia, and thus its results are more objective than the results of the Matura examination in physics in the Czech Republic. After taking a look at the Matura physics tests from previous years, it can be seen that the structure of the tests and test items are very similar to the items in the TIMSS Advanced specialized physics test. We could assume that the high and stable performance of Slovenia in the TIMSS Advanced physics test is partly due to the fact that these types of test items are familiar to Slovenian students.

Slovenians are aware of the benefits provided by regular participation in international studies. Pavešić supports that by stating that ‘TIMSS helped to report about the underachieving national school system and find critical gaps in the school system before a school reform. Through the school reform in the nineties, TIMSS results helped to direct the designing of new mathematics and science curricula.’ (2013, pp. 51).

#### 2.4.2 Completion of Secondary School Studies in Norway and Sweden

In Norway, students do not take a compulsory school-leaving examination in physics at the end of secondary school studies. According to Tveit (2014, pp. 224), ‘in upper secondary education, students undertake 5–6 examinations of which 3–4 are external written examinations and 2–3 are local oral or practical examinations (programme dependent)’.

While the written examination is set and marked centrally (at national level), an oral examination is prepared and assessed by local examiners (usually students’ teacher).

In Norway, they are very well aware of the importance and benefits provided by international comparative achievement surveys, because as Tveit (2014, pp. 227) argues, these surveys ‘help monitor the quality of the education system in relation to new reforms and policy, and in comparison with other countries.’ That could be one of the possible motivations for Norway to participate repeatedly in the TIMSS Advanced study.

In Sweden, there is no final examination at the end of upper secondary school studies. Students obtain school-leaving certificate containing grades received in the courses studied (Eurydice, 2024, January 30).

#### 2.4.3 School-Leaving Examinations in the Russian Federation

Students have the possibility to take the school-leaving examination in physics at the end of upper secondary school in the Russian Federation. Citing Mullis et al. (2016): ‘All final-year secondary school students have to pass two (written) mandatory Unified State Examinations (USE): mathematics and Russian language. Graduates of the Profile physics program (Grade 11) do not have to pass any mandatory examination in physics. Students take the USE in physics if they are seeking admission to university courses in physics, mathematics, chemistry, etc. The USE in physics is usually taken by about 25% of all students in the final year. Students’ upper secondary school grades are not considered for university admission.’

For Russian educators, the results of the TIMSS Advanced specialized physics test ‘can be treated as a small though important fragment in the big picture of science education in school’ (Pentin et al., 2018).

### 3 The Research Aim

Physics intervenes in the lives of each of us. Despite this, it belongs to the group of less popular or unattractive subjects. Only a small part of Czech students choose the field in which they would study physics in the future. This is evidenced by, e.g. only 10% of students in gymnasiums and technical lyceums who choose the final examination in physics at the end of their upper secondary school studies. In the Czech Republic, apart from the results of the Matura examination in physics at the end of upper secondary education, we do not have any information about what students take away from the study of physics. Furthermore, this exam is not unified in any way at the national level.

As we have already mentioned, even the international surveys conducted among students do not specifically focus on physics. Since in the Czech Republic we do not have an objective tool for monitoring what students take away from studying physics in secondary school, we decided to use the refined

methodology of the TIMSS study and repeat the TIMSS Advanced physics test from 1995 among Czech gymnasium students in 2023.

The potential of using the data that this research offers is extremely broad. The first and most natural question that occurred to us in connection with this testing was how the students' learning of physics concepts and knowledge has changed over the past almost 30 years. The research aim we have set for the purposes of this paper is to find out whether the level of physics knowledge of final-year gymnasium students in the Czech Republic has changed compared to 1995. And if it has changed, which we assume, then describe how much, or in which physics content areas, the changes were greatest. To this research aim, the research questions that this study will attempt to answer are related.

The first research question: 'Was there a significant change in the mean achievement of gymnasium students in the physics test in 2023 compared to 1995? Was the change more significant for males or females?'

The second research question will focus on achievement in the physics content areas: 'Was there a significant change in the mean achievement of students in the individual physics content areas between 1995 and 2023?'

The third question will be related to the changes in the mean achievement of students in individual test items: 'In what test items has the mean achievement of students changed the most? Is it possible to find some common characteristic of these test items?'

The fourth question will focus on the phenomenon of missing answers in open-ended items and consists of two parts: 'Has the average percentage of missing responses in open-ended items increased significantly compared to 1995?', and 'Is the decrease in mean achievement in individual test items related to students' tendency to not answer questions?'

## 4 Methodology

The following sections will cover the description of the TIMSS 1995 methodology and the methodological procedures applied in the repeated TIMSS Advanced 1995 physics test in 2023.

### 4.1 Population of Students with Physics in their Curriculum in the Czech Republic

In the Czech Republic, the subgroup of students of Population 3 who have studied advanced mathematics and physics was made up of students in the final year of four-year gymnasiums. In total, 819 students from 90 gymnasiums participated in this part of the survey.

### 4.2 Characteristics of the Tests

The form of the testing was exclusively in paper. The tests were developed by an international group of experts in the individual content areas based on the TIMSS curriculum frameworks (Martin & Kelly, 1996).

For Population 3, four types of test booklets were created: 1. two test booklets containing items related to mathematics and science literacy (1A and 1B), 2. three test booklets containing physics items (2A, 2B and 2C), 3. three test booklets containing advanced mathematics items (3A, 3B and 3C) and booklet 4 contained mathematics and science literacy, advanced mathematics, and physics items (Gonzalez et al., 1998).

Physics test items were divided into 4 sets labelled E, F, G, H. Sets of items are also called item clusters. The set of items labelled E was part of each physics test booklets 2A, 2B, 2C. Test 2A also contained the items labelled F, Test 2B contained the cluster of items labelled G, and Test 2C contained the set of items labelled H. The test items contained multiple-choice items to which the students responded by choosing one correct answer from a menu of 4–5 options, and then the tests included short-answer items or extended-response items. The number of test items per test booklet according to physics content area can be found in Table 3.31 of TIMSS technical report volume I (Martin & Kelly, 1996), the distribution of test items by type of answer and the total number of test items by reporting category is shown in Table 3.37 of TIMSS technical report volume I (Martin & Kelly, 1996).

For clarity, multiple-choice items made up the majority of items. Specifically, 40 of the 64 items included in the comparison of results between 1995 and 2023 were multiple-choice items, 15 items required a short answer, and 9 items were answered by students creating an extended response. Theorizing, analysing, solving problems was one of the four and most frequent performance expectation category tested by the test items (36 out of 64 items).

Number of analysed items belonging into individual content areas: 16 items were from mechanics, 15 items from electricity and magnetism, 13 items from modern physics, 11 items from the area of wave phenomena and 9 items from heat.

Since not each test item developed for the study purposes was administered to every participating student, the number of respondents differed for individual sets of items.

Sets of test items labelled G and H were released and are available to the public in the publication named Released physics items (IEA, 1995). In addition to the released items, the publication also contains the correct answers to the released items, the content and performance expectation categories of the items, and specific coding guides for the responses to the items.<sup>3</sup>

### 4.3 Repeated Physics Testing in 2023 – Changes and Differences Compared to TIMSS Advanced 1995

In the TIMSS Advanced survey that we repeated in 2023, we worked with a subgroup of students from Population 3 who had physics in their curriculum. When selecting the sample, we approached the same schools that participated in the TIMSS Advanced survey in 1995 (Straková et al., 1998). Of the 90 original schools, 72 agreed to participate in repeated testing. The sample was supplemented by 10 replacement schools. In 2023, 1 804 students from 82 general secondary schools participated in the testing.

We used the same test tools as in the original study in 1995. We obtained the physics tests from the Czech School Inspectorate, which is responsible for the organization of international studies in the Czech Republic. We did not change the tests in terms of the content and formal aspects of the tested curriculum, with the exception of one test item, the context of which would be unfamiliar to current students and would put them at a disadvantage compared to students from 1995. Furthermore, we added in the tests questions about the respondent's gender and questions gathering information on whether the respondent chose to take the Matura examination in physics and whether the respondent attends an optional physics seminar in the final year of study. Eventually, we modified the final questionnaire on the use of calculators when solving the test (we shortened the original questionnaire on the use of a classic calculator and added a question on the use of a calculator on a mobile phone while completing the test).

### 4.4 Organization of Data Collection in 2023

The tests were carried out in person at the schools in paper form. There were three main test administrators who tested a total of 49 schools. The rest of the schools were tested by other colleagues from our department or closely related to it (such as pre-service teachers). All test administrators were trained and received detailed instructions on the testing process.

Before the start of the test, the administrators instructed the students how to complete the test and after that they read the test instructions inside the test before solving the test. The net testing time was 90 minutes.

Data collection was carried out from February to March 2023. One school requested testing in January 2023.

### 4.5 The Sample of Students Tested in Physics

In Section 2.2, we wrote that the entire class of students within one school always participated in the specialized physics test. In 1995, 819 final-year students from 90 four-year gymnasiums participated in the TIMSS Advanced specialized physics test. The females made up 59.7% and the males the remaining 40.3% of the sample. Another 268 students solved test booklet 4, which, among other test items, also contained physics items from the set of items labelled E. The test items labelled E were multiple-choice items and there were 10 of them in total. In total, in 1995, females represented 60.8% of students solving physics items and males made up 39.2%.

In 2023, 82 gymnasiums participated in the TIMSS Advanced 1995 repeated specialized physics test. One school had to be excluded from the analyses because the students took the test for only 45 minutes instead of 90 minutes.

We tested the entire class of final-year students in 74 schools. At 8 schools, only final-year students attending an optional physics seminar or a mixture of students from two or more classes were tested.<sup>4</sup> Due to the comparability of student samples in both tests and methodological correctness, we introduce the so-called *corrected sample of students*. From the original sample of 82 schools, for the purposes of the analyses in this paper, we excluded 9 original schools that did not meet the testing conditions. In this

<sup>3</sup>For Czech readers, we would like to draw attention to the publication written by Palečková et al. (1999) containing, among other things, part of the released items in Czech.

<sup>4</sup>We could not influence these changes in the sample of tested students. Some schools announced in advance that they would only agree to test students attending the elective physics seminar. This attitude of the schools is explained by concerns about the poor results of the students in the physics tests. At other schools, the sample was skewed only at the time of the testing itself, when the schools arbitrarily mixed up the tested students and the test administrators did not know about this change, or had no other choice and had to test the given group of students.

paper, we will present data and results for the year 2023 based on a corrected sample of 1 602 students from 73 gymnasiums. 1 429 students studied the four-year gymnasium programme at 64 schools, 78 students from 4 schools attended the six-year gymnasium, and 95 students from 5 schools studied the eight-year gymnasium study programme. In 2023, 59.7% of the respondents were females and males represented the remaining 40.3%.

## 4.6 Data Processing

The scoring of open-ended items was carried out in accordance with uniform coding guides. We used the same coding guides as in TIMSS Advanced 1995. The open-ended item coding scheme is described in Chapter 7.5 of the TIMSS technical report volume I (Martin & Kelly, 1996). The tests in 2023 were coded by 4 independent coders. 46% of the tests were double-coded, with a 97% rate of complete code agreement.

After scoring, responses to multiple-choice items and response codes of answers to open-ended items were transcribed into an Excel spreadsheet. After the data cleaning process, the responses to the multiple-choice items and part of the open-ended items were recoded as 1 – correct answer, 0 – wrong answer. Missing answers<sup>5</sup> or uninterpretable answers<sup>6</sup> were also considered incorrect. Responses to open-ended items were recoded using a 2–1–0 scheme, where 2 indicated a completely correct response, 1 indicated a partially correct response, and 0 indicated an incorrect response to the item. The modified data set undergone statistical processing.

We computed the mean achievement as the arithmetic mean of the answers in the given test item. For the purposes of the computation of the mean achievement, only completely correct responses were treated as correct answers and partially correct answers were considered incorrect. This method of computation of the mean achievement was also used in TIMSS 1995.

To evaluate the statistical significance of the differences in the mean achievement, we used the t-test for two independent samples. We determined the substantive significance of the differences in means using the effect size index Cohen's  $d$ . To express the effect size in terms of small, medium and large, we used the definitions of the effect sizes given by Cohen (1988, pp. 25) as follows:

- small:  $d < 0.5$ ;
- medium:  $d < 0.8$ ;
- large:  $d > 0.8$ .

## 5 Results

All comparisons and computations of the mean achievements and outputs of tests of statistical and substantive significance discussed in this section will refer to the samples of students from TIMSS Advanced 1995 and 2023 defined in Section 4.5.

### 5.1 Comparison of the Overall Mean Physics Achievement

The mean achievement of Czech gymnasium students in the TIMSS Advanced specialized physics test repeated in 2023 decreased statistically significantly compared to 1995 ( $p < 0.001$ ). In terms of substantive significance, we are talking about a medium difference ( $d = 0.53$ ) in the mean student achievement between 1995 and 2023 (see Tab. 1). Compared to 1995, the mean physics achievement of males decreased more than the females' mean achievement. The mean achievement of males lowered by about 10%, while the mean achievement of females by about 6%.

**Table 1:** Mean physics achievement in TIMSS Advanced 1995 and 2023

The mean achievement	TIMSS Advanced 1995 original	TIMSS Advanced 1995 corrected <sup>7</sup>	TIMSS Advanced 2023 original	TIMSS Advanced 2023 corrected <sup>7</sup>	$p$ -value	Cohen's $d$
Overall	38.6%	38.6%	30.8%	30.8%	< 0.001	0.53
Females	34.2%	34.2%	27.9%	27.9%	< 0.001	0.51
Males	45.5%	45.5%	35.3%	35.3%	< 0.001	0.63

<sup>5</sup>If the test item was administrated to the student, but the respondent did not solve the given item, the response was coded as 'missing answer'.

<sup>6</sup>The respondent chose two or more responses from the given offer of the answers.

<sup>7</sup>In Sections 2.3 and 4.2, we wrote about a cluster-based design of the tests. It means that not each test item was administered to every respondent. This could have caused that different sets of items (E, F, G, H) were assigned to groups of students differing in mean physics achievement. For this reason, in addition to the original means, we also included in the table the corrected means, from which the statistical and substantive significance of the differences between means were subsequently evaluated. The corrected mean was calculated from the original mean by correction to the so-called average student, by which we mean what would be the mean achievement of such a student in the given group of items.

## 5.2 Changes in the Mean Achievement in Individual Physics Content Areas

The comparison of student performance in all five physics content areas between the years 1995 and 2023 is presented in Tab. 2. Students' mean achievement lowered the most in mechanics and heat.

**Table 2:** Mean achievement in physics content areas

Physics content area	TIMSS 1995 mean achievement		TIMSS 2023 mean achievement		<i>p</i> -value	Cohen's <i>d</i>
	original	corrected <sup>7</sup>	original	corrected <sup>7</sup>		
Mechanics	44.8%	44.8%	32.3%	32.3%	< 0.001	0.52
Electricity and magnetism	36.4%	36.4%	30.7%	30.7%	< 0.001	0.30
Heat	39.7%	39.7%	27.0%	27.0%	< 0.001	0.46
Wave phenomena	40.0%	40.0%	32.9%	32.9%	< 0.001	0.30
Modern physics	34.8%	34.8%	32.0%	32.0%	0.003	0.12

In terms of mechanics, students' mean achievement lowered especially in items F04 (decrease of 15.3%), F17A (decrease of 21.2%) and G08 (decrease of 16.9%). In terms of heat, the biggest differences in mean achievement are observed in items E08 (decrease by 21.3%) and F05 (decrease by 20.5%). Descriptions of all the five mentioned test items are presented in Tab. 3.

**Table 3:** Descriptions of items with the largest differences in mean achievement between 1995 and 2023

Item	Item description
E08	choice of the best estimate of the number of molecules of air in the room
F04	determination of the speed of the aircraft at the highest point of its circular trajectory in the vertical plane
F05	determination of the process by which energy from the Sun is transferred to Earth
F07	determination of the cause of the smaller kinetic energy of the emitted electron compared to the kinetic energy of the incident photon in the photoelectric effect
F08	determination of the two light bulbs using the least power out of nine light bulbs in a composite direct current circuit
F13	calculation of the wavelength of waves in shallow water based on the known wavelength of waves in deep water and known values of the speed of movement of waves on the water surface in shallow and deep water
F17A	calculation of the value of gravitational acceleration using the values given in the graph of the dependence of the height of the fall of the object on the second power of time
G08	determining the correct graph describing the dependence of the total mechanical energy of an oscillating block (and the spring on which it oscillates) on the length of the spring
H02	determining the only correct one of the four statements about evaporation of a liquid
H03	identifying the graph of the dependence of the maximum kinetic energy of the emitted electrons on the frequency of incoming radiation during the photoelectric effect for metal with a work function which is less than the work function of metal for which the reference graph in the assignment is made
H05	determination of the length of a spaceship passing an observer at a speed close to the speed of light when knowing the length of the spaceship at rest before it took off
H15	calculation of the wavelength of an electron travelling with a certain speed
H19B	stating a possible reason for the different results of the experiment used to measure the speed of sound using echos on the playground wall in four different teams of students

The item descriptions were provided by Straková et al. (1998).

Cohen's *d* value confirms the significant decrease in mean achievement, especially in mechanics. The value of 0.52 represents a medium difference in the mean achievement between 1995 and 2023. The effect sizes (see Tab. 2) for the performance in the rest of the physics content areas represent a small difference in the mean achievements between 1995 and 2023, although all differences in means are statistically significant.

## 5.3 Characteristics of Items with the Greatest Changes in Mean Achievement

Tab. 3 contains descriptions of 13 items in which the differences in mean achievement<sup>8</sup> between 1995 and 2023 were greater than 10%. We observe a lowering of the mean achievement in all these items, see Tab. 4.

<sup>8</sup>The percentage of (completely) correct answers represents the mean achievement of students in the given test item. We described the computation of the mean achievement in Section 4.6.

**Table 4:** Characteristics of the items with the largest decrease in mean achievement

Item	Item type	Physics content area	Subject-matter content	Performance expectation	Changes in means: (-) decrease / (+) increase	
					Correct response	Missing response
E08	Multiple-choice	Heat	Physics changes	Theorizing, analysing, solving problems	-21.3%	1.0%
F04	Multiple-choice	Mechanics	Dynamics of movement	Theorizing, analysing, solving problems	-15.2%	1.7%
F05	Multiple-choice	Heat	Heat and temperature	Understanding	-20.4%	0.4%
F07	Multiple-choice	Modern physics	Quantum theory and elementary particles	Understanding	-20.1%	1.7%
F08	Multiple-choice	Electricity and magnetism	Electricity	Theorizing, analysing, solving problems	-12.8%	1.1%
F13	Short-answer	Wave phenomena	Wave motion	Theorizing, analysing, solving problems	-20.8%	25.3%
F17A	Extended-response	Mechanics	Time, space and motion	Investigating the natural world	-21.2%	13.2%
G08	Multiple-choice	Mechanics	Types of forces	Using tools, routine procedures, and science processes	-16.9%	2.1%
H02	Multiple-choice	Heat	Explanation of physics changes	Understanding	-10.4%	1.5%
H03	Multiple-choice	Modern physics	Quantum theory and elementary particles	Using tools, routine procedures, and science processes	-14.9%	1.1%
H05	Multiple-choice	Modern physics	Theory of relativity	Theorizing, analysing, solving problems	-12.9%	2.8%
H15	Short-answer	Modern physics	Quantum theory and elementary particles	Theorizing, analysing, solving problems	-10.1%	33.8%
H19B	Extended-response	Wave phenomena	Sound	Investigating the natural world	-15.5%	8.7%

The item characteristics are based on the TIMSS science curriculum framework (Robitaille et al., 1993).

The most common content area of items with a high drop in mean achievement was modern physics. Most of these tasks were multiple-choice items. The most frequent performance expectation category of items with a high drop in mean achievement was theorizing, analysing, solving problems.

Despite these most frequent characteristics of the 13 selected items, the two biggest changes, or decreases in the mean achievement between 1995 and 2023 are observed for open-ended items F13 and F17A (see Tab. 3 and Tab. 4).

## 5.4 Changes in the Average Percentage of Missing Responses in Open-Ended Items

The average percentage of missing answers in open-ended items was approximately 31.7% in TIMSS Advanced 1995, rising to 46.1% in 2023 (see Tab. 5<sup>9</sup>). This represents an increase of 14.5%. Likewise, the median values in Tab. 5 prove the significant increase in the percentage of missing answers in open-ended items between 1995 and 2023. While in the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test half of the open-ended test items were not answered by 28.5% of respondents, in 2023 the proportion of such students increased to 51.0%.

<sup>9</sup>The total sum of correct, partially correct, incorrect and missing answers may differ from 100% by tenths of a percent for some test items due to rounding.

**Table 5:** Changes in the proportions in individual response categories in open-ended items

Item	Correct responses		Partially correct responses		Incorrect responses		Missing responses		Changes in the proportions in individual response categories: (-) decrease / (+) increase		
	1995	2023	1995	2023	1995	2023	1995	2023	Correct	Incorrect	Missing
F12	14.9%	8.6%	4.9%	4.1%	51.1%	33.3%	29.1%	54.1%	-6.4%	-17.8%	25.0%
F13	50.6%	29.7%			31.8%	27.3%	17.6%	42.9%	-20.8%	-4.5%	25.3%
F14	7.1%	3.9%	14.5%	8.2%	19.3%	13.8%	59.1%	74.2%	-3.2%	-5.6%	15.1%
F15	8.2%	3.3%	5.6%	1.5%	29.5%	34.8%	56.7%	60.4%	-4.9%	5.3%	3.7%
F16	2.2%	1.7%	1.5%	1.5%	19.3%	14.5%	77.0%	82.3%	-0.6%	-4.8%	5.4%
F17A	34.9%	13.8%			17.1%	25.1%	48.0%	61.2%	-21.2%	8.0%	13.2%
F17B	7.8%	3.5%			22.0%	10.0%	70.1%	86.4%	-4.3%	-12.0%	16.3%
G11	4.3%	4.6%	12.0%	20.0%	80.4%	62.2%	3.3%	13.1%	0.3%	-18.2%	9.9%
G12	13.8%	10.4%	9.1%	7.0%	48.6%	32.4%	28.6%	50.2%	-3.4%	-16.1%	21.6%
G13	4.0%	9.3%			89.1%	74.4%	6.9%	16.3%	5.3%	-14.7%	9.4%
G14	13.8%	5.4%			39.9%	31.3%	46.4%	63.3%	-8.4%	-8.6%	17.0%
G15	4.3%	1.9%			90.2%	79.8%	5.4%	18.3%	-2.5%	-10.4%	12.9%
G16	2.9%	3.9%	68.5%	50.7%	26.4%	28.9 %	2.2%	16.5%	1.0%	2.4%	14.3%
G17	26.1%	22.8%			52.5%	39.4%	21.4%	37.8%	-3.3%	-13.1%	16.4%
G18	1.8%	3.0%	8.0%	4.6%	43.8%	39.3%	46.4%	53.1%	1.2%	-4.6%	6.8%
G19	2.5%	5.4%	5.1%	3.9%	81.2%	65.7%	11.2%	25.0%	2.8%	-15.4%	13.8%
H12	12.8%	10.1%			86.5%	79.8%	0.7%	10.1%	-2.7%	-6.7%	9.4%
H13	17.2%	11.6%			63.1%	54.2%	19.7%	34.2%	-5.5%	-8.9%	14.5%
H14	9.1%	9.0%	43.8%	32.8%	46.7%	48.9%	0.4%	9.4%	-0.2%	2.1%	9.0%
H15	26.3%	16.2%			52.6%	28.8%	21.2%	55.0%	-10.1%	-23.7%	33.8%
H16	13.5%	4.2%	1.1%	0.8%	17.9%	13.2%	67.5%	81.9%	-9.3%	-4.7%	14.4%
H17	5.8%	3.1%	3.3%	0.6%	62.4%	45.8%	28.5%	50.6%	-2.8%	-16.6%	22.1%
H19A	7.7%	4.0%	13.9%	8.0%	28.5%	28.4%	50.0%	59.5%	-3.7%	0.0%	9.5%
H19B	37.6%	22.1%			19.6%	26.3%	42.8 %	51.5%	-15.5%	6.8%	8.7%
Mean	13.7%	8.8%					31.7%	46.1%	-4.9%	-7.6%	14.5%
Median					28.5%	51.0%					

The change in the proportion of incorrect responses to the H19A test item is equal to -0.03% after rounding to two decimal places.

## 5.5 Connection between the Mean Achievement Drop in Open-Ended Items and the Students' Tendency to Omit Answers

In addition to changes in the proportions of correct and incorrect responses, changes in the proportions of missing answers are also depicted in Tab. 5. The blue colour of the data bars represents a positive number, and the red colour indicates a negative number in the cell. The darker the colour of the cell bar, the higher the absolute value of the number in the cell. Colours and saturations of the data bars in Tab. 5 indicate a connection between an increase in missing responses and a decrease in mean achievement<sup>8</sup> in open-ended items. The most significant changes in the percentages of correct and missing answers are observed in items F13, F17A, G14, H15, H16 and H19B. The text of items from clusters G and H can be found in the publication with released physics items (IEA, 1995).

In Tab. 5 it can be seen that in 15 of 24 items (F12, F13, F14, F16, F17B, G12, G14, G15, G17, H12, H13, H15, H16, H17, H19A) the decrease in mean achievement<sup>8</sup> was not followed by an increase in incorrect answers. For these items, the decrease in mean achievement was primarily caused by an increase in the percentage of missing answers. Even for some items, the proportion of incorrect responses decreased.

The above-mentioned changes in the proportions of missing, correct and incorrect answers in open-ended items support the conclusion that the decrease in the mean physics achievement<sup>8</sup> in these questions is related to the increase in the percentage of missing answers.

## 6 Discussion of Results

The difference in mean achievement in the physics test was statistically significant in 2023 compared to 1995. The significance of the differences in means was also determined by the size of the samples of the tested students, but it was also proved by Cohen's  $d$  in Tab. 1 and Tab. 2.

This study focused on the basic evaluation of the results of Czech gymnasium students in the repeated TIMSS Advanced physics test and on the initial comparison of the results from 2023 with the results of students from 1995. It did not aim to explain the differences in results or find their cause. Nevertheless, we consider it appropriate to briefly discuss the changes in the Czech education system since 1995 and to answer the hypothesis expressed by many physics teachers in an attempt to explain the worsened results of gymnasium students in the physics test through the changes that have taken place in the school education system since 1995.

The reform process of the Czech education system since 1990 enabled steps to liberalize the content and organization of education. The autonomy of schools in the area of curriculum creation was strengthened.<sup>10</sup> People from practice and the field of education, especially physics teachers and school principals, objected that since 1995 the time allotment for physics in upper secondary schools in the Czech Republic has decreased, and therefore the results are not surprising. In 2021, we conducted a questionnaire survey (Pschotnerová & Mandíková, 2024) among general secondary schools and upper secondary schools with the study programme technical lyceum in the Czech Republic, where, among other things, we investigated the time allotment for physics in individual years of study. We found that the average time allotment for physics in the upper gymnasium<sup>11</sup> is 2 lessons per week in the first three years of study, and physics is no longer compulsory in the final year. Instead, in the last two years of study, the time allotment for optional seminars is strengthened, in which students can also study physics and deepen their knowledge. In the 1991 curriculum, the time allotment for physics for the general gymnasium study programme was 3 lessons per week in the 1st and 2nd year, and 2 lessons per week in the 3rd and 4th year (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 1991). Since 1992, a new curriculum began to apply, where the minimum time allotment for physics for a four-year gymnasium was reduced to a minimum of 2 hours per week, while in the 4th year the time allotment for physics was already determined by school principals (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 1992). It is obvious that one of the reasons for the decrease in the mean achievement of Czech gymnasium students in the physics test may be the reduced time allotment for physics.

Moreover, the proportion of students attending gymnasiums in the Czech Republic has changed compared to 1995. While in 1995, 10.8% of the population completed four-year gymnasium,<sup>12</sup> in 2023 it was 19.9% of the corresponding population.<sup>13</sup> The proportion of students attending gymnasiums has doubled and may have caused the quality of gymnasium students to drop.

After evaluating the differences in mean achievement in the items from the individual physics content areas, the substantive significance test showed the largest differences in student knowledge in the area of mechanics. When we looked in more detail at the items with the biggest differences in mean achievement, it turned out that more than 10% decrease in mean achievement appeared most often in items from the content area of modern physics. Thus, it seems that even such a radical drop in the mean achievement in the units of test items did not affect the overall mean achievement in items from the area of modern physics.

When scoring open-ended items, we noticed that a large part of the answers was missing. Students omitted answers to open-ended items. So we naturally asked whether this phenomenon of missing answers to open-ended items is not related to a decrease in the mean achievement in open-ended items. As shown in Tab. 5 and the shifts in the proportions of individual answer categories, our hypothesis was confirmed. In 15 items out of 24, at the same time as the proportion of correct answers, the proportion of incorrect answers also decreased, compensated by an increase in the proportion of missing answers. It is beyond the scope of our research to find out why students did not answer open-ended items to an increased extent compared to 1995. One of the possible reasons for the increase in missing answers could be the fact that today's young people generally do not like to formulate more complex texts. They are used to a brief conversation through social media that uses shorthand phrases.

In 1995, 16 countries participated in the TIMSS Advanced physics test (Mullis et al., 1998). In TIMSS Advanced 2008, the number of participants decreased to nine and changed compared to 1995 (Mullis et

<sup>10</sup>The main difference between the curriculum and the Framework education programme (FEP) is that the curriculum of that time for specific education programme was identical for all schools in the Czech Republic. Today's FEPs set the basic requirements for the education of primary and secondary school students by the state. On the basis of the FEP, schools develop their school education programmes, where they already specify the content of education in individual subjects and their time allotment in specific years of study.

<sup>11</sup>In the Czech Republic, there are eight-year, six-year and four-year gymnasium study programmes. Students enter each of them at a different age, but the age of completion is the same for all. By upper gymnasium we mean the last four years before completing the upper secondary education, e.g. all 4 years of a four-year gymnasium or the third to the sixth year of a six-year gymnasium or the fifth to the eighth year of an eight-year gymnasium study programme.

<sup>12</sup>In the school year 1994/1995, 19 348 students completed the four-year gymnasium study programme. The population of 18-year-old residents of the Czech Republic was 179 592 citizens as of July 1, 1995 (Outrata et al., 1996).

<sup>13</sup>In the school year 2022/2023, 21 576 students completed gymnasium study programmes (Sekce informatiky, statistiky a analýz MŠMT, 2023). The population of 18-year-old residents of the Czech Republic was 108 329 citizens as of December 31, 2022 (Rojíček et al., 2023).

al., 2009). Nine countries participated in the TIMSS Advanced 2015 physics test (Mullis et al., 2016). Only regular participants could monitor the trend in physics achievement of their students.

The decreasing mean achievement in the TIMSS Advanced specialized physics test is not rare only in the Czech Republic. Over the 20 years, the mean physics achievement of students from the TOP performing (and regularly participating) countries like Norway, the Russian Federation and Sweden decreased too. Only the results of Slovenian students did not worsen.

It is obvious that the number of participants in the TIMSS Advanced study is decreasing. Our research can serve as an inspiration for countries that have not participated repeatedly in the TIMSS Advanced physics test and are interested in the trend of learning physics concepts among final-year students of upper secondary schools.

## 7 Limitations of the Research

We are aware of several limitations of our research.

We may not have been able to replicate the research completely. The original sample of schools from 1995 was partially changed. Of the original 90 schools, 72 gymnasiums participated in the repeated survey. Of these, one school was not included in the analysis of the results because they did not provide students with sufficient testing time. We supplemented the sample with 10 replacement schools. The corrected sample, which is the basis of this paper, consisted of 73 schools (of which 63 were the original schools).

In the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test, only final-year students of the four-year gymnasiums were tested. The structure of schools and study programmes taught in the Czech Republic has changed somewhat over the years. At five of the original 72 schools, the four-year gymnasium study programme is no longer taught and has been replaced by an eight-year (four schools) and a six-year gymnasium study programme (one school). At another three schools, instead of students of a four-year gymnasium study programme, students of the final year of a six-year gymnasium were tested, and at another two, students of an eight-year gymnasium participated in the testing. It is important to add that the framework educational programmes for the upper gymnasium<sup>11</sup> are identical. Therefore, this change in the replacement of students from the four-year gymnasium by the students from multi-year gymnasium study programmes in 10 schools (in the case of the corrected sample of schools in 9 schools) should not affect the mean achievement in the physics test.

The mean achievement of the students in the physics test was probably also influenced by the students' motivation, which was naturally reflected in their performance in the test. This is evidenced by the increase in the proportion of missing answers. Today, students participate in various tests quite often. In 1995, TIMSS was the first huge international research, so their motivation was naturally higher.

For multiple-choice items, we cannot distinguish whether the student arrived at the answer through cognitive processes, copied the answer from a classmate, or chose it randomly. But that could also have happened in 1995.

One of the research limitations is clearly the impossibility of following up on an international comparison of the results of Czech students with the results of students from other countries. We carried out this testing separately, without any follow-up to other assessments, since in another of the previously participating countries in the TIMSS Advanced specialized physics test, the same testing did not take place at the recent times.

## 8 Conclusions

In the paper, we present the first results of the TIMSS Advanced 1995 specialized physics test repeated in 2023. Specifically, the results of the so-called corrected sample, which consisted of 1602 final-year students of 73 gymnasiums. In the original testing in 1995, 819 respondents from 90 gymnasiums took part, and another 269 respondents solved 10 multiple-choice items from physics within the test booklet 4 administered to other final-year students of gymnasiums.

The answer to the first research question is clear. The mean achievement of Czech gymnasium students in the TIMSS Advanced specialized physics test dropped significantly between 1995 and 2023 (see Tab. 1). This negative change in achievement was more significant for males, whose mean achievement decreased by about 10%, while females worsened by approximately 6%.

Students' knowledge of physics decreased in all content areas (see Tab. 2). The drop in the mean achievement occurred mainly in the knowledge of physics concepts in the area of mechanics.

The majority of the analysed items consisted of items from mechanics (16), then from electricity and magnetism (15), from modern physics (13), then from the area of wave phenomena (11) and the least items were from the content area of heat (9). Items from the area of modern physics made up the majority

of the 13 items where the drop in the mean achievement was higher than 10%. It is therefore obvious that this phenomenon was not due to a relatively higher number of items from the area of modern physics among other items. The relatively higher number of multiple-choice items and items eliciting theorizing, analysing, solving problems may have influenced the fact that these characteristics were the most frequent characteristics of 13 test items with more than a 10% decrease in the mean achievement of students.

A more detailed analysis of shifts in the proportions of correct, incorrect and missing answers for open-ended items showed that the decrease in the mean achievement of students in these items is caused by a significant increase in the average percentage of missing answers. In 1995, 31.7% of students did not answer open-ended items, in 2023 their portion rose to 46.1% (see Tab. 5).

The conclusions stated above fulfilled the research aim set in this paper and answered all formulated research questions.

The data obtained in the testing provide a wide spectrum of information on the knowledge of physics concepts of students in the final years of general secondary schools in the Czech Republic. In the future, we plan to continue working with the data and to use its rich informational potential. Also using the IRT method, we will analyse the results of the students in the tests in more depth, compare them, and publish the conclusions.

## Acknowledgment

The study was supported by the Charles University, project GA UK No. 317022.

## References

- Angell, C., Kjaemsl, M., & Lie, S. (2000). Exploring students' responses on free-response science items in TIMSS. In D. Shorocks-Taylor & E. W. Jenkins (Eds.), *Learning from others. International comparison in education* (pp. 159–187). Dordrecht: Kluwer. [https://doi.org/10.1007/0-306-47219-8\\_8](https://doi.org/10.1007/0-306-47219-8_8)
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science* (2nd ed.). Erlbaum. <https://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
- Državni izpitni center. (2022a). *Fizika* (Physics). <https://www.ric.si/splosna-matura/predmeti/fizika/>
- Državni izpitni center. (2022b). *Koledar splošne matura* (Calendar of the general matura examination). <https://www.ric.si/splosna-matura/koledar-splosne-mature/>
- Državni izpitni center. (2022c). *Poročila, analize, raziskave* (Reports, analyses, research). <https://www.ric.si/splosna-matura/porocila-analize-raziskave/>
- Eurydice. (2023, November 27). *Assessment in upper secondary education*. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/slovenia/assessment-upper-secondary-education>
- Eurydice. (2024, January 30). *Assessment in upper general and vocational secondary education*. <https://eurydice.eacea.ec.europa.eu/national-education-systems/sweden/assessment-upper-general-and-vocational-secondary-education>
- Gonzalez, E. J., Smith, T. A., & Sibberns, H. (1998). *User guide for the TIMSS international database — final year of secondary school 1995 assessment*. Center for the study of testing, evaluation, and educational policy, Boston College. <https://timssandpirls.bc.edu/timss1995i/Database.html>
- IEA. (1995). *TIMSS IEA's Third international mathematics and science study: Released item set for the final year of secondary school, mathematics and science literacy, advanced mathematics, and physics*. <https://timss.bc.edu/timss1995i/Items.html>
- Lie, S., Angell, C., & Rohatgi, A. (2011). Interpreting the Norwegian and Swedish trend data for physics in TIMSS Advanced study. *Nordic Studies in Education*, 32(3–4), 177–195. <https://www.idunn.no/doi/10.18261/ISSN1891-5949-2012-03-04-02>
- Mandíková, D. (2022). Vývoj výsledků českých žáků v historii výzkumů TIMSS a PISA [The development of Czech students' results in the history of TIMSS and PISA researches]. In O. Kéhar (Ed.), *Moderní trendy v přípravě učitelů fyziky 9: Změny v RVP a jejich dopady do obsahu výuky fyziky* (s. 122–129). Západočeská univerzita v Plzni. <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/47589>
- Mandíková, D., & Houfková, J. (Eds.). (2011). *Přírodovědné úlohy pro druhý stupeň základního vzdělávání: Náměty na rozvoj kompetencí žáků na základě zjištění výzkumu TIMSS 2007* [Science items for lower secondary education: Ideas for the development of pupils' competences based on the findings of the TIMSS 2007 research]. Ústav pro informace ve vzdělávání. [https://kdf.mff.cuni.cz/materialy/timssapisa/TIMSS2007\\_druhystupen.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/materialy/timssapisa/TIMSS2007_druhystupen.pdf)
- Martin, M. O., & Kelly, D. L. (1996). *Third international mathematics and science study technical report volume I: Design and development*. Boston College. <https://timssandpirls.bc.edu/timss1995i/TechVol1.html>

Martin, M. O., & Kelly, D. L. (1998). *Third international mathematics and science study technical report, volume III: Implementation and analysis — final year of secondary school*. Boston College.  
<https://timss.bc.edu/timss1995i/TechVol3.html>

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR. (1991). *Učební osnovy čtyřletého gymnázia: Fyzika (povinný předmět). Seminář a cvičení z fyziky (volitelný předmět ve 3. nebo 4. ročníku – jednoleté kurzy). Cvičení z fyziky (nepovinný předmět v 1.–4. ročníku)* [Curriculum of the four-year gymnasium: Physics (compulsory subject). Seminar and exercises in physics (optional subject in the 3rd or 4th year – one-year courses). Exercises in physics (optional subject in 1st–4th year)]. Fortuna.

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR. (1992). Učební plán gymnázia [Gymnasium teaching plan]. *Učitelské noviny*, 95(15), 3.

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Beaton, A. E., Gonzalez, E. J., Kelly, D. L., & Smith, T. A. (1998). *The mathematics and science achievement in the final years of secondary school*. Center for the study of testing, evaluation and educational policy, Boston College. <https://timssandpirls.bc.edu/timss1995i/MathScienceC.html>

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Robitaille, D. F., & Foy, P. (2009). *TIMSS Advanced 2008 international report: findings from IEA's study of achievement in advanced mathematics and physics in the final year of secondary school*. TIMSS & PIRLS, International study center, Boston College.  
[https://timssandpirls.bc.edu/timss\\_advanced/ir.html](https://timssandpirls.bc.edu/timss_advanced/ir.html)

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS Advanced 2015 international results in advanced mathematics and physics*. TIMSS & PIRLS International study center, Boston College.  
<http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/advanced/>

Outrata, E., Šujan, I., Brdek, M., Drápal, S., Fischer, J., Friedlaender, J., Gejdoš, V., Heller, J., Hrbek, J., Ježdík, V., Jílek, J., Kudláč, K., Malý, F., Mašát, V., Novák, J., Palas, S., Pavelka, R., Pozdnjaková, I., Prosek, P., ... Zeman, K. (1996). *Statistical yearbook of the Czech Republic 1996* (1st ed.). Czech statistical office.

Palečková, J., Tomášek, V., & Straková, E. (1999). *Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání. Test z matematiky a fyziky pro středoškoláky* [Third international mathematics and science study. Mathematics and physics test for upper secondary school students]. Ústav pro informace ve vzdělávání.

Pavešić, B. J. (2013). TIMSS in Slovenia: Reasons for participation, based on 15 years of experience. In L. S. Grønmo & T. Onstad (Eds.), *The significance of TIMSS and TIMSS Advanced. Mathematics education in Norway, Slovenia and Sweden* (pp. 51–90). Akademika Publishing.  
[https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/timss/publikasjoner/significans\\_timss\\_web.pdf](https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/timss/publikasjoner/significans_timss_web.pdf)

Pentin, A., Kovaleva, G., Davidova, E., & Smirnova, E. (2018). Science education in Russia according to the results of the TIMSS and PISA international studies. *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, 1, 79–109. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-1-79-109%20>

Potužníková, E., Lokajíčková, V., & Janík, T. (2014). International comparative studies on school education in the Czech Republic: Findings and challenges. *Journal of the Czech pedagogical society*, 24(2), 185–221.  
<https://doi.org/10.5817/PedOr2014-2-185>

Pschotnerová, P. (2021). Physics education in upper secondary schools. In J. Pavlů & J. Šafránková (Eds.), *WDS'21 Proceedings of contributed papers — physics* (pp. 134–139). Matfyzpress.  
<https://physics.mff.cuni.cz/wds/proc/proc-contents.php?year=2021#intro>

Pschotnerová, P., & Mandíková, D. (2024). School-leaving examination in physics at the end of upper secondary school in the Czech Republic — current state. In S. Faletič, S. Dolenc, J. Pavlin, K. Susman & A. Kranjc Horvat (Eds.), *Journal of physics: Conference series*. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2750/1/012006>

Robitaille, D. F., Schmidt, W. H., Raizen, S., McKnight, C., Britton, E. D., & Nicol, C. (1993). *TIMSS monograph no. 1: Curriculum frameworks for mathematics and science*. Pacific Educational Press.

Rojíček, M., Boušková, M., Čigáš, M., Elischer, D., Ernest, J., Holý, D., Hronza, M., Kavěnová, M., Kermiet, V., Krumpová, E., Kuncová, P., Lojka, J., Mana, M., Matějka, R., Mrázek, J., Musil, P., Novotný, M., Procházka, P., Sixta, J., ... Zelený, M. (2023). *Statistical yearbook of the Czech Republic 2023* (1st ed.). Czech statistical office. <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-ceske-republiky-2023>

Sekce informatiky, statistiky a analýz MŠMT. (2023). *Statistická ročenka školství – výkonnové ukazatele školního roku 2023/2024* [Statistical yearbook of education — performance indicators of the 2023/2024 school year].  
<https://statis.msmt.cz/rocenka/rocenka.asp>

Straková, J., Tomášek, V., & Palečková, J. (1998). *Třetí mezinárodní výzkum matematického a přírodovědného vzdělávání. Souhrnné výsledky žáků posledních ročníků středních škol* [Third international mathematics and science study. Summary results of students in the final years of upper secondary schools]. Výzkumný ústav pedagogický v Praze.

Tomášek, V., Basl, J., & Janoušková, S. (2016). *Mezinárodní šetření TIMSS 2015: Národní zpráva* [TIMSS 2015: National report]. Česká školní inspekce.

<https://csicr.cz/cz/Dokumenty/Publikace-a-ostatni-vystupy/Narodni-zprava-TIMSS-2015>

Tomášek, V., Basl, J., Kramplová, I., Palečková, J., & Pavlíková, D. (2008). *Výzkum TIMSS 2007: Obstoje čeští žáci v mezinárodní konkurenci?* [TIMSS 2007: Can Czech students hold up in international competition?]. Ústav pro informace ve vzdělávání. [https://csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/2008\\_p%C5%99%C3%ADlohy/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD%20%C5%A1et%C5%99en%C3%AD/Narodni-zprava-2007.pdf](https://csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/2008_p%C5%99%C3%ADlohy/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD%20%C5%A1et%C5%99en%C3%AD/Narodni-zprava-2007.pdf)

Tomášek, V., Boudová, S., Klement, L., Basl, J., Zatloukal, T., Pražáková, D., & Janoušková, S. (2020). *Mezinárodní šetření TIMSS 2019: Národní zpráva* [TIMSS 2019: National report]. Česká školní inspekce. [https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF\\_el.\\_publikace/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD%20%C5%A1et%C5%99en%C3%AD/TIMSS\\_2020\\_e-verze.pdf](https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD%20%C5%A1et%C5%99en%C3%AD/TIMSS_2020_e-verze.pdf)

Tomášek, V., Kramplová, I., & Palečková, J. (2012). *Národní zpráva TIMSS 2011* [TIMSS 2011 National report]. Česká školní inspekce.

<https://www.csicr.cz/cz/Dokumenty/Publikace-a-ostatni-vystupy/Narodni-zprava-TIMSS-2011>

Tveit, S. (2014). Educational assessment in Norway. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21(2), 221–237. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2013.830079>

# **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)**  
prof. RNDr. Naďa Vondrová, Ph.D.

## **Redakce (Univerzita Karlova)**

doc. RNDr. Svatava Janoušková, Ph.D.  
RNDr. Petr Kolář, Ph.D.  
prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.  
RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.  
doc. PhDr. Martin Rusek, Ph.D.

## **Mezinárodní redakční rada**

Dr. John Carroll (Nottingham Trent University, Great Britain)  
prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc. (Univerzita Karlova)  
assoc. prof. Robert Harry Evans (University of Copenhagen, Denmark)  
RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)  
doc. PhDr. 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)  
PhDr. Magdalena Krátká, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)  
prof. RNDr. Ladislav Kvasz, DSc. (Univerzita Karlova)  
prof. Dr. Martin Lindner (Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany)  
dr. hab. Małgorzata Nodzyńska (Uniwersytet Pedagogiczny, Krakow, Poland)  
dr. Samet Okumus (Recep Tayyip Erdogan University, Turkey)  
prof. Dr. Gorazd Planinič, Ph.D. (Univerza v Ljubljani, Slovinsko)  
doc. RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova)  
prof. Bernard Sarrazy (Université Bordeaux, France)  
dr. hab. prof. UR Ewa Swoboda (Uniwersytet Rzeszowski, Poland)  
doc. RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D. (Univerzita Karlova)  
prof. Dr. Andrej Šorgo (University in Maribor, Slovenia)  
doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D. (Univerzita Karlova)

## **Adresa redakce**

Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1  
e-mail: scied@pedf.cuni.cz

Pokyny pro autory jsou uvedeny na  
<http://ojs.pedf.cuni.cz/index.php/scied/about/submissions#authorGuidelines>.

Sazbu v systému L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X zpracoval Ing. Miloš Brejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.  
Logo navrhl Ivan Špírk.

Redaktorka a jazyková korektorka Marie-Anna Kociánová