

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

Metody molekulární a buněčné biologie ve výuce na středních školách

Autor: Bc. Milan Blaha
Vedoucí práce: Mgr. Edvard Ehler, Ph.D.
Konzultantka: Mgr. Irena Skolilová

Praha 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Edvarda Ehlera, Ph.D. a že jsem citoval všechny použité informační zdroje.

V Praze 13. 4. 2012

.....
Milan Blaha

ABSTRAKT

Výuka buněčné a molekulární biologie je omezoána finančními a materiálními limity i nedostatkem odborného vzdělání. Tyto problémy mohou být překonány spoluprací školy s vědeckou institucí nebo univerzitou. Vědci vyučují ve vybraných kurzech pořádaných pod záštitou střední školy, případně umožňují žákům vyššího sekundárního vzdělávání stáže na svých pracovištích. Prvním cílem této práce je popsat vlastnosti letní školy, které její účastníci považují za klíčové. Druhým cílem je provést čtyři laboratorní cvičení zaměřená na molekulární biologii v rámci zájmového kroužku vzniklého při gymnáziu. Výsledky kvalitativního šetření provedeného mezi účastníky letní školy ukázaly na význam lidí stejného zájmu. Žakovské hodnocení laboratorních úloh uskutečněných v zájmovém kroužku ukázalo, že tyto úlohy jsou proveditelné a žáky pozitivně přijímány. Práce rovněž poukazuje na význam spolupráce mezi školou a akademickou sférou.

Klíčová slova: molekulární biologie, DNA, střední školy, nadaní žáci

ABSTRACT

Teaching of cell and molecular biology is often restricted by financial and material limitations as well as a lack of expertise. These problems may be overcome by cooperation with scientific institutions and universities. Some scientists teach select courses under the auspices of high school. Others allow students to fulfill internships at their workplaces. The first aim of this thesis is to describe the characteristics of summer school, wherein the participants are integral for providing feedback on what matters most to them. The second goal of the study is to perform four molecular biology lab lessons in the advanced placement genetics course. The results of a qualitative research conducted among summer school participants have shown the benefits present due to contact that occurs between people of the same genuine interest. Student evaluation of molecular biology lessons performed in the advanced placement course revealed that the lab lessons are feasible and positively accepted by students. The thesis also highlights the importance of cooperation between high school and academia.

Key words: molecular biology, DNA, secondary schools, gifted students

Poděkování

Rád bych poděkoval svému školiteli Mgr. Edvardu Ehlerovi, Ph.D. za cenné připomínky k práci i trpělivost, kterou se mnou měl. Mé díky patří i Mgr. Ireně Skolilové za přátelské přijetí, podporu a kolegiální spolupráci během výuky v Genetickém kroužku na Gymnáziu Praha 6, Nad Alejí, kterému rovněž patří poděkování. Vážím si žáků navštěvujících tento kroužek, bez jejichž nadšení, spolupráce a seriózního přístupu by neměla realizace výukových celků smysl. V neposlední řadě děkuji všem lidem, s kterými jsem potkal v rámci výzkumného šetření v Nových Hradech.

OBSAH

1 ÚVOD	7
1.1 Cíle diplomové práce	7
2 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY	9
2.1 Pojem „molekulární biologie“	9
2.2 Reforma kurikula	9
2.3 Na počátku byl organismus	11
2.4 Etické a sociální otázky	12
2.5 Molekulární biologie znamená laboratoř	14
2.5.1 Výukové celky integrované do školního vyučování	15
2.5.1.1 Výukové soupravy	15
2.5.1.2 Volitelné a AP kurzy	16
2.5.1.3 Modelování ve školním vyučování	17
2.5.1.4 Externí instruktoři ve škole	21
2.5.1.5 Zapůjčení vybavení školám	23
2.5.2 Dlouhodobé kurzy na výzkumných pracovištích	30
2.5.2.1 Letní akademické kurzy	32
3 VÝZKUMNÁ ČÁST	34
3.1 Formulace hypotéz	34
3.1.1 Šetření v Nových Hradech	34
3.1.2 Výuka v rámci Genetického kroužku	34
3.2 Volba metod	35
3.3 Provedení	37
3.3.1 Šetření v Nových Hradech	37
3.3.1.1 Definice výzkumných otázek	37
3.3.1.2 Celkový přístup a jeho zdůvodnění	37
3.3.1.3 Volba místa výzkumu	37
3.3.1.4 Vstup do terénu	38
3.3.1.5 Technika sběru dat	38
3.3.1.6 Analýza dat	39
3.3.1.7 Zajištění důvěryhodnosti výzkumu	39
3.3.1.8 Etické aspekty	40
3.3.1.9 Práce s literaturou	40
3.3.2 Genetický kroužek	41
3.3.2.1 Laboratorní úloha „Genová exprese“	41
3.3.2.1.1 Příprava vzorků	41
3.3.2.1.2 Izolace RNA	42
3.3.2.1.3 RT-PCR	43
3.3.2.1.4 Elektroforéza DNA v agarozovém gelu a vyhodnocení	43
3.3.2.2 Laboratorní úloha „Bioinformatika“	45
3.3.2.3 Laboratorní úloha „Imunoafinitní chromatografie“	47
3.3.2.3.1 Purifikace hovězího sérového albuminu	47
3.3.2.3.2 SDS-PAGE	47
3.3.2.4 Laboratorní úloha „Určení pohlaví“	48
3.3.2.4.1 Příprava vzorků	48
3.3.2.4.2 Izolace DNA	48

3.3.2.4.3 PCR.....	49
3.3.2.4.4 Elektroforéza DNA v agarozovém gelu a vizualizace.....	50
3.3.2.4.5 Vyhodnocení.....	50
3.3.2.5 Zpětná vazba.....	51
3.3.2.6 Legislativa.....	51
3.4 Statistické vyhodnocení.....	51
4 VÝSLEDKY.....	52
4.1 Šetření v Nových Hradech – Analytická část.....	52
4.1.1 Otevřené kódování.....	52
4.1.2 Axiální kódování.....	62
4.1.3 Selektivní kódování.....	62
4.1.4 Vyjádření účastníků kurzu k výsledkům.....	63
4.1.5 Vyjádření organizátorů kurzu k výsledkům.....	63
4.2 Genetický kroužek.....	66
4.2.1 Reflexe laboratorních úloh.....	66
4.2.2 Reflexe přítomných pedagogů.....	67
5 DISKUSE.....	68
6 ZÁVĚR.....	72
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	81
9 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	82
10 SEZNAM TABULEK.....	82
11 PŘÍLOHY.....	82

1 ÚVOD

*„A tak jsem se na vědu magie dal,
zda by mi duchů zjev a ret
nejeden taj moh povědět,
bych nemusil v potu tváře víc
o věcech mluvit, z nichž neznám nic,
abych to všechno vyzvěděl,
jaký je světa vnitřní tmel...“ (Goethe 1965, str. 24)*

Rozvoj molekulární a buněčné biologie zasahuje prakticky všechny oblasti lidské činnosti, výuku biologie nevyjímaje. Začleňování molekulárně biologických témat není ale pouhou nutností vynucenou *pokrokem* a s ním souvisejícími společenskými dopady „nové vědy“, která stojí v opozici k „bezpečné vědě“ (Bryce et Gray, 2004). Představuje i šanci pro ty, kteří se společně s doktorem Faustem ptají po *vnitřním tmelu světa*, případně s ním chtějí být rychle hotoví¹.

Následující práce pojednává o možnostech integrace molekulární biologie do školního kurikula, o problémech s tím spojených i významu takového počínání.

1.1 Cíle diplomové práce

Cíle této diplomové práce lze rozdělit do následujících okruhů:

1. odkrýt ty vlastnosti letní školy zaměřené na (molekulární) biologii a fyziku, které její účastníci (žáci střední školy) považují za klíčové,
2. ověřit v praxi konkrétní výukové celky zaměřené na molekulární biologii, a to v rámci zájmového kroužku již dříve vzniklého při gymnáziu.

Tyto úkoly jsou vzájemně provázány a sdílejí teoretická východiska popsaná v literárním úvodu.

Volnočasové aktivity žáků středních škol ve spolupráci s výzkumnými pracovišti a univerzitami jsou významným rámcem vzdělávání v molekulární a buněčné biologii. Prvním cílem je popsat proces vedoucí k účasti na Letním akademickém kurzu pro žáky

¹ „Filozofie a obory známé jako „humanitní“ jsou stále vyučovány téměř tak, jako by Darwin nikdy nežil.“ (Dawkins 1998, str. 13)

středních škol, který byl pořádán Akademickým a univerzitním centrem v Nových Hradech.

Další část práce je zaměřena na praktické provedení čtyř výukových celků v rámci Genetického kroužku na Gymnáziu, Praha 6, Nad Alejí 1952. Metody molekulární biologie jsou finančně i odborně náročné. Z tohoto důvodu je nutné koncipovat laboratorní úlohy v souladu s konkrétními možnostmi dané školy, a to jak ve smyslu materiálního zajištění, tak i spolupráce s vědeckými pracovišti a univerzitami. Vzhledem k tomu, že škola, na které byly úlohy prováděny, disponuje molekulárně biologickou laboratoří, je možné ve spolupráci s pedagogy a vedením školy provádět náročnější experimenty a posoudit, jak jsou žáky přijímány. Cílem práce tedy není vytvořit „návod“, což je z organizačních i didaktických důvodů obtížné, nýbrž posoudit, zda jsou takové úlohy žáky proveditelné, a získat od nich zpětnou vazbu.

2 VYMEZENÍ PROBLEMATIKY

2.1 Pojem „molekulární biologie“

Pojem *molekulární biologie* byl poprvé vymezen v roce 1961 Williamem Thomasem Astburyem, který chápal molekulární biologii především jako koncepci „s hlavní ideou najít pod rozsáhlými manifestacemi klasické biologie odpovídající molekulový plán“ (Astbury, 1961). Nicméně od svých počátků až dodnes se molekulární biologie vyznačuje nejednoznačností svého vymezení, jak naznačuje i citát Francise Cricka (Stent, 1968): „*Sám jsem byl donucen označovat se za molekulárního biologa, když se mě duchovní ptali, co dělám, protože jsem byl unaven vysvětlováním, že jsem z části krystalograf, biofyzik, biochemik a genetik, což bylo vysvětlení, které pokaždé těžko chápali.*“

Prvotní studie považované za základy tohoto oboru, např. poznatky o množení bakteriofágů (Ellis et Delbrück, 1939), byly provedeny (bio)fyziky a jsou spojovány se snahou Erwina Schrödingera uchopit dědičnost z pohledu fyziky (Bloom, 2001; Miller et al., 2004; Silverman, 2003). V tomto smyslu lze molekulární biologii chápat jako disciplínu kombinující poznatky o neživé přírodě s biologii za účelem porozumět základním mechanismům, které podmiňují existenci *žijících* organismů (Miller et al., 2004). Interdisciplinární a integrující charakter molekulární biologie je natolik výrazný, že je otázkou, do jaké míry je vhodné ji nějakým způsobem vymezovat. Je pak vhodnější hovořit o „molekulární logice života“, která integruje poznatky biochemie, (buněčné) fyziologie a genetiky (ústní sdělení, Petr Folk) a je v tomto smyslu pokračovatelkou Astburyho „koncepte“, byť oprostěné od důrazů na *strukturu*, respektive *informaci*.

Flannery (2001) upozorňuje, že současná biologie ztratila centrum a rozdvajila se na dvě větve: molekulární biologii a ekologii. Tyto dvě větve se liší předmětem svého zájmu (molekula, nebo organismus) a představují zcela odlišná paradigmatu přístupu k přírodě, na jejichž základě se realizují ostatní biologické disciplíny. Takto bude pojem „molekulární biologie“ chápán i v tomto textu.

2.2 Reforma kurikula

V minulých letech proběhla reforma kurikula základních a středních škol, jejíž cíle a myšlenková východiska byly formulovány v Národním programu rozvoje

vzdělávání v České republice (dále „Bílá kniha“). Bílá kniha akcentuje mj. dynamický charakter současné společenské reality (a z ní plynoucí potřebu flexibility a adaptability), potřebu vytvářet sociální kapitál, podporovat sociální kohesi a „*využít tvůrčí potenciál každého jedince*“. K naplnění těchto cílů má napomoci nové pojetí kurikula (ve smyslu všeho, čím se žák ve škole setkává), které klade důraz na osvojení klíčových kompetencí, hodnot a postojů, na mezipředmětové vztahy a uvádění nových témat do výuky, „*aby o nich žáci vůbec věděli, mohli se o ně zajímat a pak si (doufejme správně) vybrat*“². Bílá kniha rovněž tematizuje „vnitřní proměnu školy“ vyplývající ze vzrůstajícího významu výchovné a socializační role školy. Cílem je „*rovnoprávné společenství vzájemně se učících partnerů, učitelů, žáků a jejich rodičů*“, v rámci kterého je kladen důraz na (společnou) sebereflexi, sebepoznání a přijetí osobní odpovědnosti. Se vzrůstajícím významem socializační role souvisí i „*rozšíření funkce školy i do oblasti naplňování volného času*“. Diferenciace výuky a větší míra autonomie škol, kterou nová koncepce kurikula přináší, směřuje ke *kontinuu činností* prováděných ve škole, v rámci kterých se „*stírají hranice mezi povinnými, povinně volitelnými předměty a zájmovou činností*“.

Dosažení výše zmíněných cílů je spojeno s řadou nesnází, které vyplývají z problematických východisek, předpokladů i vlastního provedení reformy. Decentralizace a tvorba školních vzdělávacích programů byla (především nepilotními) školami vnímána s rozpaky (Janík et al., 2010). Vlastní reforma kurikula je spíše pojímána jako reforma metod a forem výuky (Janík et al., 2010), což autoři považují za překvapivé vzhledem k definici pojmu kurikulum jako cílově obsahového programu vzdělávání. S přihlédnutím k pověsti „tradičních metod“ (Kalhous et al., 2002, str. 23) však lze toto zjištění interpretovat jako hledání nových metod výuky kanonizovaných vzdělávacích obsahů a v tomto smyslu není ničím překvapivým.

² „Škola je chápána jako chráněné místo, které poskytuje možnost si mnoho věcí zkusit nanečisto a bez rizika.“

2.3 Na počátku byl organismus

Flannery (2001) upozorňuje, že „biologie“³ vznikla díky zájmu člověka o ostatní organismy a měla by se k těmto svým kořenům vracet. Pokud biologie ztrácí ze zřetele organismus, vzdaluje se veřejnosti, což má praktické důsledky pro její výuku. Žáci se mnohem raději baví o ptácích než proteinech, jejich kočka je jim bližší než restriční enzym. Na druhé straně moderní biologie představuje výzvu pro ty, kteří chtějí znát přesné mechanismy ležící za biologickými fenomény, pro ty, kteří se cítí lépe v čisté laboratoři než v lese. Tento fakt podle Flannery (2001) vede ke střetu představ začínajícího učitele, který má plnou hlavu zásadních biologických otázek, se světem žáků, pro které jsou důležitější (z pohledu učitele) naprosté marginálie, např. hmotnost velryby.

Molekulární biologie a genetika nejsou součástí *přirozeného světa* („*Lebenswelt*“), proto jsou považovány za abstraktní a obtížné. Nutí žáky pracovat na různých úrovních organizace od molekuly po populaci (Williams et al., 2012), v mikro- i makrosvětě (Tsui et Freagust, 2004), dokonce ve dvou ontologických dimenzích, tedy s informací a (hierarchizovanými) biologickými entitami (Duncan et Reiser, 2007). V důsledku toho žáci soudí, že geny říkají biologickým strukturám, co mají dělat, chromosomy jsou původci barvy očí, nebo žáci jednoduše ztotožní znak s genem bez jakéhokoliv spojovacího mechanismu (Duncan et Reiser, 2007). Tyto miskoncepce však nevyplývají pouze z „abstraktního charakteru“ učiva, nýbrž i ze způsobu jeho výuky. Efferth (2000) doporučuje vždy postupovat od jevu k jeho (molekulárnímu) vysvětlení, od fenotypu ke genotypu. Obdobným problémem je neschopnost funkčně integrovat výuku klasické a molekulární genetiky, což je hlavní příčinou faktu, že indiští i britští žáci mají neucelené a zlomkovité vědomosti v této oblasti (Chattopadhyay, 2005).

Molekulární biologie však představuje i výzvu, a to nejen pro ty, kteří společně s Flannery (2001) hledají „*odpovídající molekulový plán*“. Mnozí autoři kladou důraz na etické a společenské otázky spojené s biotechnologiemi. Jejich hlavním cíle lze shrnout do pojmů vědecká gramotnost („*scientific literacy*“) a kritické myšlení, které

³ Spíše zoologie a botanika. Biologie je umělý pojem zavedený za účelem skrýt všechny vědy o životě, které vznikly díky mikroskopu, chemii a fyzice, pod jednu střechu (Flannery, 2001).

jsou předpokladem pro uvážlivé politické rozhodování. Osvícenecký optimismus osvětářů je sice kalen faktem, že vědomosti příliš nekorelují s postojem ani otevřeností vůči biotechnologiím, alespoň ne u slovinských učitelů (Šorgo et Ambrožič-Dolišek, 2010), nicméně nelze popřít, že kritická reflexe toho, jak molekulární biologie a biotechnologie mění náš svět, je nezbytná a může být i zajímavá.

2.4 Etické a sociální otázky

S problematikou biotechnologií a aplikací molekulární biologie v „praktickém životě“ úzce souvisí i to, jakým způsobem je nahlížena DNA⁴. Otcovství už není otázkou vzájemných vztahů, nýbrž sekvence bází v nukleové kyselině, občas někdo najde nějaký další gen nevěry nebo dokonce zločinnosti, aniž by se zamýšlel nad tím, proč se takové „geny“ hledají (Vácha 2008, str 186). Jahodník obsahující gen z ryby je senzací, byť žádný takový nikdo nevytvořil (Petr, 2011), jako by gen z ryby v sobě nesl podstatu ryby nebo alespoň její část. Dokonce i biolog Jaroslav Petr se, zřejmě v nadsázce, ptá jestli meloun obsahující gen lososa může být považován za potravinu vhodnou pro vegetariány (Petr 2003, str. 326). Genetická informace je tedy představována jako jakási esence, což je velmi problematická představa v rámci biologického myšlení i z hlediska didaktiky biologie (Durcan et Reiser, 2007). DNA není pro život o nic více „esenciální“ než např. voda nebo sulfan. Byly dokonce objeveny organismy, které DNA v pravém slova smyslu nemají; fosfor v její molekule nahrazují atomy arsenu (Wolfe-Simon et al., 2011).

Kromě problematických myšlenkových schémat, do kterých je DNA umisťována, se lze setkat i s příklady účelové argumentace, která se přitom tváří jako (hodnotově) neutrální. Genetické manipulace jsou pokládány za další stupeň evoluce člověka, jak ve svém entuziasmu uvádí Jaroslav Petr společně s příklady *přirozeného* horizontálního přenosu genetické informace a elektroporací v důsledku úderu blesku (Petr 2003, str. 325). Tím ale do evoluce zavádí teleologický pohled. Dále uvádí, že problematika „umělého“ a „přirozeného“ nemá nic společného s biologií (Petr 2003, str. 323). Jedná se o jakési hodnocení – „umělé“ znamená špatné, „přirozené“ je dobré. Z důvodu toho, že jen zastírají pravý význam výpovědí, je lepší tyto pojmy nepoužívat. Navzdory tomu je centrem jeho argumentace ukázat, že genetická modifikace je „přirozená“. Obdobným

⁴ Jeden z nejradikálnějších pohledů na DNA je přisuzován zakladateli sociobiologie Wilsonovi (Vácha 2008, str. 22): „*Etika je iluze, kterou nám podstrčily naše geny, aby nás přinutily kooperovat.*“

způsobem pracují s poznatky (molekulární) genetiky i autoři příspěvku, který doporučuje tematizaci biologických příčin homosexuální orientace jako prevenci sebevražd homosexuální adolescentů (Smith et Drake, 2001). Žákům má být na poznacích přírodovědy vysvětleno, že homosexuální orientace není volba, mají být poučeni o homosexuálním chování zvířat v přírodě a seznámit se s příklady homosexuálních vědců, což je např. u Leonarda da Vinci značně problematická reinterpretace historie. Učitel má přitom ctít představu neutrální vědy, která se morálkou nezabývá. Zároveň je ale žákům zamlčeno, že citované studie lze bez větších problémů začlenit i do naprosto opačného diskurzu „*geneticky postižených lidí s nulovou fitness*“. Místo touhy po porozumění jsou důležitější (účelově používaná) data, jen málo relevantní k *pobytu* („*Dasein*“) těchto lidí a příliš o něm nevypovídající. Nezabývá než souhlasit, že genetický determinismus je pouze rámcem, kterým se legitimizuje *status quo*, ať už je jakýkoliv (Allchin, 2005). V přírodě nelze hledat morálku, protože v ní žádná není (Vácha 2008, str. 91). Další oblastí etických dilemat jsou otázky spojené s prenatální diagnostikou a aplikacemi výsledků genomiky (Hoh et Boo, 2007; Markowitz et al., 2008).

Jsou tyto etické a sociální aspekty zohledněny ve výuce? Bryce et Gray (2004) tvrdí, že vychováváme spíše budoucí vědce než zodpovědné občany pro dobu, ve které hraje dominantní roli vědotechnika. Dle těchto autorů je většina diskusí na biotechnologická témata vyprovokována žáky a není příliš integrována do kurikula (ve smyslu závazného koncepčního dokumentu). Žáci, kteří se setkávají s problematikou biotechnologií především v televizi, chtějí více vědecky fundovaných informací o této oblasti lidské činnosti a velmi oceňují diskuse s učitelem (Bryce et Gray, 2004). Nicméně učitelé dle těchto autorů diskuse sami neinicují, což způsobuje, že jim ve svých hodinách věnují jen 5 % času. Leslie et Schibeci (2006) zastávají názor, že především učitel rozhoduje, zda a co bude o biotechnologiích učit. Problém učitele spočívá ale v tom, že biomedicínská etika má interdisciplinární charakter a biologové, tedy i učitelé biologie, neradi hovoří o věcech mimo jejich specializaci a nemají potřebné (společenskovední) vzdělání (Johansen et Harris, 2000). Nicméně je třeba žáky naučit analyzovat nejen informaci, kterou médium obsahuje, nýbrž i její kontext. Ptát se nejen potom, co nám autor říká, ale i proč (Gardner et al., 2009). Ukázky z filmů a novinové články lze navíc s výhodou použít k tematizaci etických dilemat (Knippels et al., 2009). Žáci mohou

diskutovat postoje aktérů příběhu, které jsou většinou srozumitelně vyjádřeny. Učitel vystupující v roli „dávlova advokáta“ je rovněž efektivní strategií iniciace a vedení diskuse (Bryce et Gray, 2004). Jako vhodné řešení nedostatečné kvalifikace učitelů v oblasti „nové vědy“ (Bryce et Gray, 2004) se ukazuje užší spolupráce mezi učiteli a akademickou sférou (Markowitz et al., 2008).

2.5 Molekulární biologie znamená laboratoř

Výuka molekulární biologie bez laboratorních úloh a projektů je nemyslitelná. Byly publikovány různé formy těchto kurzů, které se liší v mnohých ohledech, např. časová náročnost, cílová skupina, začlenění do školní výuky a podobně.

Výukové cíle laboratorních prací spočívají především v afektivní oblasti. Laboratorní cvičení pozitivně ovlivňují postoj studentů k přírodovědě. Pozitivní postoj k přírodovědě koreluje se školní úspěšností, dokonce lze říci, že pozitivní postoj je předpokladem školní úspěšnosti (Hegarty-Hazel 1990, str. 132-156). Zajímavou je v tomto smyslu studie (Freedman, 1997) zjišťující efekt pravidelné každotýdenní (36 týdnů) práce v laboratoři na školní úspěšnost ve fyzice a na postoj žáků k ní. Přestože se nepodařilo vyvrátit nulovou hypotézu, že není signifikantní rozdíl v postoji k fyzice mezi experimentální a kontrolní skupinou, analýza kovariance ukázala na pozitivní korelaci mezi postojem k fyzice a vědomostmi, a to vyšší v experimentální než v kontrolní skupině. Výsledky této studie jsou podpořeny pečlivou randomizací obou skupin, které jsou dle autora ve všech ohledech ekvivalentní a představují reprezentativní vzorek.

Nicméně vztah mezi úspěšností v předmětu a postojem k němu je zřejmě složitější. Významná je provázanost mezi postojem k přírodovědě, sebepojetím žáka a jeho motivací (Oliver et Simpson, 1988; Osborne et al., 2003), což vysvětluje výše zmíněné výsledky, že laboratorní práce nemají na postoje některých žáků vliv.

2.5.1 Výukové celky integrované do školního vyučování

Integrace výukových celků zaměřených na molekulární biologii se potýká především s následujícími problémy (Zeller, 1994):

- vysoké nároky na vybavení školy,
- nedostatek finančních prostředků a materiálu,
- nedostatečné vzdělání učitelů,
- problémy se zajištěním bezpečnosti žáků.

Bylo vyvinuto několik strategií, jak tyto obtíže překonat.

2.5.1.1 Výukové soupravy

První z nich jsou komerčně nabízené soupravy, které obsahují všechny potřebné reagenty a přehledný návod. Častými tématy úloh jsou demonstrace využití DNA ve forenzní analýze (DNA fingerprinting), štěpení DNA pomocí restrikčních endonukleáz, transformace bakterií, ELISA a různé „testy otcovství“. Jedná se tedy o témata čerpající z aplikací molekulární biologie v „běžném životě“, případně o témata atraktivní vzhledem ke kontroverzím, které vyvolávají. Tato témata se shodují s těmi, která jsou dle názoru učitelů pro žáky zajímavá (Hark, 2008).

Levy (2000) kritizuje používání takových souprav. V rámci fascinace technologií se nerozvíjí badatelský přístup. Žákům jsou předkládány gely, na kterých mohou „vidět DNA“, aniž by si museli pokládat otázky a odpovídat na ně (Levy, 2000). Žáci pracují deskriptivně a jsou intelektuálně pasivní. Stiller et Coggins (2006) upozorňují, že vyzkoušené a dobře „nacvičené“ laboratorní práce poskytující očekávané výsledky neodpovídají realitě vědeckého výzkumu. Podle těchto autorů jsou právě neočekávané výsledky mnohem podnětnější. Carr et al. (2006) poukazují na to, že podobné školní experimenty představují pouze jednu techniku bez kontextu výzkumného procesu. Nicméně je otázkou, do jaké míry musí školní experimenty odpovídat realitě vědeckého výzkumu. Zdá se, že spíše představují specifickou kategorii školního pokusnictví, která se navíc neomezuje pouze na základní a střední školy. I vysokoškolské laboratorní práce jsou spíše než bádáním „vařením podle kuchařky“ za účelem cosi demonstrovat (Herron, 2009). Kritiku výše zmíněných autorů je třeba chápat v kontextu jejich vědecké orientace. I „demonstrační“ laboratorní úloha může vyvolat žádoucí kognitivní konflikty, které

lze sledovat v komunikaci žáků mezi sebou nebo s učitelem⁵ (Ben-Nun et Yarden, 2009), spíše záleží na tom, jakým způsobem ji pojme učitel.

2.5.1.2 Volitelné a AP kurzy

Dalším formátem, v rámci kterého jsou metody molekulární biologie vyučovány, jsou různé volitelné a zájmové kurzy vznikající při středních školách. V USA a Kanadě jsou takové aktivity často zastřešeny tzv. „*Advanced Placement*“ (AP). Kurzy tohoto programu jsou nabízeny žákům posledních dvou ročníků vyššího sekundárního vzdělávání, jsou vyučovány vysokoškolskými pedagogy a představují přípravu k AP testu (Rogers, 2007). Díky spolupráci vědců a učitelů byly pro potřeby střední školy elementarizovány i tak náročné metody, jakými jsou mikročipová technologie (Barnard et al., 2006), ELISA (Brokaw et Cobb, 2009; Gerbig et al., 2000) nebo kultury rostlinných explantátů (Beck, 2000).

Z hlediska pedagogiky nadaných je možné tyto aktivity zahrnout pod tzv. obohacování („*enrichment*“), což je strategie „*založená na přísunu nových, odlišných a pro nadané žáky zajímavých a smysluplných informací a aktivit*“ (Jurášková 2006, str. 49). Rogers (2007) zmiňuje význam AP kurzů, kontaktu s odborníky a obdobných obohacovacích aktivit jako prevenci existenciální deprese nadaných, která je způsobena vědomím externích nepřekročitelných limitů jejich rozvoje. Upozorňuje na význam těchto kurzů pro socializaci (některých) nadaných a jejich sebeúctu. Společně s podporou dospělých a vrstevníků jsou AP kurzy a jejich obdoby důležitým faktorem resilience socioekonomicky znevýhodněných nadaných (Reis et al., 2005). Význam těchto kurzů lze vidět také v tom, že žákovi umožní rozvoj v „jeho“ specifické oblasti zájmu, aniž by se očekávalo, že bude podávat výjimečné výkony ve všech předmětech. Taková očekávání snižují zájem nadaných o přírodovědu (Plucker et Stocking, 2001). Kunkel et al. (1992) uvádí, že nadaní se za „nadané“ nepovažují, tedy „nadaný žák“, kterého je třeba „*vyhledávat a diagnostikovat*“, je spíše konstrukt pedagogického diskurzu než prvek identity nadaného, a vadí jim předpoklad učitelů a spolužáků, že by měli mít vynikající výsledky v různých oborech. Obohacování představuje vhodný prostředek vzdělávání žáků, kteří by „*rádi zůstali se svou třídou*“ a nechtějí se stát

⁵ Žáci např. očekávali, že uvidí po elektroforéze DNA v agarozovém gelu dvoušroubovice, objem směsi se po provedení PCR zvětší nebo že je možné vidět plasmidy pouhým okem (Ben-Nun et Yarden, 2009).

„nadanými“, k čemuž je třeba odvahy a vyšetření. Otázka totiž netkví v tom, zda je žák „nadaný“, nýbrž čemu a proč chce věnovat svůj čas a energii (Kukel et al., 1992).

2.5.1.3 Modelování ve školním vyučování

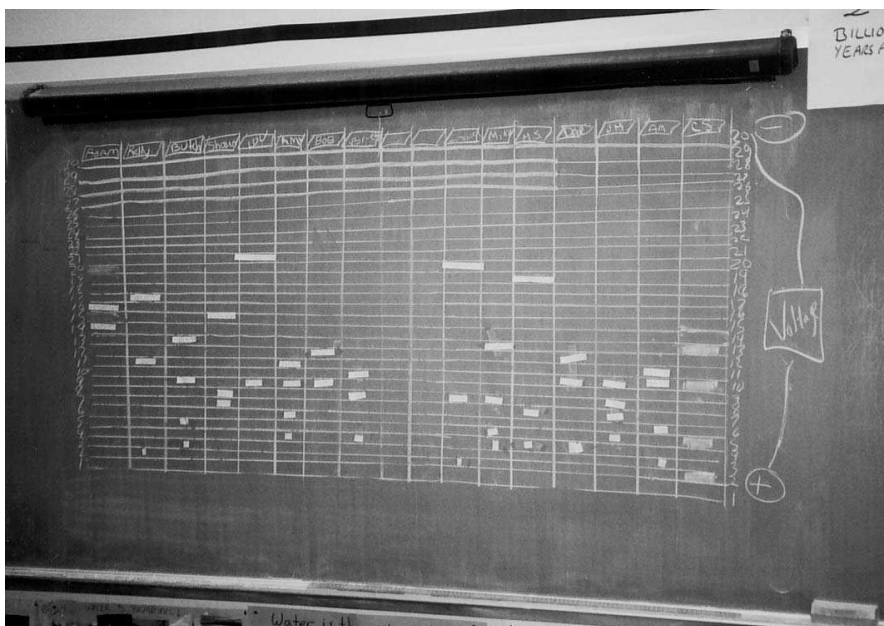
Metody molekulární a buněčné biologie jsou také modelovány nebo vizualizovány. Častým námětem takových aktivit jsou proslulé experimenty, např. Meselsonův-Stahlův experiment (D'Agostino, 2001; Templin et Fetters, 2002), který významně přispěl k objasnění semikonzervativní povahy replikace DNA. Templin et Fetters (2002) soudí, že takové aktivity objasňují žákovi charakter vědeckého výzkumu, význam technologií a historický rozměr vědy. McMiller et al. (2006) nicméně upozorňují, že žáci by neměli být spraveni o tom, „co dělali vědci v minulosti“ s následnou demonstrací „metod vědeckého výzkumu“ a případným vlastním provedením, ale vedeni k tomu, aby si sami kladli otázky a hledali cesty, jak na ně odpovědět. Emani (2010) naopak pozitivně hodnotí to, že žákům nejsou vědecké teorie předkládány jako „hotová objektivní fakta“, nýbrž jako (zajímavý) příběh, ve kterém se ukazuje reálné fungování vědy, např. role vědecké komunity při přijímání nové teorie.



Obrázek 1 - Meselsonův-Stahlův experiment. Gradient chloridu cesného byl simulován třemi kapalinami různé hustoty (glycerol, voda a minerální olej). DNA (mramor), jejíž obě vlákna obsahují těžký izotop, klesá do fáze s největší hustotou. DNA (guma), která obsahuje těžký izotop jen v jednom vlákne, se nachází v prostřední fázi. DNA neobsahující těžký izotop (korek) ^{15}N plave na povrchu fáze s nejmenší hustotou. Přejato z (D'Agostino, 2001).

Modelovány jsou také metody molekulární biologie. Pomocí stavebnice LEGO lze demonstrovat štěpení DNA restrikčními endonukleázami a následnou separaci fragmentů během elektroforézy v agarozovém gelu (Soto, 2005). DNA fingerprinting

Ize dělat i křídou na tabuli (Reed, 2001). Švýcarskými středoškoláky a jejich učiteli byla pozitivně hodnocena i původně brazilská hra „Objevování buňky“ („*Célula Adentro*“), během které se za účelem dopadení zloděje žáci seznamují s polymorfismy, repetitivními sekvencemi, izolací DNA i její elektroforetickou separací (Cardona et al., 2007). Nicméně i u této hry někteří žáci poukazovali na klasický problém obdobných her a simulací, tedy na to, že by raději pracovali v laboratoři a prováděli skutečné experimenty (Cardona et al., 2007).



Obrázek 2 - DNA fingerprinting. Menší fragmenty se při elektroforéze DNA pohybují rychleji než větší. Přejato z (Reed, 2001).

Častým námětem různých inscenací a modelů je mitotické a meiotické dělení, protože žáci s obtížemi rozlišují mezi chromatidou a homologním chromosomem (Chinnici et al., 2004; Farrar et Barnhart, 2011). Inscenace jaderného dělení má zapojit co nejvíce žakových smyslů (Wyn et Stegink, 2000). Fenomémem aktivit zaměřených na chromosomy jsou ponožky. Pomocí ponožek lze modelovat karyotyp, význam telomer, chromosomové aberace, Levanovu klasifikaci chromosomů nebo cytogenetické techniky proužkování (Stravroulakis, 2005). Inscenační metody lze použít také pro objasnění struktury aminokyselin a proteinů (Asmus, 2007), případně proteosyntézy (Ong, 2010).

Ve školách jsou rovněž vytvářeny modely biomolekul. K vysvětlení skládání proteinu může posloužit kabel od telefonu reprezentující sekundární strukturu, ze které

se v důsledku působení slabých vazebných interakcí vytvoří terciární struktura (Turner, 2007).



Obrázek 3 - Primární, sekundární a terciární struktura proteinu. Přejato a upraveno z (Turner, 2007).

Co je skutečným rodinným stříbrem mohou žáci nazít během výroby šperku, který modeluje strukturu DNA (Atkins et Roderick, 2006). Harrel et al. (2005) upozorňují, že znalost struktury DNA je nezbytná pro pochopení replikace DNA, transkripce do RNA a mnoha dalších procesů. Před vytvářením modelu je ale dle těchto autorů vhodné žákům poskytnout zkušenost, že se DNA vyskytuje v biologickém materiálu a je ji možno vidět. Tato zkušenost umožňuje žákům srovnávat své pozorování s vytvořeným modelem a objasnit význam i úskalí modelování (Harrel et al., 2005). Biologický materiál, ze kterého je DNA izolována, byl měl z etických, právních i hygienických důvodů pocházet z rostlin, být barevný, měl by obsahovat dostatečné množství DNA a být snadno rozmělnitelný. Těmto kritériím nejlépe vyhovují potraviny, např. banán (Zikánová et Kuthan, 2009), jahody (Harrel et al., 2005) nebo kiwi (Britos et al., 2004). Zvláště měkké kiwi je pro tyto účely vhodné, protože rostliny jsou často polyploidní a plody obsahují velké množství proteináz (Britos et al., 2004).



Obrázek 4 - Model struktury DNA jako bižuterie. Přejato a upraveno z (Atkins et Roderick, 2006).

Významným prostředkem, který umožňuje, aby struktura především nukleových kyselin byla pro žáky méně abstraktní, jsou i počítačové programy. Cn3D je volně ke stažení pro různé operační systémy a významně zvyšuje vědomosti žáků o struktuře DNA (Porter et al., 2007). Animace struktury DNA, RNA a proteosyntézy pomohla

žákům (17-18 let) k signifikantně lepším výsledkům testu než v kontrolní skupině (Rotbain et al., 2008). Marbach-Ad et al. (2008) upozorňují, že animace zvyšují vědomosti žáků v oblasti molekulární genetiky signifikantně více než ilustrace.

Centrální dogma molekulární biologie lze demonstrovat pomocí „faktů o Chucku Norrisovi“ (Lampert, 2011). V této aktivitě jsou aminokyselinové zbytky odpovídající určitému kodonu mRNA nahrazeny slovy z „faktů o Chucku Norrisovi“ (např. „Chuck Norris“ za methionin, tečka odpovídá stop-kodonu). Žáci dostanou sekvenci DNA, kterou přepíšou do mRNA a následně přeloží do výsledného „faktu o Chucku Norrisovi“. Pokud jsou v „proteinu“ některá slova nadbytečná, žák je odstraní, čímž se demonstrují posttranslační úpravy proteinů. Aktivita rovněž výborně demonstruje dopady mutací, při kterých dochází k posunu čtecího rámce. Důležité je i spojení mezi informací („fakt o Chucku Norrisovi“) a biologickou entitou (sekvence mRNA), které žákům často uniká, i když už někdy „přepisovali a překládali“ (Duncan et Reiser, 2007). „Fakt o Chucku Norrisovi“ totiž do značné míry odstraňuje negativní dopad skutečnosti, že žáci nejsou příliš seznámeni s funkcí proteinů. Nicméně čeština je pro podobné aktivity mnohem obtížněji využitelná než angličtina.

Zajímavé jsou i výukové celky zaměřené na bioinformatiku, které jsou z hlediska materiálního vybavení nenáročné. Úlohy demonstrují význam výpočetní techniky při zpracování velkého množství biologických dat (Wefer, 2003). Bioinformatika je často spojována s vytvářením fylogenetických stromů a tematizována v souvislosti s mutacemi a forenzní genetikou (Wefer et Sheppard, 2008). Obvyklým námětem je také identifikace neznámých sekvencí na základě prohledávání veřejně dostupných databází pomocí BLAST („*Basic Local Alignment Search Tool*“), případně zarovnávání dvou („*pairwise alignment*“) nebo více sekvencí („*multiple alignment*“), které může sloužit jako východisko např. k zodpovězení otázky, zda se sekvence liší více v intronech nebo exonech a proč (Offner, 2010). Žáci oceňují význam bioinformatiky pro biologii a žasnou, že 50-100 nukleotidů stačí k identifikaci konkrétního genu v obrovském množství různých sekvencí přítomných v databázi (Wefer, 2003), což zřejmě fascinuje každého, kdo někdy navrhol primery pro PCR. Byly publikovány i komplexnější projekty, ve kterých figurují aplikace bioinformatiky, ale zakomponovány do širšího rámce, např. výzkumu bakterií rodu *Wolbachia* (Bordenstein et al., 2010) nebo

k identifikaci mikroorganismů z kuchyně (Rosenzweig et Jejelowo, 2011) či mořského břehu (Dong et al., 2008). Gelbart et al. (2009) pozitivně hodnotí, že výukové celky zaměřené na bioinformatiku umožňují simulovat „reálný výzkum“. Žáci mohou řešit komplexní úkoly jako vědci, vytvářet hypotézy, ověřovat je, klást si metodologické a epistemologické otázky a nejsou limitováni časem, materiálem nebo vybavením. Díky takovým komplexním úkolům se učitelé otevírá zajímavý svět žákovských interpretací jednotlivých vědeckých konceptů⁶ a vědy jako takové (Gelbart et al. 2009). Tento svět není jen zajímavý, představuje i výchozí bod výuky. Úkolem učitele je poznat a uchopit žákovské koncepty a pracovat s nimi konfrontačně (Franke et Bogner, 2011).

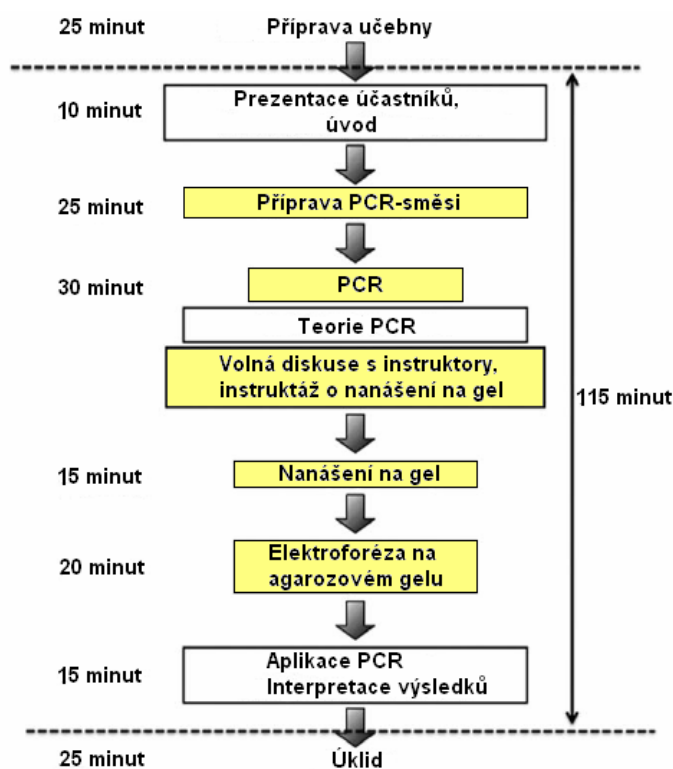
2.5.1.4 Externí instruktoři ve škole

Metody molekulární biologie mohou být vyučovány rovněž formou výukových celků realizovaných v budově školy externími vyučujícími, studenty vysokých škol doktorandského (Boukaze et al, 2010) nebo bakalářského stupně (Van Mil et al., 2010). Tyto výukové celky zahrnují provedení PCR, techniky dostatečně rychlé a robustní, aby ji mohli provádět i žáci, kteří se dosud nesečkali s automatickou pipetou. Van Mil et al. (2010) dokonce zredukovali pipetování natolik, že žáci přidávají pouze primery a templát. Jako motivační prvek je zdůrazňováno propojení úloh s forenzní genetikou, s kterou se žáci setkávají v televizních seriálech s kriminalistickou tematikou (Boukaze et al, 2010; Kurowski et Weiss, 2007), případně medicínské aplikace genomiky (Van Mil et al., 2010).

Cílem obou zmíněných úloh je simulace využití PCR a elektroforézy DNA v agarozovém gelu při řešení praktického problému. V obou úlohách se jako templát používá plasmid. V úloze „OpenLAB“ (Boukaze et al, 2010) bylo úkolem žáků určit, zda DNA vyizolovaná ze vzorků vlasů nalezených ve autech dvou podezřelých z únosu patří pohřešované osobě, a to na základě porovnání velikostí produktů PCR. Pohřešovaná osoba měla v amplifikovaném úseku DNA specifickou delecí o velikosti 150 bp. Ve skutečnosti však žáci amplifikovali dva fragmenty myšního β -aktinu (*Actb*) o velikosti buď 155 bp, nebo 298 bp, s částí plasmidového vektoru, do kterého byly fragmenty vloženy. O této skutečnosti nebyli žáci informováni ani po skončení praktika, přestože

⁶ Např. genetické onemocnění způsobují „nadbytečné geny“, které se v lidském genomu nevyskytují (Wefer, 2003).

se po úvodní prezentaci objevily kritické otázky po skutečném původu vzorku. V úloze „*Read the language of the tumor*“ (Van Mil et al., 2010) žáci posuzovali, jak se od sebe liší geny *TP53*, *ERBB2* a *CDH1* ve zdravých a nádorových buňkách (v nádorových *TP53* nebyl detekovatelný, *ERBB2* se amplifikoval a *CDH1* byl zkrácen).



Obrázek 5 - OpenLAB. Žlutě podbarvená políčka značí aktivity žáků. Přejato a upraveno (Boukaze et al., 2010).

K vizualizaci produktů byla v úloze „OpenLAB“ použita Sybr Green I, která má nižší mutagenní účinky než ethidium bromid (Singer et al., 1999). Nicméně Sybr Green II není mutagenní ani v toxických koncentracích (Kirsanov et al., 2010), a tak je možné se ptát, proč nebyla použita Sybr Green II, případně jiné metody vizualizace DNA. Správného výsledku obvykle dosáhlo 7-8 skupin z deseti. Největší problémy měli žáci s používáním automatických pipet, s kontaminací v negativní kontrole a absencí produktu pravděpodobně díky opomenutí nebo špatnému pipetování. Od prosince 2008 do května 2009 projekt „OpenLAB“ navštívil celkem 53 tříd. Závěrečný dotazník, který sloužil jako zpětná vazba, vyplnilo 642 studentů. Přibližně polovina studentů deklarovala, že rozuměla tomu, co dělala, zatímco protokolu rozumělo 70% účastníků,

což lze interpretovat také tak, že část studentů jen postupovala podle protokolu bez vědomí smyslu svého konání.

V úloze „*Read the language of the tumor*“ není uvedeno, jakým způsobem byla DNA vizualizovaná. Dle obrázku v publikaci lze soudit, že to bylo také na základě fluorescence.

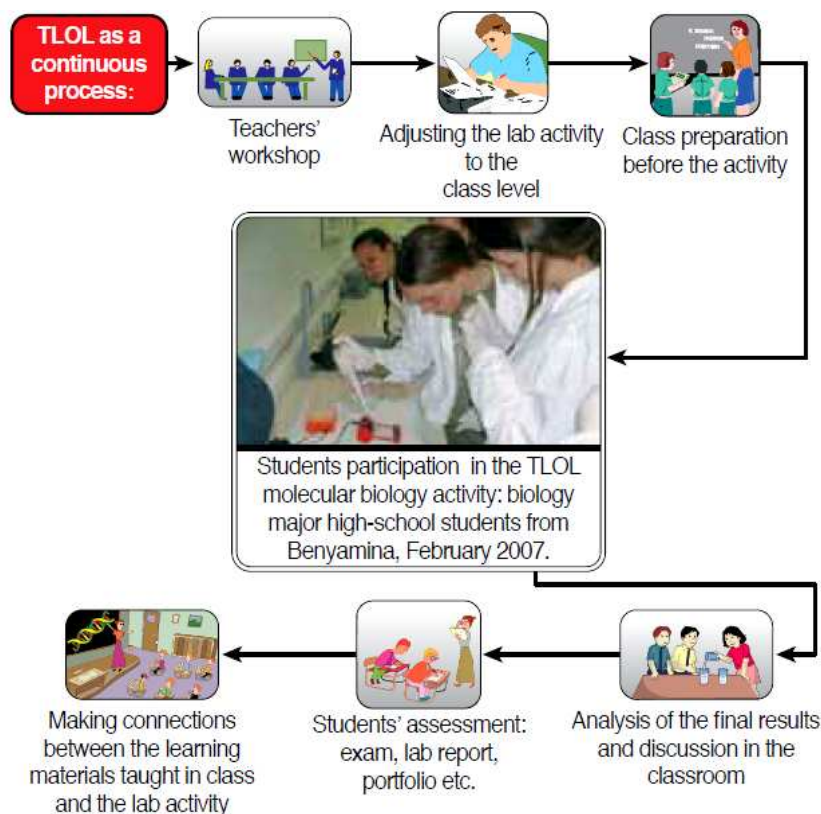
2.5.1.5 Zapůjčení vybavení školám

Spolupráce učitelů a akademických pracovníků může spočívat v zapůjčení vybavení nebo laboratoře vyškolenému učiteli, který v těchto prostorách samostatně realizuje laboratorní úlohu se svými žáky. V Německu funguje 200 takových laboratoří (nejen na univerzitách a při výzkumných pracovištích, ale i v průmyslu) a ročně jimi projde 300 000 žáků středních škol (Franke et Bogner, 2011). Výhody této strategie, které sumarizují Ben-Nun et Yarden (2009), spočívají především v tom, že učitel připraví úlohu na základě podkladů ze školení vzhledem ke třídě, kterou bude vyučovat. Významným prvkem je také příprava žáků před vlastním provedením úlohy, která pozitivně ovlivňuje průběh cvičení. Větší zapojení učitele v porovnání s předchozí strategií může zlepšit implementaci úlohy do kurikula, která ne vždy probíhá (Van Mil et al., 2010). Feldstein et Benner (2004) tematizují význam atmosféry vysoké školy, která je pro učitele i žáky stimulační. Díky laboratorním aktivitám konaným na půdě vysoké školy se vytváří autentické společenství učících se lidí (tedy učitelů i žáků), které je podstatou univerzity („*universitas magistrorum et scholarium*“) a významnou ideou Bílé knihy. Clendening (2004) nicméně upozorňuje na nedostatek SSP („*Scientist-Student Partnership*“) programů v oblasti molekulární biologie a genetiky. Ten je způsoben nízkým až nulovým prospěchem, který z tohoto partnerství vědci mají. Na rozdíl o jiných oblastí, ve kterých mohou žáci nashromáždit relevantní data, správně je analyzovat a svým podílem přispět k publikaci, projekty a metody v molekulární biologii a genetice jsou natolik komplexní, náročné a drahé, že účast žáků v takových projektech není rentabilní. Výzkumné instituce mohou školám zapůjčit vybavení a minimalizovat cenu potřebných reagentů, avšak nemohou pro sebe očekávat žádný přínos. Představa, že proškolený učitel může se zapůjčeným vybavením samostatně realizovat jednoduchý výzkumný úkol je podle Clendening (2004) nereálná, byť se ze svých chyb učitel i žáci hodně naučí. Klíčem k úspěchu (tedy k použitelným datům) jsou podle této autorky supervize vědce během

přípravy a provádění experimentů a zjednodušení protokolů (především minimalizace žákovského pipetování). Na těchto doporučeních se shodují i další autoři (Evans et al., 2001). Nicméně učitelé a jejich žáci se mohou (alespoň v USA⁷) v rámci SSP zkoumat ontogenezi a měřit růst geneticky modifikovaných rostlin dodaných vědci, a tak získávat použitelná data (Brooks et al., 2011).

Jak je zřejmé z předchozího, další vzdělávání pedagogických pracovníků (ve smyslu aktivní účasti na školeních a workshopech) je nezbytnou součástí (nejen) této strategie. Význam těchto aktivit však nelze omezit pouze na provádění laboratorních úloh. Učitelé, kteří se dostali do kontaktu s autentickým vědeckým výzkumem, lépe rozumí charakteru vědy, hovoří o profesním i osobním růstu (McCarty, 2003). Badatelství pak přenášejí do škol, vzájemně si poskytují informace, protokoly, sdílejí výsledky experimentů a dále spolupracují (McCarty, 2003). Letní škola nebo workshop se pak stává místem setkávání, kde mohou učitelé realizovat své zájmy, které by ve školní laboratoři uskutečnit nemohli, a najít obdobně orientované kolegy.

⁷ Práce s geneticky modifikovanými organismy, tedy především s bakteriemi, není na amerických středních školách novým jevem. Publikace popisující transformace bakterií na půdě střední školy se objevují od konce 80. let 20. století (Myers, 1988). Existuje i několik komerčně produkovaných výukových souprav s touto tematikou. Můžeme se ptát, zda a jak ovlivňují takové experimenty postoj žáků ke geneticky modifikovaným organismům. Zřejmě nezbyvá než souhlasit s Václavem Bělohradským (ústní sdělení), že věda by se měla přestat tvářit jako neutrální a více reflektovat, co, proč a s jakými důsledky přináší, připomenout si starý příběh o Prométheovi, příběh o vzpurnosti a soucitu (Kratochvíl 1995, str. 46). Je však otázkou, jaké praktické jednání vzejde z takové reflexe.



Obrázek 6 – Schéma učitelem řízené výuky v externí laboratoři. Přejato z (Ben-Nun et Yarden, 2009).

V České republice významnou spoluprací se středními školami rozvíjí Přírodovědecká fakulta UK v Praze, která zdarma zapůjčuje fluorescenční mikroskop Olympus CX21 LED Fluorescent Illuminator středním školám⁸. Výpůjčka trvá standardně jeden týden a její podmínkou je zaškolení pedagoga pro práci s tímto mikroskopem, které lze absolvovat mj. i v rámci předmětu Pozorování a pokus suborganismální I, který je začleněn do studijního plánu navazujícího magisterského studia učitelství biologie. Nicméně Přírodovědecká fakulta poskytuje i kurzy práce s tímto mikroskopem pro již vyučující pedagogy v termínech zveřejněných na internetu. Ve školním roce 2009/2010 byl mikroskop na 29 středních školách po celé ČR, o rok později přibylo ještě pět škol. Fakulta také vyhlašuje soutěž o nejlepší fotografii, kterou učitelé se svými žáky zapůjčenou technikou pořídí.

Katedra didaktiky a učitelství biologie Přírodovědecké fakulty UK v Praze dále provozuje program, v rámci kterého je možné využít prostor a přístrojů fakulty k realizaci

⁸ Zapůjčení přístrojů a vybavení: Přírodovědecká fakulta UK v Praze. [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/biologie/ucitelstvi/skoly/pristroje/zapujceni-pristroju-a-vybaveni>

praktického cvičení pro středoškoláky⁹. V nabídce kromě pitevních praktik bezobratlých živočichů a obratlovců figurují i molekulárně biologická praktika, během kterých si žáci vyzkouší práci s automatickými pipetami, analyzují DNA nebo proteiny. Historie těchto praktik je spojena s přednáškami a kurzy pro učitelé, které proběhly v rámci projektu Otevřená věda v Nových Hradech (ústní sdělení, Vanda Vilímová). Pracovníci Přírodovědecké fakulty UK se v rámci těchto kurzů setkali s potřebou středoškolských pedagogů zvýšit svou odbornost v oblasti metod molekulární biologie, které vyučují, i když s nimi mají minimální nebo žádné praktické zkušenosti (ústní sdělení, Vanda Vilímová). Z tohoto důvodu jsou praktická cvičení zaměřená na molekulární biologii původnější vzhledem k historii kurzů. Cílem těchto cvičení je usnadnit žákům (a v posledku i středoškolským pedagogům) pochopení metod používaných v molekulární biologii a genetice (ústní sdělení, Vanda Vilímová). Z hlediska afektivních cílů se cvičení snaží překonat bariéru neznáma, které molekulární genetiku obklopuje, posunout žáky od představ ke konkrétnímu, k věci samé (ústní sdělení, Vanda Vilímová). Předpokládá se, že čemu žáci rozumí a dokáží si to představit v praxi, tomu se i lépe učí a dokáží k tomu v rámci svých osobních a občanských postojů přistupovat racionálněji a věcněji.

Cíle úlohy zaměřené na genotypizaci *CCR5*¹⁰ jsou jasně a konkrétně zadány s použitím činnostních sloves. Jejich ověření je tedy na rozdíl např. od projektu OpenLAB možné, byť se metacíle obou projektů značně podobají. Je třeba také ocenit, že cíle praktika vycházejí z RVP-G, a to jak v rámci vzdělávacího oboru Biologie, tak i Výchova ke zdraví. Praktikum bylo zpoplatněno částkou 70 Kč za žáka, respektive 50 Kč za žáka pro fakultní školy. Reálná cena se však pohybuje mezi 100-150 Kč za žáka v závislosti na typu praktika a zbytek byl v r. 2011 hrazen z rozvojových programů Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy (ústní sdělení, Vanda Vilímová).

O praktikum je ze stran učitelů zájem. Kapacita praktika je naplněna (1-2 skupiny týdně), a tak jej organizátoři nepropagují jinak než na webové stránce fakulty (ústní

⁹ Praktika na PŘF UK: Přírodovědecká fakulta UK v Praze. [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/biologie/ucitelstvi/skoly/praktika-na-prf-uk/seminare>

¹⁰ VILÍMOVÁ, V. *Genotypizace ccr5*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: http://www.natur.cuni.cz/biologie/ucitelstvi/skoly/praktika-na-prf-uk/navod_ccr5

sdělení, Vanda Vilímová). Skupina středoškolských pedagogů, jejichž žáci se těchto praktik účastní, je relativně stabilní, přesto se objevují i „nové tváře“. Role školy je v rámci těchto praktik spatřována především v určité přípravě žáků na provedení praktika. Žáci, kteří ve škole dostali určité základní znalosti relevantní k naplánované úloze, hodnotí průběh praktika příznivěji. Spokojenější jsou i organizátoři (ústní sdělení, Vanda Vilímová).

Praktika nemají ambici nějakým zásadním způsobem ovlivnit profesní orientaci žáků, nicméně mohou být obohacující pro zájemce o studium experimentálních oborů biologie a příbuzných aplikovaných disciplín (ústní sdělení, Vanda Vilímová).

Zajímavým počinem je také projekt Gymnázia, Praha 6, Nad Alejí 1952, „Genetika do škol aneb biologie trochu jinak“. Historie tohoto projektu je spojena s kurzy pro středoškolské pedagogy pořádané v rámci programu Otevřená věda Akademickým a univerzitním centrem v Nových Hradech a Přírodovědeckou fakultou Jihočeské univerzity. Na tyto kurzy se učitelé přihlásili na základě svého zájmu o metody molekulární biologie a potřeby získat v této oblasti praktické zkušenosti (Irena Skolilová, ústní sdělení). Během kurzu se pedagogové setkali i se zástupci firem, které jim nabízeli komerčně dostupné výukové soupravy s molekulárně biologickou tematikou. Tyto soupravy ale považovali za příliš drahé (Irena Skolilová, ústní sdělení). Nicméně tato zkušenost vedla ke grantové aplikaci a rozjezdu projektu „Genetika do škol“.

Projekt Gymnázia, Praha 6, Nad Alejí 1952, financovaný z Operačního programu Praha – Adaptabilita (CZ.2.17/3.1.00/31373)¹¹ a probíhající v letech 2008-2011 byl zaměřen na získávání praktických dovedností v oblasti molekulární biologie a genetiky žáků i učitelů středních škol. Celkem bylo v této oblasti v projektu vzděláváno 43 učitelů pražských středních škol a přes 600 jejich žáků. Výstupem projektu je ucelená řada laboratorních cvičení prakticky ověřených v podmínkách nově zřízené „školní“ genetické laboratoře, která byla vybudována ve spolupráci s forenzními genetiky. Celkový rozpočet

¹¹ Projekty - Magistrát. Fondy EU v Praze [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: http://www.prahafondy.eu/cz/oppa/projekty/702_genetika-do-skol-aneb_regcislo1373.html?support=@cislo=&zadpartner=&obsah=&z-all=&stranka=16

projektu činil 8 165 438 Kč, přičemž 6 940 622 Kč bylo uhrazeno z prostředků Evropské unie a 1 224 816 Kč z národních veřejných prostředků.

Metodické materiály ke každé z laboratorních úloh obsahují kompletní návod pro učitele, návod pro žáka, pracovní list a materiály k laminaci sloužící jako stručný přehledný návod při vlastním provádění úlohy. Kompletní návod pro učitele zahrnuje vysvětlení principu demonstrované metody, předpokládaný časový rozvrh, seznam používaných chemikálií a materiálů společně s upozorněním na možná úskalí práce s nimi, bezpečnost práce a možné obměny úlohy. Dále detailně popisuje práci s přístroji, např. odměřování objemu pipetou s nastavitelným objemem. Dále návod pokračuje teoretickými poznatky potřebnými pro výuku, zavádí a vysvětluje pojmový aparát, který dále používá. Následuje detailní popis úkonů, které musí učitel provést v rámci přípravy praktika společně s jejich časovou náročností. Kompletní instrukce dále obsahují žákovský návod pro vlastní provedení úlohy a část věnující se interpretaci výsledků společně s autorským řešením pracovního listu. Žákovský návod je obsahově shodný s učitelským, jsou však vypuštěny teoretické poznatky, úkony nezbytné před začátkem hodiny, předpokládané výsledky a autorské řešení pracovního listu. Provedení některých úloh (viz tabulka 1) vyžaduje zakoupení edukačních sad produkovaných firmou Bio-Rad, respektive firmou Forenzní DNA servis.

Název úlohy	Stručný popis
Genetika ve službách kriminalistiky: DNA fingerprinting (166-0007EDU)	Praktické cvičení umožní studentům stát se na krátký čas forenzními genetiky, kteří s pomocí základních molekulárně-biologických metod řeší otázku: „Kdo je vinen?“. Studenti si osvojí dovednosti hlavně z oblasti restričního štěpení DNA a elektroforetická separace fragmentů DNA
Geneticky modifikované organismy GMO (166-2500EDU)	Souprava na identifikaci geneticky modifikovaných potravin umožní studentům zjistit, zda potraviny, které jsou běžně dostupné v supermarketech, jsou geneticky modifikované či nikoliv. Studenti si dále osvojí dovednosti izolace DNA z rostlinného materiálu, PCR reakce a elektroforetické separace PCR fragmentů.
Gen v láhvi Izolace DNA (166-2300EDU)	Pro studenty, kteří se dozvídají o molekulární biologii vůbec poprvé, je DNA příliš abstraktní a neurčitý pojem. Tento pokus změni neviditelné ve viditelné – možnost vidět svou vlastní DNA pomůže studentům pochopit dříve neviditelnou substanci života.
ELISA Detekce protilátek (166-2400EDU)	Cílem experimentů je provést studenty procesem vědeckého výzkumu v laboratoři a poukázat na důležitost a význam spojení základního výzkumu s praxí. Pomocí této soupravy mohou být vyzkoušeny dva různé ELISA postupy – sledování propuknutí nemoci a test protilátek
Genetická genealogie Analýza Y-chromozomu (Forenzní DNA servis)	Praktická cvičení umožní studentům stát se na krátký čas genetickými genealogy, kteří na základě analýzy Y-chromozomu určí geografický původ předků a prohledáním veřejně dostupných databází zjistí množinu možných příbuzných osob mužského pohlaví.
Průkaz krve Orientační a specifický důkaz (Forenzní DNA servis)	Princip popsané metody se v kriminalistických laboratořích používá k průkazu lidské krve například na oděvních součástkách či předmětech zajištěných na místě činu. V rámci praktického cvičení budou studenti testovat, zda trpí krvácením z dásní či nikoliv.
Základní laboratorní techniky I	V rámci této úlohy se studenti naučí používat pasturovy pipety a automatické dávkovače (mikropipety) a seznámí se se základními přístroji, které se také naučí obsluhovat.
Základní laboratorní techniky II	V rámci této úlohy se studenti naučí zejména postup pro přesné měření objemů a elektroforetickou separaci nukleových kyselin.
Základy daktyloskopie (Forenzní DNA servis)	V rámci této úlohy se studenti naučí stanovit základní vzory daktyloskopických otisků pokusných osob a zajistit latentní otisk prstu.
Průkaz slin	V rámci této úlohy se studenti naučí provést stanovení aktivity enzymu amylázy a tak prokázat přítomnost slin ve vzorku.
Ohledání místa činu (Forenzní DNA servis)	V rámci této úlohy se studenti naučí provést ohledání místa činu a zajistit vzorky určené pro zpracování v rámci dalších úloh (průkaz krve, zajištění daktyloskopických otisků, průkaz slin a podobně).
Barvení jader buněk sliznice tváře	V rámci této úlohy se studenti naučí provést barvení jader buněk sliznice tváře, čímž vlastně provedou průkaz přítomnosti dědičné informace – DNA.
Gramovo barvení	V rámci této úlohy se studenti naučí provést barvení bakteriálních kultur, čímž vlastně provedou průkaz gram-pozitivních či gram-negativních bakterií.
Barrovo tělísko	V rámci této úlohy se studenti naučí provést průkaz Barrova tělíska ve vzorku biologického materiálu, čímž vlastně provedou průkaz inaktivovaného chromozomu X a tudíž určí, zda vzorek pochází od muže či ženy.

Tabulka 1 - Přehled úloh a jejich anotací. Úlohy vyžadující zakoupení soupravy jsou vyznačeny tučně, katalogová čísla firmy Bio-Rad uvedena v závorce (Forenzní DNA servis nepoužívá katalogová čísla). Přejato a upraveno¹².

¹² Popis úloh a cvičení v projektu. EDUGEN [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.edugen.cz/stranka2.html>

2.5.2 Dlouhodobé kurzy na výzkumných pracovištích

Další strategií vzdělávání v molekulární a buněčné biologii jsou dlouhodobé pobyty na výzkumných pracovištích a letní školy tohoto druhu. Historie letních škol začíná na konci 50. let 20. století, kdy došlo k jejich etablování díky „vesmírnému závodu“ mezi USA a SSSR (Niemann et al., 2004). Kurzy jsou obvykle výběrové, a to jak ze strany žáků, tak pořadatelů, kteří se rekrutují z akademického a univerzitního prostředí. Žáci očekávají a pozitivně hodnotí přístup k „reálné“ vědecké práci v *autentickém* prostředí a s využitím přístrojového zázemí, které není obvykle na školách dostupné (Brown, 1999; Lewis et al., 2002; Markowitz, 2004; Niemann et al., 2004; Schenkel, 2002). Účastníci kladou důraz na autentické učení prakticky v tom smyslu, v jakém se chápe z hlediska didaktiky (Kalhous 2002, str. 168-169). Učení nemá být „jakože něco děláme“, činnost připravující pro vzdálenou budoucnost nebo jednoduše samoučelná. Má být „opravdová“ už teď. Žáci rovněž oceňují osobní kontakt s vysokoškolskými pedagogy (Fernandez-Novell et al., 2002). Bleicher (1996) zastává tezi, že etnologická pozorování studentů zapojených do práce vědeckých laboratoří mohou přinést inovace i do školní výuky, např. v rámci formální i neformální prezentace výsledků nebo posunu v chápání vědy.

Účast na letní škole může podnítit zaujetí pro vědu („*passion for science*“) (Oliver et Venville, 2011). Pod tímto pojmem se rozumí stav, kdy žák vnímá (odbornou) aktivitu jako cennou, věnuje jí významnou část svého času a energie, očekává náročné úkoly a velmi silně prožívá pozitivní výsledky (Fredricks et al., 2010). Tento stav je charakteristický spíše pro žáky nadané v oblasti umění a sportu (Oliver et Venville, 2011).

Jak se letní škola podílí na rozvoji takového zaujetí pro vědu? Oliver et Venville (2011) uvádějí následujících 7 faktorů:

- **Ponoření se:** V rámci letních škol účastníci zakoušejí ponoření do prostředí, které je pro ně výzvou. Srovnávají jej se školou. Ta se z tohoto hlediska jeví jako nestimulující. V porovnání s mentory letní školy nemají učitelé zájem o obor, kurikulum obsahuje málo praktických prvků a není příliš relevantní vzhledem k světu mimo školu (Fredricks et al., 2010).

- **Rozšíření:** Účastník pociťuje, že se dostal za hranici, o které soudil, že je nepřekonatelná. Ve srovnání s touto zkušeností je školní biologie mdlá a bez výrazu s prvky mechanického opakování a chrlení informací.
- **Emoce:** Účastník zažívá směs emocí a s nimi spojené fyziologické reakce. Není v klidu. Některé úkoly a části kurzu jsou pro něj stresující a obtížné, ale rovněž i velmi zábavné a uspokojující.
- **Začlenění:** Účastník zažívá pocity přijetí a bezpečí v komunitě lidí stejného zaměření. Může být více sám sebou, ostatní účastníky vnímá jako akceptující, nemusí tolik korigovat a omezovat své sociální chování, vytváří se pocit sounáležitosti se skupinou. Gross et al. (1993) upozorňují rovněž na význam toho, že si účastníka všimají ostatní, stává se zajímavým. Tento moment podpory vrstevníků je u sportovců častější, v čemž lze vidět příčinu tohoto, že se zaujetí pro vědu nerozvíjí tak často jako pro sport (Fredricks et al., 2010).
- **Mistrovství:** Účastník chápe učení jako něco, nad čím má kontrolu. Ptá se po principech a přemýšlí o tom, co a proč dělá. Škola naopak upřednostňuje koncept „dobrého žáka“ bez vyhraněných zájmů (Fredricks et al., 2010).
- **Úspěch:** Účastník má pocit, že dělá něco speciálního, že jeho aktivita je relevantní vzhledem ke světu kolem („může změnit svět“), je jistější ohledně svých schopností, získává status mezi vrstevníky.
- **Identita:** Účastník přemýšlí o vědecké kariéře. Pozitivní zkušenost pomohla integrovat vědu do sebepojetí.

Vliv letní školy si nemusí účastník uvědomovat hned. Byl popsán tzv. „*splashdown effect*“, který spočívá v tom, že účastníci si význam a vliv letní školy uvědomí po svém návratu do reality domovské školy (Stake et Mares, 2005). Účastník pociťuje větší zájem o obor, je sebevědomější a jistější během školní výuky „jeho“ oboru, cítí se být chytřejší než jeho spolužáci, zvyšuje se frekvence sociálních kontaktů (Stake et Mares, 2005). Účast na letní škole patří mezi faktory resilience socioekonomicky znevýhodněných nadaných (Reis et al., 2005).

Význam skupiny lidí stejného zaměření a s ním spojený pozitivní vliv na účastníka, je zmiňován mnoha autory (Cross et al., 1993; McHugh, 2006; Lenz et Burruss, 1994;

Peterson et al., 2012; Rigby, 2005; Rinn, 2006; Rogers, 2007; Winner, 1997, Winner, 2000) a je hlavním argumentem pro vytváření tříd nadaných žáků (Winner, 2000). Nicméně prostředí výběrové školy nemusí na akademické sebepojetí žáků působit jen pozitivně. Přítomnost ostatních „nadaných“ vrstevníků a prostředí, ve kterém jsou dříve výjimečné výkony žáka očekávány a považovány za standardní, má na akademické pojetí patnáctiletých negativní vliv (Marsh et Hau, 2003). Akademické sebepojetí se totiž rozvíjí na dvou úrovních srovnávání. Při interním srovnávání žák posuzuje svůj výkon v rámci jednotlivých oborů, při externím srovnává svůj výkon v daném oboru s vrstevníky, přičemž právě externí srovnávání může negativně ovlivnit program pro nadané (Plucker et Stocking, 2001).

Důležitým rysem těchto kurzů je i jejich relevance vzhledem k budoucímu povolání účastníků. Zajímavé jsou v tomto smyslu údaje poskytnuté účastníky čtyřtýdenního kurzu pořádaného Univerzitou v Rochesteru v USA a zaměřeného na mikrobiologii, rekombinantní DNA, imunologii a genetiku. V rámci retrospektivního dotazníkového šetření 80 % respondentů uvedlo, že účast na této letní škole přispěla k jejich zájmu o vědu a vědeckou kariéru (Markowitz, 2004). Totéž uvádí prakticky stejný podíl (75 %) účastníků komplexnějšího celoročního programu zaměřeného na farmakologii (Sikes et Schwartz-Bloom, 2009). Nicméně není pravidlem, že by se těchto kurzů účastnili jen žáci pomýšlející na akademickou kariéru. Být vědcem je spíše otázka identity než zájmu o vědu, a to nejen u desetiletých dětí (Archer et al., 2010). Indicií pro tento závěr jsou i výpovědi nadaných gayů a leseb o extrémním zapojení do různých aktivit v kontextu jejich coming-outu¹³ (Peterson, 2000).

2.5.2.1 Letní akademické kurzy

Letní akademické kurzy (LAK) představují příležitost seznámit středoškoláky s experimentální biologií a vědou obecně. Jsou organizovány Akademickým a univerzitním centrem v Nových Hradech v rámci spolupráce s Ústavem fyzikální biologie Jihočeské univerzity, Ústavem systémové biologie a ekologie Jihočeské univerzity, Ústavem molekulární biologie rostlin AV ČR v Českých Budějovicích a Mikrobiologickým ústavem AV ČR Třeboň. První ročník LAK se uskutečnil v roce

¹³ Ve smyslu procesu vytváření funkční integrované identity, jak jej popisuje např. Cassová (Blaha, 2006).

2001. Cílem LAK je „*umožnit nadaným studentům vyzkoušet si v průběhu 3-4týdenního pobytu systematickou vědecko-badatelskou práci řešením odborných projektů pod vedením pracovníků AUC/ÚFB a získat nové znalosti i zkušenosti v oblasti biofyziky, biochemie, bioinformatiky a biotechnologie živých systémů*¹⁴“. Pořadatelé rovněž zdůrazňují výuku moderních technik a metod výzkumu, práce v laboratoři a prezentace dat. Deklarují snahu získat nejlepší studenty pro dlouhodobější spolupráci a studium biofyziky.

Během pobytu je možné získat výsledky a podklady pro vypracování práce Středoškolské odborné činnosti (SOČ). Žáci se do kurzu sami přihlašují. Kapacita LAK je 20-30 žáků. Organizátoři LAK sestavují pořadí žáků na základě bodového zisku, a to podle předem zveřejněných kritérií. Mezi ně patří ročník studia, LAK jsou primárně určeny pro žáky 2. a 3. ročníků střední školy, umístění v matematické, fyzikální, chemické nebo biologické olympiádě, případně v SOČ nebo přehlídce AMAVET. Dále jsou zohledněny studijní výsledky z matematiky, fyziky, biologie a chemie, předchozí účast v LAK, doporučení od školy nebo podaná přihláška na Jihočeskou univerzitu. Od roku 2005 je oficiálním jazykem kurzů angličtina, a tak je i její znalost zohledňována. V roce 2010 byli upřednostňováni jihočeští žáci.

Paralelně s LAK je Akademickým a univerzitním centrem organizován obdobný kurz pro studenty vysokých škol Schola ludus (od roku 2002). Středoškoláci tak spolupracují při řešení projektů nejen se svými školiteli, ale i studenty VŠ, kteří jsou mnohdy ze zahraničí.

¹⁴ Letní akademické kurzy: NH 2004. Akademické a univerzitní centrum. [online]. [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.umbr.cas.cz/res/biofyzika/LAK09NH.htm>

3 VÝZKUMNÁ ČÁST

3.1 Formulace hypotéz

3.1.1 Šetření v Nových Hradech

Vzhledem k vytyčenému cíli byly zvoleny přístupy kvalitativního výzkumu, které ze své povahy vylučují formulaci hypotéz. Hypotézy, které vyvstávají při studiu odborné literatury a které jsou ověřovány (nebo popperovsky falzifikovány) v rámci vlastního výzkumu, jsou charakteristické pro kvantitativní studie. Z hlediska kvalitativního výzkumu, „*kdy necháváme vynořit to, co je v dané oblasti významné*“ (Strauss et Corbin 1999, str. 14), je formulace hypotéz chybou, protože svádí výzkumníka do předem připravených kolejí.

3.1.2 Výuka v rámci Genetického kroužku

Hypotéza č. 1: Více než polovina skupin dosáhne očekávaných výsledků v každé úloze.

Odůvodnění v literárních údajích: V projektu OpenLab dosahovalo správného výsledku 7-8 skupin z deseti (Boukaze et al., 2010). Obdobně i Clendening (2004) uvádí, že 75 % žáků bylo schopno získat produkt PCR. Vzhledem k tomu, že v Genetickém kroužku žáci systematicky získávají potřebné dovednosti pro práci v laboratoři, může být jejich práce i úspěšnější.

Hypotéza č. 2: Určení pohlaví hraboše polního (*Microtus arvalis*) na základě morfologie pánve se shoduje s určením pomocí metod molekulární biologie.

Odůvodnění v literárních údajích: Předpokládá se, že je u hraboše polního pohlaví jedince závislé na přítomnosti genu *Sry* (Bryja et Konečný, 2003), byť se u tohoto druhu vyvinuly i jiné systémy určení pohlaví než XX/XY (Raicu et al., 1969) a dochází u něj často k aberacím pohlavních chromosomů (Zima et al., 1992), které mají zřejmě speciální význam. V rámci rodu *Microtus* se vyskytují i druhy, u kterých je pohlaví nezávislé na *Sry* (Chen et al., 2008). Již dříve byl publikován postup určení pohlaví hrabošů na základě specifické amplifikace úseků vyskytujících se na pohlavních chromosomech (Bryja et Konečný, 2003). Rovněž byly propracovány metody izolace DNA z kostí získaných z vývržků (Taberlet et Fumagalli, 1999).

3.2 Volba metod

Klasik filosofie vědy Thomas Samuel Kuhn uvádí, že mezi společenskými vědci panuje značná různorodost názorů na metodologické otázky, která je charakteristická pro preparadigmatickou fázi vědy (Kuhn 1997, str. 9). Fázi, ve které soupeří řada odlišných škol a koncepcí a ve které je teoretické úsilí nejvyšší, byť za cenu minimálního viditelného *pokroku*, nesystematičnosti a poznatkové roztržitosti.

Didaktiky přírodních věd se ocitají v jisté dvoukolejnosti, která však není (nebo nemusí být) na závadu. Na jedné straně by chtěly být vědami - mít svá paradigmata, svou metodologii a řešit *hádanky* (tj. problémy mající řešení) na základě této metodologie a touto metodologií vymezené, tedy do značné míry odtržené od *přirozeného světa*. Na druhé straně by chtěly zůstat preparadigmatickou dovedností, která může „pouze“ reflektovat komplexní praktickou činnost. Obrazem této skutečnosti je volání po propracované a ukotvené metodologii (Trna, 2011)¹⁵ na straně jedné a poukazy na to, že metodologická různorodost je důležitý inspirační zdroj (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 9), na straně druhé. Interdisciplinární charakter didaktik přírodních věd navíc způsobuje, že si výzkumník nemůže jednoduše vypůjčit metodologicky arzenál některé z (v kuhnovském smyslu) *normálnějších* disciplín, aniž by nečelil principiálním sporům, které mezi sebou mají např. psychologie a sociologie.

Ideálem *normální vědy* jsou kvantitativní údaje a predikce vycházející z teorie, jejím nástrojem je jasná metodologie vycházející z paradigmatu a verifikace (nebo raději falzifikace) hypotéz, které zajišťují konzistenci s předchozími výsledky. V okamžiku, kdy se předchozích výsledků nedostává, je třeba opustit kvantitativní výzkum a věnovat se výzkumu kvalitativnímu, jehož metody se „užívají k odhalení a porozumění tomu, co je podstatou jevů, o nichž toho ještě moc nevíme“ (Strauss et Corbin 1999, str. 11), osvojit si jeho přístupy a odlišnosti od přírodovědy. Nepochopením diametrálně odlišného přístupu kvalitativních a kvantitativních metod je pak snaha vyhodnocovat data kvalitativního výzkumu kvantitativně, což nutně vede k plochosti a empirické bezobsažnosti kvalitativních zjištění a hodnotám, které platí pouze pro daný soubor. Druhou stranou téhož problému jsou dotazníky, které nesledují žádnou konkrétní a hlavně

¹⁵ Případně se snažíme své metodologické nedostatky nějakým způsobem „omluvit“.

z literatury vyplývající hypotézu a pohybují se kdesi mezi anketou a pokusem popsat metafyzický celek universa.

Další specifickou charakteristikou výzkumu v pedagogických vědách je i neodbytná otázka po smyslu výzkumu. *Jakým způsobem mohou tyto výsledky pozitivně ovlivnit vyučování na školách? Dostáváme odpovědi na otázky (kladené z praxe), nebo jen jakási data, o jejichž kvalitě je navíc nutné pochybovat?* Tyto otázky nejsou jen filosofickou reflexí vědecké činnosti nebo jakýmsi zpytováním svědomí nad stohy dotazníků, jimiž jsme obtěžovali stovky respondentů, aniž bychom byli sami přesvědčení o smysluplnosti výzkumu. Tyto otázky odrážejí zcela konkrétní metodologické problémy. Lee Cronbach, známý svým koeficientem vnitřní konzistence, upozorňuje, že sociální svět je natolik složitý a proměnlivý, že jednoduché teorie jsou neúčinné (Hendl 2005, str. 22). Mnohem užitečnější jsou interpretační metody a dokonalý popis situace. Navíc je třeba si připustit, že výzkumný terén nelze brát jako samoobsluhu s daty (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 18). Dle sdělení několika (především pražských) středoškolských pedagogů jsou školy často žádány (především studenty vysokých škol) o spolupráci při realizaci dotazníkových šetření, která školám nepřinášejí žádný přínos. Učitelé hovoří o nechuti ze strany žáků takové dotazníky vyplňovat (navíc z popudu učitele) a také o případech, kdy je buď vyplňovat odmítnou, nebo je sabotují např. náhodným zatrháváním odpovědí.

Z výše popsaných důvodů byly zvoleny metody kvalitativního výzkumu, konkrétně design *zakotvené teorie*. Kromě obecně známých slabých stránek kvalitativních výzkumů je nutné zohlednit i skutečnost, že zakotvená teorie patří do metodologické výbavy sociologie. Cílem tohoto přístupu je zachytit *proces* (Strauss et Corbin 1999, str. 111). Základem, na kterém zakotvená teorie vznikla, je symbolický interakcionismus (Aldiabat, 2011). Jeho základní premisy shrnuje Keller (1997, str. 129):

1. Lidé jednají na základě významů, které přiřazují věcem kolem nich.
2. Významy věcí jsou konstruovány na základě sociální interakce.
3. Významy věcí nejsou stabilní, ale jsou stále redefinovány díky sociálním interakcím.

Z výše uvedeného je jasné, že cílem této práce není „objektivní diagnostika“ účastníků výzkumu, vzdělávacího systému ani vybraných vzdělávacích programů. Nejedná se ani o studium psychologie účastníků. Cílem je interpretace, *porozumění*.

3.3 Provedení

3.3.1 Šetření v Nových Hradech

3.3.1.1 Definice výzkumných otázek

Cílem výzkumného šetření bylo odkrýt ty rysy LAK, které jeho účastníci považují za klíčové.

Hlavní výzkumné otázky:

- Jaký proces je na pozadí jejich rozhodnutí zúčastnit se LAK?
- Jaké aspekty LAK považují účastníci za klíčové?

Dílčí výzkumné otázky:

- Jakým způsobem se o LAK dozvěděli?
- Jaká byla jejich očekávání, s kterými se na LAK hlásili?
- Jaké aspekty LAK nejvíce oceňují?
- Jakým způsobem se dívají na projekt, na kterém pracují?

3.3.1.2 Celkový přístup a jeho zdůvodnění

Studie vychází z výzkumného designu *zakotvené teorie*. Zakotvená teorie byla vyvinuta v 60. letech 20. století za účelem „zbavit kvalitativní výzkum nálepky subjektivismu s impresionismu, posunout jej za hranice pouhé deskripce jevů a kompenzovat neschopnost kvantitativního výzkumu vytvářet nové teorie“ (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 84). V rámci tohoto designu došlo k řadě modifikací, a tak je třeba specifikovat, podle jakého pojetí se postupovalo (Hendl 2005, str. 257). Tato práce byla vypracována na základě koncepce Strausse a Corbinové (Strauss et Corbin 1999). Tito autoři zakotvenou teorii definují jako „*induktivně odvozenou od zkoumaného jevu, který reprezentuje*“ (Strauss et Corbin 1999, str. 14). Tento přístup byl zvolen vzhledem k výzkumné otázce. Nicméně určitou roli sehrál i fakt, že zakotvená teorie se vyznačuje velmi propracovanými popisy procedur celého výzkumu (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 87).

3.3.1.3 Volba místa výzkumu

LAK je kurz pro žáky středních škol se zájmem o vědu a dlouhodobější práci na vědeckých projektech s relativně dlouhou tradicí. V tomto ohledu nemá v rámci České

republiky obdoby.

Dalším důvodem je i fakt, že autor této studie se jako gymnazista LAK také účastnil, a tak má snadnější vstup do terénu díky osobním kontaktům. V neposlední řadě tato zkušenost zlepšuje i komunikaci s informanty. Předpoklad, že je lepší se představovat spíše jako účastník z minulých let než jako student pedagogické fakulty, se v terénu potvrdil.

3.3.1.4 Vstup do terénu

V e-mailové korespondenci byly s organizátory LAK vyjednány parametry plánovaného výzkumu. Vlastní vstup do terénu se odehrál na začátku večerní přednášky, kdy byl dán prostor pro představení výzkumných záměrů, významu výzkumu a jeho institucionálního zakotvení. Organizátoři LAK (*gatekeepers*) veřejně projevíli zájem o výsledky výzkumu a doporučili (nikoliv však nařídili) žákům spolupráci. Tento postup legitimizace výzkumu byl zvolen s vědomím, že může do značné míry ovlivnit charakter získaného materiálu, a to díky mnohdy složitému vztahu k formálním autoritám v rámci obdobných institucí. Po skončení přednášky výzkum pokračoval neformálními rozhovory, které nebyly zaznamenávány a jejich význam spočíval především v získání důvěry, seznámení se s účastníky i dalšímu představení výzkumu.

3.3.1.5 Technika sběru dat

Následujícího dne začal vlastní graduální sběr dat, který probíhal v reprezentativním prostředí Zrcadlového sálu novohradského zámku a v přilehlém zámeckém parku formou individuálního polostrukturovaného rozhovoru. V rámci přípravy na vedení rozhovorů bylo vytvořeno tazatelské schéma, jehož funkce spočívala především ve vyjasnění témat rozhovoru a nácviku kladení otázek. Následně byly provedeny rozhovory s prvními třemi informanty. Rozhovory byly zaznamenávány, byly vytvořeny první poznámky, a to jak na základě poslechu záznamu rozhovorů, tak i četby přepisů. Následoval další poslech nahrávek, který se soustředil na dikci a emocionální ladění účastníků. Nakonec byly přidány poznámky vztahující se k podmínkám rozhovoru a jeho interpretaci.

Předběžný rozbor prvotních dat ovlivňoval průběh dalších rozhovorů. Tazatelské schéma bylo obohaceno o otázky vyplývající z prvotních závěrů, aby účastníci poskytovali výpovědi relevantní k zárodečné teorii. Obdobným způsobem se postupovalo

v průběhu celého výzkumu. Vzhledem k *teoretické saturaci* byl sběr dat po rozhovoru s 16. informatem ukončen.

3.3.1.6 Analýza dat

Získaná data byla analyzována postupy, které vycházejí z celého designu studie. Analýza spočívala ve třech úrovních kódování.

Otevřené kódování „*je proces rozebírání, prozkoumávání, porovnávání, konceptualizace a kategorizace údajů*“ (Strauss et Corbin 1999, str. 42). Během otevřeného kódování je každá myšlenka, poznámka nebo událost obsažená v přepisu rozhovoru rozebrána („*Co reprezentuje?*“) a pojmenována. Tímto způsobem dochází k rozbití textu na pojmy, které charakterizují skutečnosti v něm obsažené. Vytváření pojmů se děje cestou experimentování s kódy, kdy jsou kódy vytvářeny, slučovány, rozdělovány a podobně až do okamžiku, kdy se zdá, že bylo dosaženo optima vzhledem k datům. Pojmy jsou podle logické provázanosti seskupovány do kategorií, které reprezentují určitá témata přítomná v rozhovorech na nízké úrovni abstrakce. Kategorie jsou dále rozvíjeny na základě svých vlastností a dimenzí těchto vlastností, což je základ pro vyváření vztahů mezi kategoriemi.

Axiální kódování „*je soubor postupů, pomocí nichž jsou údaje po otevřeném kódování znovu uspořádány novým způsobem, prostřednictvím spojení mezi kategoriemi*“ (Strauss et Corbin 1999, str. 70). Východiskem pro axiální kódování je paradigmatický model a kategorie jsou do něj umisťovány na základě tázání cíleného na vlastnosti kategorií a dimenze, které je charakterizují.

Selektivní kódování je „*proces, kdy se vybere jedna centrální kategorie, která je pak systematicky uváděna do vztahu k ostatním kategoriím*“ (Strauss et Corbin 1999, str. 86). Proces probíhá v pěti krocích na obecnější úrovni než u axiálního kódování. Začíná vyložením kostry příběhu a končí formulací substantivní teorie, které odpovídají všechny studované případy.

3.3.1.7 Zajištění důvěryhodnosti výzkumu

Důvěryhodnost (interní validita) závěrů výzkumu je podpořena na základě členského ověřování. Výsledky výzkumu byly poskytnuty vybraným členům zkoumané skupiny (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 33). Dále byly výsledky zaslány dvěma organizátorům s prosbou o jejich vyjádření. Důvěryhodnost výzkumu je také podpořena

citacemi z přepisů rozhovorů. Vzhledem k tomu, že mnozí informanti se LAK účastnili opakovaně, lze předpokládat, že jejich zkušenost s tímto kurzem je komplexnější.

3.3.1.8 Etické aspekty

Základním etickým imperativem je důvěrnost – pokud není možno anonymitu účastníků zaručit, neměla by se výzkumná zpráva vůbec publikovat (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 45). Účastníci rovněž vyslovovali svůj informovaný souhlas s prezentací dat pouze v anonymizované podobě.

Zároveň je třeba dbát na transparentnost celého výzkumného procesu, který je zdrojem reliability pro kvalitativní studie (Švaříček et Šed'ová 2007, str. 40). Zvláště v kvalifikačních pracích je kladen důraz na detailní popis metodiky sběru dat, jejich analýzy i osobních předpokladů výzkumníka.

Zásadním etickým dilematem této práce je tedy balancování mezi důvěrností a transparentností. Vzhledem ke specifickému souboru, časovému horizontu, ve kterém práce vznikala, i volně dostupným internetovým zdrojům o LAK je prakticky nemožné zamezit identifikaci účastníků výzkumu, pokud by práce obsahovala kompletní přepisy rozhovorů a představení informantů. Změny, které mají zabránit identifikaci informantů, by v těchto materiálech musely mít takový rozsah, že by došlo k zásadnímu posunu významů i interpretací. Obdobných letních škol není v ČR mnoho¹⁶, a tak by zatajení názvu kurzu nepřineslo informantům větší anonymitu a ještě by se ztratil cenný institucionální kontext prezentovaných zjištění. O výsledky práce se zajímají i organizátoři LAK a vzhledem k tomu, že se s některými z účastníků určitě znovu potkají, je nepřipustné, aby dostali materiály s výpověďmi o nich samotných společně s charakteristikou toho, kdo je pronesl. Z těchto důvodů je práce neobsahuje, byť se tak do značné míry snižuje možnost čtenáře poukázat za *nezakotvenost* teorie v datech, odlišné interpretace, zamlčené předpoklady, nedostatky při vedení rozhovoru a podobně.

3.3.1.9 Práce s literaturou

Výzkumníkovy koncepty a předsudky mohou značným způsobem ovlivnit, někdy doslova vytvořit, výsledky kvalitativního výzkumu (Strauss et Corbin 1999, str. 32;

¹⁶ Pravděpodobně jedinou srovnatelnou je Soustředění mladých chemiků a biologů na Běstvině, které se liší svou náplní, velikostí a zřejmě i cílovou skupinou.

Švaříček et Šedřová 2007, str. 86), jehož výzkumným nástrojem je sám výzkumník. Z tohoto důvodu některé školy kvalitativního výzkumu tematizují (v přírodovědě) méně obvyklé metody práce s literaturou – např. Pražská skupina školní etnografie používá metodu „absolutního psaní“, které je nezatěžované odkazy k módním autorům. Jiné školy využívají odborné literatury k ověřování závěrů svých výzkumů, případně z čistě pragmatických důvodů, např. za účelem dodat své práci obvyklou strukturu odborného textu nebo vyhovět podmínkám různých komisí (Strauss et Corbin 1999, str. 33).

Vzhledem k tomu, že je velmi těžké nehledat to, co je předloženo k hledání, rozhodl jsem se vytvořit literární přehled této práce až po provedení šetření v terénu, aby bylo možné skutečně porovnat *empirická* zjištění s literárními údaji a v tomto smyslu výsledky diskutovat.

3.3.2 Genetický kroužek

3.3.2.1 Laboratorní úloha „Genová exprese“

3.3.2.1.1 Příprava vzorků

Praktické cvičení věnující se genové expresi bylo prováděno na buňkách stěnové granulózy („*mural granulosa cells*“), které jsou v české literatuře označovány jako buňky folikulární (Konrádová et Uhlík, str. 215), což je kategorie zřejmě obsahující i buňky *cumulus oophorus*, které se liší řadou zásadních charakteristik, např. absencí receptorů pro luteinizační hormon (Diaz et al., 2007; Eppig et al., 1998). Z tohoto důvodu budou dále označovány jako stěnová granulóza. Tyto buňky byly zvoleny z důvodu dřívějších zkušeností s prací s nimi.

Buňky byly získány aspirací folikulární tekutiny z folikulů pocházejících z prepubertálních prasníc (velikost folikulů 3-5 mm), následnou sedimentací a promytím PBS. Následně byly kousky stěnové granulózy vybírány pod binokulární lupou a umístěny do PBS obohaceného fetálním bovinním sérem (10 % objemu). Poté promyty kultivačním médiem, umístěny do čtyřjamkových destiček (Nunclon, Roskilde, Denmark) s 500 µl kultivačního média a kultivovány při teplotě 38,5°C a ve zvlhčené atmosféře obsahující 5% CO₂.

Buňky stěnové granulózy byly kultivovány v médiu M-199 (Sigma-Aldrich) doplněném o pyruvát sodný (0,91 mM), cystein (0,57 mM), HEPES (5,50 mM), penicilin G (50 µg/ml), streptomycin (50 µg/ml) a fetální bovinní sérum (10 %

konečného objemu). Koncentrace α -amanitinu činila 30 $\mu\text{g/ml}$ (Fitzpatrick et al., 1997), koncentrace etoposidu byla 60 $\mu\text{g/ml}$ (Adam et al., 2003). Expozice UV záření (40 mJ/cm^2) byla provedena pomocí přístroje GS Gene Linker UV Chamber (Bio-Rad). Teplotní šok byl indukován vyjmutím z inkubátoru a „kultivací“ při laboratorní teplotě po dobu jedné hodiny. Po deseti hodinách kultivace byly kousky stěnové granulózy sklizeny, krátce centrifugovány za účelem odstranění zbytků kultivačního média a lyzovány v 350 μL pufru RLT. Vzniklé lyzáty byly uchovány v -80°C . Popis získaných vzorků sumarizuje tabulka č. 2.

Vzorek	Popis
A	Buňky kultivované bez séra
B	Buňky kultivované se sérem
C	Buňky kultivované se sérem a etoposidem
D	Buňky kultivované se sérem, etoposidem a α -amanitinem
E	Buňky kultivované se sérem a vystavené UV záření
F	Buňky kultivované se sérem a vystavené teplotnímu šoku

Tabulka 2 - Tabulka vzorků.

3.3.2.1.2 Izolace RNA

V den konání praktika byly vzorky transportovány do školy. Následoval výklad (35 min) o tématu praktika, centrálním dogmatu molekulární biologie a izolaci RNA. Následně účastníci cvičení (tj. žáci a 2 pedagožky) izolovali celkovou RNA pomocí RNeasy Mini Kitu (Quiagen). Žáci pracovali ve dvojicích. Dle pokynů výrobce bylo k rozpuštěnému lyzátu přidáno stejné množství 70% ethanolu. Následně byla směs nanesena na kolonku a centrifugován (15 s, 8 000g). Poté byla kolonka promyta 700 μl RW1 pufru a znovu byla provedena centrifugace (15 s, 8 000g). Obdobným způsobem se postupovalo i při promývání 500 μl pufru RPE doplněného ethanolem, pouze poslední centrifugace byla prodloužena na 2 min, aby byl odstraněn veškerý RPE obsahující pro další fázi experimentu nežádoucí ethanol. RNA byla z kolonky eluována 30 μl vody neobsahující RNazy (centrifugace: 1 min, 8 000g). Získaný eluát byl uchováván na ledu.

Žáci byli důrazně upozorněni na nutnost správného pipetování a vyvažování vzorků v rotoru centrifugy. Nicméně byly centrifugace raději prováděny po dozorem, byla kontrolována hladina kapaliny v kolonkách i vyvážení centrifugy. Ta byla zapínána pouze organizátorem praktika a pouze v době, kdy byli žáci v bezpečné vzdálenosti od stroje.

3.3.2.1.3 RT-PCR

Úkolem každé skupiny bylo připravit dvě směsi pro jednokrokovou RT-PCR – jednu směs obsahující primery pro gen našeho zájmu (*CDKN1A*), druhou s primery pro referenční gen, jehož role spočívá v daném uspořádání především v tom, že indikuje úspěšnost izolace RNA.

Objem reakční směsi činil 25 μ l. Směs obsahovala OneStep RT-PCR Buffer (1 \times) obsahující MgCl₂, dNTP (400 μ M každý), 1 pár primerů (400 nM), HotStarTaq DNA polymerázu (1 IU/reakce) a Omniscript reverzní transkriptázu (4 IU/reakce), která vykazuje i aktivitu RNázy H a DNA-dependentní DNA-polymerázy. Všechny reagenty kromě primerů pocházely od firmy Qiagen. Z didaktického hlediska byly primery, dNTP i DNA polymeráza naředěny PCR pufrům tak, aby žáci nepipetovali objem menší jak 2 μ l.

Gen	Primery	Produkt (bp)	T _{an} (°C)	GenBank accession number
<i>CDKN1A</i>	F: 5' - CCA CTC CAA ACG CCG GCT G -3' R: 5' - GGC CAG GCC CCT CTA GTA AG -3'	410	59	XM_001929558
<i>ACTB</i>	F: 5' - GAG AAG CTC TGC TAC GTC G -3' R: 5' - CCA GAC AGC ACC GTG TTG G -3'	255	58	XM_003357928

Tabulka 3 - Primery používané v úloze „Genová exprese“.

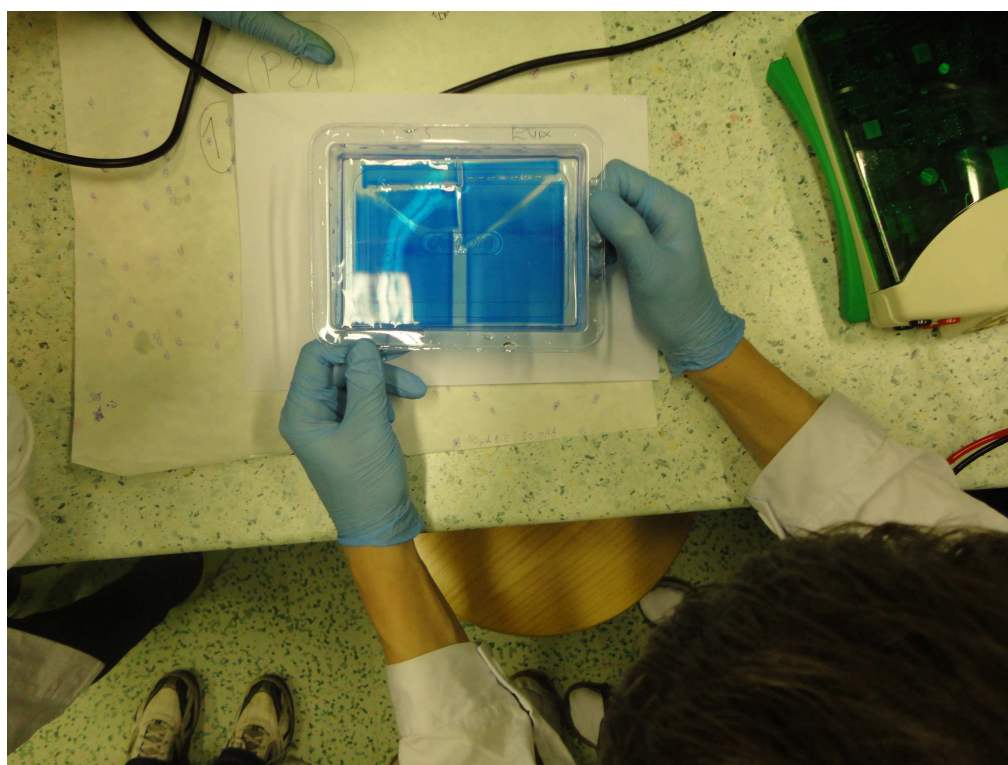
Program termocyklu byl následující:

1. Reverzní transkripce – 50°C, 30 min.
2. Predenaturace – 95°C, 15 min.
3. PCR (15 cyklů):
 - a. Denaturace – 95°C, 30 s.
 - b. Nasednutí primerů – 59°C, 30 s.
 - c. Extenze – 72°C, 45 s.
 - d. Finální extenze – 72°C, 5 min.

3.3.2.1.4 Elektroforéza DNA v agarozovém gelu a vyhodnocení

Produkty RT-PCR byly uchovány při teplotě 4°C do příštího dne, kdy byla provedena elektroforéza (100 V, cca 30 min) v 1% agarozovém gelu v TAE pufru (40mM Tris, 20mM ledové kyseliny octové a 1mM EDTA). K vizualizaci byla použita barva komerčně dodávaná jako Fast Blast (Bio-Rad, 166-0420EDU). Tato barva byla zředěna 5 \times pro rychlé barvení. Výrobce uvádí, že se jedná netoxické thiazinové barvivo, které je

bezpečné vzhledem k edukačním účelům. Nicméně neuvádí, o jakou sloučeninu se konkrétně jedná. Zřejmě jde o látku strukturně podobnou methylenové modři, která se k vizualizaci DNA používá. Přestože přesný mechanismus interakce methylenové modře s DNA není znám (Nafisi et al, 2007), předpokládá se, že barvivo se v podmínkách TAE pufru chová jako kationt a elektrostaticky interaguje s fosfátovou skupinou DNA, což vede k vyšší intenzitě zbarvení v místě, kde se DNA v gelu nachází.



Obrázek 7 - Odbarvování.

Expresa *CDKN1A* byla vyhodnocena na základě množství DNA za pomoci subjektivní škály (* výrazná exprese, + exprese, — není exprese) a porovnána s referenčním genem.

	A	B	C	D	E	F
<i>CDKN1A</i>	—	—	*	—	*	+
<i>ACTB</i>	+	*	—	—	*	+

Tabulka 4 - Subjektivní kvantifikace exprese *CDKN1A* a referenčního genu (*ACTB*).



Obrázek 8 - *CDKN1A*.



Obrázek 9 - *ACTB*.

3.3.2.2 Laboratorní úloha „Bioinformatika“

Výukový celek zaměřený na bioinformatiku začal krátkým představením bioinformatiky jako oboru a možností, které přináší. V jeho rámci studenti řešili celkem pět úkolů. Zadaní úkolů a naznačení řešení byla dostupná online formou hypertextu, který odkazoval na webové aplikace i připravené textové soubory se sekvencemi.

První úkol byl uveden krátkým výkladem o významu a metodách metagenomiky. Následně si žáci stáhli textový dokument obsahující tři krátké sekvence ve FASTA formátu a jejich úkolem bylo pomocí funkce BLAST zjistit, z jakého organismu sekvence pocházejí a co kódují. Poté žáci měli odhadnout, odkud pocházel vzorek pro metagenomickou studii.

Číslo sekvence	Organismus	Gen
1	<i>Azotobacter vinelandii</i>	<i>nifA</i> , pozitivní regulátor fixace dusíku
2	<i>Clostridium tetani</i>	<i>tetX</i> , tetanospasmin
3	<i>Streptomyces rimosus</i>	<i>otrA</i> , resistance k oxytetracyklinu

Tabulka 5 - Organismy a geny, jejichž sekvence byly použity.

Poté, co žáci jednotlivé sekvence ztotožnili s geny, následovala krátká diskuse týkající se jejich významu pro člověka a vztahu mezi nadměrným užíváním antibiotik a vznikem resistencí vůči nim.

V druhém úkolu žáci hledali v databázi OMIM informace o lidském genu *INS*. Měli zodpovědět otázku, proč je gen *INS* pro člověka důležitý a na jakém chromosomu se nachází. Následoval krátký výklad týkající se sestřihu hnRNA. Následně žáci na základě zarovnání sekvencí mRNA a genomické DNA („*pairwise alignment*“) zjišťovali, kolik exonů gen *INS* obsahuje. Svá zjištění konfrontovali s údaji v OMIM.

Třetí úkol byl uveden krátkým výkladem, který tematizoval možnost předpovídat funkci proteinu jen na základě sekvence. Žáci stáhli sekvenci neznámého proteinu, kterým byl lidský β -globin, a hledali v této sekvenci konzervované domény pomocí webové aplikace¹⁷. Na základě tohoto postupu označili neznámý polypeptidový řetězec jako globin, protein vázající hem a přenášející kyslík. Poté následoval krátký výklad o struktuře a funkci hemoglobinu.

Čtvrtý úkol byl uveden krátkým výkladem o významu bioinformatiky ve fylogenetice. Poté si žáci našli a uložili proteinové sekvence β -podjednotky hemoglobinu šimpanze, prasete, myši a drápatky. Tento protein byl zvolen proto, že je relativně krátký, výpočet tedy trvá kratší dobu než u delších proteinů. U většiny organismů se skládá z cca 150 aminokyselinových zbytků, a tak nevznikají problémy spojené se zarovnáváním sekvencí, které se výrazně liší v délce (Puterbaugh et Burleigh, 2001). Sekvence společně s lidskou z minulého úkolu vložili do online verze programu CrustalW2 a vytvořili zarovnání těchto sekvencí („*multiple alignment*“). Poté vypsali

¹⁷ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/cdd/wrpsb.cgi>

nejdelší konzervovanou sekvenci a následovala diskuse o tom, proč jsou některé sekvence konzervovány a jiné nikoliv.

Pátý úkol byl uveden krátkým výkladem o významu chemokinového receptoru CCR5 pro integraci viru HIV a jeho deleční mutaci *CCR5Δ32*. Následně si studenti stáhli proteinové sekvence nemutovaného a „mutovaného“ CCR5. Pomocí zarovnání sekvencí identifikovali mutaci jako inzerci bez změny čtecího rámce a následně s využitím programu pro predikci transmembránových úseků¹⁸ posoudili, jak taková inzerce ovlivní integraci CCR5 do plasmatické membrány.

V rámci závěrečného shrnutí bylo tematizováno vyhledávání relevantní informací pro studentské práce biomedicínského zaměření. Po ukončení výukového celku proběhla krátká individuální konzultace týkající se metod sekvenování DNA.

3.3.2.3 Laboratorní úloha „Imunoafinitní chromatografie“

3.3.2.3.1 Purifikace hovězího sérového albuminu

Purifikace hovězího sérového albuminu (BSA) z fetálního séra (FCS) byla provedena metodou imunoafinitní chromatografie, která byla žákům společně s ELISA a western blotem představena prostřednictvím výkladu. Každá skupina dostala jednu mikrozkušavku obsahující 5 µl suspenze agarózy konjugované s protilátkou proti BSA (Sigma-Aldrich) v PBS. Na tuto agarózu žáci aplikovali 300 µl PBS s 3 µl FCS, promíchali opatrným otáčením mikrozkušavky a stočili. Poté odsáli supernatant na agarózu obdobným způsobem 3× promývali 500 µl PBS. Eluce byla provedena 50 µl 1 mM HCl.

3.3.2.3.2 SDS-PAGE

Z roztoku BSA získaného elucí byly odebrány 2 µl do 25 µl „Laemli“ vzorkového pufru (63 mM Tris HCl, 10 % Glycerolu, 2 % SDS, 0.0025 % bromfenolové modři, pH 6.8). Obdobným způsobem byly odebrány 2 µl neředitelného FCS. Vzorky byly 5 minut inkubovány ve vroucí vodní lázni a následně nanášeny na 15% Mini-Protean TGX Precast Gel (Bio-Rad). Elektroforéza probíhala v 1× Tris-glycinovém pufru

¹⁸ <http://www.cbs.dtu.dk/services/TMHMM/>

(25 mM Tris, 192 mM glycinu, 0.1% SDS, pH 8.3), 10 min při 45 V, poté při napětí 90 V. Po ukončení separace byl gel barven v Coomassie Brilliant Blue (40 % ethanol, 10 % ledová kyselina octová, 50 % voda; 0,1 % Coomassie) a následně odbarvován (stejný roztok, ale bez barviva). Při odbarvování došlo ke kontaminaci gelu pudrem z rukavic a tuto kontaminaci nebylo možné odstranit promýváním v odbarvovacím roztoku.



Obrázek 10 - Gel obarvený Coomassie Brilliant Blue.

3.3.2.4 Laboratorní úloha „Určení pohlaví“

3.3.2.4.1 Příprava vzorků

Pánevní kosti hrabošů byly získány z vývržků nalezených v přírodě. Kostí byly mechanicky očištěny a důkladně vyprány v destilované vodě. Možné kontaminace byly odstraněny krátkým ponořením do 5% roztoku chlornanu sodného. Poté byly promyty v destilované vodě a ponechány vyschnout.

3.3.2.4.2 Izolace DNA

Izolace DNA z kostí ve vývržcích byla provedena na základě přístupu využívajícího Chelex 100 (Bio-Rad). Přestože tato metodika není pro účel získávání DNA z kostí optimální (Taberlet et Fumagulli, 1996), byla zvolena z organizačních důvodů (nenáročnost, rychlost). Kost byla rozdrcena v třecí misce, která byla před tím vypláchnuta ethanolom a vystavena účinkům UV záření, na jemný prášek. Ten byl pomocí špičky přenesen do 500 μ l suspenze Chelex 100 (5%) obsahující, oproti publikovanému postupu (Taberlet et Fumagulli, 1996), 0,1 mg/ml proteinázy K (Promega). Suspenze byly inkubovány ve vodní lázni 15 minut při 55°C. Poté byly přeneseny do lázně s vroucí vodou a inkubovány 10 minut. Následně probíhala centrifugace (8 000 g) za obdobných bezpečnostních opatření jako u úlohy týkající se genové exprese.



Obrázek 11 - Pohled do laboratoře.

3.3.2.4.3 PCR

Úkolem každé skupiny bylo připravit jednu reakční směs obsahující dva páry primerů („duplex PCR“), které umožňují amplifikaci části genu *Zfx/Zfy* (Aasen et al., 1990) a *Sry* (Sanchez et al., 1996). Tento postup vylučuje zkreslení způsobená odlišnými podmínkami (např. koncentrace inhibitorů PCR nebo chyby při pipetování) ve dvou různých reakcích a byl již dříve ověřen (Bryja et Konečný, 2003).

Objem reakční směsi činil 25 μ l. Směs obsahovala PCR pufr dodávaný s polymerázou (1 \times), 1,5 mM $MgCl_2$ (součást pufru) dNTP (400 μ M každý), 2 páry primerů (každý 200 nM), HotStarTaq DNA polymerázu (1 IU/reakce). Do každé reakce bylo přidáno 5 μ l templátu. Všechny reagentie kromě primerů pocházely od firmy Qiagen. Z didaktického hlediska byly primery, dNTP i DNA polymeráza naředěny PCR pufrem tak, aby žáci nepipetovali objem menší jak 2 μ l. Z tohoto hlediska bylo nutné poskytnout žákům mikrozkuhavky s páry primerů, nikoliv s jednotlivými primery.

Gen	Primery	Produkt (bp)	T _{an} (°C)
<i>Zfx/Zfy</i>	F: 5' - ATA ATC ACA TGG AGA GCC ACA AGC T -3' R: 5' - GCA CTT CTT TGG TAT CTG AGA AAG T -3'	445/447	49
<i>Sry</i>	F: 5' - GTC AAG CGC CCC ATG AAT GCA T -3' R: 5' - AGT TTG GGT ATT TCT CTC TGT G -3'	202	50

Tabulka 6 - Primery používané v úloze „Určení pohlaví“.

Program termocyklu byl následující:

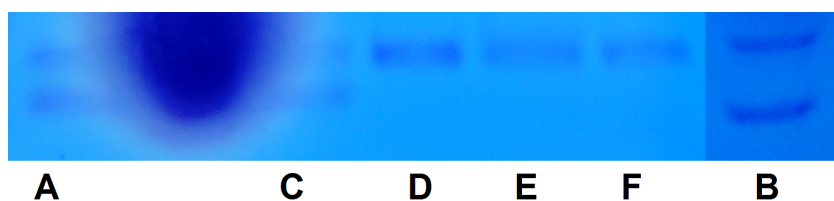
1. Predenaturace – 95°C, 15 min.
2. PCR (30 cyklů):
 - a. Denaturace – 95°C, 45 s.
 - b. Nasednutí primerů – 50°C, 60 s.
 - c. Extenze – 72°C, 60 s.
 - d. Finální extenze – 72°C, 5 min.

3.3.2.4.4 Elektroforéza DNA v agarozovém gelu a vizualizace

Po skončení PCR, byla provedena elektroforéza v 1,5% agarozovém gelu (100 V, cca 30 min) v TAE pufru. K vizualizaci byla použita barva komerčně dodávaná jako Fast Blast (Bio-Rad, 166-0420EDU). Přípravek byl zředěn 5× pro rychlé barvení, jak doporučuje výrobce. Rovněž byla testována alternativa přidat Fast Blast přímo do gelu (20 µl 500× koncentrovaného přípravku na 50 ml agarozového gelu). Během elektroforézy ale docházelo k vyplavování přípravku Fast Blast z gelu, a tak bylo nutné gel klasickým způsobem obarvit po skončení elektroforézy.

3.3.2.4.5 Vyhodnocení

Vzorky kostí A, B a C byly za základě morfologie určeny jako kosti pocházející ze samců. Pomocí PCR, při které byla použita jako templát DNA z těchto kostí, byly amplifikovány fragmenty, které svou velikostí přibližně odpovídají předpokládaným produktům. V důsledku chyby při nanášení bylo třeba produkty PCR analyzovat na dvou gelech. Sekvence ani další postupy k ověření sekvence produktů PCR nebyly prováděny.



Obrázek 12 - Gel obarvený systémem Fast Blast.

3.3.2.5 Zpětná vazba

Hodnocení určitých vlastností úloh bylo provedeno pomocí krátkého dotazníku. Žáci hodnotili na pětibodové škále vzhledem k ostatním úlohám, s kterými se v Genetickém kroužku setkali. Vzhledem k tomu, že všechny úlohy probíhaly za aktivní účasti dvou zkušených pedagožek, práce obsahuje i jejich pohled na provedené úlohy.

3.3.2.6 Legislativa

Při provádění praktických cvičení byl plně zachován zákon č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích ve znění pozdějších předpisů, a dále zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví. Dále byly respektovány vyhlášky č. 288/2003 Sb. a č. 232/2004 Sb. Žáci po celou dobu cvičení používali vhodné ochranné pomůcky a byli pod dozorem tří dospělých osob se zkušeností s prací v laboratoři. Vzhledem k tomu, že se jednalo o skupinu konstituovanou na základě dlouhodobého systematického zájmu o genetiku a (molekulární) biologii, lze dovodit, že se tímto způsobem připravovali na své budoucí povolání.

3.4 Statistické vyhodnocení

Nebylo provedeno.

4 VÝSLEDKY

4.1 Šetření v Nových Hradech – Analytická část

4.1.1 Otevřené kódování

Otevřené kódování poskytlo následujících šest kategorií.

Kategorie 1	Seberealizace
<i>Vlastnost</i>	<i>Dimenze</i>
Potřeba naplnit své schopnosti	častá
Poznávání	oslovující
Profesní orientace	důležitá
Řešení problémů	zajímavé
Orientace	na smysl i cíl

Informanti často tematizovali svou potřebu naplnit své schopnosti. Tyto výpovědi byly pronášeny v kontextu deprivace nebo naopak určitého objevení a sebeuvědomění si svých možností.

„Máš pocit, že ti to jde líp než lidem kolem. Mně to navíc i říkali rodiče [smích]. No a pak se logicky snažíš do your best.“

„Zní to asi divně, ale připadal jsem si nevyužitý [ve škole]. Že mi tohle nestačí.“

„Pro mě to byla výzva [o práci SOČ].“

Rovněž se zmiňovali o své potřebě poznávání, prvotních pokusech a podobně.

„No, já byl hroznej. Našel jsem kousek síry a hned jsem si k tomu vyhledal spoustu informací o síře. Různý reakce a pak mi bylo líto, že na to nemám chemikálie.“

„Nevím, jestli to znáš, ale pro mě je spousta věcí zajímavých. Hodně mě oslovuje i historie třeba.“

Ve výpovědích lze najít i prvky tázání se po své profesní orientaci. Informanti mají potřebu „někým být“, umísťují svou budoucí profesi do oblastí, pro které jsou důležité přírodní vědy. Nicméně nelze říci, že by byli všichni rozhodnuti pro vědeckou dráhu.

„Já bych chtěl studovat stomatologii. Ale myslím, že tyhle praktický informace z laboratoře mi budou dobrý i tam.“

„Jasně, práva to určitě nebudou. Asi spíš něco s přírodou nebo v laboratoři. Ale nevím, jestli zrovna výzkum.“

Informanti rovněž kladli důraz na řešení problémů. Problémů, které považují za zajímavé, palčivé nebo relativně obtížné.

„Úplně bych zrušil projektový dny. To se celá škola akorát zabývá nějakým pseudoproblémem a mně osobně to nic nepřináší.“

„Tady na LAKu mě baví mozková aktivita, když jsem do něčeho zakouslejš. Máš projekt, děláš na něm, přemýšlíš o tom. To soustředění a objevování mě baví.“

V rámci otevřeného kódování byly zavedeny i koncepty „orientace na smysl“ a „orientace na cíl“. Informanti orientovaní na smysl se vyznačují hlubokým ponorem do svých odborných aktivit. Ve svých výpovědích věnují velký prostor jednotlivým krokům a problémům v řešení svých projektů. Jejich výpovědi obsahují často originální postřehy a není výjimkou, že se během rozhovoru ptají tazatele. Informanti, v jejichž výpovědi se vyskytují prvky orientace na cíl, často uvádí výčet různorodých odborných aktivit, kterých se úspěšně účastnili. Jejich výpovědi, které někdy působí (i dikcí) jako poněkud předpřipravené, často obsahují kódy „dosažení cíle“, „splnění úkolu“, „dobrá školní úspěšnost“ a podobně.

Kategorie 2	Škola
Vlastnost	Dimenze
Vybavení školy	důležité
Atmosféra školy	specifická

Škola je instituce, kterou informanti vnímají různorodě. Informanti tematizují technické vybavení školy (didaktickou techniku, mikroskopy a podobně). Dokonce dávají vybavení školy do kontrastu s vybavením vědeckých laboratoří. Méně vybavená škola pro ně ztrácí na „prestiži“ a atraktivitu, podobně jako výuka v ní.

„U nás na škole máme dost věcí: [výčet]. Ale jako s tím, co je na [výzkumné pracoviště], se to vůbec nedá srovnat. Na škole, i když toho máme dost, se moc věcí dělat nedá. Proto se na školní laboroky [ve smyslu cvičení] dívám hodně s odstupem.“

„Když jsem poprvé viděla cykler, tak mi to přišlo úplně super [smích]. Ve škole to byly jen takový jednoduchý pokusy, školní.“

Rovněž se snažili nějakým způsobem charakterizovat atmosféru školy, kterou představovali v kontextu specifické životní etapy. Některé výpovědi obsahovaly i prvky retrospektivy.

„No tak škola je škola, prostě. [...] Nakonec si člověk řekne, že to vlastně bylo celkem fajn.“

„Spolužáci, společný zážitky, to je pro mě škola. Biologie ani tolik ne, ta je pro mě dost fádni. Prostě střední, no.“

„Docela by mě zajímalo, jaký je to na vysoký. Jestli je to taky takovej matrix.“

Subkategorie 2A	Výuka
<i>Vlastnost</i>	<i>Dimenze</i>
Názornost	velmi důležitá
Smysluplnost	problematická

Vztah informantů ke školní výuce je různorodý. Velmi akcentují názornost výuky, a to i ve smyslu užití didaktické techniky.

„Prostě chci mít jasno. Žádný bílý místa. A úplně nejvíc mi vadí, že máme ve škole dataprojektor a stejně ho málokdy někdo používá.“

„Bereme to docela z rychlíku. Chtělo by to věci víc probírat a ne jen říct, kam je zařadit.“

„Úplně geniální bylo, když jsme vyráběli modely buňky. To se vzala modelína, zatavovačka, těstoviny, rýže a podobný věci plus igelitový pytlíky. A zatavovali jsme je do těch pytlíků, jako že to jsou organely. A pak celý dohromady, aby vznikla buňka. Naše profesorka nám na tom vysvětlila, co k čemu je, a ty prostorový vztahy. Fakt, laborcky se zatavovačkou byly úžasny.“

Smysluplnost výuky je rovněž frekventovaným tématem výpovědí informantů. U některých z nich se jedná o pojem úzce spojený s názorností, tedy charakteristiku výkonu učitele. U jiných jde spíše o výroky týkající se vzdělávání ve škole jako takového:

„Je toho hodně, ale já to celkem zvládám. Jen si někdy říkám, na co je to vlastně dobrý. Hlavně biologie, ta školní je docela otrava.“

„Nemám špatný známky, to ne, jen k tomu mám odstup.“

„S výukou ve škole nemám nějaký zásadní problém. Jako jasný, všechno mě nebaví, ale zase na druhou stranu to musí bejt.“

„U nás na škole učí i lidi z [vysoká škola]. Toho si vážně cením.“

Subkategorie 2B	Učitel
<i>Vlastnost</i>	<i>Dimenze</i>
Odbornost	velmi důležitá
Práce s žákem	velmi důležitá
Moc	někdy zneužívaná
Potřeba autonomie	výrazná

Informanti tematizovali odbornost svého učitele, přičemž automaticky hodnotili učitele předmětu, do kterého by bylo možné zahrnout jejich odborný zájem, tedy především vyučující biologie. V chápání toho, co to vlastně odbornost znamená, byli velmi jednotní. Jako odborník byl označován nadšený učitel, který je schopen a chce

zprostředkovat svou nabytou zkušenost v rámci oboru, kterému vyučuje. Pokud jedna z těchto dvou komponent chybí, učitel na své odbornosti ztrácí.

V souboru se vyskytli jednak informanti, kteří své učitele označovali za odborníky, ale i ti, pro které byl jejich učitel nekompetentní. Projevy této nekompetence vyjadřovali informanti formou krátkých příběhů, ze kterých vysvítaly především nedostatky v odborné přípravě na hodinu. Vyskytli se i informanti, kteří uváděli jako projev odbornosti i vyšší nároky na žáky a tvorbu vlastních učebních materiálů.

„Někdy to spíš vypadá, že si to před hodinou přečetla na Wikipedii.“

„Hodně si na něm [učiteli] vážím, že když se na něco zeptám, tak si to nastuduje a pak mi příští hodinu odpoví.“

„Náš učitel hodně ví o paleontologii, ale s mladšíma děckama to moc neumí.“

„Učitel by měl určitě znát víc než to, co je v učebnici. Mít s tím nějakou zkušenost.“

Informanti vyprávěli svůj „příběh s vyučujícím“. Příběhy měly různou dynamiku. Někdy se vztah informanta s učitelem radikálně proměňoval, docházelo k vzájemnému vymezování pozic. V jiných případech byl jejich vztah bez významných změn. Proměny vztahu učitel-žák provázela nespokojenost s přístupem učitele a jeho prací s žákem.

„Často jsme se spolu [s učitelem] bavili, jako o biologii, o tom, co dělám a tak. Jenže pak mi došlo, že jí to vlastně vůbec nezajímá. Že to dělá jenom proto, že má pocit, že mě musí vyslechnout a já se vykecat.“

„Na začátku to bylo na gymplu super, všechno moc zajímavý, nový. Postupně se mi to ale přišlo jako čím dál větší otročina. Prostě jen děláš, abys měl dobrý známky. Nikoho nezajímá, co děláš mimo školu. A ještě ti připomínají prospěch.“

Tyto proměny vztahu dávali někteří informanti do souvislosti s určitými kritickými událostmi v rámci komunikace s učitelem. Tyto události byly informanty nahlíženy jako zneužití moci a převahy učitele.

„[...] když ji došly argumenty, tak mi řekla, ať se místo tohohle [specifické téma biologie] starám o [výukový předmět]...“

„Po nějaký době o mně v jiné třídě vykládala, že s tou mou genetikou to není tak slavný.“

Ve výpovědích informantů se vyskytuje i potřeba autonomie. Potřeba vzít svůj život do svých rukou a v tomto smyslu být *dospělejší*.

„Já měla super učitele, který k nám přistupoval jako ke starším. Měl docela nároky, ale říkal nám toho hodně a přišlo mi, že nás bere i vážněji.“

„O některých učitelích od nás ze školy si myslím, že k nám přistupují jako k hovádům. Asi k tomu mají své důvody... Ale já si připadám svéprávněj.“

Kategorie 3	Odborná činnost jako rozhodnutí
Vlastnost	Dimenze
Hloubka	důležitá
Nezájem okolí	častý

Výpovědi některých účastníků LAK obsahovaly pasáže, ve kterých tematizovali své rozhodnutí věnovat se odborné činnosti. Ve svých výpovědích reflektovali potřebu věnovat se něčemu skutečně do hloubky.

„Jeden čas jsem měl takové filosofické období, kdy jsem si říkal, co má v životě smysl a tak. A přišel jsem na to, že to podstatný je věnovat se něčemu fakt naplno. Neříkám dělat jen to, ale spíš jednu věc pořádně, než deset flákat.“

„Hodně mě zajímají detaily, jak co funguje – vychytanosti života.“

„Ve vědě nikoho žádný celkový pohledy nezajímají. Každý má svůj úzce zaměřený výzkum. Jinak se to dělat nedá.“

Informanti poukazují na nezájem okolí o jejich aktivitu.

„Věnuješ tomu spoustu času a přitom víš, že to málokoho zajímá. To si pak připadáš jako ve virtuální realitě.“

„Problém je v tom, že o hokeji se můžu bavit skoro s každým. O [odborné téma] skoro jen s mým vedoucím. No, ale zvykl jsem si.“

„Ani moji učitelku biologie to nezajímá [smích].“

Kategorie 4	Lidé stejné krve
Vlastnost	Dimenze
Ukotvení zájmu	velmi důležité
Členství v komunitě	velmi důležité
Systematická činnost	klíčová

Značná část výpovědí informantů se týkala jejich příchodů na vědecká pracoviště. S respektem se vyjadřují o konzultantech prací SOČ. Reflektují, jakým způsobem pro ně zkušenost s akademickým prostředím znamenala ukotvení jejich zájmu.

„Já jsem vlastně dělala téma, který by mi dřív asi nepřišlo nijak zajímavý. Ale byla tady ta možnost [pracovat na AV ČR], a tak jsem ji využila.“

„Na celý SOČce byly asi nejlepší debaty s konzultantem. Během nich jsem si připadal jako vědec [smích].“

S ukotvením odborného zájmu souvisí i jisté vědomí členství k určité komunitě lidí stejného zájmu.

„Když jsem začal chodit do [jméno instituce], tak jsem na to byl docela hrdej. Né, jako že jsem něco víc, ale prostě že někam patřím.“

„Jednou jsem měla takový konflikt s jedním člověkem z laboratoře. Nechce se mi o tom moc mluvit, ale tehdy jsem uvažovala, že s tím vážně skončím. A začnu dělat něco úplně jiného než biologii.“

Systematická činnost se rozvíjí v důsledku působení konzultantů prací SOČ a zapojení do výzkumných projektů.

„[Konzultant] samozřejmě očekává, že z toho ta práce bude, dává ti podmínky a úkoly. Musí z toho něco být. Navíc tam chodíš docela dlouho. [...] Tady [na LAK] necítím, že by se očekávalo, že z toho bude něco víc než příjemný měsíční prázdnin.“

„To prostředí a lidi na tebe působí. Začneš se cítit jako biolog a věci, který by tě dřív nezajímaly, tě začnou jako biologa zajímat.“

Kategorie 5	Účast v zájmových programech
Vlastnost	Dimenze
Frekvence	častá
Zakotvení	žádoucí
Role učitele	velmi různorodá

Všichni dotázaní účastníci se před LAK zúčastnili jiných zájmových programů (obvykle 3-4) pro středoškolské studenty. Nejfrekventovanější odbornou aktivitou byla účast v SOČ a s tím související spolupráce a Akademii věd České republiky (nejen) v rámci programu Otevřená věda. Nicméně informanti zmiňují celou řadu odborných aktivit zaměřených např. i na meteorologii nebo mezinárodní vztahy. Tato pestrost souvisí buď se šíří zájmu, nebo s určitou neukotveností a hledáním.

„Dřív jsem dělal hodně věcí – [výčet]. Ale SOČka mě úplně pohltila. Fakt! Člověk si pracuje na své práci, různě to rozvíjí a nemá na moc jiných věcí čas. Dneska mi to přijde i docela směšné, jak jsem se dřív na všechno bezhlavě vrhal. SOČka je pro mě smysluplnější.“

Role učitele je různorodá. Někteří informanti se začali věnovat odborným aktivitám na základě vedení svého učitele, jiní spíše jemu navzdory. Informanti poukazují na to, že je učitelé vedli především k účasti na olympiádách.

„No, olympiády, to je taková klasika. Dřív jsem na ně taky chodil, v nižších ročnících. Ale dneska mi to přijde takový docela praštěný. Člověk se šprtá, aby vyplnil nějaký test a byl o půl bodu lepší než někdo pod ním.“

„U nás na škole se většinou koná krajské kolo. Takže tím docela žijeme.“

„Vždyť je to pochopitelný – pro učitele je daleko jednodušší opravit testy než dělat s někým SOČku. Na olympiádu stačí rozdat brožuru a napsat na nástěnku, kdy bude školní kolo.“

Kategorie 6	Účast v LAK
<i>Vlastnost</i>	<i>Dimenze</i>
Frekvence	často opakovaná
Informace o LAK	nepropagované
Doporučení účastníka	důležité

Přibližně polovina informantů se LAK účastní opakovaně (2-3×). V jejich výpovědích, které se týkají příčin těchto návratů, dominují pojmy *osobní vztahy*, *vědecké prostředí* a *pozitivní zkušenost*.

„I potom, co LAK skončil, jsme zůstali v kontaktu. A pak jsme si napsali a přijeli i letos.“

„Mám pocit, že tu čas trávím smysluplně. Exkurze, přednášky, projekty a super lidi kolem.“

Informace o LAK se informantům dostali z několika zdrojů. Někteří účastníci dostali upozornění na LAK prostřednictvím programu Talnet, což je projekt „pro zvědavou a nadanou mládež se zájmem o přírodní a technické vědy“. Přibližně polovina se zúčastnila především na základě doporučení účastníka předchozích ročníků. S ním se seznámila především prostřednictvím programu Talnet a v rámci SOČ. Pro všechny je ale charakteristické, že se jim informace o LAK dostávají v souvislosti s jejich předchozí odbornou činností, a to cestou osobních kontaktů nebo na základě jejich zájmu o odborné aktivity.

Subkategorie 6A	Projekt
<i>Vlastnost</i>	<i>Dimenze</i>
Obsah projektu	velmi významný
Podceňování studentů	přítomné
Obavy o výsledek	vyskytují se

Informanti ve svých výpovědích věnují značný prostor podstatě projektu, jeho teoretických východisek, metodických postupů i možných praktických aplikací. Náplň projektů jim není lhostejná, s čímž souvisí i problém, který se vyskytl během přihlašování se k projektům.

„Docela mi vadilo, že jsem moc nevěděla, do čeho vlastně jdu.“

„Způsob, jakým jsme se přihlašovali na projekty, byl vážně divnej. Skoro mi přišlo, jako by si mysleli, že je to vlastně jedno, kam se kdo dostane.“

„Volba projektu bohužel moc nesouvisela s počtem bodů, kterého jsem dosáhla.“

S orientací na obsah projektu souvisí i názor, že studenti jsou podceňováni.

„Dělám tam jen takové otrocké práce.“

„Bojí se nás pustit k přístrojům. Moc nám asi nevěří.“

„Některý projekty jsou spíš pro nižší gymnázium.“

Informanti vypovídali o tom, zda budou či nebudou mít výsledky. Nezdár projektu byl nejčastěji dáván do souvislosti s poruchou (měřících) přístrojů, která představuje všeobecně rozšířenou obavu mezi účastníky LAK. V této souvislosti informanti často poukazovali na bezporuchovost svých zařízení.

„[Přístroj] funguje, takže bych řekl, že bude co prezentovat.“

„Bylo to docela vtipný, no. Museli jsme kvůli tomu [poruše přístroje] vymyslet úplně nový projekt.“

„Mám už teď docela dost výsledků. Ale snad ten [přístroj] ještě nějakou dobu vydrží.“

„Problém je v tom, že když se to porouchá, tak to půjde někam do servisu, nebo kolem toho budeme jen chodit. A já tam [na závěrečné prezentaci výsledků projektu] pak budu stát a vykládat, co se mohlo a mělo dělat, kdyby se to nepodělalo.“

Subkategorie 6B	Vedoucí projektu
Vlastnost	Dimenze
Nepřítomnost	stresující
Vztah	osobní
Hodnocení	časté

Informanti poukazovali na častou nepřítomnost vedoucího projektu.

„No, nevím, jak ty, ale docela často potřebuju s něčím poradit. A když není můj vedoucí na místě, tak se cítím docela bezradně.“

„Na začátku mi vadilo, že si se svým školitelem jen posílám e-maily. Měl jsem strach, že se dostanu do okamžiku, kdy nebudu vědět hnout. Ale nakonec to probíhá celkem dobře. Samostatnost je k nezaplacení [smích]. Ne, jako i teď z toho mám dost smíšený pocity.“

Účastníci mají ke svému školiteli relativně osobní vztah – není pro ně jen pouhým odborníkem, pod jehož vedením pracují. Očekávají, že se jím školitel bude věnovat.

„Pro mě je důležitý, že se mi někdo věnuje, že mě pustí do své laborky. A že je nás tam jen pár a může se nám věnovat individuálně.“

„No pár lidí mi říkalo, že mají problémy s vedoucím projektu. Že se jim nevěnuje. To si myslím, že je děsná škoda.“

„Hodně zásadní jsou pro mě diskuse s [jméno školitele].[...] Když si sedneme a povídáme si o tom [výsledky].“

S tím souvisí i časté hodnocení školitele. Pokud informanti hodnotí školitele kladně, obsahují jejich výpovědi slova jako „úžasný, super, skvělý“. Pokud svého školitele (především kvůli časté absenci) kritizují, používají méně vyhraněná slova a na konci svých výpovědí připojují smířlivější stanoviska.

„No, prostě vedoucí projektů jsou tady různí.“

„Celkově bych [osobní zájmeno] hodnotil mírně pozitivně.“

Subkategorie 6C	Rodina na měsíc
Vlastnost	Dimenze
Skupinová identita	velmi důležitá
Očekávání	značná
Počet účastníků	kontroverzní
Znamé tváře	časté
Osobní vztahy	velmi významné

Informanti většinou hodnotí ostatní účastníky kurzu velmi pozitivně. V jejich výpovědích se vyskytují i velmi expresivní výrazy a přirovnání („rodina na měsíc, úžasní lidé, lidé stejné krve, stejného ražení“). Informanti vyjadřují svoji příslušnost ke skupině.

„Pro mě je nejdůležitější, že jsme tady dobrá parta. Řekl bych, taková rodina na měsíc.“

„Člověk si tu může v klidu popovídat o svém projektu a nikomu to nepřijde divný. Ani za tím nic nehledá, že se jako vytahuju nebo tak. Najít lidi podobného zaměření je docela uklidňující [smích].“

„Docela mě překvapilo, jak jsou tu všichni otevření a v pohodě.“

„Na [výzkumné pracoviště] jsem si ze začátku připadala dost ztracená, chvílema mi i přišlo, že překážím, a říkala jsem si, o co se tam vlastně pokouším. Tady s lidma kolem je to mnohem lepší.“

Informanti si přejí, aby byl počet účastníků navýšen, a poukazují na dostatek místa. Nicméně se vyskytl i názor, že počet účastníků je příliš vysoký.

„V laboratoři je nás tolik, že se tam sotva vejde. Navíc některý lidi tady vážně nemají úroveň.“

Hodnocení týkající se počtu účastníků informanti dávají do souvislosti s očekáváním, s kterými se na LAK hlásili.

„Čekal jsem, že se tady s některýma věcmi [neznalost používaných metod] už nesetkám. Jsou tu lidi, který tady jsou fakt jen na prázdninách.“

„Ještě před začátkem jsem se těšila na lidi, co tady budou. A jaký to s nima bude.“

„Koukal jsem se, kdo se sem přihlásil. Docela často jsem ten web [LAK] kontroloval. Až mi to přišlo trochu divný.“

Někteří účastníci LAK se už znají, především díky projektu Talnet.

Mezi účastníky se vytvářejí osobní vztahy, které mnohdy přetrvávají. Jedna účastnice si na LAK našla partnera.

„Tak jsme tu teprve druhý týden a stejně tu mám pár lidiček, na kterých mi hodně záleží.“

„Dost se tu randí.“

„Je jasné, že si s někým rozumíš víc, s někým méně. Nebo ses zkrátka s někým v laboratoři a ten člověk je ti bližší. Nebo teda aspoň mně.“

Subkategorie 6D	Prostředí
Vlastnost	Dimenze
Reprezentativnost	exkluzivní
Sportovní aktivity	skupinové
Vědecké prostředí	velmi významné
Dozor	přílišný

Informanti pozitivně hodnotí prostředí, ve kterém LAK probíhá. Tematizují ubytování na zámku, které považují za exkluzivní. Někteří informanti si však stěžovali na stav své postele a s ním související nepohodlí.

„Když jsem si to četla, že budeme bydlet na zámku, tak mě to vážně zaujalo. Prostě to tomu dává takovou zvláštní vznešenost.“

„Ubytování na zámku a ještě zdarma, to bych ocenila. Rodičům jsem poslala pohled, na kterém je můj bejvák [smích].“

Oceňované jsou i sportovní aktivity. Účastníci hovoří o společném sportování v zámeckém parku a procházkách v širším okolí Nových Hradů. Společným rysem těchto aktivit je to, že probíhají ve skupině a často během *volného* víkendu.

„Volný víkendy jsou taky super. Minule jsem se byl s pár lidma projít. Bylo pěkně.“

Nejfrekventovanějším kódem v souvislosti s prostředím je však vědecké prostředí. Účastníci hovoří o určité specifické atmosféře, kterou prožívají jako stimulující.

„Asi je to směsný, ale jak projdu tou brankou, tak najednou cítím, že jsem na místě, kde se děje něco důležitého. Nebo když jdu po chodbě a čtu si názvy laboratoří, postery a tak. Tak zvláště to na mě dýchá.“

„Já měl vždycky problém v tom, že když jsem chtěl dělat vědu, musel jsem někam jezdit. Tady je to všechno víc v klidu a můžeš nechat na sebe všechno víc působit.“

„Zkrátka chci poznat vědecké řemeslo a vědecké prostředí.“

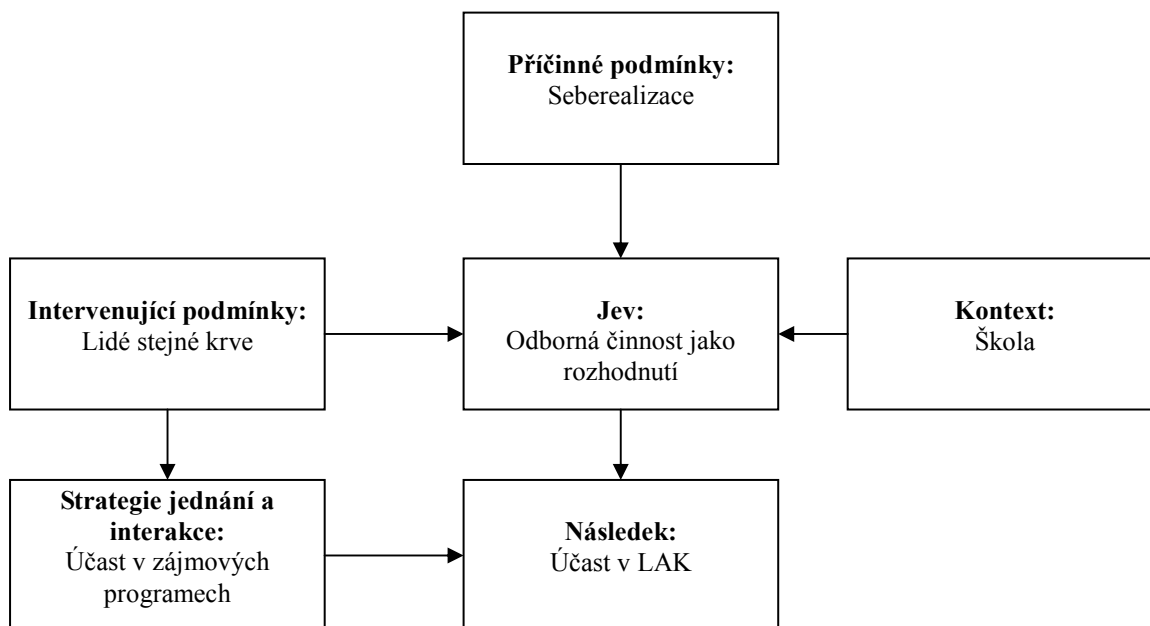
Nicméně účastníci rovněž zmiňují přehnaný dozor, ze strany organizátorů kurzu, který se jim zdá nevhodný vzhledem k jejich věku nebo vykonávaný příliš direktivně.

„Vadí mi, že nemohu na víkendy jezdit domů.“

„Určitě by se mělo víc zohledňovat, že někomu už bylo osmnáct.“

„[Jméno organizátora kurzu] nás drží na docela krátkým řetězu.“

4.1.2 Axiální kódování



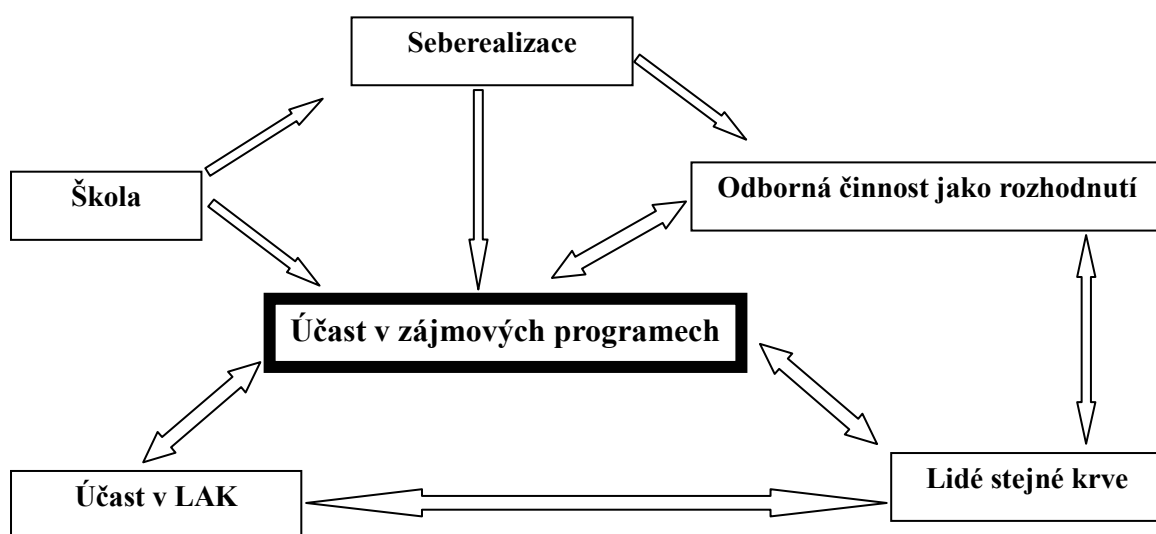
4.1.3 Selektivní kódování

Jako centrální kategorie byla zvolena „*Účast v zájmových programech*“, kterou rozvíjejí všechny ostatní kategorie.

Všichni informanti spontánně hodnotí svou školu a jejich hodnocení koresponduje s dalšími výpověďmi. Stimulující působení školy vede k účasti na různorodých vzdělávacích programech pro žáky středních škol (především olympiády). Účastníci, pro které není škola příliš stimulující, hledají jiné cesty své seberealizace. Dochází u nich k vyhraněnějšímu zájmu, pokládají si otázky po profesní orientaci a volí si programy, které jsou zaměřeny spíše na získání určitých zkušeností (SOČ) než vědomostí. Ke školnímu vzdělávání mají odstup.

V rámci těchto programů se obě skupiny informantů setkávají s lidmi, kteří jejich zájem sdílejí. Tito lidé je uvádějí do dalších odborných aktivit (především vrstevníci), ukotvují a specifikují jejich odborný zájem (především konzultanti prací SOČ). Tímto způsobem vzniká nebo se upevňuje jejich rozhodnutí pro odbornou činnost, které však

může být podmíněno i stimulujícím působením školy. Díky těmto lidem informanti snadněji získávají informace o LAK nebo se účastní na základě jejich doporučení. Účast na LAK může vést k opakované účasti na kurzu. LAK je pro účastníky formativní zkušeností, a to především díky lidem, s kterými mohou svůj zájem sdílet, což se odráží v jejich tendenci věnovat se dalším odborným aktivitám, a to nejen v rámci zájmových programů pro žáky středních škol.



4.1.4 Vyjádření účastníků kurzu k výsledkům

Po předchozí dohodě byli výsledky výzkumu poskytnuty prostřednictvím e-mailu dvěma účastníkům LAK s prosbou o krátký komentář.

„Musím říct, že tomu moc nerozumím. Axiální a selektivní kódování je pro mě španělská vesnice. Věci, kterým jsem porozuměl, v mém případě odpovídají realitě. Nevím, jak se na LAK dostali ostatní, ale určitě v tom nemáš nic, co by v mém případě neplatilo.“

„Určitě bych podtrhla vědecké prostředí a ty lidi stejné krve. Tyhle dvě věci pro mě charakterizují LAK.“

4.1.5 Vyjádření organizátorů kurzu k výsledkům

Na základě zájmu byly výsledky výzkumu poskytnuty organizátorům LAK, kteří mají s kurzem dlouholeté zkušenosti. Zároveň byly prostřednictvím e-mailové komunikace požádáni o jakékoliv poznámky a komentáře k výsledkům, především o odpovědi na následující tři otázky.

1. Co je pro Vás ve výsledcích nového?
2. Co byste podtrhl(a) jako jev, který je zásadní a provází LAK napříč ročníky?
3. V čem se naopak výsledky liší od Vaší zkušenosti?

První organizátor se do LAK zapojil v roce 2011:

1. otázka:

„Vzhledem k tomu, že každý rok na závěr dáváme studentům dotazník, neobjevuje se v odpovědích nic, co by mě překvapilo. Navíc se studenty během LAK trávím tolik času, že se toho o nich i od nich dozvídám opravdu hodně.“

2. otázka:

„Už na našich propagačních plakátech se objevuje informace, že pokud do Nových Hradů na LAK přijedou, seznámí se s lidmi podobných zájmů - to bych podtrhla. A ještě jedna věc je zásadní - ochota vedoucích projektů a organizátorů celý červenec se věnovat studentům (věc naprosto unikátní v takovém rozsahu). Navíc LAK neděláme proto, aby šli lidé do výzkumu, ale hlavně proto, aby se pro ně staly přírodní vědy přitažlivější.“

3. otázka:

„Já osobně bych sledovala studenty několika LAK po sobě, abych se odvážila vyvozovat nějaké závěry. Také mi tam chybí číselné hodnoty - počty studentů, kteří se účastnili pohovorů, procentuelní vyjádření těch, kteří odpovídali stejně nebo rozdílně na určitou otázku apod.“

Druhý organizátor, který se v roce 2011 LAK neúčastnil, ale má s LAK několikaletou zkušenost:

1. a 3. otázka

„Má zkušenost do r. 2010, která se opírá o zaslané přihlášky do LAK, je v rozporu s Vaším tvrzením/zjištěním [nejfrekventovanější odborná aktivita je SOČ]. Velká většina přihlášených měla před LAK opakovanou zkušenost pouze z olympiád (M, F, Ch, B, ekologie, informatika) a jen zcela výjimečně/ojediněle ze SOČ. Pravda, po absolvování LAK účast v SOČ výrazně stoupla a mnozí (např. i Vy) to „dotáhli“ až do celostátního kola.“

„Kruté zjištění [informace o LAK jsou nepropagované], když si vzpomenu, jaké množství informačních dopisů na střední školy v celé republice jsme rok co rok rozesílali, na kolika školách jsme rok co rok propagovali LAK při osobních návštěvách a popularizačních přednáškách, co stovek kusů info-plakátů se rok co rok rozdalo na veletrhu 'Gaudeamus' v Brně, jak přístupné pro vyhledavače byly naše webové stránky s informacemi o LAK a dokumentací průběhu všech realizovaných ročníků od r. 2001. Škoda slov... Bez osobního přispění zainteresovaných pedagogů a sdělované osobní zkušenosti účastníků LAK by se nám tyto aktivity jen obtížně podařilo zrealizovat! [...] Podotýkám znovu, že jsme obeslali opakovaně VŠECHNY

střední školy přírodovědného zaměření v ČR... Projekt 'Talnet' zafungoval poprvé v roce 2009, a to pouze pro VŠ účastníky. [Talnet] uvedli na svých webových stránkách info-link i o LAKu. Budiž jim za to dík!“

„[Přílišný dozor] nebyl. Naopak, byli jsme coby organizátoři velmi benevolentní, a to i ve vztahu k nezletilým účastníkům! Je zcela pochopitelné, že mladého člověka nezajímají možné následky „naprosté volnosti a nekontrolovatelnosti“ jeho aktivit. Věřte, že toto bylo mou noční můrou každé léto, kdy běžely oba studentské kurzy [LAK s Schola ludus pro studenty VŠ]. Jsem velmi šťastný, že během dosavadních 11 ročníků LAK a 10 ročníků SchL nedošlo ke smrtelnému nebo jinému těžkému úrazu účastníků na pracovišti či při mimopracovních aktivitách. A několikrát chybělo jen velmi málo...“

„Návštěvy rodičů v AUC v Nových Hradech byly zcela bez problémů, odjezdy domů (v rámci jižních Čech) rovněž. Problém byl v případě víkendu stráveného nikoli u rodičů (u VŠ bez problému, u SŠ omezeně) a samozřejmě u nezletilých účastníků (výjimečně a na přání nebo s vědomím rodičů).“

2. otázka

„[Významné osobní vztahy mezi účastníky] ano, naprostý souhlas. Zafungovaly nejen vnitroskupinové sociální vztahy, ale pozitivně stimulační efekt měla především přítomnost vysokoškoláků (ve smyslu „příklad/vzor“) a odborné vedení vědeckých pracovníků a doktorandů ÚFB [Ústavu fyzikální biologie]. Samozřejmě, párové vztahy byly přítomny v každém ročníku LAK (SŠ-SŠ, SŠ-VŠ), ale naštěstí pro organizátory bez vážnějších následků.“

„Probuzení zájmu účastníků/studentů o přírodní vědy, ovlivnění jejich dalšího odborného růstu a směřování, výrazný předstih v komunikačních schopnostech a prezentačních dovednostech před vrstevníky, osobní zkušenost z kolektivu podobně zaměřených osob, fundovaný vhled do „vědecké práce“.“

„Pokud si vzpomínáte, i my, organizátoři LAKu, jsme od r. 2005 na konci kurzu organizovali odpovědní anketu, která sice nebyla takto sociologicky sofistikovaná, ale vykazala velmi podobné výsledky:

- 1) významný vliv pedagoga-odborníka na škole k orientaci studenta na přírodní vědy,*
- 2) převažující rozhodování o účasti na základě zkušenosti předchozích účastníků LAK,*
- 3) kvalitní projekt a kvalitní vedení jako předpoklad kvalitních výsledků,*
- 4) opakování účasti na LAK jako důsledek nových, silných zážitků,*
- 5) spoluorganizování LAK paralelně se Schola ludus (pro VŠ studenty) jako silný motivační stimul,*
- 6) podstatný vliv osobní zkušenosti z LAK pro další studijní směřování na VŠ.“*

4.2 Genetický kroužek

4.2.1 Reflexe laboratorních úloh

<i>Zajímavost tématu</i>				<i>Novost používaných metod</i>			
	x	σ	N		x	σ	N
Genová exprese	1,4	0,73	7	Genová exprese	2,6	1,18	7
Bioinformatika	2,0	0,71	8	Bioinformatika	1,8	0,83	8
Imunoafinitní chromatografie	2,0	0,71	8	Imunoafinitní chromatografie	1,9	0,33	8
Určení pohlaví	1,5	0,50	8	Určení pohlaví	3,0	0,00	8
<i>Náročnost na provedení</i>				<i>Srozumitelnost výkladu</i>			
	x	σ	N		x	σ	N
Genová exprese	3,3	0,45	7	Genová exprese	1,9	0,83	7
Bioinformatika	3,6	0,99	8	Bioinformatika	1,6	0,70	8
Imunoafinitní chromatografie	3,0	0,50	8	Imunoafinitní chromatografie	2,6	0,86	8
Určení pohlaví	3,0	0,71	8	Určení pohlaví	1,9	0,33	8
<i>Srozumitelnost pracovního postupu</i>				<i>Význam pro další studium</i>			
	x	σ	N		x	σ	N
Genová exprese	1,7	0,70	7	Genová exprese	2,4	1,05	7
Bioinformatika	1,5	0,71	8	Bioinformatika	2,3	1,09	8
Imunoafinitní chromatografie	2,0	0,50	8	Imunoafinitní chromatografie	2,1	0,78	8
Určení pohlaví	2,0	0,71	8	Určení pohlaví	2,3	0,83	8
<i>Celkové hodnocení úloh</i>				<p>Jednotlivé vlastnosti úloh žáci hodnotili na pětibodové škále vzhledem k ostatním úlohám, s kterými se v Genetickém kroužku setkali. Průměrná hodnota odpovídá stupni 3, vysoká stupni 1 a nízká stupni 5.</p>			
	x	σ	N				
Genová exprese	1,3	0,45	7				
Bioinformatika	1,5	0,87	8				
Imunoafinitní chromatografie	1,8	0,43	8				
Určení pohlaví	1,6	0,43	8				

Tabulka 7 - Výsledky dotazníkového šetření.

4.2.2 Reflexe přítomných pedagogů

„V rámci genetického kroužku 12 nadaných studentů Gymnázia Praha 6, Nad Alejí měli unikátní možnost seznámit se s některými metodami práce v oblasti molekulární biologie. Vzhledem k tomu, že před každou konkrétní prací diplomant vysvětlil problematiku prostřednictvím prezentace, studenti dokonale pochopili princip a cíl úlohy. Byli proto schopni stanovit hypotézu, jakého výsledku by měli dosáhnout. V závěru každé práce srovnávali výsledek nejen s ideálním kontrolním ale i vzájemně mezi sebou. V případě neúspěchu, či nečekaného výsledku byli studenti schopni analyzovat chybný krok. Tato zkušenost mnohým usnadní rozhodování o jejich další studijní cestě. Podle jejich vyjádření vysoce oceňují možnost pracovat pod vedením diplomanta odborníka a být přímými aktéry při ověřování diplomové práce. Co se týče nás, učitelů gymnázia, vysoce hodnotíme transfer mezi VŠ a střední školou. Při ověřování způsobilosti uplatnění konkrétních laboratorních prací pro studenty středoškoly jsme se pokusili ve spolupráci s diplomantem eliminovat didaktické nedostatky. Uvědomujeme si finanční nároky i odbornou způsobilost, která bude na školy i učitele kladena. Považujeme však za velmi žádoucí, aby nadaní studenti měli možnost nahlédnout do světa vědy již na střední škole a měli možnost lépe a s větším přehledem vybírat cestu jejich budoucího zaměření. Každý pokus obohacení studentského curricula je vždy přínosem. Za studenty i učitele Gymnázia Nad Alejí Praha děkujeme, že jsme se mohli podílet na obohacení obsahu předmětu Biologie.“

5 DISKUSE

Cílem této diplomové práce bylo objasnit proces, který vede k účasti na letní škole zaměřené na molekulární biologii, a odhalit klíčové prvky tohoto kurzu. V této části budou porovnány získané výsledky s dostupnými literárními údaji, byť je z charakteru studie jasné, že vytvořená teorie je substantivní, tedy obtížně zobecnitelná a srovnatelná s výsledky jiných autorů. Substantivní charakter teorie dokládají vyjádření organizátorů k výsledkům průzkumu. Toto konstatování platí zvláště vzhledem ke „semikvantitativním“ tvrzením, jejichž funkcí je charakterizovat informanty, nikoliv podávat informace o skladbě účastníků v jednotlivých ročnících, což by bylo vzhledem ke kvalitativnímu charakteru výzkumu nemístné a z hlediska kvantitativních metod problematické, protože není jasné, co vlastně takový soubor reprezentuje. Čísla se mění, ale některé obecné koncepty potvrzují jak organizátoři, tak odborná literatura.

Ve výpovědích informantů se vyskytují všechny prvky, které byly již dříve označeny za klíčové pro rozvoj zaujetí pro vědu (Oliver et Venville, 2011) a v tomto smyslu potvrzují závěry těchto autorů. Informanti srovnávali LAK se svojí školní zkušeností obdobným způsobem jako v dříve publikovaných pracích (Fredricks et al., 2010; Oliver et Venville, 2011). Žádný z respondentů neuváděl nic, co by naznačovalo negativní vliv LAK na jejich akademické sebepojetí. Opakovaná účast může indikovat „*splashdown effect*“ (Stake et Mares, 2005), případně reflektovat pozitivní formativní zkušenost získanou během kurzu. Zdá se, že situace letních kurzů pro nadanou mládež je zásadně odlišná od přechodu na vzdělávací instituci s vyššími akademickými nároky. Vyjdeme-li z metafory „velké ryby v malém rybníčku“ (Marsh et Hau, 2003), velká ryba se pohybuje mezi malým a velkým rybníkem dle svých potřeb.

Dalším výrazným rysem, který je ve shodě s publikovanou literaturou (Brown, 1999; Lewis et al., 2002; Markowitz, 2004), je důraz na *autentické* vědecké prostředí, které je dáváno do kontrastu se školou. Škola je podle názoru informantů specifické prostředí žijící svým životem. Prakticky hovoří o *školní kultuře*, ve které znalosti „*neslouží k vyřešení reálního problému, ale ke složení zkoušky*“ (Kalhous 2002, str. 168), která může být různě relevantní vzhledem k sebepojetí žáka. Je otázkou, jak a zda vůbec lze tento stav překonat. Zastánci tzv. „druhé pedagogické revoluce“ chtějí otevřít školu nejen směrem k „obecné komunitě“ představující veřejnost, obec nebo rodinu,

ale i ke specializovaným komunitám, do kterých může být žák uveden (Kalhous 2002, str. 169). Byť se tento záměr jeví jako logické vyústění (nejen) této práce, nese s sebou řadu otázek a obtíží vyplývajících z konzervativní podstaty školy jako instituce kulturní transmise. Funkcí školy je spíše šířit *mýtus* (v tom nejhlubším sociologickém a filosofickém, např. Cassirerově, pojetí) než *cnosti* vědecké komunity, jak je známe od Karla Poppera, Michaela Polanyiho nebo Václava Bělohradského. S obdobnými obtížemi se ostatně potýkají všichni ti, kdo se v donkichotské snaze pokouší ze středoškolské biologie odstanit mýty v dawkinsovském smyslu slova¹⁹.

Winner (2000) uvádí, že jen malá část nadaných se stane v dospělosti tvůrci či mysliteli, protože si neprojde relativně obtížným přerodem z nadaného žáka, který se rychle učí v dané oblasti, k tvůrčímu člověku, jenž tuto oblast rozrušuje a znovu vytváří. Pro takové tvůrčí osobnosti je charakteristické rebelství, nespokojenost se stávajícím stavem a potřeba věcmi zamíchat. Z této perspektivy lze na rozporuplném hodnocení školy nalézt i cosi pozitivního. Možná bychom se spíše než o změny ve výuce biologie měli snažit o porozumění specifickým potřebám lidí, které pedagogická literatura označuje za nadané, vycházet jim vstříc například tak, jak popisuje Jurášková (2006, str. 121), a bohatou zájmovou činností, která je údajně pro nadané vzhledem k budoucnosti relevantnější než škola (Fredricks et al., 2010).

Příkladem takové zájmové činnosti je i Genetický kroužek. V jeho rámci byly realizovány čtyři úlohy. Zvolená témata byla pro studenty zajímavá. Z dotazníku rovněž vyplývá, že žáci byli již dříve seznámeni s PCR. Hodnocení výkladu spojeného s výukovým celkem „Imunoafinitní chromatografie“ je zřejmě reflexí nedostatečného prostoru, který mu byl vyčleněn, což se zřejmě odrazilo i do celkového hodnocení úlohy. Vyšší rozptýl hodnocení výukového celku zaměřeného na bioinformatiku odráží zklamání

¹⁹ Např. „poznatek“, že se před splynutím s plasmatickou membránou vajíčka (u většiny savců ještě oocyty) odděluje hlavička spermie od zbytku gamety. Byť to z biologického hlediska nedává žádný smysl, zvláště v kontextu poznatků o významu *zona pellucida* pro motilitu spermií (Urner et Sakkas, 2003) a centrosomu spermie pro první mitotické dělení (Palermo et al., 1994), zastává tento dávno vyvrácený (Palermo et al., 1994; Palermo et al., 1997; Simerly et al., 1993) názor řada (nejen) středoškolských pedagogů, je tradován v populárně vědecké literatuře (Sykes 2004, str. 53) a z didaktických důvodů upřednostňován (Odcházalová et Müllerová, 2011).

některých žáků, kteří do Genetického kroužku docházejí především kvůli laboratorním úlohám, nikoliv pracovat s počítačem.

Žáci byli rovněž požádáni, aby se prostřednictvím dotazníku vyjádřili ke silným a slabým rysům jednotlivých úloh.

Klady laboratorní úlohy „Genová exprese“ žáci spatřovali především v tématu úlohy, které považovali za zajímavé. Dále oceňovali srozumitelnost výkladu a pracovního postupu. Za klad považovali i novou aplikaci již dříve známé PCR. Důležité bylo i to, že se úloha týká „*budoucnosti genetiky*“. Žáci ve svých odpovědích tematizovali také hloubku výkladu, jedinečnost úlohy a skutečnost, že „*se praktikant věnoval všem*“. Všichni žáci uváděli, že záporem úlohy je časová náročnost. Dalšími zápory byla přemíra informací ve výkladu, náročnost na pochopení, vysoké tempo práce, fakt, že úlohu provádí poprvé, nebo problémy s vizualizací výsledků.

Klady laboratorní úlohy „Bioinformatika“ spatřovali žáci především v novosti tématu a informací (všichni žáci). Ocenili i nové technologie, relevanci pro jejich další studium, „praktický“ charakter jednotlivých úloh, srozumitelný výklad a pracovní postup, vhodný časový rozsah, nenáročnost nebo práci s iPadem. Nejčastěji uváděným záporem úlohy byla dle žáků práce na počítači místo práce v laboratoři. Žáci dále uvádějí, že pro ně téma nebylo zajímavé, „*nebyla to výzva*“, výklad byl málo do hloubky a rychlý. Někteří žáci by spíše ocenili základnější informace, jiní naopak širší spektrum úloh s dalšími aplikacemi. Učební celek se dle mínění některých žáků netýkal biologie, úlohy byly snadné a příliš zjednodušené. Žáci tematizovali i zdoluhavost úlohy a „*stávkující počítače*“.

Klady laboratorní úlohy „Imunoafinitní chromatografie“ spatřovali žáci v nových technologiích a postupech, s kterými se seznámili. Oceňovali i zajímavé téma, „*profesionální přístup praktikanta*“ a „*dobrý výklad*“. Zápory úlohy spočívaly v tom, že byla příliš abstraktní, vyžadovala extrémní soustředění při nanášení, byla časově náročná a obsahovala prostoje. Žáci dále upozorňují na nejasné instrukce, „*občas chaos v laboratoři*“ a fakt, že „*toho bylo zkrátka moc*“.

V úloze týkající se určení pohlaví žáci především oceňují zajímavé téma, dobrý výklad a skutečnost, že se jim podařilo potvrdit hypotézu. Dále oceňují seznámení s různými metodami určování pohlaví, praktické využití, přiměřenou náročnost a „*nové*“

technologie“. Jako zápor úlohy všichni uvádějí časovou náročnost. Dále za slabé stránky považují zmatek v laboratoři, prostoje a fakt, že „některé pojmy jim byly nesrozumitelné“.

Použití dotazníku ke zjišťování zpětné vazby žáků nebylo příliš vhodnou metodou. Žáci měli vůči dotazníkům averzi, protože je (dle sdělení pedagogů) vyplňují příliš často, a tak uváděli jako slabé stránky úlohy např. „*bolavou nohu*“ nebo „*špatně ořezanou tužku*“. Tento fakt (společně s odchody před koncem výukových celků) se zřejmě odráží i v tom, že dotazník vyplnilo jen osm žáků, přestože jich do Genetického kroužku dochází dvanáct. Nicméně otázkou zůstává, jak by vypadaly výsledky, kdyby dotazníky vyplnili všichni. Klady úloh si žáci často vypůjčovali z jednotlivých prvků úlohy, které hodnotili, takže kvalitativní informace takto získaná je značně pochybná. V rámci slabých stránek úloh byli kreativnější, nicméně zřejmě ovlivněni pocity, které s vlastním obsahem úlohy příliš nesouvisí, jak naznačují komentáře v poslední sekci dotazníku:

„Celkově jsem byl spokojen a vážím si času, který jste nám věnoval.“

„Pan praktikant ví o ~~všem~~ genetice opravdu mnoho a dokáže to srozumitelně vysvětlit.“

Nicméně kvalitativní šetření pomocí ohniskové skupiny, které by bylo vzhledem k charakteru otázky optimální, nebylo z časových důvodů možné.

Hypotézu č. 1 se nepodařilo vyvrátit, protože všechny skupiny dosáhly předpokládaných výsledků. Ve výukovém celku týkajícím se genové exprese lze najít pouze jednu odchylku od předpokládaných výsledků, a to absenci referenčního genu u vzorku C. Je rovněž překvapivé, že kultivace buněk bez séra nezpůsobila expresi *CDKN1A*. Nicméně toto pozorování nemusí být způsobenou chybou žáka, nýbrž nízkým počtem cyklů PCR a nižší citlivostí vizualizačního systému. V rámci úlohy zaměřené na imunoafinitní chromatografii byl jeden vzorek zničen, ovšem nikoliv chybou žáka.

Hypotézu č. 2 se rovněž nepodařilo vyvrátit. Pohlaví určené na základě amplifikace specifických úseků, které se nacházejí na X a Y chromosomech, se shodovalo s tím, které bylo určeno na základě morfologie pánve. Překvapivě se metoda izolace DNA z kosterního materiálu pomocí Chelex 100 ukázala jako poměrně účinná. Tento fakt je zřejmě způsoben tím, že bylo použito větší množství kosterního materiálu než v původní studii (Taberlet et Fumagulli, 1996) a protokol byl modifikován inkubací s proteinázou K.

6 ZÁVĚR

Výuka buněčné a molekulární biologie na střední škole se potýká s problémy, které se týkají finančních, materiálních a odborných nároků kladených na školu a učitele. Přesto ale má její výuka své místo, protože se dotýká aktuálních etických a společenských témat, jejichž význam bude zřejmě v budoucnosti stoupat. Bylo navrženo několik strategií, jak výše uvedeným nárokům vyhovět. Většina z těchto strategií vyžaduje spolupráci a akademickou sférou. Taková spolupráce se však netýká pouze materiálního zajištění výuky, nýbrž do výuky přináší specifickou kvalitu. Otevírá školu vnějšímu světu, poukazuje na relevanci učiva vzhledem k dalšímu studiu, umožňuje rozvoj nadaných žáků a má pozitivní vliv i na učitele.

Výzkumné šetření provedené během letní školy zaměřené na (molekulární) biologii poukázalo na význam skupiny lidí stejného zájmu pro osobní i odborný rozvoj nadaných žáků, ukotvení jejich odborného zájmu a soustavnost jejich odborné činnosti, což potvrzuje závěry mnohých dříve publikovaných studií.

Výuka v rámci Genetického kroužku vzniklého při gymnáziu poukázala na to, že i náročnější úlohy jsou pro žáky zajímavé a žáky proveditelné. Podobně jako účastníci letní školy žáci oceňují přístup do světa vědy. Důležitou roli hraje i nadšení, odbornost a angažovanost učitele.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Aasen, E. and Medrano, J.F. 1990. 'Amplification of the ZFY and ZFX genes for sex identification in humans, cattle, sheep and goats.'. *Biotechnology (N Y)* 8: 1279-81.
- Adam, P.J., Berry, J., Loader, J.A., Tyson, K.L., Craggs, G., Smith, P., De Belin, J., Steers, G., Pezzella, F., Sachsenmeir, K.F., Stamps, A.C., Herath, A., Sim, E., O'Hare, M.J., Harris, A.L. and Terrett, J.A. 2003. 'Arylamine N-acetyltransferase-1 is highly expressed in breast cancers and conveys enhanced growth and resistance to etoposide in vitro.'. *Mol Cancer Res* 1: 826-35.
- Aldiabat, K.M. 2011. 'Philosophical Roots of Classical Grounded Theory: Its Foundations in Symbolic Interactionism.'. *Qualitative Report* 16: 1063-1080.
- Allchin, D. 2005. 'Sacred Bovines: Genes "R" Us'. *American Biology Teacher* 67: 244-246.
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B. and Wong, B. 2010. "'Doing" Science versus "Being" a Scientist: Examining 10/11-Year-Old Schoolchildren's Constructions of Science through the Lens of Identity'. *Science Education* 94: 617-639.
- Astbury, W.T. 1961. 'Molecular Biology or Ultrastructural Biology?'. *Nature* 190: 1124.
- Asmus, E.G. 2007. 'Protein Structure'. *American Biology Teacher* 69: 38-40.
- Atkins, T. and Roderick, J. 2006. 'Demonstration: Genetic Jewelry'. *American Biology Teacher* 68: 80-85.
- Barnard, B., Sussman, M., BonDurant, S.S., Nienhuis, J. and Krysan, P. 2006. 'Microarrays (DNA Chips) for the Classroom Laboratory'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 34: 355-359.
- Beck, M. 2000. 'Plant Tissue Culture in a Bag'. *American Biology Teacher* 62: 652-53.
- Ben-Nun, M.S. and Yarden, A. 2009. 'Learning Molecular Genetics in Teacher-Led Outreach Laboratories'. *Journal of Biological Education* 44: 19-25.
- BLAHA, Milan. *Internalizovaná homofobie*. Havlíčkův Brod, 2006. Středoškolská odborná činnost. Gymnázium Havlíčkův Brod.
- Bleicher, R.E. 1996. 'High School Students Learning Science in University Research Laboratories'. *Journal of Research in Science Teaching* 33: 1115-33.
- Bloom, M. 2001. 'Molecular Biology and Technology: Helping Students Understand the Nature of Science'. *American Biology Teacher* 63: 557-60.
- Bordenstein, S.R., Brothers, C., Wolfe, G., Bahr, M., Minckley, R.L., Clark, M.E., Wernegreen, J.J., Bordenstein, S.R., Reznikoff, W.S., Werren, J.H. 2010. 'Using the *Wolbachia* Bacterial Symbiont to Teach Inquiry-Based Science: A High School Laboratory Series'. *American Biology Teacher* 72: 478-483.
- Bouakaze, C., Eschbach, J., Fouquerel, E., Gasser, I., Kieffer, E., Krieger, S., Milosevic, S., Saandi, T., Florentz, C., Marechal-Drouard, L. and Labouesse, M. 2010. "'OpenLAB": A 2-Hour PCR-Based Practical for High School Students'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 38: 296-302.
- Britos, L., Goyenola, G. and Orono, S.U. 2004. 'Simple Protocol for Secondary School Hands-On Activity: Electrophoresis of Pre-Stained Nucleic Acids on Agar-Agar Borate Gels'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 32: 341-347.
- Brokaw, A. and Cobb, B.A. 2009. 'A Simple Test Tube-Based ELISA Experiment for the High-School Classroom'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 37: 243-248.

- Brooks, E., Dolan, E., Tax, F. 2011. 'Partnership for Research & Education in Plants (PREP): Involving High School Students in Authentic Research in Collaboration with Scientist'. *American Biology Teacher* 73: 137-142.
- Brown, T.J., Jr. 1999. 'Using Biotechnology To Stimulate Interest in Freshman Biology'. *Science Activities* 36: 31-37.
- Bryce, T. and Gray, D. 2004. 'Tough Acts to Follow: The Challenges to Science Teachers Presented by Biotechnological Progress'. *International Journal of Science Education* 26: 717-733.
- Bryja, J., Konečný, A. 2003. 'Fast sex identification in wild mammals using PCR amplification of the Sry gene'. *Folia Zoologica* 52: 269-274.
- Cardona, T.d.S., Spiegel, C.N., Alves, G.G., Ducommun, J., Henriques-Pons, A. and Araujo-Jorge, T.C. 2007. 'Introducing DNA Concepts to Swiss High School Students Based on a Brazilian Educational Game'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 35: 416-421.
- Carr, E.A., Charney, J., Sofer, W., Vershon, A.K. 2006. 'An Integrated Molecular Biology Research Project for High School Students'. *American Biology Teacher* 68: 108-113.
- Chattopadhyay, A. 2005. 'Understanding of Genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implications for Genetics Education'. *Cell Biology Education* 4: 97-104.
- Chen, Y., Dong, Y., Xiang, X., Zhang, X. and Zhu, B. 2008. 'Sex determination of *Microtus mandarinus mandarinus* is independent of Sry gene.'. *Mamm Genome* 19: 61-8.
- Chinnici, J.P., Yue, J.W. and Torres, K.M. 2004. 'Students as "Humans Chromosomes" in Role-Playing Mitosis and Meiosis'. *American Biology Teacher* 66: 35.
- Clendening, B. 2004. 'Student-Scientist Partnership in Molecular Biology: Finding a Workable Model at an Undergraduate Institution'. *American Biology Teacher* 66: 183.
- Cross, T.L. and et al. 1993. 'The Wyoming High School Institute: Addressing the Social and Emotional Needs of High Achieving Adolescents through a Summer Residential Program'. *Journal of Secondary Gifted Education* 5: 6-9.
- D'Agostino, J. 2001. 'Modeling the Classic Meselson and Stahl Experiment'. *American Biology Teacher* 63: 358-61.
- DAWKINS, Richard. *Sobecký gen.* Vyd. 1. Překlad Vojtěch Kopský. Praha: Mladá fronta, 1998, 319 s. ISBN 80-204-0730-8.
- Diaz, F.J., Wigglesworth, K. and Eppig, J.J. 2007. 'Oocytes determine cumulus cell lineage in mouse ovarian follicles.'. *J Cell Sci* 120: 1330-40.
- Dong, Y., Guerrero, S. and Moran, M.A. 2008. 'Using DNA Technology to Explore Marine Bacterial Diversity in a Coastal Georgia Salt Marsh'. *American Biology Teacher* 70: 279-283.
- Duncan, R.G. and Reiser, B.J. 2007. 'Reasoning across Ontologically Distinct Levels: Students' Understandings of Molecular Genetics'. *Journal of Research in Science Teaching* 44: 938-959.
- Efferth, T. 2001. 'Didactics of Molecular Ecology'. *Theory in Biosciences* 120: 139-148.
- Ellis, E.L., Delbrück, M. 1939. 'The Growth of Bacteriophage'. *Journal of General Physiology* 22: 365-384.

- Emani, C. 2010. 'Using the "DNA Story" to Inculcate a Scientific Thought Process in the Classroom'. *American Biology Teacher* 72: 410-413.
- Eppig, J.J., Pendola, F.L. and Wigglesworth, K. 1998. 'Mouse oocytes suppress cAMP-induced expression of LH receptor mRNA by granulosa cells in vitro.'. *Mol Reprod Dev* 49: 327-32.
- Evans, C.A., Abrams, E.D., Rock, B.N. and Spencer, S.L. 2001. 'Student/Scientist Partnerships: A Teacher's Guide To Evaluating the Critical Components'. *American Biology Teacher* 63: 318-23.
- Farrar, J. and Barnhart, K. 2011. 'Chromonoodles: Jump into the Gene Pool'. *Science Teacher* 78: 34-39.
- Feldstein, S.M. and Benner Michael, S. 2004. 'Assessing Outcomes of a Secondary-Postsecondary Partnership Model for Biology Education Outreach'. *American Biology Teacher* 66: 114.
- Fernandez-Novell, J.M., Gomis, R.R., Cid, E., Barbera, A. and Guinovart, J.J. 2002. 'Bridging the Gap in Biochemistry between Secondary School and University'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 30: 172-174.
- Fitzpatrick, S.L., Carlone, D.L., Robker, R.L., Richards, J.S. 1997. 'Expression of aromatase in the ovary: Down-regulation of mRNA by the ovulatory luteinizing hormone surge'. *Steroids* 62: 197-206.
- Flannery, M.C. 2001. 'Where Is Biology?'. *American Biology Teacher* 63: 442-47.
- Franke, G. and Bogner, F.X. 2011. 'Conceptual Change in Students' Molecular Biology Education: Tilting at Windmills?'. *Journal of Educational Research* 104: 7-18.
- Fredricks, J.A., Alfeld, C. and Eccles, J. 2010. 'Developing and Fostering Passion in Academic and Nonacademic Domains'. *Gifted Child Quarterly* 54: 18-30.
- Freedman, M.P. 1997. 'Relationship among Laboratory Instruction, Attitude toward Science, and Achievement in Science Knowledge'. *Journal of Research in Science Teaching* 34: 343-357.
- Gardner, G.E., Jones, M.G. and Ferzli, M. 2009. 'Popular Media in the Biology Classroom: Viewing Popular Science Sceptically'. *American Biology Teacher* 71: 332-335.
- Gelbart, H., Brill, G. and Yarden, A. 2009. 'The Impact of a Web-Based Research Simulation in Bioinformatics on Students' Understanding of Genetics'. *Research in Science Education* 39: 725-751.
- Gerbig, D.G., Jr., Fenk, C.J. and Goodhart, A.S. 2000. 'The Dot Blot ELISA'. *American Biology Teacher* 62: 583-87.
- GOETHE, Johann Wolfgang von. *Faust*. 2. vyd. Překlad Otokar Fischer. Praha: Státní nakladatelství krásné literatury a umění, 1965.
- Hark, A.T. 2008. 'Crossing over: An Undergraduate Service Learning Project that Connects to Biotechnology Education in Secondary Schools'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 36: 159-165.
- HEGARTY-HAZEL, Elizabeth. *The Student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge, 1990. ISBN 04-150-0118-8.
- HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2005, 407 s. ISBN 80-736-7040-2.
- Herron, S.S. 2009. 'From Cookbook to Collaborative: Transforming a University Biology Laboratory Course'. *American Biology Teacher* 71: 548-552.

- Hoh, Y.K. and Boo, H.K. 2007. 'Pharmacogenomics: Principles & Issues'. *American Biology Teacher* 69: 143-147.
- Janík, T., Maňák, J., Knecht, P., Němec, J. 2010. 'Proměny kurikula současné školy: vize a realita'. *Orbis Scholae* 4: 9-35.
- JURÁŠKOVÁ, Jana. *Základy pedagogiky nadaných*. Vyd. 1. Překlad Jana Juřicová, Leona Jelínková. Praha: Institut pedagogicko-psychologického poradenství ČR, 2006, 131 s. ISBN 80-868-5619-4.
- KALHOUS, Zdeněk. *Školní didaktika*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2002, 447 s. ISBN 80-717-8253-X.
- KELLER, Jan. *Úvod do sociologie*. 5. vyd. Praha: Sociologické nakladatelství, 2004, 204 s. ISBN 80-864-2939-3.
- Kirsanov, K.I., Lesovaya, E.A., Yakubovskaya, M.G. and Belitsky, G.A. 2010. 'SYBR Gold and SYBR Green II are not mutagenic in the Ames test.'. *Mutat Res* 699: 1-4.
- Knippels, M.-C.P.J., Severiens, S.E. and Klop, T. 2009. 'Education through Fiction: Acquiring Opinion-Forming Skills in the Context of Genomics'. *International Journal of Science Education* 31: 2057-2083.
- KONRÁDOVÁ, Václava a Jiří UHLÍK. *Funkční histologie*. 2. vyd. Jinočany: H, 2000. ISBN 80-860-2280-3.
- KRATOCHVÍL, Zdeněk. *Výchova, zřejmost, vědomí*. Praha: Herrmann, 1995, 199 s. ISBN 80-238-0473-1.
- KUHN, Thomas Samuel. *Struktura vědeckých revolucí*. 1. vyd. Překlad Tomáš Jeníček. Praha: OIKOYMENH, 1997, 206 s. Knižovna novověké tradice a současnosti, sv. 64. ISBN 80-860-0554-2.
- Kunkel, M.A. and et al. 1992. 'Experience of Giftedness. "Eight Great Gripes" Six Years Later'. *Roeper Review* 15: 10-14.
- Kurowski, S. and Reiss, R. 2007. 'Mendel Meets CSI: Forensic Genotyping as a Method to Teach Genetics & DNA Science'. *American Biology Teacher* 69: 280-286.
- Lampert, E. 2011. 'Modeling Gene Expression using Sentences: A Short Activity to Accompany Genetics Units'. *American Biology Teacher* 73: 418-418.
- Lenz, K. and Burruss, J.D. 1994. 'Meeting Affective Needs through Summer Academic Experiences'. *Roeper Review* 17: 51.
- Leslie, G. and Schibecchi, R. 2006. 'Teaching about Designer Babies and Genetically Modified Foods: Encouraging the Teaching of Biotechnology in Secondary Schools'. *American Biology Teacher* 68: 98-103.
- Levy, F. 2000. 'An Inquiry-based Introduction to Molecular Biology'. *American Biology Teacher* 62: 262-65.
- Lewis, J.R., Kotur, M.S., Butt, O., Kulcarni, S., Riley, A.A., Ferrell, N., Sullivan, K.D. and Ferrari, M. 2002. 'Biotechnology Apprenticeship for Secondary-Level Students: Teaching Advanced Cell Culture Techniques for Research'. *Cell Biology Education* 1: 26-42.
- Marbach-Ad, G., Rotbain, Y. and Stavay, R. 2008. 'Using Computer Animation and Illustration Activities to Improve High School Students' Achievement in Molecular Genetics'. *Journal of Research in Science Teaching* 45: 273-292.
- Markowitz, D., DuPre, M.J., Holt, S., Chen, S.-R. and Wischnowski, M. 2008. 'BEGIN Partnership: Using

Problem-Based Learning to Teach Genetics & Bioethics'. *American Biology Teacher* 70: 421-425.

Markowitz, D.G. 2004. 'Evaluation of the Long-Term Impact of a University High School Summer Science Program on Students' Interest and Perceived Abilities in Science'. *Journal of Science Education and Technology* 13: 395-407.

Marsh, H.W. and Hau, K.-T. 2003. 'Big-Fish-Little-Pond Effect on Academic Self-Concept: A Cross-Cultural (26 Country) Test of the Negative Effects of Academically Selective Schools'. *American Psychologist* 58: 364-76.

McCarty, R.V. 2003. 'Specified Ignorance: A Pedagogical and Cognitive Tool for Learning the Nature and Process of Science'. *Teaching & Learning* 17: 113-132.

McHugh, M.W. 2006. 'Governor's Schools: Fostering the Social and Emotional Well-Being of Gifted and Talented Students'. *Journal of Secondary Gifted Education* 17: 178-186.

McMiller, T., Lee, T., Saroop, R., Green, T. and Johnson, C.M. 2006. 'Middle/High School Students in the Research Laboratory: A Summer Internship Program Emphasizing the Interdisciplinary Nature of Biology'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 34: 93-88.

Myers, R. 1988. 'How-To-Do-It: Recombinant DNA Technology in the High School Biology Laboratory'. *American Biology Teacher* 50: 43-45.

Nafisi, S., Saboury, A.A., Keramat, N., Neault, J.F., Tajmir-Riahi, H.A. 2007. 'Stability and structural features of DNA intercalation with ethidium bromide, acridine orange and methylene blue'. *Journal of Molecular Structure* 827: 35-43.

Národní program rozvoje vzdělávání v České republice: Bílá kniha. 1. vyd. Praha, 2001, 98 s. ISBN 80-211-0372-8.

Niemann, M.A., Miller, M.L. and Davis, T. 2004. 'The University of Alabama at Birmingham Center for Community Outreach Development Summer Science Institute Program: A 3-Yr Laboratory Research Experience for Inner-City Secondary-Level Students'. *Cell Biology Education* 3: 162-180.

ODCHÁZELOVÁ, Tereza a Lucie MÜLLEROVÁ. Dobře Najít Alibi: Disclose Natural Alibi. In: 9. *Mezinárodní studentská konference: Projektové vyučování v chemii a souvisejících oborech*. 2011. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2011, s. 40-46. ISBN 978-80-7290-537-9.

Offner, S. 2010. 'Using the NCBI Genome Databases to Compare the Genes for Human & Chimpanzee Beta Hemoglobin'. *American Biology Teacher* 72: 252-256.

Oliver, J.S. and Simpson, R.D. 1988. 'Influences of Attitude toward Science, Achievement Motivation, and Science Self Concept on Achievement in Science: A Longitudinal Study'. *Science Education* 72: 143-55.

Oliver, M. and Venville, G. 2011. 'An Exploratory Case Study of Olympiad Students' Attitudes towards and Passion for Science'. *International Journal of Science Education* 33: 2295-2322.

Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. 2003. 'Attitudes towards Science: A Review of the Literature and Its Implications'. *International Journal of Science Education* 25: 1049-1079.

Palermo, G., Munné, S. and Cohen, J. 1994. 'The human zygote inherits its mitotic potential from the male gamete.'. *Hum Reprod* 9: 1220-5.

Palermo, G.D., Colombero, L.T. and Rosenwaks, Z. 1997. 'The human sperm centrosome is responsible for normal syngamy and early embryonic development.'. *Rev Reprod* 2: 19-27.

- Peterson, J.S., Canady, K. and Duncan, N. 2012. 'Positive Life Experiences: A Qualitative, Cross-Sectional, Longitudinal Study of Gifted Graduates'. *Journal for the Education of the Gifted* 35: 81-99.
- Peterson, J.S. and Rischar, H. 2000. 'Gifted and Gay: A Study of the Adolescent Experience'. *Gifted Child Quarterly* 44: 231-46.
- PETR, Jaroslav. *Klonování: hrozba, nebo naděje?* Vyd. 1. Praha: Paseka, 2003, 362 s. ISBN 80-718-5469-7.
- Petr, P. 2011. 'Čilý ruch na genové burze'. *Vesmír* 90: 203-205.
- Plucker, J.A. and Stocking, V.B. 2001. 'Looking Outside and Inside: Self-Concept Development of Gifted Adolescents'. *Exceptional Children* 67: 534-48.
- Porter, S.G., Day, J., McCarty, R.E., Shearn, A., Shingles, R., Fletcher, L., Murphy, S. and Pearlman, R. 2007. 'Exploring DNA Structure with Cn3D'. *CBE - Life Sciences Education* 6: 65-73.
- Puterbaugh, M.N. and Burleigh, J.G. 2001. 'Investigating Evolutionary Questions Using Online Molecular Databases'. *American Biology Teacher* 63: 422-31.
- Raicu, P., Kirillova, M. and Hamar, M. 1969. 'A new chromosomal sex-determining mechanism in *Microtus arvalis* Pallas.'. *Genetica* 40: 97-102.
- Reed, E. 2001. 'A DNA Fingerprint Simulation: Different, Simple, Effective'. *American Biology Teacher* 63: 437-41.
- Reis, S.M., Colbert, R.D. and Hebert, T.P. 2005. 'Understanding Resilience in Diverse, Talented Students in an Urban High School'. *Roeper Review* 27: 110.
- Rigby, K. 2005. 'Academic Camps: Why Spend Summer in Class?'. *Understanding Our Gifted* 17: 13-15.
- Rinn, A.N. 2006. 'Effects of a Summer Program on the Social Self-Concepts of Gifted Adolescents'. *Journal of Secondary Gifted Education* 17: 65-75.
- Rogers, K.B. 2007. 'Lessons Learned about Educating the Gifted and Talented: A Synthesis of the Research on Educational Practice'. *Gifted Child Quarterly* 51: 382-396.
- Rosenzweig, J.A., Jejelowo, O. 2011. 'What Microbes are Lurking in Your House? Identification of Unknown Microorganisms using a PCR-Based Lab Experiment'. *American Biology Teacher* 73: 331-335.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G. and Stavy, R. 2008. 'Using a Computer Animation to Teach High School Molecular Biology'. *Journal of Science Education and Technology* 17: 49-58.
- Sanchez, A., Bullejos, M., Burgos, M., Hera, C., Jiménez, R. and Díaz de la Guardia, R. 1996. 'High sequence identity between the SRY HMG box from humans and insectivores.'. *Mamm Genome* 7: 536-8.
- Schenkel, L.A. 2002. 'Hands On and Feet First: Linking High-Ability Students to Marine Scientists'. *Journal of Secondary Gifted Education* 13: 173-91.
- Sikes, S.S. and Schwartz-Bloom, R.D. 2009. 'Direction Discovery: A Science Enrichment Program for High School Students'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 37: 77-83.
- Silverman, P.M. 2003. 'The Origins of Molecular Biology: A Pedagogical Tool for the Professional Development of Pre-College Science Teachers'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 31: 313-318.

Simerly, C.R., Hecht, N.B., Goldberg, E. and Schatten, G. 1993. 'Tracing the incorporation of the sperm tail in the mouse zygote and early embryo using an anti-testicular alpha-tubulin antibody.'. *Dev Biol* 158: 536-48.

Singer, V.L., Lawlor, T.E. and Yue, S. 1999. 'Comparison of SYBR Green I nucleic acid gel stain mutagenicity and ethidium bromide mutagenicity in the Salmonella/mammalian microsome reverse mutation assay (Ames test)'. *Mutat Res* 439: 37-47.

Smith, M.U. and Drake, M.A. 2001. 'Suicide and Homosexual Teens: What Can Biology Teachers Do to Help?'. *American Biology Teacher* 63: 154-62.

Soto, J.G. 2005. 'Understanding the Human Genome Project: Using Stations to Provide a Comprehensive Overview'. *American Biology Teacher* 67: 475.

Stake, J.E. and Mares, K.R. 2005. 'Evaluating the Impact of Science-Enrichment Programs on Adolescents' Science Motivation and Confidence: The Splashdown Effect'. *Journal of Research in Science Teaching* 42: 359-375.

Stiller, J.W. and Coggins, T.C. 2006. 'Teaching Molecular Biological Techniques in a Research Content'. *American Biology Teacher* 68: 36-42.

Stent, G.S. 1968. 'That Was the Molecular Biology That Was'. *Science* 160: 390-395.

Stravroulakis, A.M. 2005. 'Meio-Socks & Other Genetic Yarns'. *American Biology Teacher* 67: 233-238.

STRAUSS, Anselm a Juliet Corbin. *Základy kvalitativního výzkumu: Postupy a techniky metody zakotvené teorie*. Přel. S. Ježek. 1.vyd. Boskovice: Albert, 1999, 196 s. ISBN 80-858-3460-X.

SYKES, Brian D. *Sedm dcer Eviných: pramanky Evropanů*. Vyd. 1. Překlad Jan Trnka. Praha: Paseka, 2004, 243 s. ISBN 80-718-5619-3.

ŠVARŤČEK, Roman a Klára ŠEĎOVÁ. *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2007, 377 s. ISBN 978-80-7367-313-0.

Taberlet, P. and Fumagalli, L. 1996. 'Owl pellets as a source of DNA for genetic studies of small mammals.'. *Mol Ecol* 5: 301-5.

Templin, M.A. and Fetters, M.K. 2002. 'Meselson-Stahl Experimental Simulation Using Lego Building Blocks'. *American Biology Teacher* 64: 613-19.

Trna, J. 2011. 'Konstrukční výzkum (design-based research) v přírodovědných didaktikách'. *Scientia in education* 2: 3-14.

Tsui, C.-Y. and Treagust, D.F. 2004. 'Motivational Aspects of Learning Genetics with Interactive Multimedia'. *American Biology Teacher* 66: 277.

Turner, H.M. 2007. 'Simulation & Demonstration: Nature of Enzymes & How They Are Denatured'. *American Biology Teacher* 69: 142-142.

Urner, F. and Sakkas, D. 2003. 'Protein phosphorylation in mammalian spermatozoa.'. *Reproduction* 125: 17-26.

VÁCHA, Marek Orko. *Místo, na němž stojíš, je posvátná země: o kruhu úcty k člověku, přírodě a celému vesmíru*. 1. vyd. Brno: Cesta, 2008, 255 s. ISBN 978-80-7295-104-8.

Van Mil, M.H.W., Boerwinkel, D.J., Buizer-Voskamp, J.E., Speksnijder, A. and Waarlo, A.J. 2010.

- 'Genomics Education in Practice: Evaluation of a Mobile Lab Design'. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 38: 224-229.
- Wefer, S.H. 2003. 'Name that Gene: A Meaningful Computer-Based Genetics Classroom Activity that Incorporates Tolls Used by Real Research Scientists'. *American Biology Teacher* 65: 610-613.
- Wefer, S.H. and Sheppard, K. 2008. 'Bioinformatics in High School Biology Curricula: A Study of State Science Standards'. *CBE - Life Sciences Education* 7: 155-162.
- Williams, M., Montgomery, B.L., Manokore, V. 2012. 'From Phenotype to Genotype: Exploring Middle School Students' Understanding of Genetic Inheritance in a Web-Based Environment'. *American Biology Teacher* 74: 35-40.
- Winner, E. 1997. 'Exceptionally High Intelligence and Schooling'. *American Psychologist* 52: 1070-81.
- Wolfe-Simon, F., Switzer Blum, J., Kulp, T.R., Gordon, G.W., Hoeft, S.E., Pett-Ridge, J., Stolz, J.F., Webb, S.M., Weber, P.K., Davies, P.C., Anbar, A.D. and Oremland, R.S. 2011. 'A bacterium that can grow by using arsenic instead of phosphorus.'. *Science* 332: 1163-6.
- Wyn, M.A. and Stegink, S.J. 2000. 'Role-Playing Mitosis'. *American Biology Teacher* 62: 378-81.
- Zeller, M.F. 1994. 'Biotechnology in the High School Biology Curriculum: The Future Is Here!'. *American Biology Teacher* 56: 460-64.
- Zikánová, B., Kuthan, M. 2009. Izolace DNA z ovoce – námět pro praktické cvičení z biologie'. *Biologie, chemie, zeměpis* 18: 122-124.
- Zima, J., Macholán, M., Mísek, I. and Stěrba, O. 1992. 'Sex chromosome abnormalities in natural populations of the common vole (*Microtus arvalis*)'. *Hereditas* 117: 203-7.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ACTB	β-aktin
AP	„Advanced Placement“
AUC	Akademické a univerzitní centrum
AV ČR	Akademie věd České republiky
BLAST	„Basic Local Alignment Tool“
BP	párů bazí
BSA	hovězí sérový albumin
CCR5	C-C chemokinový receptor typu 5
CDH1	kadherin 1
CDKN1A	inhibitor 1 kináz závislých na cyklinech, p21
DNA	kyselina deoxyribonukleová
dNTP	deoxyribonukleotidtrifosfát
EDTA	kyselina ethylendiamintetraoctová
ELISA	„Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay“
ERBB2	člen rodiny receptorů epidermálního růstového faktoru, HER2
FASTA	bioinformatický formát
FCS	fetální hovězí sérum
HEPES	2-[4-(2-hydroxyethyl)piperazin-1-yl]ethansulfonová kyselina
HIV	virus lidské imunitní nedostatečnosti
INS	gen kódující proinzulín
LAK	Letní akademické kurzy
mRNA	mediátorová RNA
OMIM	„Online Mendelian Inheritance in Man“
PBS	pufrovaný fyziologický roztok
PCR	polymerázová řetězová reakce
RLT	lyzační pufr
RNA	ribonukleová kyselina
RPE	promývací pufr
RT	reverzní transkripce
RVP-G	Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání
RW1	promývací pufr
SDS	dodecylsírán sodný
SDS-PAGE	elektroforéza v polyakrylamidovém gelu v přítomnosti SDS
SOČ	Středoškolská odborná činnost
SRY	sex-determinující faktor Y
SSP	„Student/Scientist Partnership“
TAE	tris-acetátový pufr
TLOL	učitelem vedené laboratorní práce v externí laboratoři
TP53	„tumor protein 53“, p53
TRIS	2-amino-2-hydroxymethyl-propan-1,3-diol
ÚFB	Ústav fyzikální biologie
UV	ultrafialové záření
ZFX	„zinc finger X-chromosomal protein“
ZFY	„zinc finger Y-chromosomal protein“

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Meselsonův-Stahlův experiment.....	17
Obrázek 2 - DNA fingerprinting.....	18
Obrázek 3 - Primární, sekundární a terciární struktura proteinu.	19
Obrázek 4 - Model struktury DNA jako bižuterie.	19
Obrázek 5 - OpenLAB.....	22
Obrázek 6 – Schéma učitelem řízené výuky v externí laboratoři.....	25
Obrázek 7 - Odbarvování.....	44
Obrázek 8 - <i>CDKN1A</i>	45
Obrázek 9 - <i>ACTB</i>	45
Obrázek 10 - Gel obarvený Coomassie Brilliant Blue.....	48
Obrázek 11 - Pohled do laboratoře.	49
Obrázek 12 - Gel obarvený systémem Fast Blast.....	50

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Přehled úloh a jejich anotací.....	29
Tabulka 2 - Tabulka vzorků.	42
Tabulka 3 - Primery používané v úloze „Genová exprese“.....	43
Tabulka 4 - Subjektivní kvantifikace exprese <i>CDKN1A</i> a referenčního genu (<i>ACTB</i>). ...	45
Tabulka 5 - Organismy a geny, jejichž sekvence byly použity.	46
Tabulka 6 - Primery používané v úloze „Určení pohlaví“.....	50
Tabulka 7 - Výsledky dotazníkového šetření.....	66

11 PŘÍLOHY

Příloha 1 – Ukázka dotazníku