

Univerzita Karlova

Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Základy molekulární biologie na základních školách pomocí hands-on aktivit

Basics of Molecular Biology at Primary Schools by Hands-on Activities

Mgr. Tomáš Pinkr

Vedoucí práce: RNDr. Ing. Edvard Ehler, Ph.D.

Studijní program: Učitelství pro střední školy

Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy a střední školy - biologie

Odevzdáním této diplomové práce na téma Základy molekulární biologie na základních školách pomocí hands-on aktivit potvrzují, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzují, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha 2019

Rád bych na tomto místě poděkoval svému školiteli RNDr. Edvardu Ehlerovi, Ph.D. za trpělivost a pomoc při studiu a vypracování diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat kolegyním Mgr. Jaroslavě Jarošové (za pomoc s realizací výukového cyklu, sběr dat a cenné připomínky) a Mgr. Petře Sobotkové (za pomoc se sběrem dat).

Největší dík patří mé manželce Anně a dceři Elišce za podporu, trpělivost a čas, který mi poskytly k vypracování této práce.

## **ABSTRAKT**

Cílem práce bylo vytvořit a ověřit výukový cyklus zaměřený na molekulární biologii s využitím hands-on aktivit, aktivizačních metod a kritického myšlení. Celkem se ověřování zúčastnilo 99 žáků dvou základních škol (9. ročníky) a jednoho víceletého gymnázia (ekvivalentní ročník k základním školám). S jejich pomocí se podařilo vytvořit atraktivní výukový cyklus z molekulární biologie, který je možné bez zásadních úprav a s nízkými náklady rovnou použít.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

centrální dogma molekulární biologie, hands-on aktivity, kritické myšlení, modely, mezipředmětové vztahy

## **ABSTRACT**

The aim of this study is to prepare and verify a molecular biological teaching cycle. This cycle is focused on hands-on activities, critical thinking and student's activity. A total of 99 pupils from two elementary schools (9th grade) and one multi-year grammar school (equivalent to primary schools) participated in the verification. They helped to create an attractive learning cycle from molecular biology, which can be used directly without major modifications and low cost.

## **KEYWORDS**

Central Dogma of the Molecular Biology, Hands – on Activities, Critical Thinking, Models, Cross-Curricular Relationships

# Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>1 HANDS-ON AKTIVITY V PŘÍRODNÍCH VĚDÁCH .....</b>	<b>8</b>
1.1 Výhody využití hands-on aktivit v přírodních vědách.....	8
1.2 Nevýhody využití hands-on aktivit v přírodních vědách .....	10
1.3 Principy hands-on aktivit .....	11
<b>2 PROBLEMATIKA MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE VE VÝUCE .....</b>	<b>14</b>
2.1 Vybrané aktivity a jejich přínos pro pochopení procesů.....	14
2.1.1 Modelové učení a jak geny ovlivňují fenotyp .....	15
2.1.2 Analogie pro život: využití analogií a metafor pro výuku molekulární biologie.....	17
2.1.3 Výuka molekulární biologie pomocí cereálií .....	18
2.1.4 Modelování DNA .....	19
2.1.5 Využití populárně naučných článků a podpora kritického myšlení .....	20
2.2 Mezipředmětové vztahy ve výuce molekulární biologie .....	20
2.3 Molekulární biologie v RVP ZV .....	22
<b>3 MATERIÁL A METODY .....</b>	<b>23</b>
3.1 Cíle a hypotézy .....	23
3.2 Vytvořený výukový cyklus .....	24
3.3 Pilotní studie a úprava praktického cvičení.....	24
3.4 Analýza školních vzdělávacích programů .....	25
3.4.1 ŠVP ZŠ Eden.....	25
3.4.2 ŠVP FZŠ PedF UK Mezi školami .....	25
3.4.3 ŠVP Pražské humanitní gymnázium .....	25

<b>3.5</b>	<b>Sběr dat a statistické zpracování .....</b>	<b>25</b>
3.5.1	T test.....	26
3.5.2	ANOVA .....	26
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>27</b>
4.1	Pilotní studie a úprava praktického cvičení.....	27
4.2	Finální verze výukového cyklu – jednotlivé otázky.....	36
4.3	Porovnání výsledků testu žáků z pilotní vs. finální verze .....	70
<b>5</b>	<b>DISKUSE.....</b>	<b>71</b>
5.1	Diskuse výsledků testů a dotazníků .....	72
5.2	Metodická příručka a průběh realizace výukového cyklu .....	75
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>92</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>93</b>

## Úvod

Molekulární biologie je vědní oblastí, ve které jsou pokroky a aplikace stále častěji prezentovány nejen ve vědeckém světě, ale také v médiích. Bohužel je také znát, že s tímto složitým oborem si spousta dospělých neví rady (Taylor & Dewsbury 2018). Zároveň jsem znal poptávku některých mých kolegů po výukovém cyklu, který by žákům základních škol přiblížil základní principy molekulární biologie, tj. zejména centrální dogma molekulární biologie a genetika. Proto jsem se rozhodl v rámci své diplomové práce vytvořit takový výukový cyklus, který by pomocí aktivizačních metod (tzv. hands-on aktivit) a metod kritického myšlení žákům toto téma přiblížil.

Ve své práci bych rád nejen vytvořil výukový cyklus, ale také bych jej chtěl na několika školách ověřit, aby případný zájemce z řad mých kolegů neměl problémy s nedostatky, které se vždy objeví, resp. aby těchto nedostatků bylo co nejméně.

Protože by diplomová práce měla mít i vědecký přesah, rád bych také zjistil, zda jsou nějaké rozdíly mezi tím, jestli výuku vytvořeného výukového cyklu povedu já nebo někdo jiný. A v poslední řadě bych chtěl zkusit zjistit, zda navržený výukový cyklus bude „lepší“ než výuka frontální.



# 1 Hands-on aktivity v přírodních vědách

Hands-on aktivity jsou takové aktivity, při kterých musejí žáci a studenti pracovat s pomůckami do výuky (např. modely), měřit různé veličiny nebo zapisovat a pozorovat výsledky experimentů. Takovéto aktivity jsou důležité a nezbytné pro učení se zachytit podstatu přírodních dějů a jevů (Santos & David 2017). Jedná se o metody, které jsou v současné době velmi populární. V USA a ve Velké Británii dokonce došlo k jejich implementaci do národních vzdělávacích dokumentů pro základní školy a i v dalších zemích světa došlo alespoň k částečné implementaci těchto metod (National Science Education Standards 1996, Balada 2007, RVP ZV).

Z mnoha výzkumů vyplývá, že je důležitější získat zkušenosti při zkoumání přírodních jevů, než se jen naučit fakta a teorii s těmito jevy související (MARTIN 2009). Z výzkumů navíc vyplývá, že pokud chceme rozvíjet myšlení a pochopení v oblasti přírodních věd, není možné odloučit teorii od praxe (Temiz et al. 2006). Hands-on aktivity pomáhají studentům pochopit, jakým způsobem vědci pokládají otázky a hledají na ně odpovědi, což je praktické nejen pro budoucí vědce, ale stále častěji i v běžném životě (Santos & David 2017).

Hands-on aktivity se dělí do dvou skupin, první jsou zaměřeny na základní otázky a procesy uplatňované ve vědecké práci, jako jsou pozorování, klasifikace, komunikace, měření, předvídání a odvozování (Santos & David 2017). Oproti tomu pokročilé hands-on aktivity jsou zaměřené na identifikaci proměnných, formulaci a testování hypotéz, interpretaci dat, definování, experimentování a konstrukci modelů (Miller et al. 2009). Stejně jako všechny ostatní metody, má využití hands-on aktivit své výhody i nevýhody.

## 1.1 Výhody využití hands-on aktivit v přírodních vědách

Podle výzkumů existuje několik zásadních výhod, které poskytuje využívání hands-on aktivit ve výuce přírodovědně zaměřených předmětů. Jednou z nich je aktivizace žáků využíváním kooperativního učení při řešení problémů (Jones et al. 2018). Tento přístup zvyšuje zájem žáků o řešení problémů zejména využíváním metod dialogů, diskusí, sdílení znalostí a postojů a hlavně manipulací s reálnými objekty, při které žáci zjistí, že jejich práce má nějaký smysl a význam (na rozdíl od klasického učení v lavici) (Satterthwait 2010). Příkladem dobré praxe může být studie zaměřená na pochopení klimatických změn z hlediska probíhajících chemických procesů. Tato studie byla provedena v USA

v Minnesotě (středoškolští studenti). Program byl na 1,5 hodiny a kombinoval v sobě využití videa a aktivit modelujících stav klimatických změn (biologické, fyzikální a chemické praktické úlohy), při kterých studenti museli spolupracovat. Celá studie byla založena na pre testech a post testech (znalostní testy před a po skončení programu). Navíc autoři zkoumali a postoje k výuce. Z celé studie vychází, že studenti nejen že lépe pochopili klimatické změny, ale zároveň také velmi pozitivně hodnotili využití metody (Finkenstaedt-Quinn et al. 2018).

Velkým lákadlem těchto metod je využití vědeckých postupů a terminologie. Z počátku je tento přístup problematický právě vzhledem k nedostatečné znalosti vědecké terminologie, ale pokud s využíváním těchto metod učitelé vydrží, žáci se velmi rychle přizpůsobí a terminologii využívají (Satterthwait 2010). Příkladem může být hodnocení forenzního praktického cvičení pro žáky druhého stupně, studenty gymnázií a studenty bakalářských oborů na Přírodovědecké fakultě UK. V tomto forenzním praktickém cvičení s i studenty vyzkoušeli laboratorními metodami hodnotit důkazy získané na místě činu (analýza slin, daktyloskopie, analýza krevních vzorků, mikroskopická analýza vlasů). Žáci a studenti opět velmi pozitivně hodnotili vybrané metody a postupy, které jim přiblížily vědeckou realitu (Merta et al. nepublikováno).

Hands-on aktivity také přispívají k rozvoji kritického myšlení tím, že žáky přimějí klást si otázky nebo vysvětlovat zkoumané jevy/fungování objektů (Poudel et al. 2005). Také žáci často přicházejí s řešeními, která jsou netradiční (Martin 2009, Ateş & Eryilmaz 2011). Ne vždy tato řešení jsou aplikovatelná, ale při využívání hands-on aktivit jde o rozvoj myšlení a tudíž je důležitá cesta, kterou žáci projdou. Podle mnoha výzkumů způsobuje manipulace s trojrozměrnými předměty zásadní rozvoj fantazie a zvyšuje zvědavost žáků (Satterthwait 2010). Děje se tak zejména tím, že si žáci „hrají“ s předměty. Získávají tak zkušenosti a znalosti týkající se možností a limitů práce s daným předmětem, zkoumají účel, který má daný předmět a jeho využití. Současně dochází k vyvolání pozitivních emocí, což opět pomáhá zapamatovat si danou činnost (Willingham 2009).

Veškeré hands-on aktivity vycházejí z toho, že tělo a mysl nejsou dvě neoddělitelné entity, ale jeden celek. Proto je při procesu učení důležité využívat obě složky. Toto je dokázáno studii jak na kojencích (psychomotorický vývoj dětí do jednoho roku, při kterém dochází k rozvoji myšlení právě v souvislosti s pohybem a manipulací s předměty), tak na primátech a lidech (Maravita et al. 2003, Cíbochová 2004, Samková 2013, Bolognini &

Maravita 2007). Při těchto pokusech bylo dokázáno, že mozek pracuje jinak při ovlivnění různými vlivy (vizuální, hmatové a proprioreceptivní informace) a aktivní zapojení nástrojů výrazně rozšiřuje využití struktur mozku (Maravita et al. 2003; Bolognini & Maravita 2007).

Hands-on aktivity pomáhají žákům zlepšit interakci mezi sebou, žáci pak mají prokazatelně lepší komunikační dovednosti, než při využití klasických metod (Zeidan & Jayosi 2014), poskytují jim „vědecké“ vybavení, pomůcky a využití vědecké terminologie, čímž vytváří pozitivní zážitek, který pozitivně ovlivňuje proces učení a myšlení. Nicméně, pro efektivní využití hands-on metod je nutné, aby s nimi žáci přicházeli do styku co nejčastěji. Z výzkumů vyplývá, že pokud se žáci s metodou setkají jednou měsíčně nebo méně často, pak výhody hands-on aktivit nejsou pozorovatelné (Ateş & Eryilmaz 2011).

## **1.2 Nevýhody využití hands-on aktivit v přírodních vědách**

Velmi velkou nevýhodou využívání hands-on aktivit se jeví jejich často vysoká finanční náročnost, velká náročnost na přípravu a čas a to jak vyučujících, tak studentů. Přiznám se, že ze své praxe mohu potvrdit, že nejtěžší na využívání různých forem hands-on aktivit je jejich časová náročnost, zejména vyhledání správných a vhodných podkladů pro tvorbu aktivity, jejich zpracování do smysluplného celku a následně také příprava a úklid materiálu a pomůcek na tento vyučovací celek. Při konzultaci s kolegy z různých škol (střední i základní) jsem často ujišťován, že to cítí podobně. Velkým problémem se jeví také nedostatek kompetencí učitelů pro aplikaci metod zahrnující hands-on aktivity. Stejně tak je pro mnoho učitelů problémem s organizací takové hodiny a to od vhodnosti učebny a jejího využití až po „udržení dobré pracovní morálky“ žáků, kteří v takovýchto hodinách mívají větší prostor pro seberealizaci a svobodnou práci a tudíž se vyskytuje vyšší míra pracovního hluku, což může být pro žáky problematické. Tyto problémy jsou v dnešní době již dostatečně dobře popsány i v odborné literatuře (Spilková 2007, Papáček 2010, Witt & Ulmer 2010, Činčera 2014).

Také je velmi problematická časová náročnost samotné přípravy na při realizaci praktického cvičení, kdy často příprava materiálu a pomůcek a jejich úklid je časově několikrát delší, než samotný pokus. Což může být podle některých autorů demotivující (Corter et al. 2004).

Pro žáky může být velmi problematické učení se pomocí hands-on aktivit. Někteří se dostanou do oblasti mimo svou komfortní zónu, protože je po nich vyžadována aktivita, spolupráce s ostatními a mnohdy je lehké pro vyučujícího poznat, zda pracují nebo ne. Také mohou mít žáci problém s odlišnými vyučovacími styly, které se jim mohou během dne střídat a nemusí pro ně být jednoduché se přeorientovat (toto mohu z vlastní pedagogické zkušenosti potvrdit, že když vyučující nepoužívají aktivizační metody ve výuce, jsou aktivity hands-on pro žáky celkem složité, resp. déle trvá, než se přeorientují). (Kotrba & Lacina 2007, Papáček 2010)

Z výzkumu autorů person Schwichow a kolektivu (Schwichow et al. 2016) vyplývá, že studenti a žáci, kteří procházejí pouze výukou formou hands-on aktivit mají horší orientaci v textu a nejsou schopni v textu jednoduše nalézt a opravit chybu nebo nepřesnost. Tato studie na 161 studentech také neprokázala zásadní rozdíly mezi hands-on formou výuky (konkrétně laboratorní práce podle zadání) a práci s pracovním listem. Sami autoři ale uvádějí, že ve své studii se zaměřili pouze na znalost obsahu, tzn. u jednotlivých skupin studentů nezkoumali jejich úroveň porozumění přírodním vědám a motivaci, což mohou být činitele s významným vlivem. Autoři ve své studii dále uvádějí, že je nutné se zamyslet před vlastním aplikováním hands-on metod, jak bude po těchto aktivitách probíhat ověřování znalostí. Podle nich není vhodné, aby metodou hodnocení praktických cvičení byl písemný test (bez ohledu na jeho koncepci) a naopak (Schwichow et al. 2016).

Tuto podkapitolu bych chtěl zakončit vlastní zkušeností. Vyučuji mimo jiné přírodopis na pražské základní škole a snažím se využívat ve svých hodinách spíše aktivizující metody a prvky hands-on aktivit. A stala se mi příhoda, při které si rodič stěžoval, že se vlastně v hodinách žáci nic neučí a jen si hrají. Celou záležitost jsme s rodičem probrali a on celou situaci pochopil, ale jedná se o nepříjemnost, se kterou jsem dopředu nepočítal. Výhodou v mém případě je také podpora vedení, které se vyučujícím na naší škole dostává. Musím ale říci, že tento problém mě nenapadl a nepovedlo se mi dohledat literaturu, která by tento problém popisovala.

### **1.3 Principy hands-on aktivit**

Základním principem hands-on aktivit je získávání zkušeností a překryv s reálným životem. Celá metodika pracuje s motivací, aktivním zapojením žáků a emocemi. Proto je mezi těmito aktivitami možné nalézt hledání argumentů, simulace, demonstrace, práci s příběhem, videa, diskuse a pokusy. Čím více se během celého procesu žák do aktivit

zapojí, tím více bude celý proces prožívat a ve výsledku dojde k větší paměťové stopě a tudíž lepšímu zapamatování jak celého procesu, tak i dílčích znalostí a dovedností. Nespornou výhodou hands-on aktivit je jejich přesah do reálného života (Young 2015) a ovlivnění postojů a myšlení žáků (Prince 2004). Řazení následujících principů nebo východisek hands-on aktivit je podle abecedy:

### **Aktivní učení**

Důraz je kladen také na tzv. aktivní učení, tedy proces, při kterém žáci aplikují již získané dovednosti a zkušenosti, aby mohli vyřešit zadaný úkol. Také se jedná o typ učení, kdy hlavními hybateli při řešení problému jsou žáci, učitel je často jen průvodce nebo poradce, na řešení se úkolu se podílí v omezené míře nebo vůbec (Chickering & Gamson 1987, Maravita et al. 2003; Bolognini & Maravita 2007).

### **Důraz na proces ne na výsledek**

Při využívání hands-on aktivit je velmi cenný proces, kterým žáci projdou, i když třeba nedorazí ke správnému cíli (někdy nedorazí vůbec do cíle), protože se jedná o aktivity, které mají podpořit rozvoj dovedností žáků. Tento proces je ale limitován možnostmi jednotlivých žáků a jejich doposud získanými zkušenostmi, které mají ale všichni žáci rozdílné (badatele.cz).

### **Poskytování zpětné vazby**

Zpětná vazba je v procesu učení velmi důležitá. Žáci musejí vědět, co, jak a proč dělají a musejí dostat zpětnou vazbu, aby mohli přemýšlet o tom, co se naučili a zda jsou získané znalosti a dovednosti dostatečné pro řešení zadaného úkolu. Zpětnou vazbu mohou žáci získat mnoha způsoby – realizací navrhnutého postupu, od spolužáků z vlastní skupiny i z jiných skupin, od učitele, ... Samozřejmě je důležité, aby tato zpětná vazba byla motivační, ne hodnotící (Chickering & Gamson 1987).

### **Rozvoj kompetencí**

Využití hands-on aktivit ve výuce podporuje rozvoj hned několika typů kompetencí a to zejména kompetence k učení (žák si osvojí schopnost kriticky a tvořivě myslet a efektivně využívat vhodné metody a postupy), kompetence k řešení problémů (žák rozvíjí logické usuzování a přemýšlí o příčinách, promyslí a naplánuje způsob řešení problémů), kompetence pracovní (jedná se o rozvoj zejména plánování pracovního postupu), kompetence komunikativní (žák je schopen formulovat a vyjádřit své myšlenky) a

kompetence sociální a personální (žák dokáže zodpovědně pracovat na zadaném úkolu samostatně i ve skupině). Je důležité si uvědomit, že rozvoj všech kompetencí záleží na míře zapojení žáka a na hloubce využití hands-on aktivit – kompetence získané při přesně zadaných laboratorních pracích jsou jiné než kompetence získané metodami badatelsky orientované výuky (Badatele.cz, RVP ZV).

### **Rozvoj oboustranné spolupráce mezi studenty**

Hands-on aktivity podporují spolupráci mezi žáky, protože úkoly bývají navrženy pro tým žáků, kteří si musejí rozdělit práci na dílčí části a touto spoluprací mohou dospět k výsledku. Nejedná se tedy o podporu soutěživosti mezi dětmi (čímž netvrdím, že je soutěživost mezi dětmi vždy špatná) (Chickering & Gamson 1987, Maravita et al. 2003; Bolognini & Maravita 2007).

### **Zážitek a motivace**

Manipulace s předměty, používání objektů, jejich zkoumání, možnost „hraní si“ s objekty, navrhování pokusů a aktivit a zkoumání záhad. To vše (a i další nepopsané příklady hands-on aktivit) zvyšují motivaci pro danou problematiku a často probouzí v žácích nečekaný zájem, což je velmi důležitá část vzdělávacího procesu. Dochází tak totiž často k posílení vnitřní motivace k učení. Navíc je veškeré učení pomocí hands-on aktivit je založeno na osobním zážitku a (ideálně) pozitivních emocích, čímž se zvyšuje pravděpodobnost vytvoření paměťové stopy (Willingham 2009, Satterthwait 2010).

## 2 Problematika molekulární biologie ve výuce

Genetika a molekulární biologie patří k jednomu z nejsložitějších témat na základních a středních školách. Pro mnoho žáků a studentů je velmi složité představit si procesy, které jsou předmětem zájmu molekulární biologie (Chattopadhyay 2005). Důvodem je hlavně nutnost pochopit chemické zákonitosti těchto procesů bez možnosti si na tyto procesy „sáhnout“ nebo se na ně podívat ve skutečnosti. Navíc, veškeré běžně dostupné materiály pro představení si principů molekulární biologie bývají obrázky, slovní popisy, případně videa, což podle výzkumů, i zkušeností pedagogů, není dostatečné (Byrd 2000, Chattopadhyay 2005).

Velkým problémem, se kterým se učitelé při výuce molekulární biologie potýkají, je výuka těchto témat bez dostatečného propojení informací. Tím pádem nedochází k vytvoření propojení nebo rámce s ostatními disciplínami (chemie, evoluce, ontogeneze, ...) a žáci pak tápou a nechápou základní pojmy (Chattopadhyay 2005). Studenti pak zaměňují pojmy jako gen, chromosom, genetická informace, ... včetně takových, kdy pouze zárodečné buňky mají chromosomy nebo že jsou chromozomy buď X nebo Y (Chattopadhyay 2005). Přitom je pro vhodné a správné rozhodování jednotlivců i celé společnosti v oblasti např. GMO nezbytně nutné kvalitní vzdělání právě v oblasti molekulární biologie a genetiky (Marbach-Ad 2010).

Dalším zásadním problémem je, že výuka molekulární biologie je složitá jak na učení (výuka učitelem), tak na naučení se, a to zejména kvůli nedostatku přesahu výuky do ostatních oborů (Marbach-Ad 2010). Podle několika prací by měli učitelé právě při výuce molekulární biologie, resp. genetiky využívat přesah do ostatních témat (ontogeneze, buněčná biologie, chemie, ...), aby tak mohli poskytnout žákům komplexnější pohled (Chattopadhyay 2005, Lewis et al. 2010).

### 2.1 Vybrané aktivity a jejich přínos pro pochopení procesů

Vzhledem ke složitosti výuky tématu se v odborné literatuře jeví jako zásadní východisko co největší názornost použitých metod (Byrd 2000, Marbach-Ad 2010, Reinagel & Speth 2016), která je stále více prosazována i na středních a vysokých školách, zejména v zahraničí. Na některých vysokých školách v zahraničí je výuka molekulární biologie realizována formou názorných praktických cvičení, ve kterých studenti pracují např.

s modely (Reinagel & Speth 2016). V této podkapitole bych rád přiblížil zahraniční trend názornosti výuky molekulární biologie a následně zhodnotil přínos těchto metod.

### **2.1.1 Modelové učení a jak geny ovlivňují fenotyp**

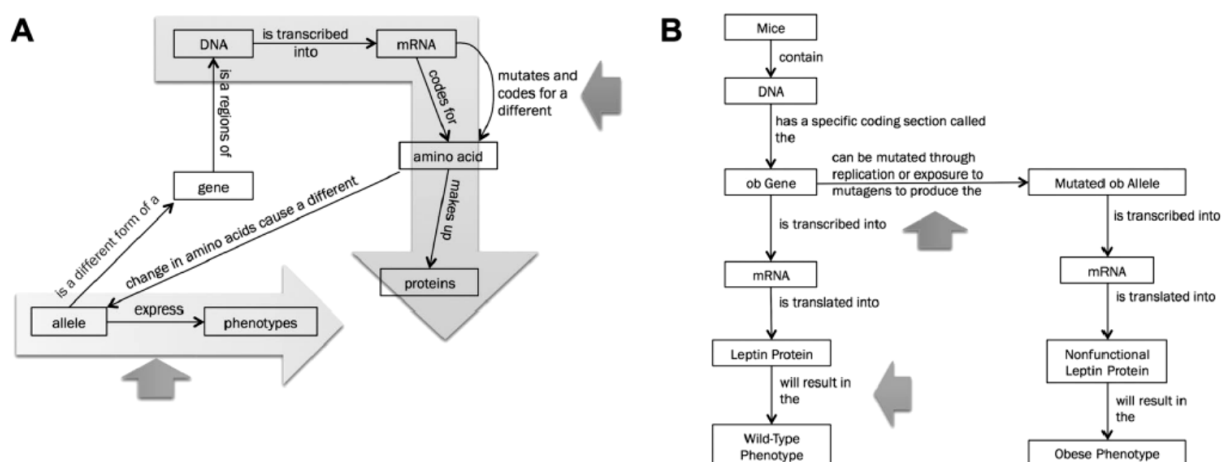
Adam Reinagel a Elena Bray Speth publikovali v roce 2016 práci, která se zabývá zefektivněním pochopení vztahu mezi geny a vlastnostmi, které jsou těmito geny určeny (Reinagel & Speth 2016), protože zjistili, že studenti umí odříkat definice jednotlivých jevů v celé řadě vedoucí od genu k proteinům a fenotypovému projevu, ale velmi málo studentů umělo vysvětlit, jak tyto jevy fungují, co je ovlivňuje a jaký je jejich význam. Proto se rozhodli vytvořit vyučovací lekci, která pomůže studentům analyzovat procesy celého systému proteosyntézy, vytvořit síť vztahů mezi jednotlivými procesy proteosyntézy a v posledním kroku zevšeobecnit tyto vztahy a pomoci jim nahlédnout na proteosyntézu jako na funkční celek mnoha procesů.

Proto navrhli výukovou lekci, která pomocí modelového učení vysvětluje celý proces proteosyntézy. Podle autorů této práce (i jiných prací) modelové učení pozitivně ovlivňuje kognitivní funkce studentů a tím zefektivňuje výuku. Modelové učení totiž pomáhá studentům zaměřit se detailněji na příslušné téma/strukturu a jejich funkci. Při tvorbě modelů student pracuje záměrně, dynamicky a konstruktivně. V celém procesu pak student vidí smysl a je motivován se učit. Výukový cyklus byl navržen pro bakalářské studenty.

Celý výukový program byl zaměřen na základy buněčné a molekulární biologie a genetiky. Od studentů se očekávalo, že si před každou lekcí projdou dostupné materiály, testy a modelové aktivity. Ve třídě pak studenti spolupracovali v předem daných, stálých skupinách po třech. Čas, strávený v hodině, byl věnován zejména objasnění biologických jevů a to vše během diskuse ve skupinkách i v celé třídě, za pomoci plnění drobných úkolů, vyplňování pracovní listů a také vysvětlení učitelem.



Nejdůležitějším krokem celé studie bylo naučit studenty vytvářet modely biologických systémů tak, aby je pak mohli sami vytvářet a používat. Postupně se studenti naučili potřebné znalosti z chemie a biologie. Zásadním krokem bylo postupné zkoumání procesů



**Obrázek 1: Příklad vytvořených modelů centrálního dogmatu molekulární biologie (převzato z Reinagel & Speth 2016).**

mezi dvěma strukturami (např. proces mezi DNA a mRNA). Cílem celého cyklu bylo za pomoci boxů a šipek vytvořit model celého procesu vedoucího k syntéze proteinů a jejich projevu. A samozřejmě, pomocí těchto modelů tyto děje pochopit (Obrázek 1). Všechny modely byly vytvářeny na příkladu nějaké případové studie. Nutnou součástí byla zpětná vazba k materiálům vytvořeným studenty.

Studenti během celého výukového cyklu prošli několika dílčími testy, jejichž výsledky byly pokaždé důkladně diskutovány s celou skupinou, a které měly poukázat na mezery v pochopení daných jevů. Na konci semestru pak studenty čekal závěrečný test, který byl koncipován jako případová studie, kdy měli studenti ilustrovat, jak mohla vzniknout obezita u divokých myší a jak genotyp ovlivňuje fenotyp těchto obézních myší, a to za pomoci hesel: DNA, gen, alela, mRNA, protein, fenotyp.

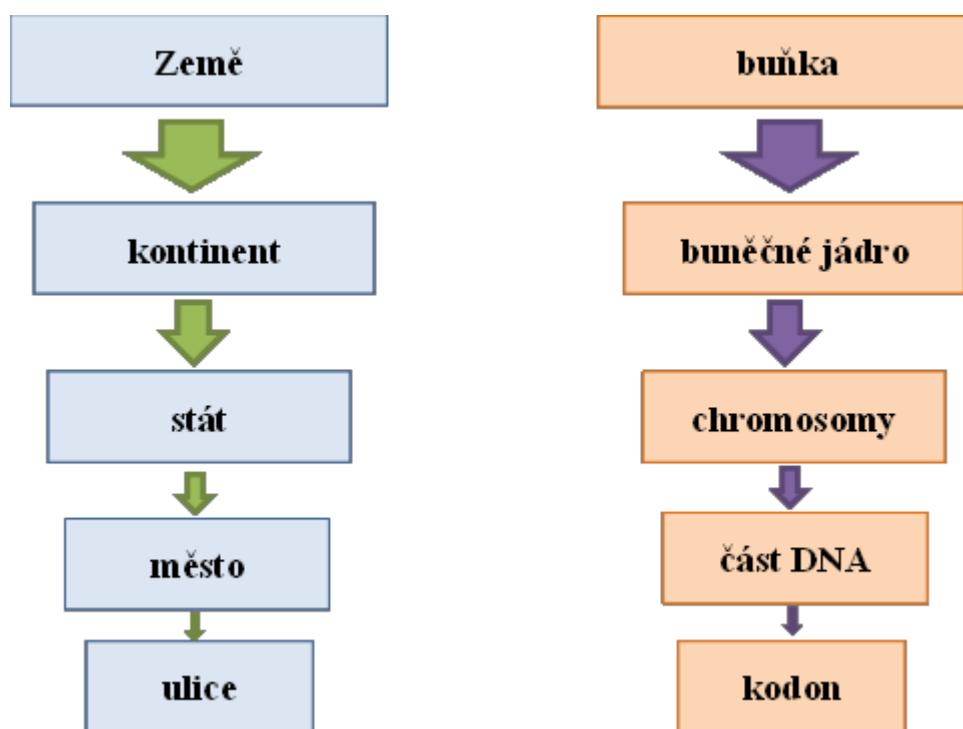
Výsledkem celého semestrálního výukového cyklu bylo zjištění, že studenti lépe pochopili základní vztahy plynoucí z centrálního dogmatu molekulární biologie a vytvořili si tak solidní základ pro další studium. Sami autoři uvádějí, že se během realizace cyklu objevily artefakty a odbočky od témat, které dalece přesahovaly možnosti výukového cyklu a schopnosti a znalosti studentů. Toto se ovšem nejvíce jeví jako problém, protože se jedná o běžnou součást téměř jakékoliv výuky. Studenti naopak velmi pozitivně hodnotili využití

případových studií, pro svou práci, protože zjistili, že je vše propojené a předkládané učivo jim přišlo méně abstraktní.

### 2.1.2 Analogie pro život: využití analogií a metafor pro výuku molekulární biologie

Druhou prací, kterou bych rád představil, je práce z roku 2006 od Grady Venville a Jenny Donovan, učitelů a biologů, kteří se pokusili přiblížit molekulární biologii studentům pomocí analogií (Donovan & Venville 2005, Venville & Donovan 2006). Ve svých pracích vycházejí z toho, že molekulární biologie je velmi abstraktní téma a pokoušejí se ji tedy vysvětlovat pomocí analogií a metafor a to jak vlastních, tak vypůjčených. Sami autoři uznávají, že analogie nejsou dokonalé, mají spoustu „ale“ a cíle nejsou často stejné, jako originální, abstraktní pojmy v molekulární biologii. Navíc hrozí, že si žáci budou analogii pamatovat lépe, než původní cíl, který měly spíše vysvětlovat. Nicméně i přesto věří, že pro mladší žáky a studenty se jedná o vhodnou formu pojetí jejich výuky.

Práce Analogie pro život předkládá návod, jak žákům přiblížit problematiku genů a zejména jejich neviditelnost (buňku si v mikroskopu prohlédnete, ale geny ne). Analogií velikosti je v tomto případě buňka vs. Země (Obrázek 1). Další analogií, se stříbrným řetízkiem, vysvětlují autoři strukturu molekuly DNA. Chromosomy jsou řetězce DNA (genů), proto je možné si jeden tento řetězec představit jako stříbrný řetězek.



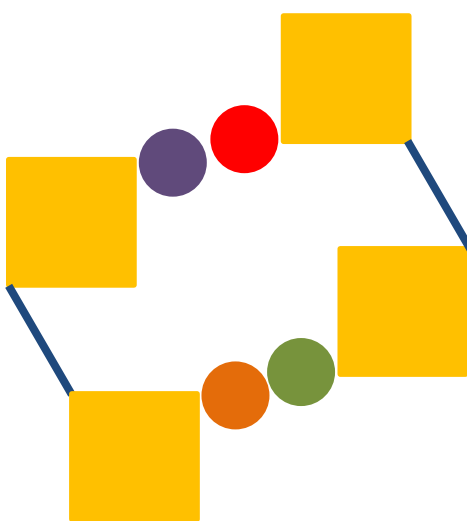
Obrázek 2: Analogie velikosti buňky a jejích struktur s velikostmi Země (upraveno podle Venville & Donovan 2006).

Analogie je možné použít také na chromosomy a proteosyntézu. Chromosomy autoři připodobňují 23 kapitolám v knize. Každá kapitola obsahuje několik tisíc příběhů zvaných geny a každý příběh je tvořen odstavci, exony, a reklamami, introny. Odstavce jsou pro příběh důležité, kdežto tolik reklama ne (stejně jako exony a introny). Každý odstave je ... a takto pokračuje analogie až k jednotlivým bázím. Navíc, na analogii s knihou se dá vysvětlit také replikace (kopírování knihy), transkripce (čtení knihy) i translace (překlad knihy do jiného jazyka).

V celé práci lze najít těchto metafor mnoho. Sami autoři upozorňují na fakt, že je možné, že si studenti zapamatují analogii, ale nezvládnou si vybavit správné pojmy a termíny související s molekulární biologii. Na druhou stranu v článku upozorňují na fakt, že tzv. aha efekt je v případě analogií u studentů velmi častý a pomáhá jim pochopit složitost témat molekulární biologie.

### 2.1.3 Výuka molekulární biologie pomocí cereálií

Třetí, velmi názornou prací, je práce Jeffrey J. Byra (Byrd 2000). Jedná se o praktické cvičení, ve kterém autor pomocí tvarů cereálií vysvětluje základní principy molekulární biologie. Pro praktické cvičení jsou nutné čtvercové, kruhové sušenky a sušenky ve tvaru preclíku, které představují cukerné kostry, báze a fosfáty. Čtvercová sušenka představuje cukernou kostru, rozlomený preclík směřující dolů fosfát a kruhové sušenky čtyř různých barev představují báze DNA (Obrázek 3). Celá práce studentů je navíc podpořena diskusí a



Obrázek 3: Nákres vytvořeného modelu DNA z cereálií (upraveno podle Byrd 2000).

otázkami učitele, které nutí studenty přemýšlet o možnostech skládání molekuly DNA (např. Jak byste nukleotidy spárovali, aniž byste je zvedli?).

Za pomoci cereálií pak vyučující představí studentům i procesy transkripce, translace, replikace, ... při těchto aktivitách žáci využívají už jenom kruhové cereálie (báze), které mají seřazené do řady a přidělují k nim vždy druhou cereálii, podle příslušných parametrů. Velmi hezky jsou v práci navrženy laboratorní postupy jako sekvenace, hybridizace, klonování nebo PCR, které si studenti vyzkouší pomocí cereálií.

Autor shrnuje výhody tohoto cvičení do pěti oblastí:

1. studenti jsou schopni lépe vizualizovat probírané jevy (než je tomu pomocí 2D výkresů) a zároveň se jim zvýší motivace k práci;
2. vzhledem k názornosti je možné probírat veškeré jevy v libovolném pořadí a nechávat studenty následující kroky vymyslet;
3. vzhledem k tomu, že studenti pracují s jídlem, není problém s pozorností, protože během výuky autor studentům několikrát umožní vyměnit si cereálie a nepotřebné sníst;
4. toto praktické cvičení je možné realizovat pro studenty začátečníky i pokročilé, je tedy velmi flexibilní;
5. vzhledem k atraktivitě je velmi časté, že studenti předávají své znalosti jiným studentům sami, což je žádoucí forma výuky.

#### **2.1.4 Modelování DNA**

Předposledním typem výuky molekulární biologie je využití jednoduchých 3D modelů, které si v ideálním případě studenti sami připraví. Tento postup je popsán v mnoha pracích, mě zaujal model popsáný v práci Robertson 2016 z roku 2016 (Robertson 2016). V této práci je popsáno více variant, jak zapojit žáky do vytváření modelů DNA, mě zaujal model využívající tzv. čističe trubek (doslovný překlad, nenašel jsem český ekvivalent). Jedná se o drátky potažené barevnou měkkou částí, které se využívají pro různé rukodělné kreativní aktivity. Těchto drátků je potřeba sedm barev a podle jednoduchého návodu si žáci vytvoří vlastní model molekuly DNA. Zároveň jsou schopni rozpoznat (podle barev), které drátky představují deoxyribózu, fosfát, jednotlivé báze a vodíkové můstky mezi bázemi. Velkou výhodou modelu je, že je možné jej zkroutit do podoby molekuly DNA – dvojitá šroubovice.

Vytvořením tohoto modelu a následnou diskusí, resp. vysvětlováním spolužákům, dochází k velmi dobré fixaci znalostí. Nicméně, sama autorka uvádí, že nakonec celé lekce dává multiple-choice test zaměřený na strukturu DNA, při jehož hodnocení vyžaduje minimálně 90% úspěšnost, které ale pokaždé několik studentů nedosáhne.

### **2.1.5 Využití populárně naučných článků a podpora kritického myšlení**

Velmi často používanou a podporovanou metodou zaměřenou na kritické myšlení je používání naučných článků a odborných textů a následné diskuse nad nimi. Je totiž prokázáno, že když studenti píšou nebo diskutují, provádějí činnost, které zanechává nějakou paměťovou stopu (Dolan et al. 2015). Navíc, diskuse v této podobě poskytuje žákům zpětnou vazbu, což je základní prvek výuky pomocí metod kritického myšlení. Dalším přínosem je, že žák, který diskutuje s ostatními, je přímý aktér a učí se zodpovědnosti za své příspěvky do diskuse.

Poslední, mnou vybranou variantou výuky molekulární biologie, je proto výuka s využitím prvků kritického myšlení a populárně-naučných článků. Vycházím z předpokladu Davida R. Terryho (Terry 2012), který tvrdí, že autentické zkoumání v malých skupinkách je přínosnější, než pasivní přijímání informací. Ve své práci předložil studentům texty článků, které si měli přečíst a následně měli ve skupince diskutovat nad obsahem sdělení a jeho validitu. Aby proces učení proběhl správně, připravil autor studentům několik otázek, kterými se měli zabývat. Zároveň mohli studenti informace ověřovat v knihách. Základními otázkami, které si autor kladl, bylo, zda jsou studenti schopni pochopit obsah sdělení článku a zda jsou schopni kriticky zhodnotit jeho věrohodnost. A podle autora se toto většině studentů úspěšně povedlo.

Navíc, podle práce Elliotta (Elliott 2007), budou po odchodu ze školy noviny, resp. časopisy, jediným zdrojem informací o vědě, se kterými studenti přijdou do styku. Proto doporučuje tyto zdroje v hodinách výuky přírodních věd používat, aby si studenti zvykli na styl psaní a částečně zkreslené informace, které v populárně-naučných člancích mohou být (o běžném tisku nemluvě).

## **2.2 Mezipředmětové vztahy ve výuce molekulární biologie**

Mezipředmětové vztahy jsou na školách v dnešní době spojeny s výukou všech předmětů a témat. Jejich podstatou je pomoci žákovi/studentovi pochopit obecný pojem pomocí konkrétních aplikací. V biologii (přírodopise) je toto navíc nutné. Vždyť většina jevů není

způsobena jen biologickými vlivy, ale také chemickými, fyzikálními, geologickými nebo geografickými. Proto je nutné na biologické jevy a děje hledět komplexně za podpory ostatních nebiologických disciplín. Žák pak má lepší šanci jevu porozumět (Trna 2005). Tuto myšlenku podporuje také projekt PISA, který se zaměřuje na testování žáků z přírodovědné gramotnosti. Úlohy v rámci testování jsou vytvořené jako průnik několika vědních disciplín, které se zabývají rozvojem přírodovědné gramotnosti (ČŠI 2016).

Aplikace ostatních vědních disciplín do výuky biologie je na základních školách problematická, protože děti se spoustou nebiologických témat ještě nepřišly do styku, a proto bývá problematické jim některé informace komplexněji předat. Přesto je nezbytné posilovat mezipředmětovou výuku v přírodovědném vzdělávání, aby děti měli možnost komplexněji dané jevy studovat (Trna 2005, Veselský & Hrubíšková 2009). Navíc by pro spoustu studentů bylo pohodlnější a logičtější, aby zavádění pojmů např. v biochemii probíhalo společně jak s biologickou částí tohoto tématu, tak s chemickou (Soukupová 2013).

Velmi důležitou součástí využívání mezipředmětových vztahů ve výuce je také zvýšení motivace. Tedy za předpokladu použití vhodných metod a forem výuky (např. badatelství, laboratorní práce, kritické myšlení, ...). Pro zlepšení motivace žáků využívají mezipředmětové vztahy klasická východiska, tedy aktuálnost, smysl, objevování a problémovost, záhadnost, překvapivost a neurčitost, protichůdnost a nejednoznačnost, možnost bádání a experimentování (Šafránková et al. 2015, Klečková et al. 2007).

Tento problém je evidentní právě při výuce molekulární biologie. Jedná se o téma, které je jak biologické – např. proteiny a jejich funkční vliv na organismus, tak chemické – např. vliv chemické struktury na složení proteinu (a tím pádem na jeho vliv v organismu). V současné době není výuka molekulární biologie na základních školách jasně ukotvena ani v biologii, ani v chemii. Vycházím zejména z toho, že jsem na toto téma nenalezl žádnou relevantní literaturu z českého prostředí. Z rozhovorů s kolegy vyučujícími na základních školách jednoznačně vyplynulo, že se s výukou genetiky, nukleových kyselin, proteosyntézy a všech souvisejících dějů, trochu „perou“, protože často narážejí na to, že žáci dané téma ještě v chemii (nebo přírodopisu) neprobírali. Z celkového počtu 40 oslovených pedagogů byly ochotny se do této studie zapojit dvě pedagožky. Nicméně, všichni se shodli, že by uvítali něco, co by téma výuky molekulární biologie na základní škole zastřešilo. Na druhou stranu, univerzity jsou si vědomy tohoto nedostatku, protože

existuje několik typů vzdělávacích workshopů na témata spojená s genetikou nebo molekulární biologii (<https://bioskop.muni.cz/cs/kalendar-kurzu/bioskop-12-/nabidka-kurzu/dna-detektivove>, <http://muzeumcloveka.cz/cs/akce/>).

### **2.3 Molekulární biologie v RVP ZV**

Téma molekulární biologie se explicitně v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní školy nevyskytuje, nicméně je možné jej zařadit do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Konkrétně do vzdělávacího oboru chemie, kde je možné molekulární biologii zařadit do organické chemie, učiva o přírodních látkách – zdroje, vlastnosti a příklady funkce bílkovin, tuků, sacharidů a vitaminů v lidském těle. A také do vzdělávacího oboru přírodopis, do obecné biologie a genetiky – dědičnost a proměnlivost organismů – podstata dědičnosti a přenos dědičných informací, gen, křížení (RVP ZV).

## 3 Materiál a metody

### 3.1 Cíle a hypotézy

Hlavním cílem této diplomové práce je vytvořit výukový cyklus zaměřený na molekulární biologii pro základní školy, protože se zvyšuje poptávka po těchto aktivitách. Zároveň jsem si ve své diplomové práci stanovil několik dílčích cílů:

1. sestavit výukový cyklus tak, aby co nejvíce aktivizoval žáky a zároveň byly využity metody kritického myšlení;
2. pilotně ověřit výukový cyklus a případně jej upravit do vhodnější podoby;
3. ověřit v praxi vytvořený výukový cyklus na několika základních školách.

Pro zvýšení validity při ověřování opilotovaného výukového cyklu jsem si stanovil ještě následující hypotézy, vycházející z těchto tvrzení:

1. *Navržený výukový cyklus je možné použít bez větších úprav, protože není rozdíl ve vyučovacím stylu učitelů, kteří učí daný výukový cyklus;*

**Hypotéza 0 ( $H_0$ )** tedy zní: Není statisticky významný rozdíl mezi vyučovacím stylem učitelů.

2. *Výuka molekulární biologie navrženým výukovým cyklem je efektivnější než klasickými frontálními metodami;*

Pro podporu nebo vyvrácení tohoto tvrzení byla stanovena **hypotéza 0 ( $H_0$ )**: Výsledky testu z molekulární biologie u žáků, kteří absolvovali navržený výukový cyklus, nejsou statisticky významně odlišné, než u žáků, kteří tento cyklus neabsolvovali.

Mezi materiál a metody této diplomové práce patří několik částí. Před vlastním začátkem sestavování výukového celku došlo k analýze RVP ZV (viz kapitola 2.3 Molekulární biologie v RVP ZV), dle které jsem zvolil vhodné zaměření výukového cyklu. Také došlo ke krátkému průzkumu mezi několika učiteli základních i středních škol, podle kterých by byl výukový cyklus dobrý nápad, protože jim podobná věc k výuce chyběla, čehož bylo při sestavování výukového cyklu využito pro základní orientaci v tématu.



Dále jsem navrhl vlastní výukový cyklus, který jsem pilotoval na Základní škole Eden, následně jsem navrhl změny do výukového cyklu a celé cvičení znovu zrealizoval na dvou základních školách – Základní škole Eden (ZŠ Eden) a Fakultní základní škole Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy Mezi školami (FZŠ Mezi školami). Zároveň jsem zadal ověřovací dotazníky na Pražské humanitní gymnázium (PHG). Tito žáci sloužili jako kontrolní skupina, která neprošla výukou molekulární biologie pomocí mnou navrženého praktického cvičení. Výběr škol nebyl náhodný. Na ZŠ Eden v současnosti učím, na ostatních školách mám kolegy, které dle jejich slov nadchl vytvářený výukový cyklus, a chtěli mi pomoci. Nakonec jsem veškeré výsledky statisticky zpracoval.

### **3.2 Vytvořený výukový cyklus**

Po analýze RVP ZV (RVP ZV) jsem sestavil výukový cyklus pro výuku molekulární biologie na základních školách. Tento výukový cyklus je zaměřený na základní pojmy molekulární biologie a celý je popsán v metodické příručce (Příloha 1). Celý cyklus byl sestaven na základě odborné literatury (Alberts 1998, Snustad et al. 2017) s využitím populárně naučných textů a videí (Příloha 1). Výukový cyklus provede žáky i vyučující v sedmi hodinách zejména pojmy souvisejícími s centrálním dogmatem molekulární biologie a za pomoci navlékání korálek přiblíží žákům tento nelehký obor a jeho zákonitosti. Celý výukový cyklus navazuje na práci Merty (Merta et al. nepublikováno), která se zabývala popularizací forenzních genetiky a bojem proti tzv. CSI efektu a byla zaměřená zejména na žáky středních škol, ale zvládly ji i žáci devátých tříd.

### **3.3 Pilotní studie a úprava praktického cvičení**

Pilotní studie proběhla v roce 2018 v červnu a zúčastnilo se jí 38 žáků devátých tříd Základní školy Eden. Žáci prošli celým výukovým cyklem a v rámci ověřování vyplnili dotazník, který ověřoval jak jejich znalosti, tak jejich postoj k danému cyklu s možností napsat nápady na zlepšení daného výukového cyklu. Na základě těchto odpovědí a na základě mého pozorování během realizace výukového cyklu u pilotní skupiny jsem následně upravil celý cyklus do předkládané podoby. Veškeré úpravy a důvody pro ně jsou uvedeny v kapitole 5.1 Pilotní studie a úprava praktického cvičení.

## **3.4 Analýza školních vzdělávacích programů**

### **3.4.1 ŠVP ZŠ Eden**

Molekulární biologie je ve školním vzdělávacím programu Základní školy Eden řazena ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda v tématech Přírodopis (8. a 9. ročník; učivo týkající se genetiky) a Chemie (9. ročník; Důležité látky v organismu – DNA a RNA, sacharidy, bílkoviny; aminokyseliny) (ŠVP Eden).

### **3.4.2 ŠVP FZŠ PedF UK Mezi školami**

Školní vzdělávací program je řešen obdobně jako u ZŠ Eden. I zde mají řazeno učivo o molekulární biologii do Přírodopisu a Chemie 8. a 9. ročníku ve stejných tématech (Přírodopis 8. ročník – genetika; Chemie 9. ročník – aminokyseliny, nukleové kyseliny, polypeptidy, sacharidy) (ŠVP FZŠ).

### **3.4.3 ŠVP Pražské humanitní gymnázium**

Také Pražské humanitní gymnázium má ve svém školním vzdělávacím programu učivo zaměřené na molekulární biologii. Pro tuto práci bylo důležité analyzovat školní vzdělávací program pro osmileté gymnázium. Tato témata mají řazená ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda v předmětech Přírodopis a Chemie a to v 9. ročníku, kdy probírají látku týkající se genetiky, aminokyselin, nukleových kyselin, DNA, sacharidů a proteinů (ŠVP PHG).

## **3.5 Sběr dat a statistické zpracování**

Sběr dat probíhal pomocí papírových nebo elektronických dotazníků a testů. Tyto dotazníky a testy byly totožné. Dotazníky a testy byly žákům rozdány ihned po skončení výukového cyklu (odstup cca 7 dní). V rámci ověřování hypotézy H<sub>2</sub> byly vybrány dvě skupiny žáků. Jedna skupina žáků absolvovala celý výukový cyklus buď pod mým vedením, nebo pod vedením kolegyně Mgr. Jaroslavy Jarošové (FZŠ Mezi školami). Druhá skupina tímto výukovým cyklem neprošla, ale prošla výukou molekulární biologie dle vzdělávacího programu pro danou školu s převažující frontální výukou (pod vedením kolegyně Mgr. Petry Sobotkové, Pražské humanitní gymnázium – PHG).

Vytvořené dotazníky obsahovaly uzavřené odpovědi s jednou či více správnými možnostmi a otevřené otázky (dotazník pro pilotní ověření) nebo otázky s uzavřenými odpověďmi s jednou správnou možností a otevřené otázky.

Statistické zpracování proběhlo v programu MS Office – Excel 2010 a v programu STATISTICA 13. V tomto programu jsem použil níže uvedené a popsané statistické metody.

### **3.5.1 T test**

T-test je jednou z nejpoužívanějších metod pro hodnocení rozdílů mezi dvěma skupinami/typy výsledků. Podle některých autorů je možné využít t-test i pro hodnocení rozdílů mezi velmi malými skupinami (10 jedinců), ale tato myšlenka není přijatelná pro všechny statistiky. Základním předpokladem pro testování hypotéz pomocí t-testu je tzv. normální rozložení, tj. Gaussovo rozdělení. Pravděpodobnost  $p$ , kterou udává t-test, je pravděpodobnost chyby rozdílů. Jedná se tedy o pravděpodobnost chyby, které je možné se dopustit při odmítnutí hypotézy. Standardně přijatelná míra chyby je menší než 0,05. Pokud vyjde  $p$  větší, neměla by hypotéza být přijata (Statasoft 2009a).

### **3.5.2 ANOVA**

Test ANOVA (analýza rozptylu) je v podstatě rozšířený t-test. T-test bývá používán při zkoumání rozdílů mezi dvěma skupinami, kdežto ANOVA je navržena pro zkoumání rozdílů mezi více skupinami a je možné do tohoto testování zadat i více proměnných. Testování ANOVA se používá pro opakovaná měření v jednom vzorku, nebo pro měření stejných parametrů ne více vzorcích. Výsledkem je odhad rozdílů mezi skupinami, podobně jako u t-testu. Stejná je pak i interpretace výsledku pravděpodobnosti  $p$  (Statasoft 2009b).

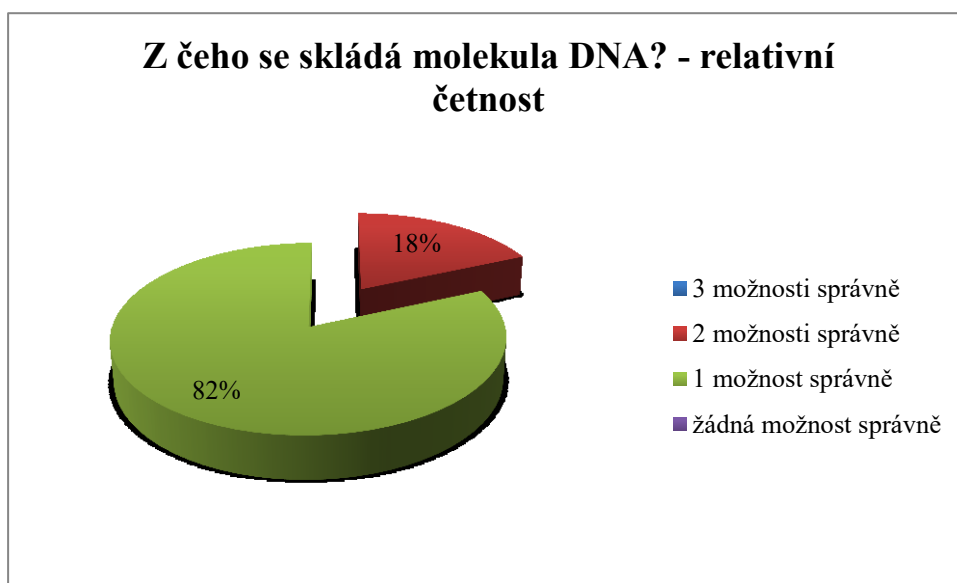
## 4 Výsledky

### 4.1 Pilotní studie a úprava praktického cvičení

Pilotovaná verze byla zaměřena nejen na základy spojené s procesem popisovaným centrálním dogmatem, ale také na procesy mitózy, meiózy a obecnou genetiku. Celkem tedy blok obsahoval velké množství nových pojmů a již v průběhu pilotáže jsem zjistil, že se jedná o velké množství informací, které žáci devátých ročníků nemají možnost pochopit a pochopit. Toto také po skončení výukového cyklu vyšlo v dotaznících. Náhled testu a dotazníku je přiložen v Příloze 2.

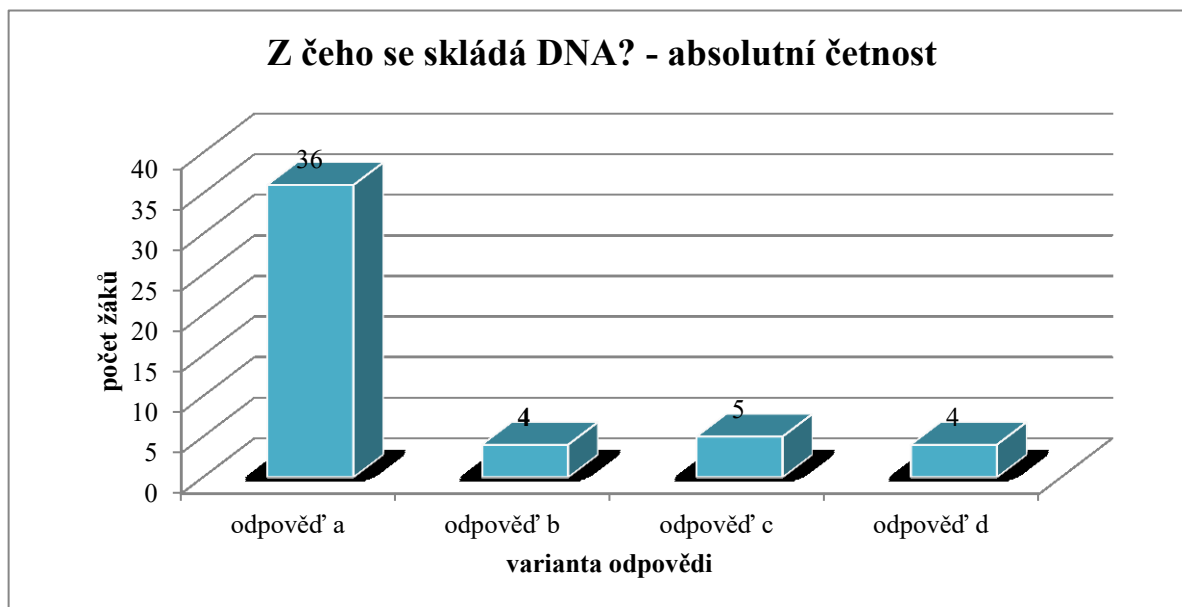
#### Otázka 1 - Molekula DNA se skládá z (vyber všechny správné odpovědi):

Otázka s nabídkou čtyř uzavřených odpovědí (3 správné odpovědi), která ověřovala znalost základní stavby struktury molekuly DNA. Na tuto otázku neodpověděl nikdo zcela správně, ale zároveň nikdo zcela špatně (Graf 1).



Graf 1: Relativní četnost odpovědí v procentech.

Velmi zajímavou hodnotou u této otázky pak je absolutní četnost odpovědí, ze které jasně vyplývá, že žáci mají povědomí o tom, že je molekula DNA složena ze čtyř bází (Graf 2). Zároveň z grafu jasně vyplývá, že čtyři žáci si myslí, že je v molekule DNA molekula kyslíku. Toto může být dáno nevhodnou formulací odpovědi, protože v molekule DNA se samozřejmě kyslík vyskytuje, ale ne jako molekula  $O_2$ .



**Graf 2: Absolutní četnost odpovědí.** Odpověď a – čtyři báze (adenin, thymin, cytosin, guanin), odpověď b – vodíkové můstky, odpověď c – sacharidová kostra, odpověď d – molekuly kyslíku.

Tato otázka nebyla do finálního testu zařazena, protože odpověď na ni není pro žáky devátých tříd jednoduchá. Jak jsem zjistil po testu, měli s ní velké problémy.

### **Otázka 2 - Vyber správné párování bází (jedna správná odpověď):**

Otázka s uzavřenou odpovědí s jednou správnou odpovědí. Na tuto otázku odpovědělo celkem 22 žáků správně (57,9%), což není úplně pozitivní výsledek. Může se jednat o nepozornost nebo pravděpodobně o malé znalosti žáků. V tabulce (Tabulka 1) je uvedena absolutní četnost odpovědí.

**Tabulka 1: Absolutní četnost odpovědí.**

odpověď	počet odpovědí
AC TG	7
AT CG	22
AG TC	9

Tato otázka byla do finálního testu zařazena, protože se jedná o základní znalost potřebnou pro pochopení dalších procesů v proteosyntéze. Ve finálním dotazníku pak byla zařazena navíc odpověď nevím.

### **Otázka 3 - Jaký je rozdíl mezi DNA a RNA?**

Na tuto otevřenou otázku odpovědělo správně celkem devět žáků. Za správnou odpověď byl považován alespoň jeden rozdíl ve struktuře molekul (deoxyribóza vs. ribóza, odlišnost bází, ...) nebo funkční zařazení molekul (nositelka genů vs. ovlivněna DNA). Souhrnné výsledky jsou uvedeny v grafu (Graf 3). Špatně na tuto otázku odpovědělo 12 žáků a 17 žáků napsalo nevíم nebo nechalo pole pro odpověď volné. Ze špatných odpovědí převažovaly odpovědi, které byly nesmyslné (DNA odjakživa, RNA sacharid, chromosom, ...), kdy vždy byly veškeré uvedené údaje špatně. Občas se v této kolonce objevila odpověď jako „začínající písmenko“ nebo „v názvu“.

Vzhledem k tomu, že funkce těchto molekul je velmi důležitá a tyto funkce často vycházejí ze struktur těchto molekul, byla tato otázka ve finálním testu použita v nezměněné podobě.

### **Otázka 4 – K čemu a jak dochází při replikaci (duplikaci) DNA?**

Otázka s otevřenou odpovědí, na kterou odpovědělo částečně správně sedm žáků. Tito žáci odpověděli jen na tu část otázky, k čemu dochází (ke kopírování DNA). Vynechali ale část týkající se jak k replikaci dochází. To si vysvětlují zejména nepozorností, protože na otázku jak neodpověděl nikdo, což není obvyklé. Ostatní žáci odpověděli zcela špatně nebo vůbec, případně napsali nevíم (Graf 3).

Tato otázka také ve finálním testu zůstala, ale byla přeformulována.

### **Otázka 5 – Vysvětli pojmy**

Otázka byla otevřená a rozdělená na 4 pojmy, které měli žáci vysvětlit. Četnost správných odpovědí na tuto otázku je uvedena v grafu (Graf 3).

#### **translace**

Tento pojem vysvětlili správně dva žáci (proces syntézy bílkovin na ribozomu na základě mRNA; syntéza proteinu podle RNA), šest žáků odpovědělo špatně a zbytek neodpověděl vůbec nebo žáci napsali nevíم.

#### **transkripce**

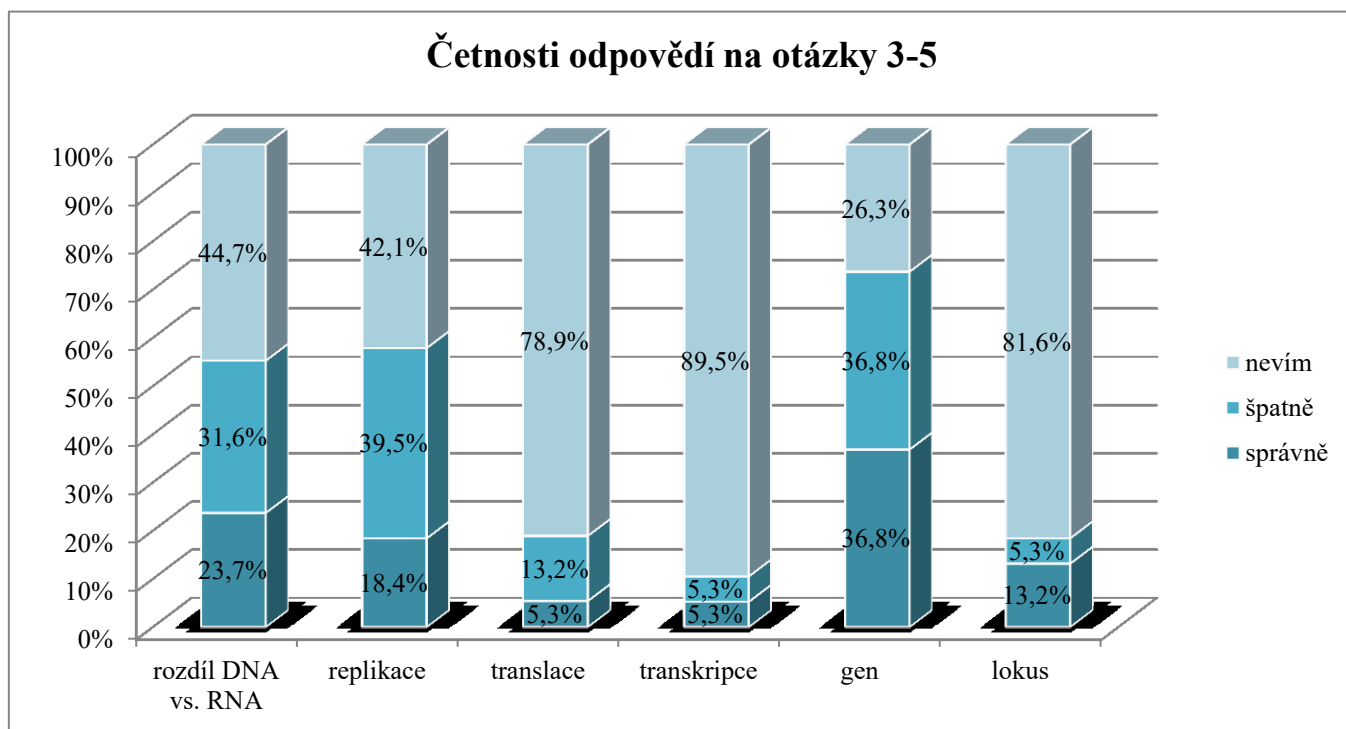
Pojem transkripce vysvětlili správně také dva žáci (je proces, při němž je podle genetické informace zapsané v řetězci DNA, přepisování DNA do RNA). Dva žáci odpověděli špatně a zbytek žáků neodpověděl nebo napsal nevíм.

### gen

Heslo gen umělo vysvětlit celkem čtrnáct žáků, což je stejný počet, jako žáků, kteří napsali špatnou odpověď. Zbylí žáci napsali nevím nebo kolonku nevyplnily.

### lokus

Pojem lokus umělo vysvětlit sedm žáků, dva žáci odpověděli špatně a zbylí žáci neodpověděli nebo napsali nevím.

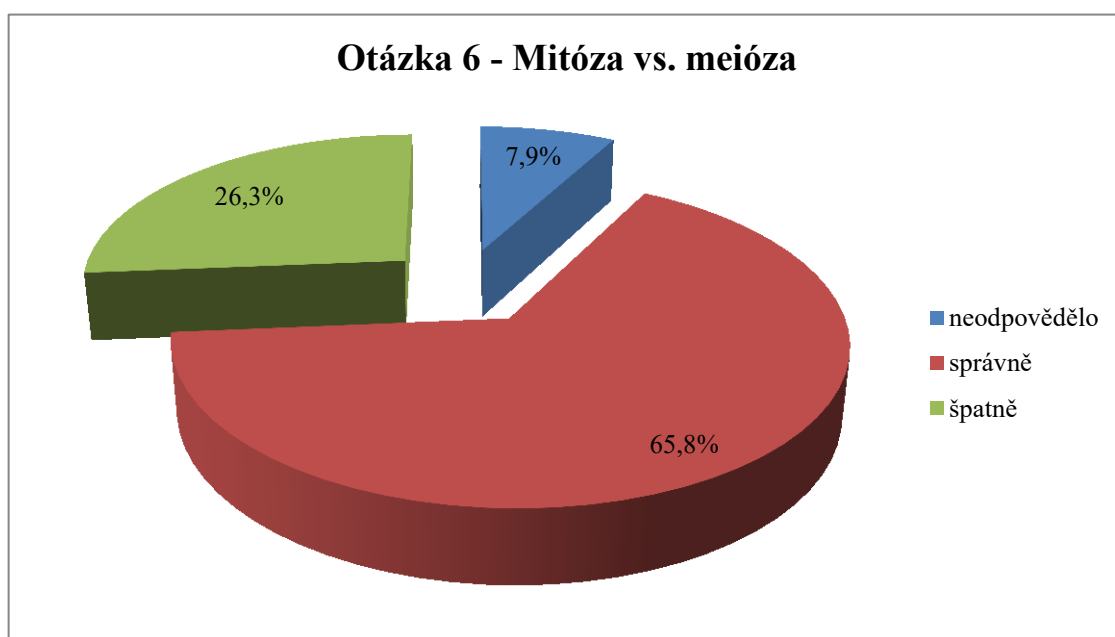


**Graf 3:** Četnosti odpovědí na otázku 3 (rozdíl DNA vs. RNA), otázku 4 (replikace) a otázku 5 (translace, transkripce, gen a lokus). Odpověď nevím zahrnuje také nevyplněno.

Jedna z otázek, kvůli které byla změněna koncepce části výukové cyklu

**Otázka 6 – Jaký je rozdíl mezi mitózou (dělení tělních buněk) a meiózou (dělení pohlavních buněk)? (jedna správná odpověď)**

Otázka s jednou správnou uzavřenou odpovědí. Na tuto otázku správně odpovědělo 25 žáků, ostatní odpověděli špatně nebo neodpověděli vůbec (Graf 4). Špatné odpovědi byly způsobeny pravděpodobně spletením podobných názvů obou procesů, s čímž má problém spousta starších studentů.



**Graf 4: Četnost odpovědí na otázku č.6.**

Vzhledem ke složitosti celého výukového cyklu jsem došel k názoru, že ve výsledném výukovém cyklu toto téma vynechám, aby nedošlo ke zbytečnému zmatení žáků.

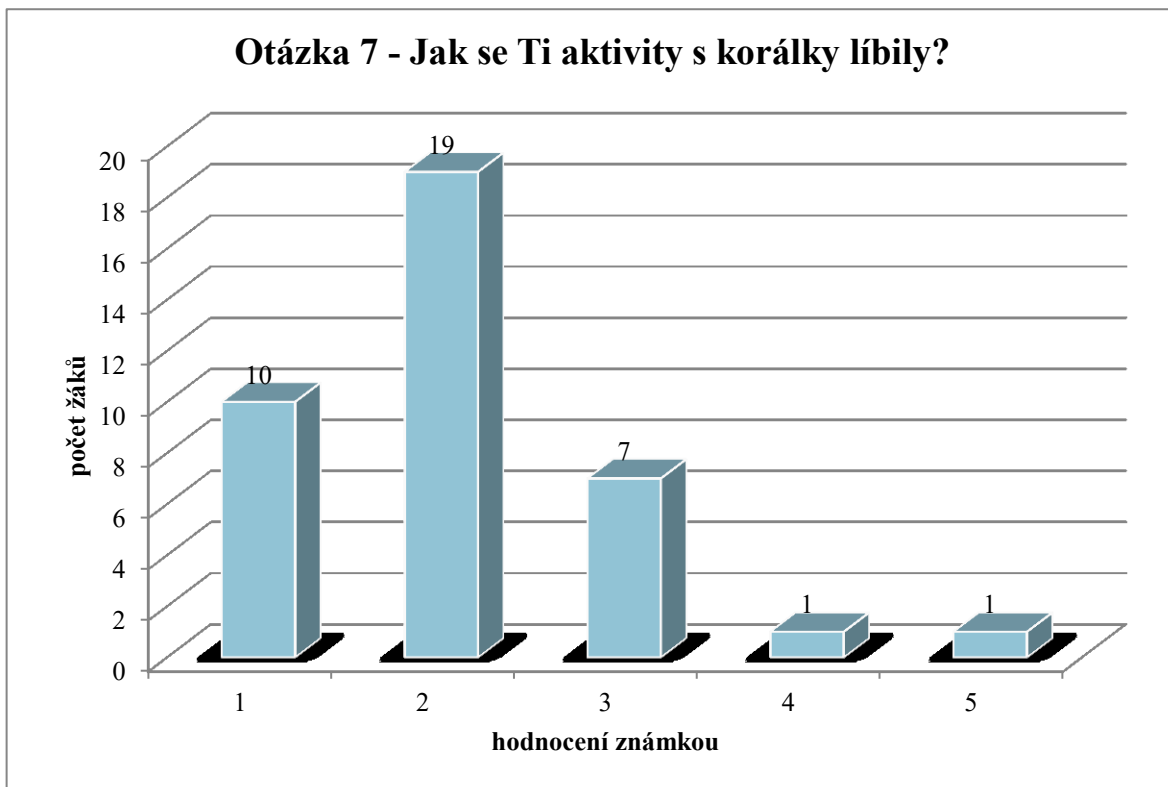
Následující otázky se týkali hodnocení celého výukového cyklu a jeho přínosu k pochopení molekulární biologie a genetiky. Žáci měli také možnost vyjádřit, co konkrétně se jim líbilo nebo nelíbilo a navrhnout změny a zlepšení.

**Otázka 7 – Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší), jak se Ti líbily aktivity, při kterých jste pracovali s korálky.**

Tato otázka byla řešena pomocí Likertovy škály o 5 bodech, kdy bod 1 byl nejlepší hodnocení a bod 5 pak nejhorší. Cílem této otázky bylo zjistit, zda žáky zaujal postup vysvětlování replikace, transkripce a translace pomocí korálků. Podle zjištěných výsledků



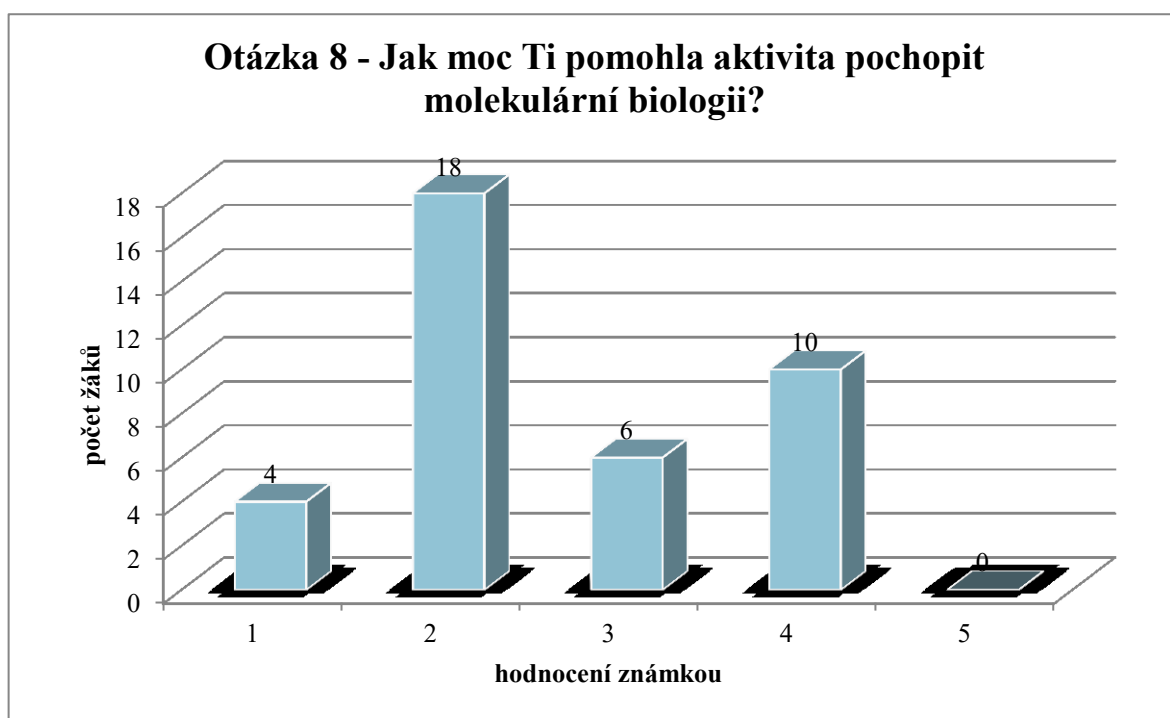
(Graf 5) jsem následně usoudil, že aktivita je pro žáky až na drobné výjimky zajímavá. Proto jsem následně tuto aktivitu v konečném výukovém cyklu ponechal.



**Graf 5:** Atraktivita aktivit spojených s korálky. Hodnocení pomocí Likertovy stupnice (1 nejlepší, 5 nejhorší).

**Otázka 8 – Jak moc Ti podle Tebe pomohly aktivity pochopit děje, při kterých se z DNA stává protein (transkripce a translace)? Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší).**

Opět se jednalo o otázku s odpovědí pomocí Likertovy škály 1-5 (1 nejlepší, 5 nejhorší). Jedná se o subjektivní hodnocení vlastního postupu žáků, který byl různý. Odpovědi na tuto otázku nejsou tak „hezké“, jako v předchozím případě, ale i tak jsou vypovídající. Podle žáků aktivity spojené s navlékáním korálků jim nepřinesli takový postup, jak by bylo podle mě vhodné. Přesto, většina žáků považuje tyto aktivity za přínosné nebo alespoň neutrální (Graf 6), což bylo také velmi důležité, pro další ponechání těchto aktivit ve výsledném cvičení.



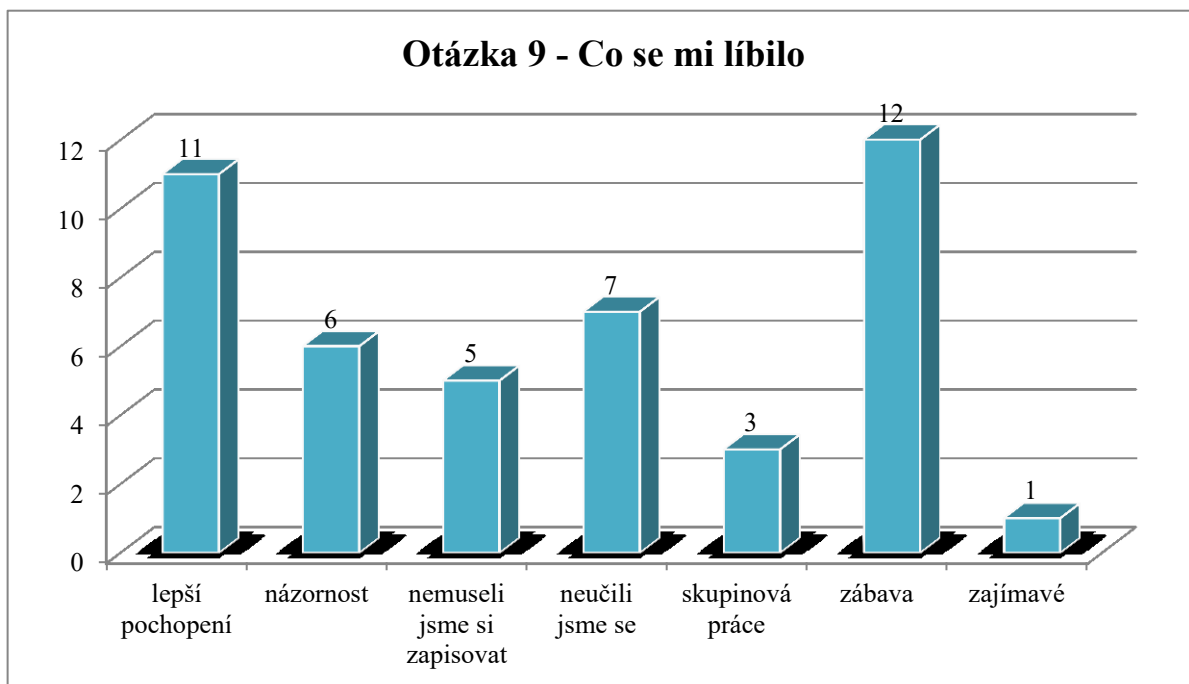
**Graf 6: Hodnocení přínosu aktivit pro pochopení molekulární biologie.** Hodnocení pomocí Likertovy škály 1 - nejlepší, 5 - nejhorší.

### **Otázka 9 – Co konkrétně se Ti na aktivitách líbilo a proč?**

Otázka s volnou odpovědí, podle které jsem chtěl zjistit, zda dané aktivity měly smysl a žákům byly nějak prospěšné. Při hodnocení jsem vycházel z individuálních odpovědí, které jsem kategorizoval do několika kategorií podle smyslu dané odpovědi. Toto bylo učiněno zejména z důvodu zjednodušení, protože jednotlivé odpovědi byly velmi různé. Výsledky jsou uvedeny v grafu (Graf 7). Vzhledem k tomu, že někteří žáci uvedli více odpovědí, je proto součet všech odpovědí větší než 38. Z celkového počtu 38 žáků jich 5 neodpovědělo. Z individuálních odpovědí mě zaujali zejména tyto dvě:

„Jak moji někteří méně schopní spolužáci vůbec netušili, jak se to skládá.“

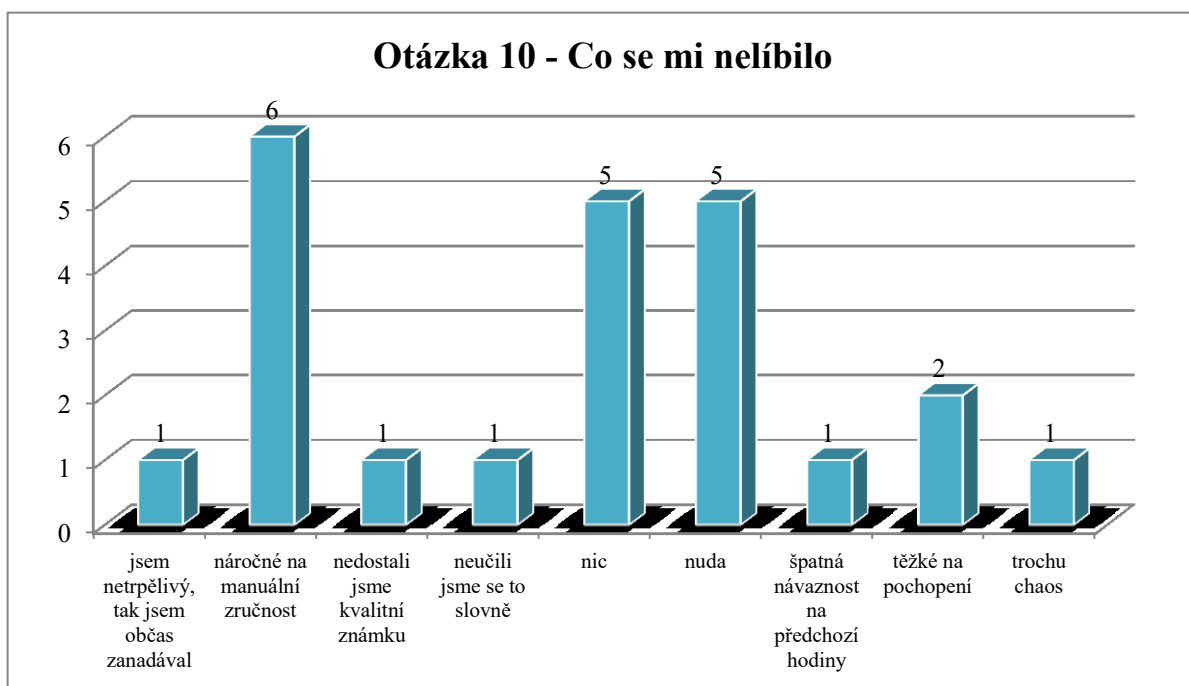
„Byla zábava, chápal jsem, co jde k sobě. A učitel se bavil s námi.“



**Graf 7: Pozitivní zpětná vazba k aktivitám.** Odpovědi kategorizovány.

### Otázka 10 – Co konkrétně se Ti na aktivitách NElíbilo a proč?

Otázka s volnou odpovědí, která měla zjistit, co se žákům nelíbilo (Graf 8). Podle těchto odpovědí byly některé aktivity drobně upraveny. Opět bylo nutné jednotlivé odpovědi kategorizovat a stejně jako u předchozí otázky došlo k tomu, že celkový součet odpovědí neodpovídá počtu žáků. Z 38 žáků jich 17 vůbec neodpovědělo. Při komparaci s předchozí

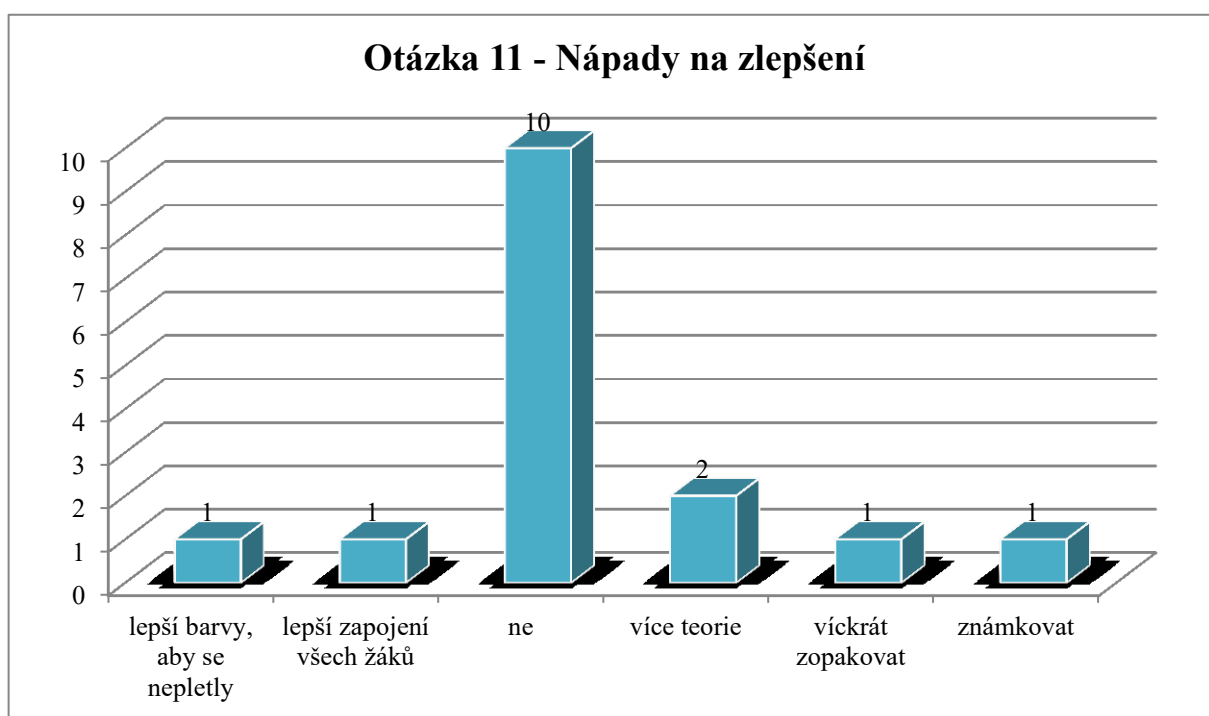


**Graf 8: Negativní zpětná vazba k aktivitám.** Odpovědi kategorizovány.

otázkou z odpovědí jednoznačně vyplývá, že pokud žáci odpověděli, že se jim aktivita líbila a že je bavila, pak na tuto otázku neodpovídali.

### Otázka 11 – Máš nějaké nápady na zlepšení aktivit s korálky?

Pro mě jedna z nejdůležitějších otázek, protože podle ní bylo možné upravit některé části pilotního výukového cyklu. Jednalo se jako v předchozích dvou případech o otázku s otevřenou odpovědí, odpovědi byly kategorizovány a není jich stejný počet jako je počet žáků. Většina žáků (celkem 22) na otázku vůbec neodpověděla a z 16 odpovědí bylo celkem deset odpovědí ne, nemám žádný nápad na zlepšení (Graf 9).



Graf 9: Možnosti zlepšení výukového cyklu očima žáků.

### Otázka 12 – Jaký je Tvůj názor na náročnost učiva molekulární biologie?

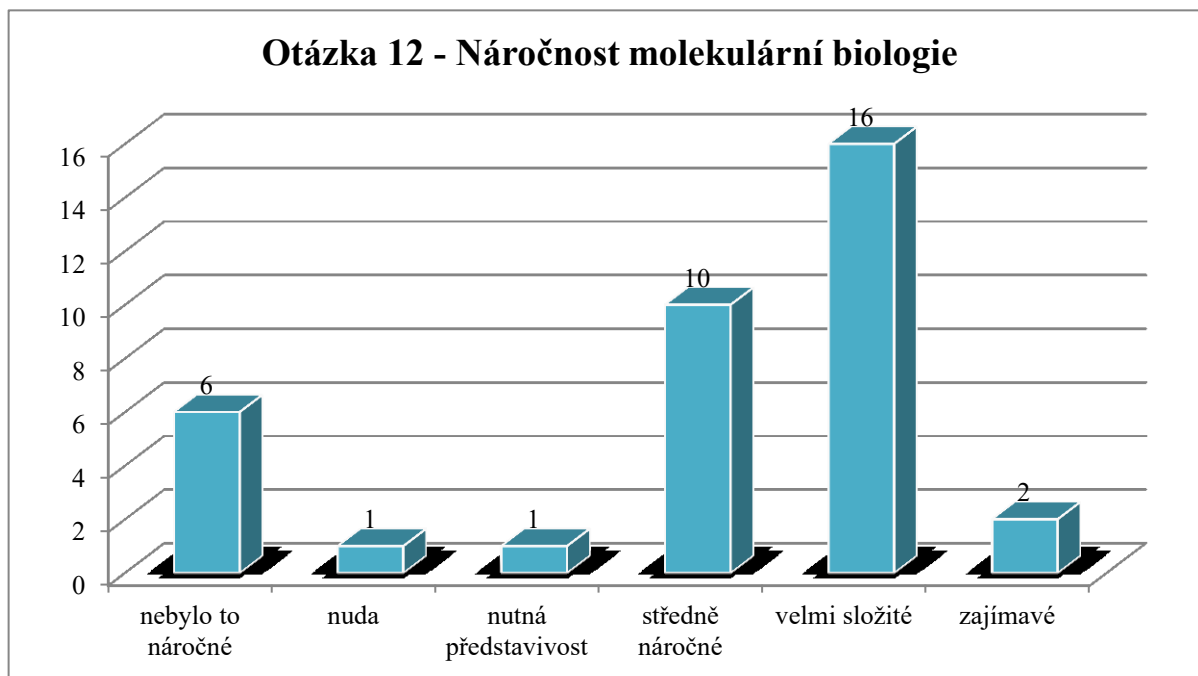
Poslední otázka s otevřenou odpovědí, která se týkala subjektivního názoru žáků na náročnost učiva molekulární biologie. Z odpovědí jasně vyplývá, že toto učivo považují žáci za velmi náročné, ale zároveň velmi zajímavé (Graf 10). Odpovědi jsem opět kategorizoval, celkem neodpověděli dva žáci. Níže uvádím několik zajímavých individuálních odpovědí:

„Prapodivné, zvláštní, ten pocit "to je vážně v mém těle?!" Jinak úžasný.“

„Celkem hard. Ale jsem rád, že to učitel bere zábavnou formou.“

„Tak je to hard, ale korálky mi trochu pomohly.“

„Na začátku mi to přišlo složité a na tom se nic nezměnilo, pořád mi to přijde složité :-“



**Graf 10: Náročnost učiva molekulární biologie očima žáků.**

## 4.2 Finální verze výukového cyklu – jednotlivé otázky

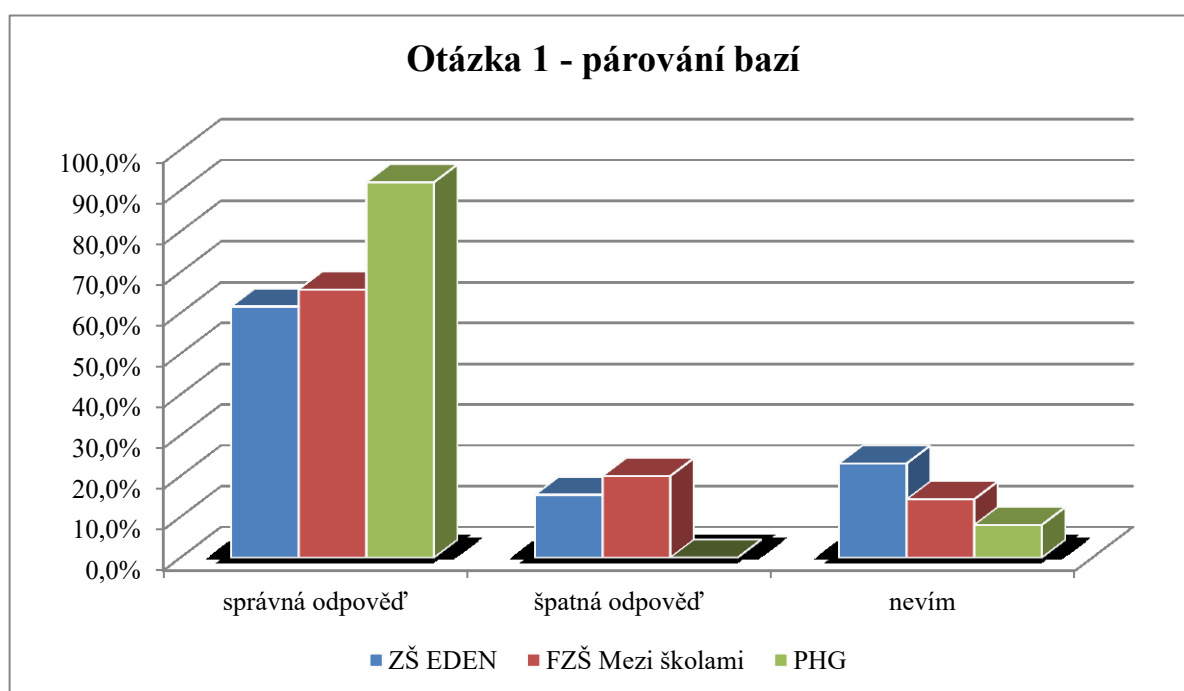
Zásadní přepracování, po zpracování výsledků pilotní studie, bylo zejména v ujasnění celkové koncepce a zaměření výukového cyklu. Finální verze výukového cyklu je proto podrobněji zaměřena na molekulární biologii (stavba DNA, RNA, replikace, transkripce, translace a stavbu proteinů). Naopak byla vypuštěna všechna témata týkající se genetiky a buněčného dělení, protože toto dělalo žákům velké problémy a při dané časové dotaci sedmi vyučovacíh hodin není reálné, aby bylo učivo dostatečně kvalitně probráno.

Níže jsou uvedeny výsledky testového hodnocení a dotazníkového šetření po skončení výukového cyklu. Hodnocení se zúčastnilo celkem 39 žáků devátých ročníků ZŠ Eden a 35 žáků FZŠ Mezi školami. Na ZŠ Eden jsem odučil výukový cyklus já, na FZŠ Mezi školami moje kolegyně Mgr. Jaroslava Jarošová. Kontrolní skupinu pak tvořilo 25 žáků PHG odpovídajících ročníků, která se učila převážně frontálně pod vedením mé kolegyně Mgr. Petry Sobotkové. Test a dotazník je součástí přílohy (Příloha 4 – dotazník a test k ověření výukového cyklu). Při vyplnění dotazníku měli žáci možnost na každou otázku zvolit odpověď 'nevím' a to z toho důvodu, že pro celou práci bylo důležité zjištění, jak kvalitně

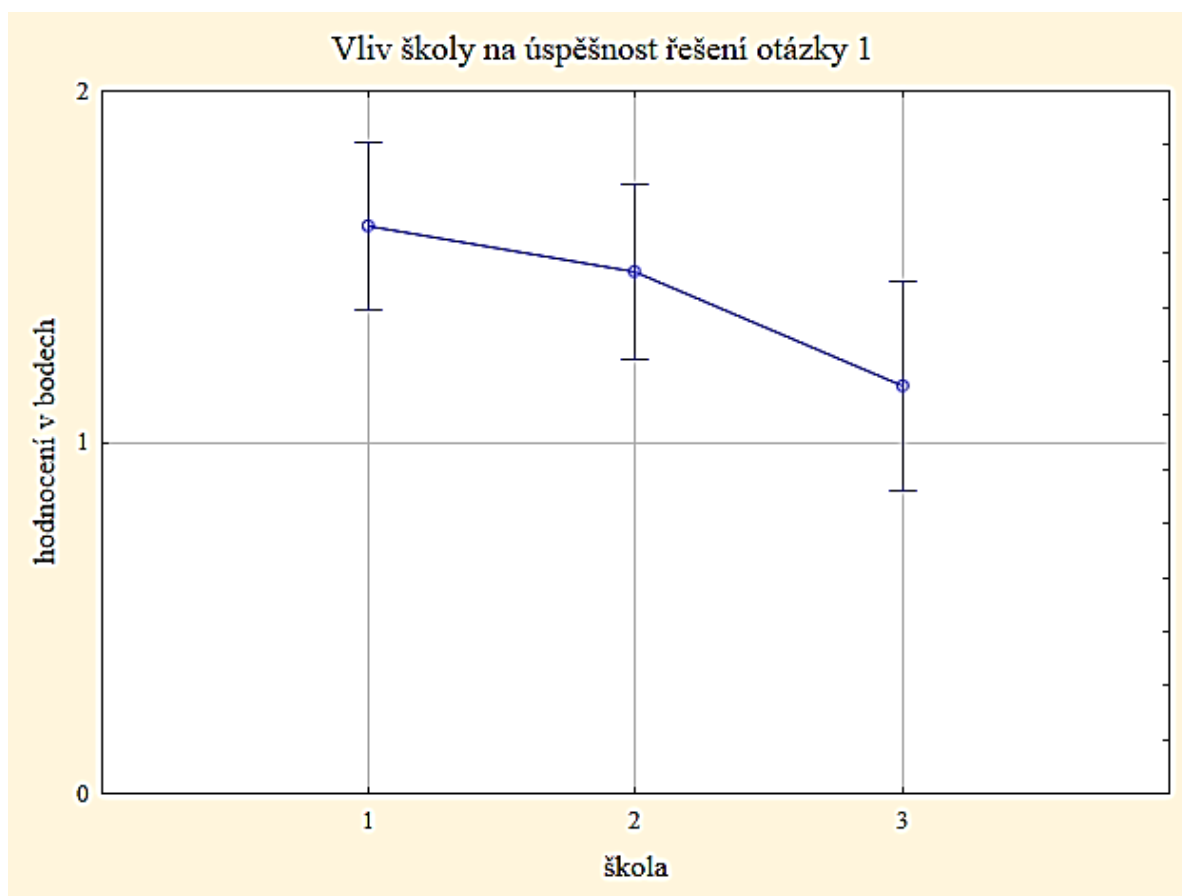
žáci informace pochopili, než jak umí tipovat. Varianta „nevím“ zmenšuje možnost tipování a z kvalitnější zpětnou vazbu. Žák není nucen odpovědět podle daných kritérií a při zvolení varianty nevím kvalitněji ukáže, jaký přínos pro něj výukový cyklus měl.

**Otázka 1 – Vyber správné párování bází (jedna správná odpověď):**

Uzavřená otázka s jednou správnou odpovědí (AT CG) s možností výběru ze tří variant nebo možností zaškrtnout nevím. Tato otázka zkoumala pochopení jednoho z nejdůležitějších procesů v molekulární biologii a zároveň ověřovala znalost běžně používaných zkratk pro jednotlivé báze DNA (adenin A, thymin T, cytosin C a guanin G). Výsledky jsou uvedeny v grafu (Graf 11) a vyplývá z nich, že naprostá většina všech žáků zná správné párování bází v DNA (70,7% všech zúčastněných žáků). Z výsledků dále vyplývá (Graf 12), že není statisticky významný rozdíl ve správných odpovědích mezi jednotlivými skupinami žáků a typ školy tedy neovlivnil výsledky odpovědí na tuto otázku (ANOVA,  $p = 0,072$ ). Dále ze statistického zpracování vyplývá, že není statisticky významný rozdíl mezi učebními styly vyučujících (ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami).



**Graf 11: Odpovědi na otázku 1 týkající se správného párování bází v DNA.**



**Graf 12: Vliv školy na odpověď na otázku 1.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 1. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

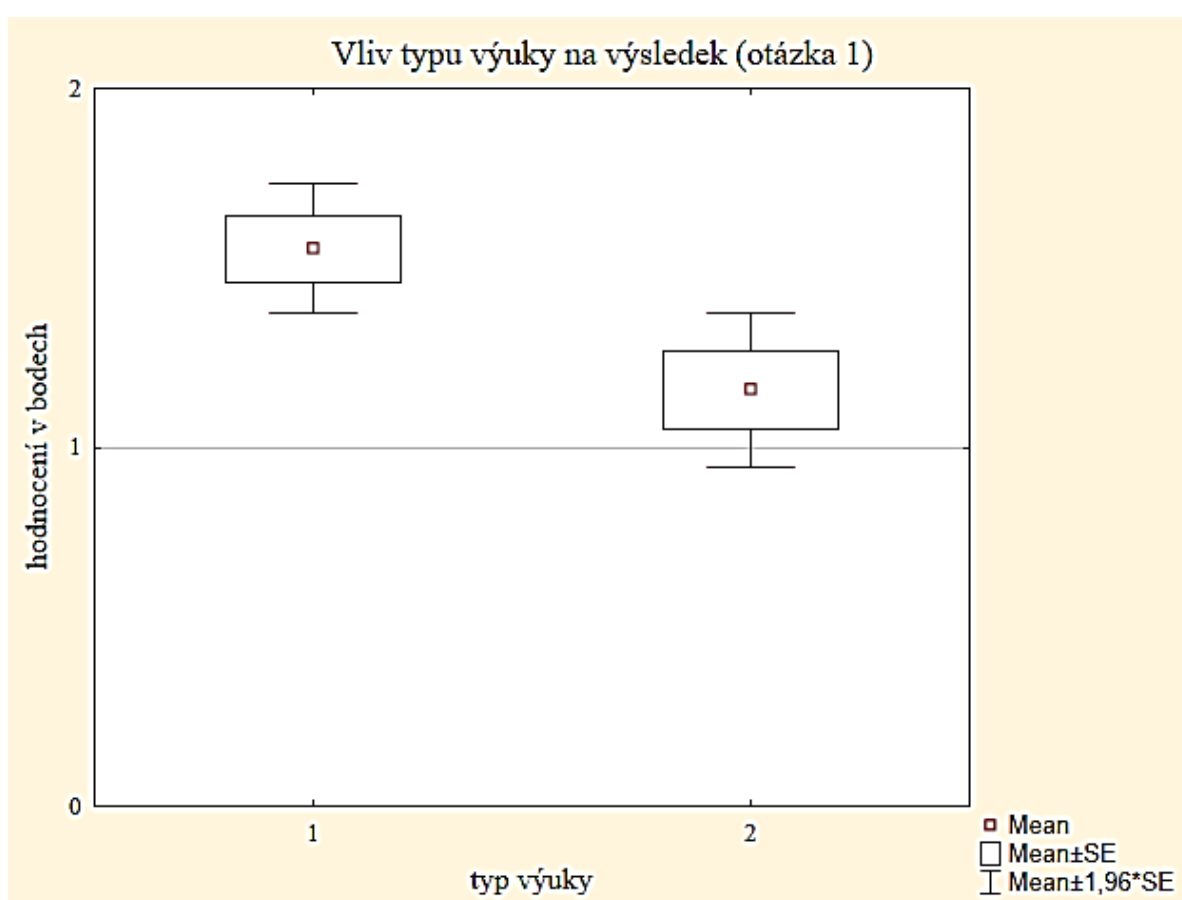
Současně s vlivem školy a vyučovacího stylu učitele byl zkoumán vliv vytvořeného učebního cyklu na správnost odpovědí na otázku 1. Z testování (t-test) vyplynulo, že je statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) ve výsledcích žáků, kteří prošli výukovým cyklem a žáků, kteří jej neabsolvovali a to tak, že žáci, kteří prošli výukovým cyklem, byli statisticky významně horší, než žáci, kteří tímto cyklem neprošli (Graf 13). Pro tyto analýzy byly sloučeny výsledky žáků ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami a bylo s nimi pracováno jako s jedním celkem (jak u této otázky, tak i u analýz vlivu typu výuky u otázek 2 – 10).

#### **Otázka 2 – Vyjmenuj čtyři báze DNA:**

Otázka s otevřenou odpovědí. Správná odpověď je adenin, thymin, cytosin, guanin. Otázka měla za cíl zjistit, jak se žáci orientují v problematice základního názvosloví používaného v molekulární biologii. Velmi zajímavě vyšel rozdíl mezi základními školami a gymnáziem. Žáci základních škol znali všechny čtyři báze celkem v 50% případů, kdežto

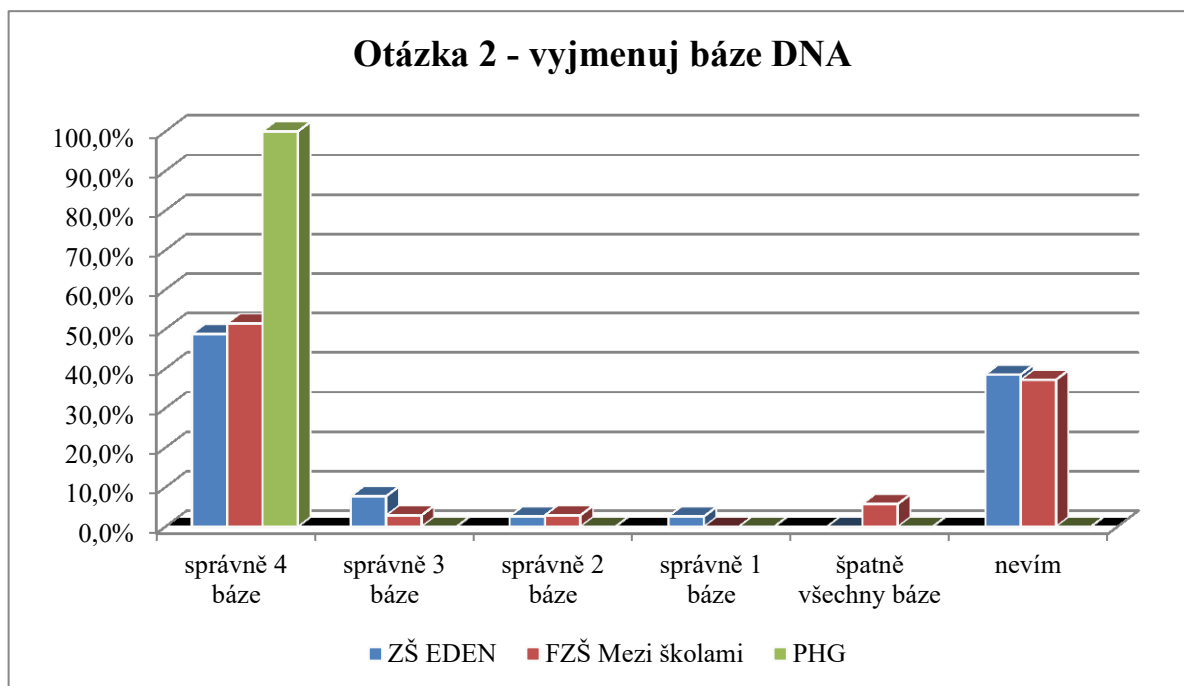
žáci gymnázia v 100% případů, jak ukazují grafy (Graf 14 a Graf 15). Ze statistického zpracování výsledků vyplynulo, že tento rozdíl je statisticky významný ( $p < 0,001$ ). Také zde se neprojevil vliv učebního stylu vyučujícího na výsledky žáků.

I u této otázky byl testován vliv typu výuky na výsledky žáků. I v tomto případě vyšla závislost typu výuky na výsledcích statisticky významná (t-test;  $p < 0,001$ ) a to ve prospěch žáků PHG, kteří neprošli navrženým výukovým cyklem a přesto měli lepší výsledky (Graf 16).

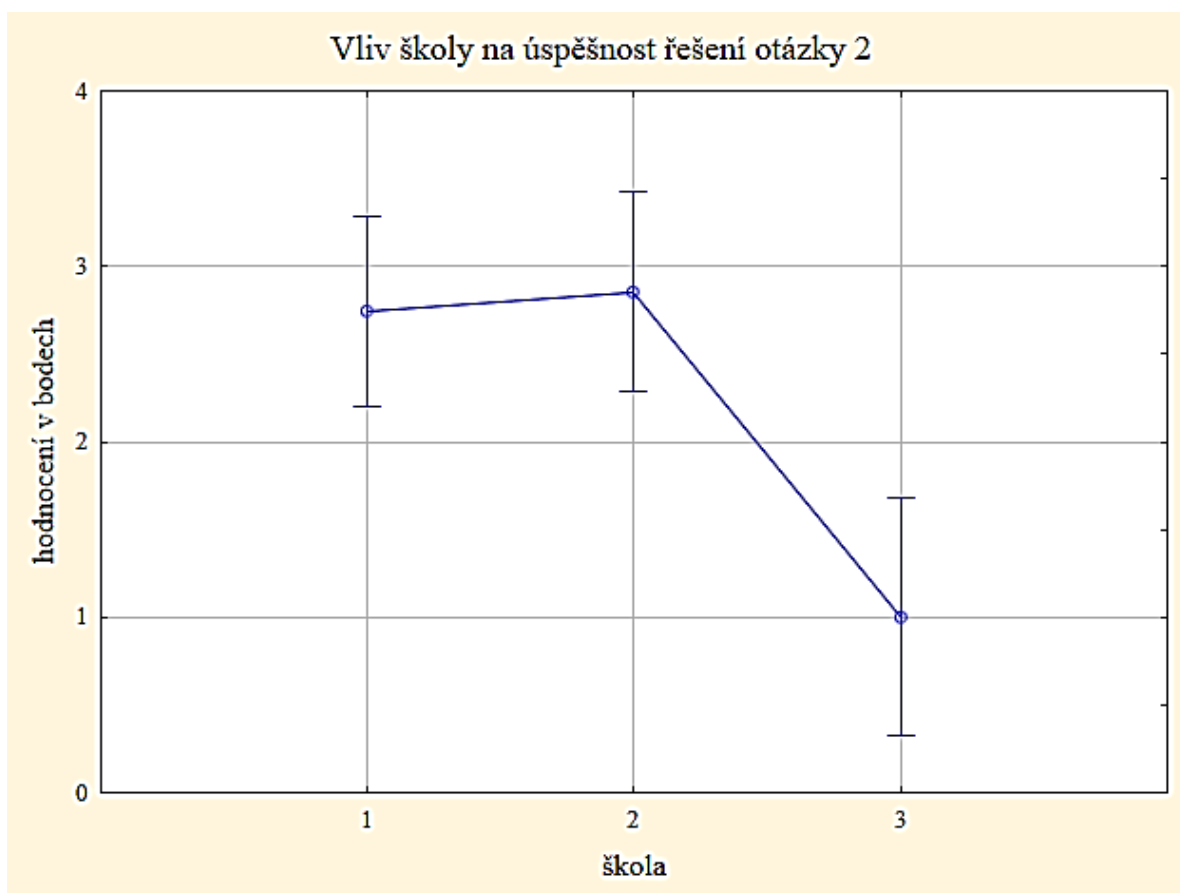


**Graf 13: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 1.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 1. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

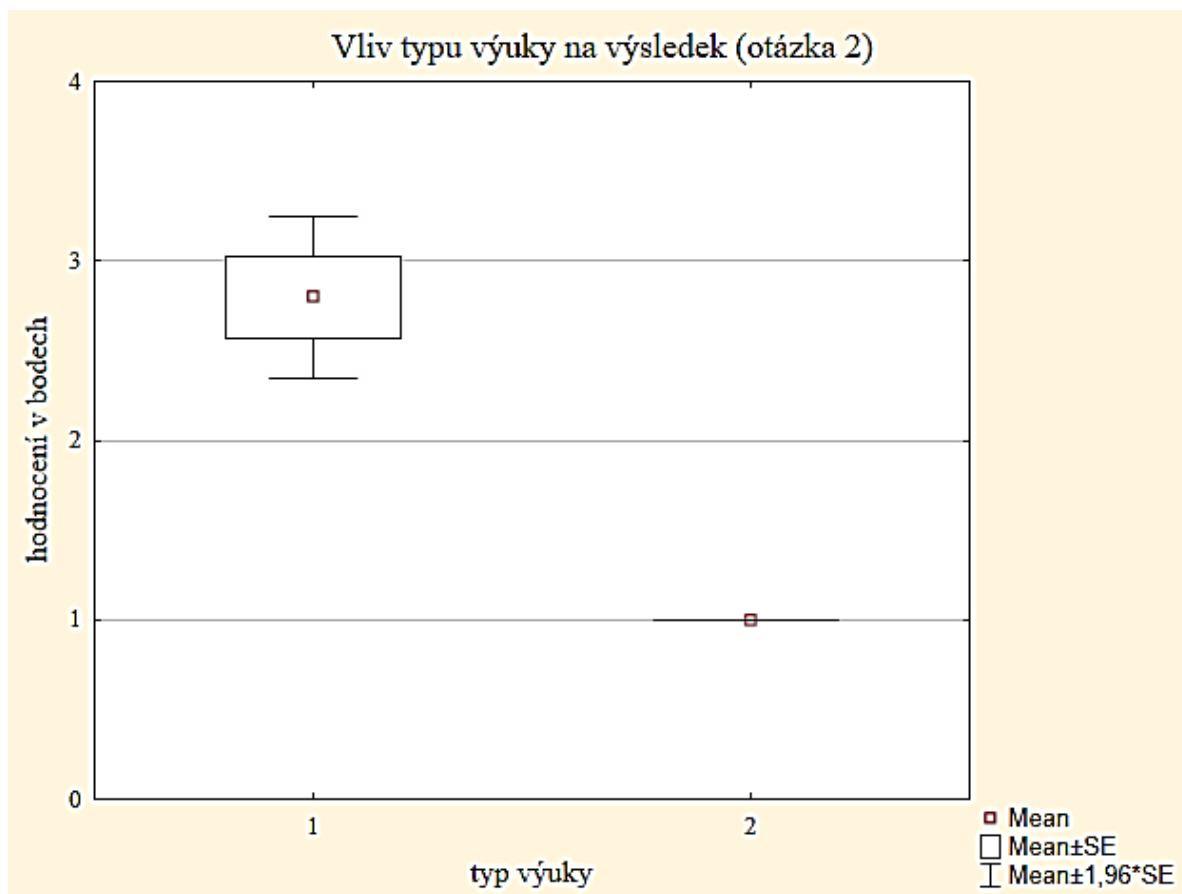




**Graf 14:** Odpovědi na otázku 2, která ověřovala znalost názvu bází DNA.



**Graf 15:** Vliv školy na odpověď na otázku 2. Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 2. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – 4 báze, 2 – 3 báze, 3 – 2 báze, 4 – 1 báze, 5 – „nevím“, 6 – 0 bází správně.



**Graf 16: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 2.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 2. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

### Otázka 3 – Který z bodů je na obrázku špatně?

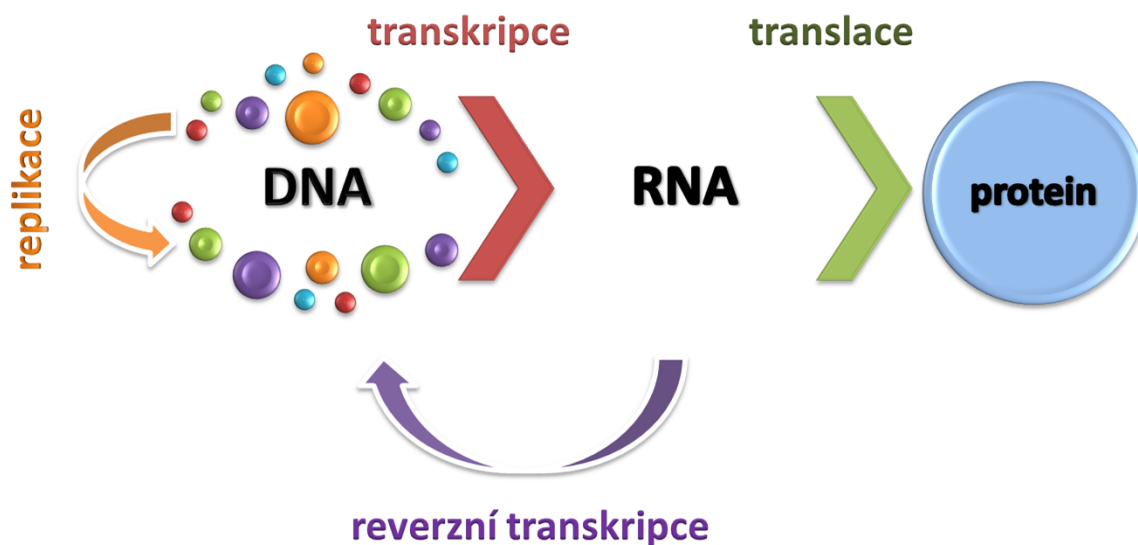
Otázka zaměřená na korekci schématu centrálního dogmatu molekulární biologie, na kterém je špatně bod 2 – translace, správně má být 2 – transkripce (Obrázek 4). Otázka ověřuje schopnost rozpoznat jednotlivé kroky v centrálním dogmatu a zapamatování si správných názvů těchto kroků.

Na tuto otázku odpověděla většina žáků ZŠ Eden a PHG správně. Naopak, jak ukazuje graf (Graf 17), většina žáků FZŠ Mezi školami odpověděla na tuto otázku špatně. Z výsledků statistického zpracování vyplývá (Graf 18), že je statisticky významný rozdíl ve správnosti odpovědí žáků FZŠ Mezi školami vs. PHG a ZŠ Eden vs. FZŠ Mezi školami ( $p < 0,05$ ).

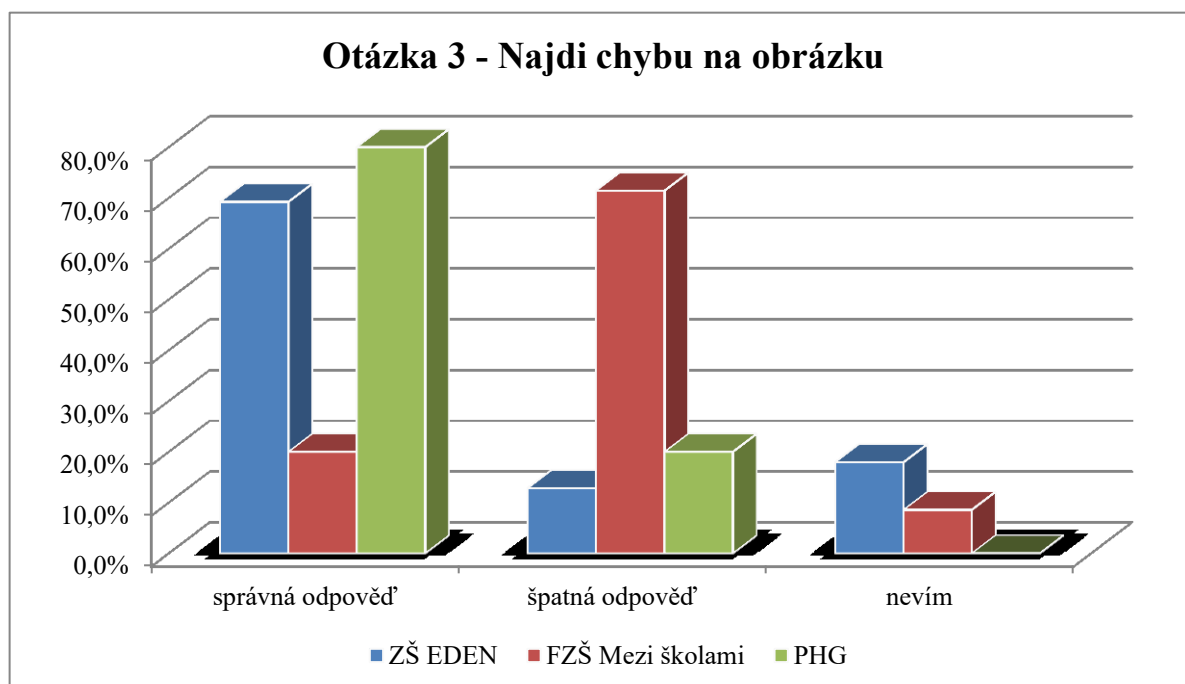
V tabulce jsou uvedeny četnosti jednotlivých špatných odpovědí pro všechny tři školy (Tabulka 2). Je zajímavé si povšimnout, že žáci ZŠ Eden a PHG považovali ve schématu za nesprávně uvedenou translaci a reverzní transkripci, ostatní částí centrálního dogmatu zvládali dobře.

Na rozdíl od žáků FZŠ Mezi školami, kteří chybovali velmi často, a v podstatě z výsledků vyplývá, že nezvládli dostatečně pojmout učivo o centrálním dogmatu molekulární biologie.

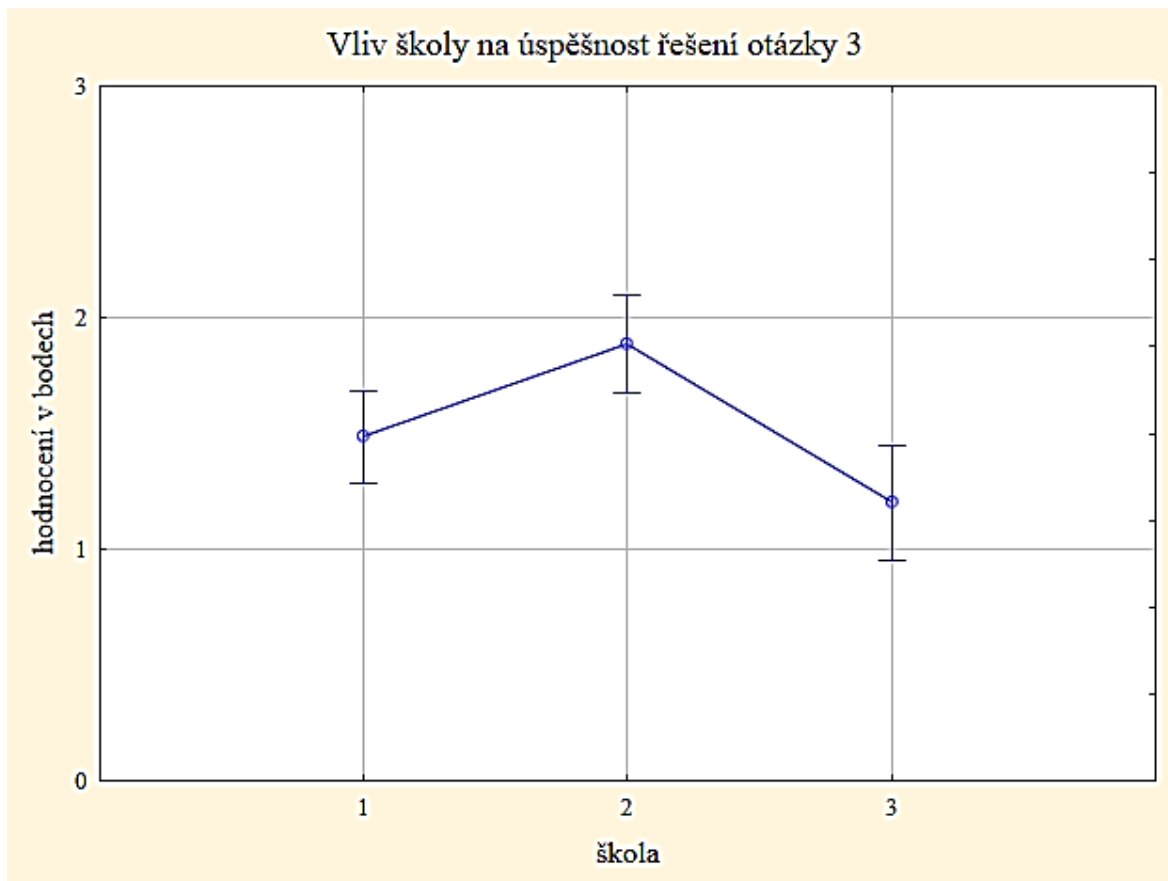
Podle výsledků statistického zpracování je zde možný vliv vyučovacího stylu daného učitele (rozdíl ve výsledcích žáků ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami).



**Obrázek 4:** Zadání testové úlohy číslo 3 - opravení schématu centrálního dogmatu molekulární biologie.



**Graf 17:** Odpovědi na otázku 3 - korekce chyby na obrázku.

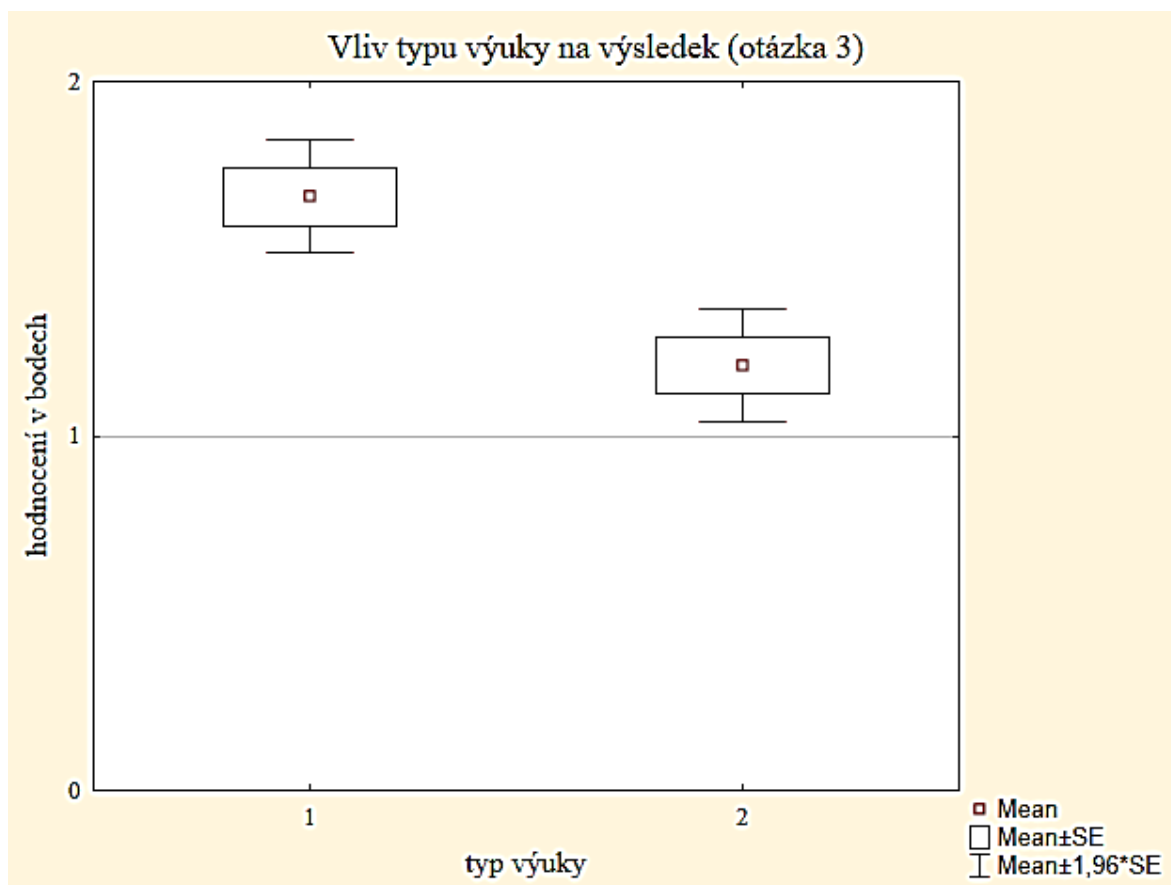


**Graf 18: Vliv školy na odpověď na otázku 3.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 3. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

**Tabulka 2: Četnosti špatných odpovědí k otázce č. 3 pro jednotlivé školy.**

	ZŠ EDEN	FZŠ Mezi školami	PHG
1) replikace	0	4	0
3) DNA	0	4	0
4) translace	4	12	4
5) RNA	0	1	0
6) protein	0	1	0
7) reverzní transkripce	1	3	1

Kromě možného vlivu vyučujícího byl i u této otázky zaznamenán vliv typu výuky na výsledek testu a to statisticky významný (t-test;  $p < 0,001$ ). Opět dosahovali lepších výsledků žáci PHG, kteří neabsolvovali výukový cyklus (Graf 19).



**Graf 19: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 3.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 3. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

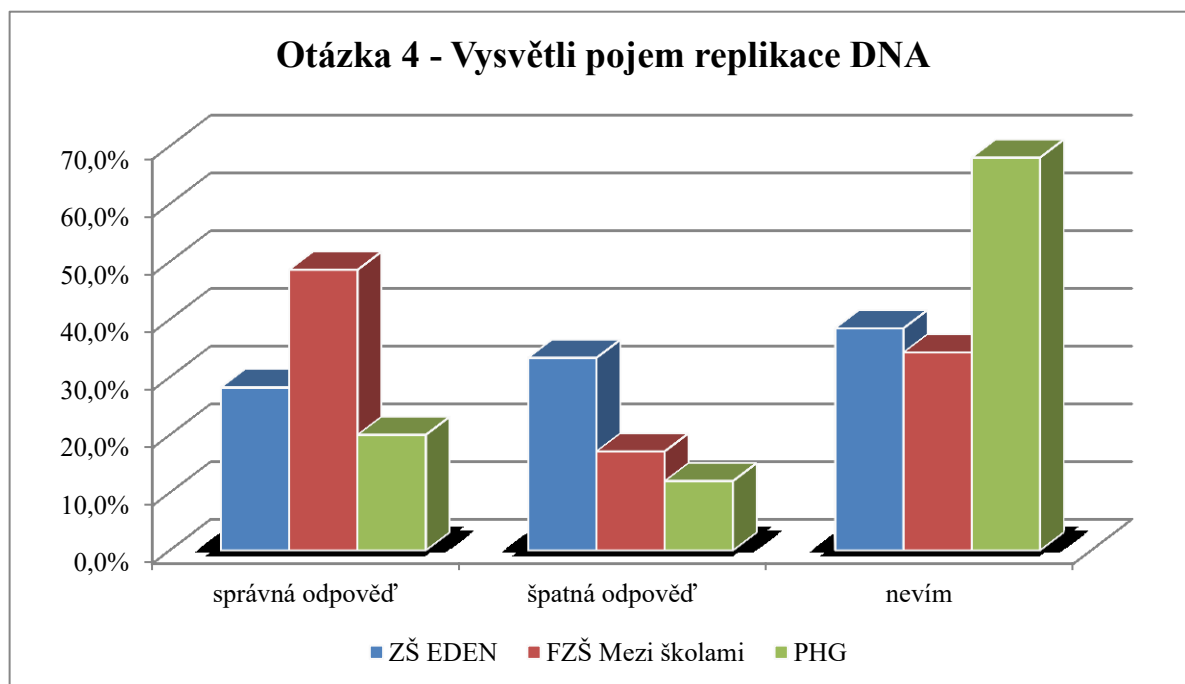
#### **Otázka 4 – Vysvětli pojem replikace DNA:**

Otázka s otevřenou odpovědí, která zjišťovala znalosti žáků týkající se kopírování DNA a jeho principů – od 3' k 5', antiparalelní vlákna, komplementarita, ... (viz prezentace v Příloha 2 – prezentace pro podporu výuky). Pro správné zodpovězení této otázky bylo potřeba, aby žák uvedl alespoň jeden těchto pojmů: kopírování DNA, vznik nové dvoušroubovice DNA podle templátového řetězce, tvorba kopií DNA, nebo jakákoliv individuálně hodnocená formulace, ze které ale jasně vyplývalo, že se jedná o proces kopírování molekuly DNA. Na tuto otázku odpovědělo celkem 33% všech žáků správně, 22% žáků špatně a 45% žáků odpovědělo, že neví. Je důležité zmínit, že nejvíce žáků, kteří odpověděli neví, bylo z PHG (Graf 20), což také vyšlo jako statisticky významné při hodnocení odpovědí (Graf 22). Statisticky významný rozdíl byl pozorován mezi odpověďmi žáků FZŠ Mezi školami vs. PHG ( $p < 0,05$ ).

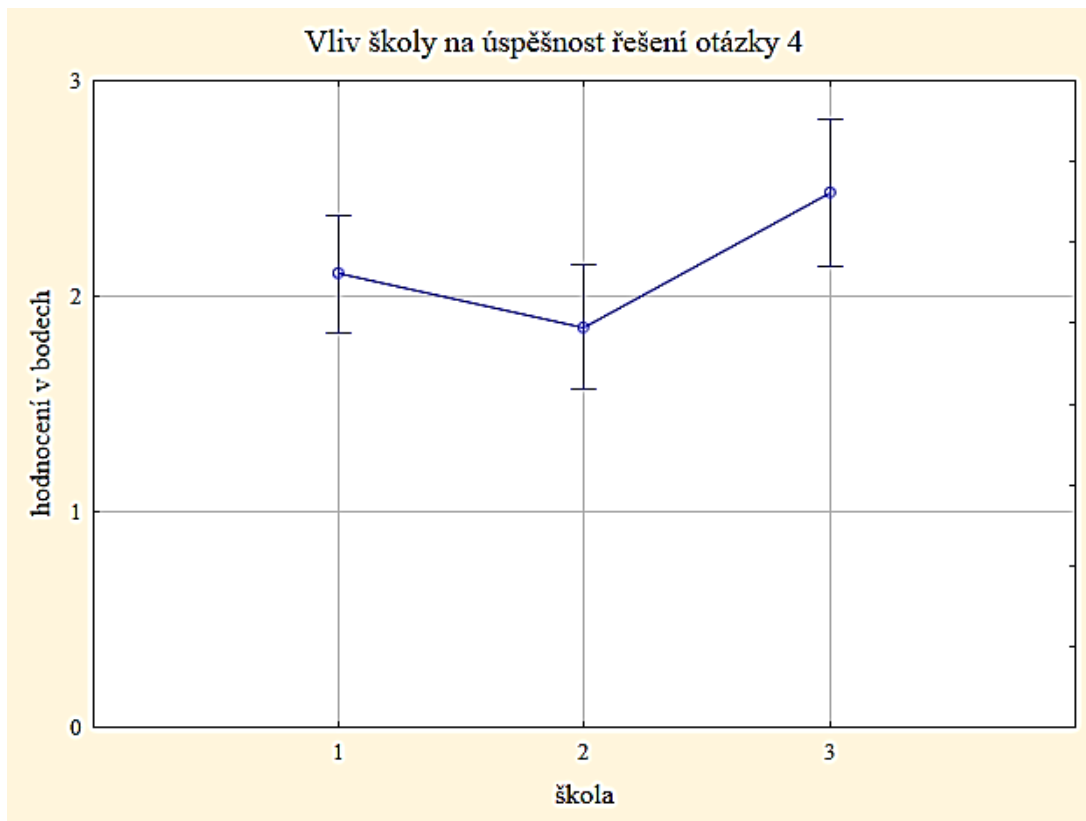
Velkou nevýhodou odpovědí byla jejich přílišná stručnost. Žáci se často omezili jen na jedno nebo dvě slova, která bohužel proces nevystihovala. Také se občas žákům při vyplňování stalo, že si spletli slova – typicky místo molekula DNA použili buňka DNA. Všechny tyto odpovědi byly pak zaznačeny jako nesprávné a bylo s nimi takto dále pracováno.

Ani v tomto případě není pozorován rozdíl mezi učitelskými styly vyučujících ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami.

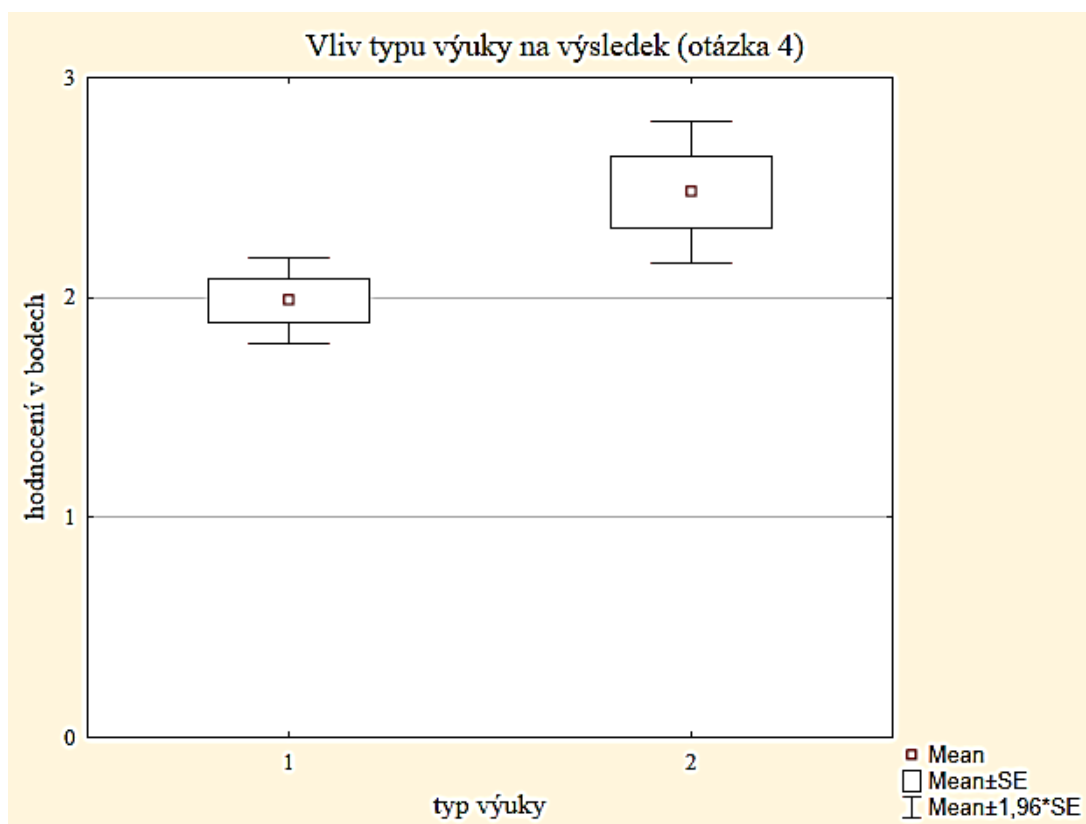
V tomto případě byl opět pozorován statisticky významný rozdíl mezi typem výuky, kterou žáci absolvovali (t-test;  $p < 0,05$ ). Žáci PHG byli statisticky významně horší, než žáci obou základních škol (Graf 21).



**Graf 20: Odpovědi na otázku 4 - znalost procesu replikace DNA.**



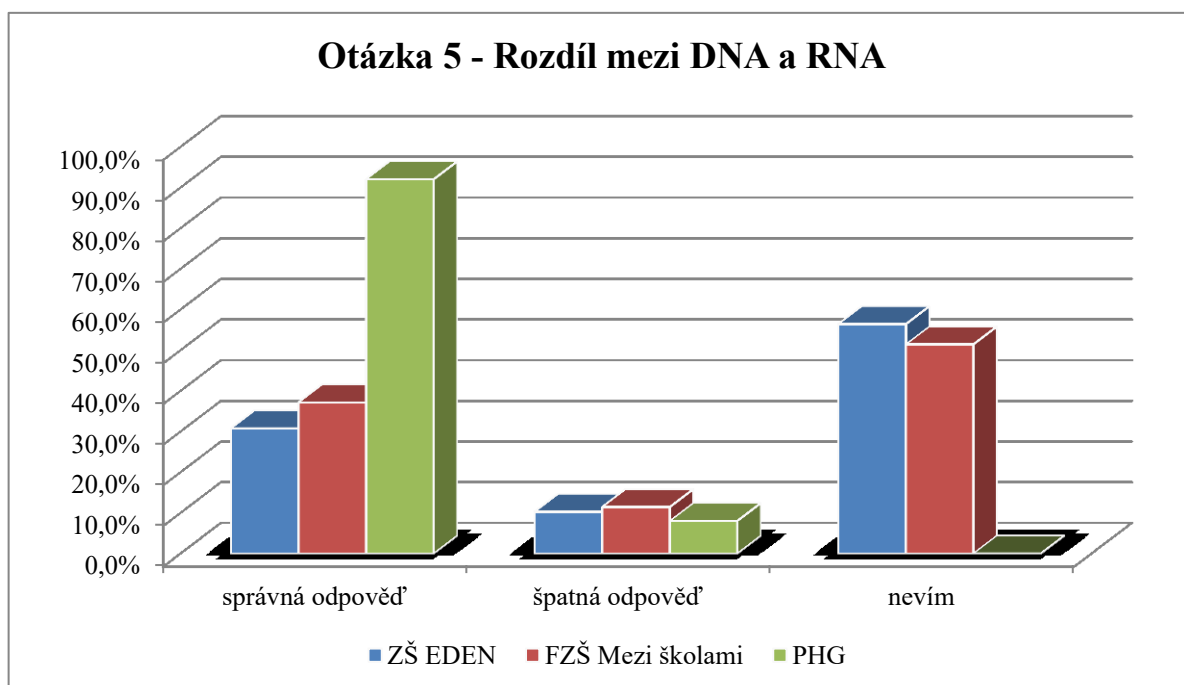
**Graf 22: Vliv školy na odpověď na otázku 4.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 4. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.



**Graf 21: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 4.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 4. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

### Otázka 5 – Jaký je rozdíl mezi molekulami DNA a RNA (alespoň jeden)?

Otázka s otevřenou odpovědí, kterou museli žáci vypsát. Za správnou odpověď byla považována alespoň jedna z následujících: rozdíl v cukerné složce (deoxyribóza vs. ribóza), báze (T v DNA vs. U v RNA) anebo dvoušroubovice (DNA) vs. jedno vlákno (RNA). Nejlépe uměli na tuto otázku odpovědět žáci PHG, kteří většinou znali správnou odpověď. Většina žáků obou základních škol naopak uvedla odpověď nevím (celkem 54%). Výsledky jsou zpracovány do grafu (Graf 23). Výsledky testování ANOVA ukázaly (Graf 24), že je statisticky významný rozdíl mezi výsledky ZŠ Eden vs. PHG a FZŠ Mezi školami vs. PHG ( $p < 0,001$ ).

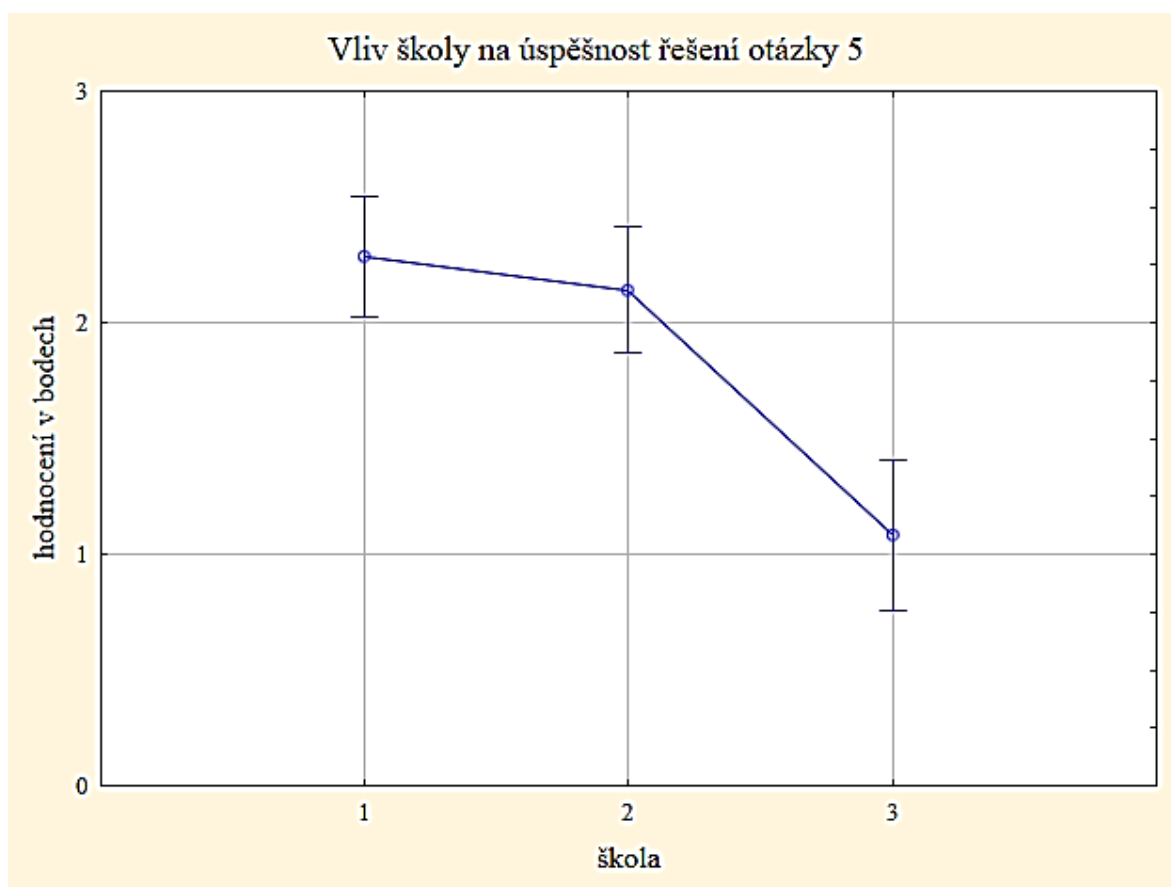


Graf 23: Odpovědi na otázku 5 - znalost alespoň jednoho rozdílu mezi DNA a RNA.

Dále uvádím tabulku s četností správných odpovědí, protože z ní vyplývá, že někteří žáci odpovídali na otázku ne jednou správnou odpovědí, ale uvedli jich více (Tabulka 3). Z tabulky vyplývá, že nejčastěji uváděná správná odpověď je rozdíl mezi bázemi thymin (DNA) a uracil (RNA).

Ani v tomto případě není pozorován rozdíl mezi učebními styly vyučujících ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami.



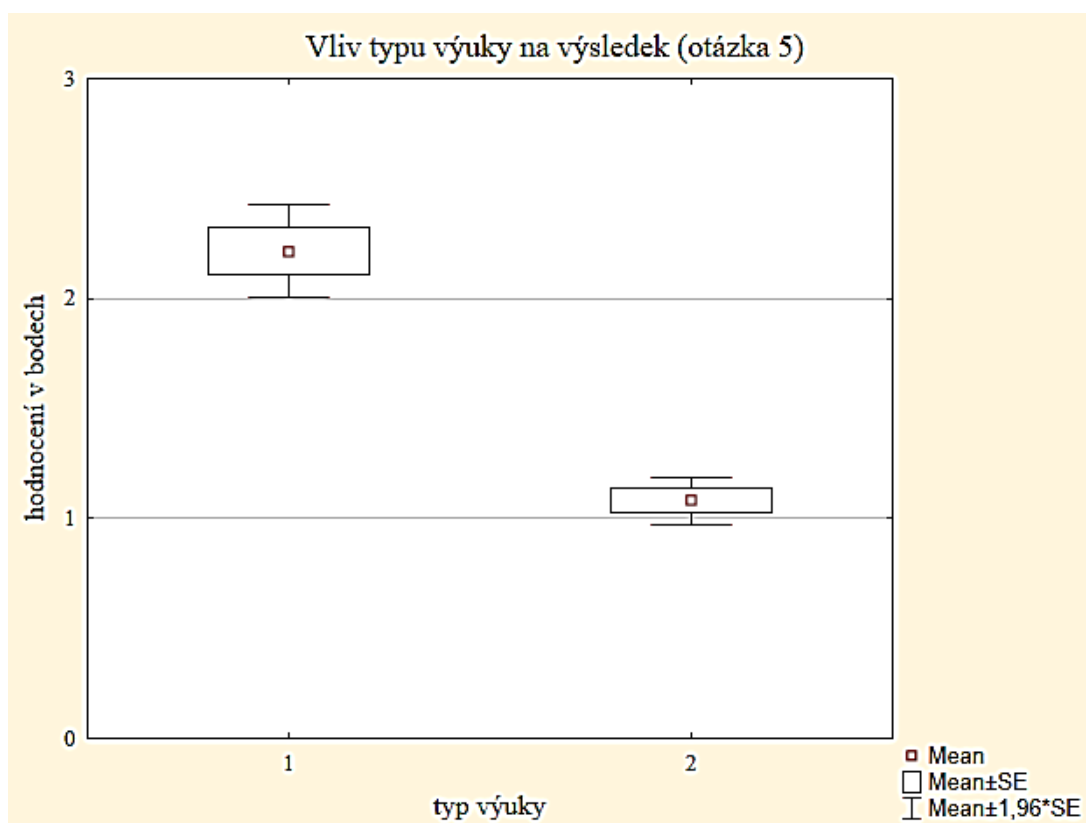


**Graf 24: Vliv školy na odpověď na otázku 5.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 5. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

**Tabulka 3: Správné odpovědi na otázku č. 5.** V tabulce jsou uvedeny všechny správné odpovědi bez ohledu na to, kolik jich jednotliví žáci uvedli. Žáci PHG uváděli častěji více odpovědi, než žáci obou základních škol. Poslední odpověď – název – byla uznána jako správná zejména z toho důvodu, že v zadání otázky nebylo uvedeno, čeho se mají rozdíly týkat.

	celkové výsledky	ZŠ Eden	FZŠ Mezi školami	PHG
báze	41	10	9	22
cukr	6	0	1	5
dvoušroubovice	15	4	2	9
název	1	0	1	0
<b>celkem</b>	<b>63</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>36</b>

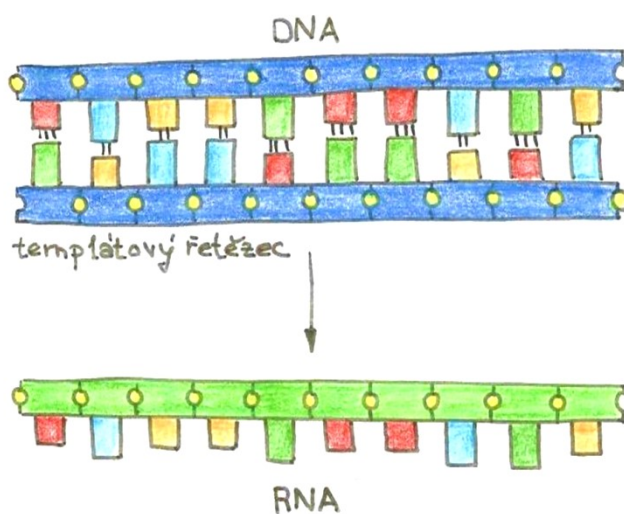
Po statistickém zpracování byl pozorován statisticky významný vliv typu výuky na výsledek otázky č. 5 (t-test;  $p < 0,001$ ). I v tomto případě byli úspěšnější žáci, kteří neabsolvovali výukový cyklus (Graf 25).



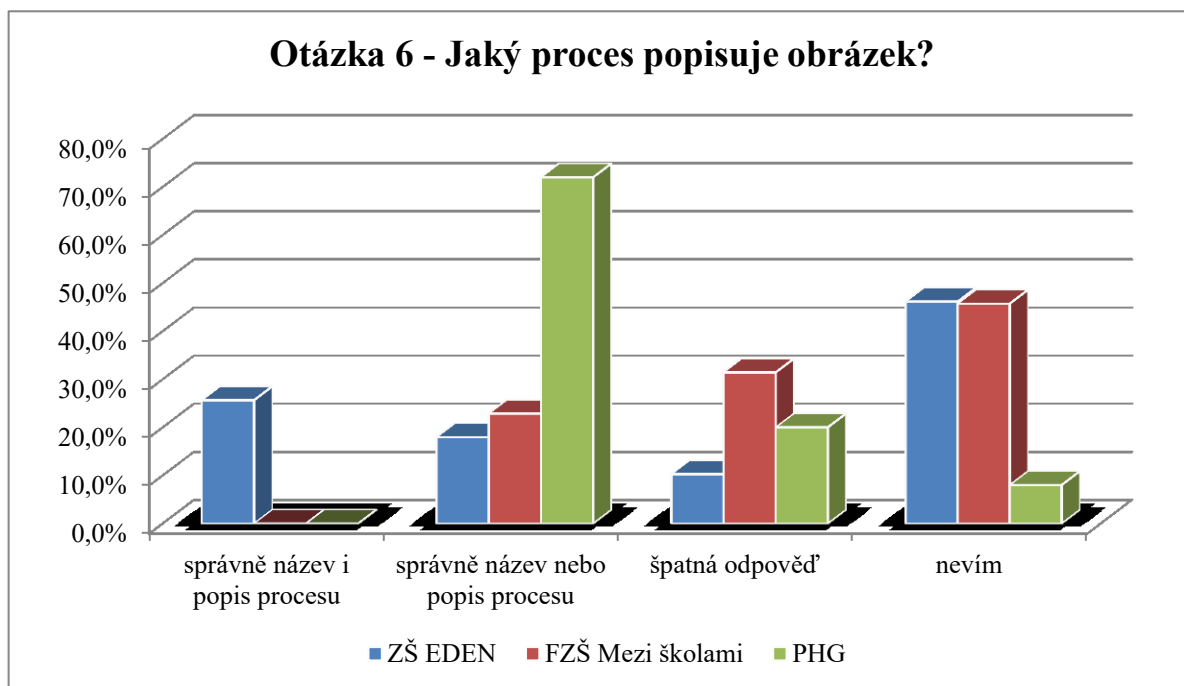
**Graf 25: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 5.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 5. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

### Otázka 6 – Jaký proces popisuje obrázek? Stručně jej vysvětli.

Otázka s otevřenou odpovědí, která se týkala obrázku popisujícího transkripci (Obrázek 5). Zcela správná odpověď byla taková, která obsahoval jak název procesu (transkripce), tak jeho stručný popis (podle jedné části molekuly DNA vznikne molekula RNA) nebo jakákoliv formulace odpovídající tomuto procesu. Tato otázka dělala problémy pouze 20% všech žáků (Graf 26). Bohužel, celkem 36% všech žáků uvedlo, že neví odpověď na tuto



Obrázek 5: Zadání k testové úloze č. 5.

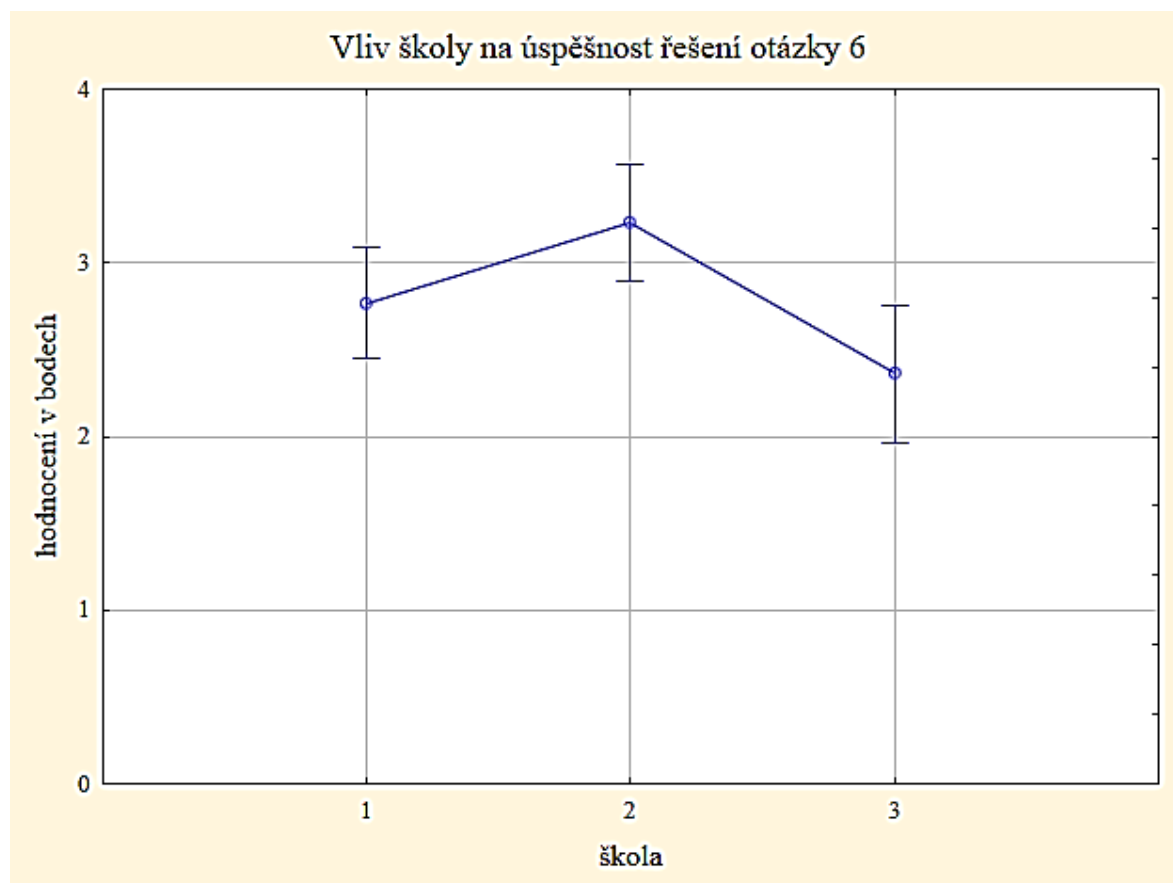


Graf 26: Odpovědi na otázku 6 - název a popis procesu na obrázku zobrazujícím transkripci.

otázku. Zcela správně odpovědělo na otázku 10% všech žáků (všichni ze ZŠ Eden). Správně alespoň na jednu část otázky, vesměs pojmenování procesu transkripce, odpovědělo celkem 33% všech žáků (nejčastěji z PHG).

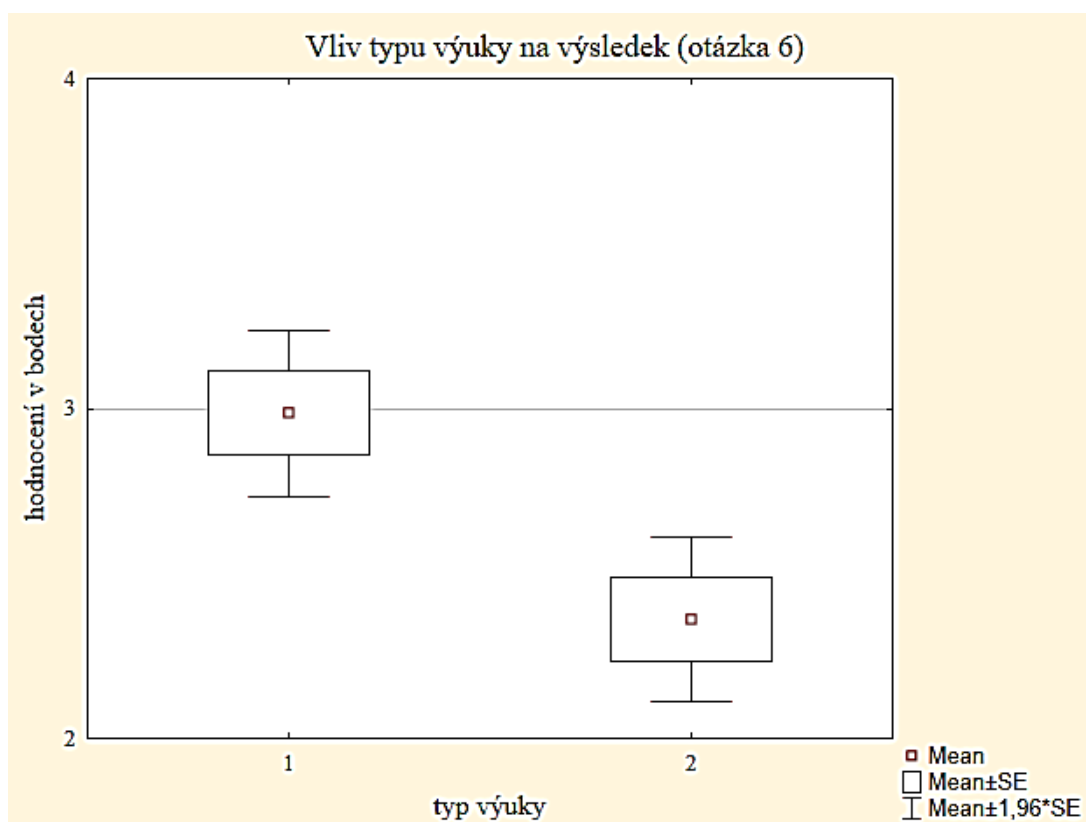
Ze statistického zpracování testem ANOVA vyplývá, že i když 10 žáků ZŠ Eden odpovědělo zcela správně, tak tento výsledek neovlivnil rozdíl mezi touto školou a ostatními dvěma školami. Naopak výsledky žáků PHG, i když neodpověděli na otázku v plném rozsahu, ovlivnili rozdíly mezi FZŠ Mezi školami a právě PHG (Graf 27) a to statisticky významně ( $p < 0,001$ ).

Ani v tomto případě není pozorován rozdíl mezi učitelskými styly vyučujících ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami.



**Graf 27: Vliv školy na odpověď na otázku 6.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 6. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – zcela správná odpověď, 2 – polovina odpovědi správná (transkripce nebo popis procesu), 3 – špatná odpověď, 4 – „nevím“.

Po statistickém zpracování dat týkající se typu výuky a jejím vlivu na správnost odpovědí byl opět zjištěn statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami žáků (t-test;  $p < 0,05$ ). Lepších výsledků opět dosahovali žáci PHG (Graf 28).

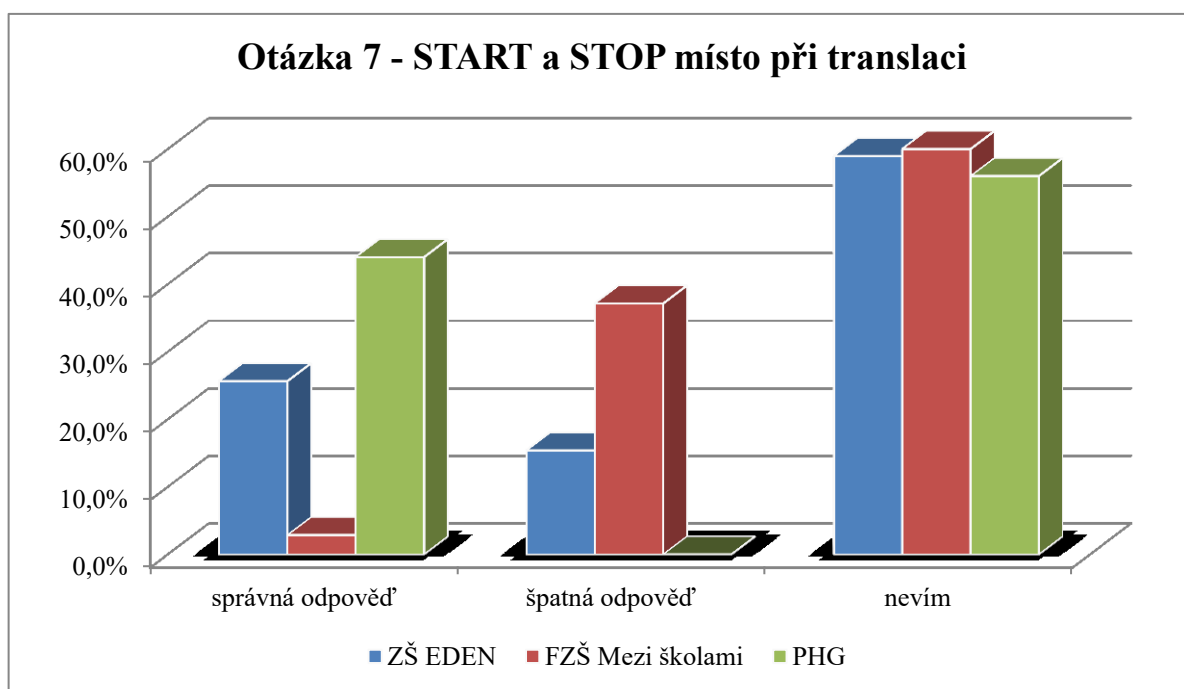


**Graf 28: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 6.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 6. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – zcela správná odpověď, 2 – polovina odpovědi správná (transkripce nebo popis procesu), 3 – špatná odpověď, 4 – „nevím“.

### Otázka 7 – Jak se při translaci pozná, kde začít a kde skončit?

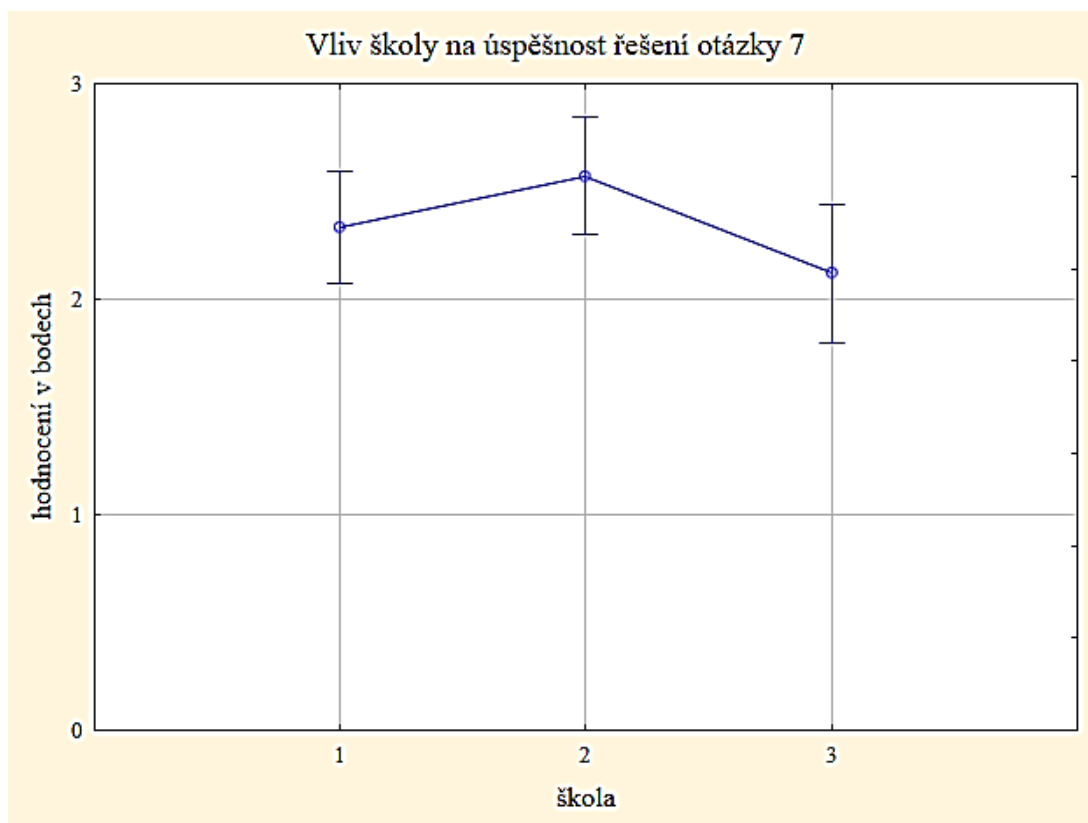
Otázka s otevřenou odpovědí, na kterou bylo možné správně odpovědět více způsoby. Někteří žáci napsali jen START/STOP místo, někteří napsali AUG, jiní podle trojice bází, ... Správné odpovědi byly posuzovány individuálně, nicméně, základem odpovědi měl být počáteční/konečný triplet bází (START/STOP kodon). Správně odpovědělo 22% všech žáků, z toho nejméně správných odpovědí uvedli žáci FZŠ Mezi školami. Nejčastěji uvedli žáci odpověď nevím, konkrétně v téměř 59% případů. Odpovědi nevím byly využity v podstatě vyrovnaným způsobem ve všech třech školách (Graf 29), což potvrdilo statistické zpracování pomocí testu ANOVA hodnotou  $p = 0,081$  (Graf 30).

Ani v tomto případě není pozorován rozdíl mezi učebními styly vyučujících ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami.

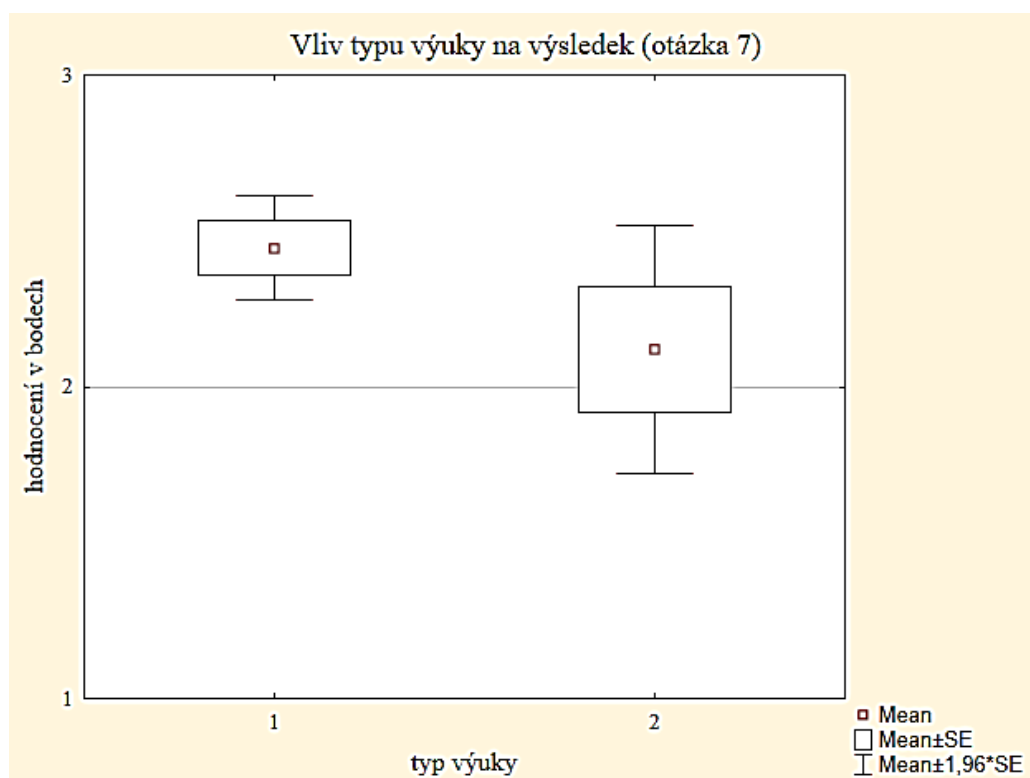


Graf 29: Odpovědi na otázku 7 - rozpoznání místa začátku a konce translace.

Zpracováním výsledků bylo zjištěno, že není statisticky významný rozdíl mezi skupinou žáků, kteří absolvovali navržený výukový cyklus, a skupinou, která jej neabsolvovala (t-test;  $p = 0,088$ ; Graf 31)



**Graf 30: Vliv školy na odpověď na otázku 7.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 7. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.



**Graf 31: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 7.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 7. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

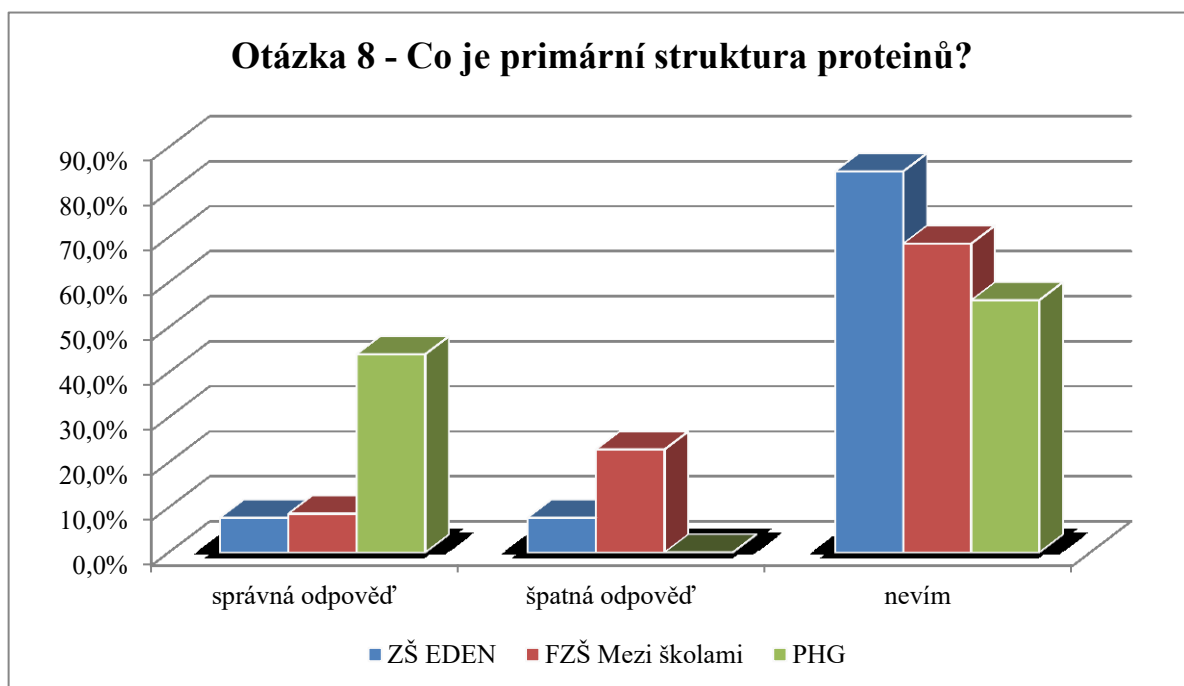
### Otázka 8 – Vysvětlí, co je primární struktura proteinů:

Otázka s otevřenou odpovědí, kdy správnou odpovědí bylo, že primární struktura proteinu je určena pořadím aminokyselin v řetězci proteinu. S touto otázkou měli problém zejména žáci základních škol (pouze 6 žáků obou základních škol odpovědělo správně). Naopak pro žáky gymnázia se nejevila tato otázka jako velký problém (celkem 11 žáků odpovědělo správně, ostatní uvedli odpověď nevím). Výsledky jsou shrnuty do grafu (Graf 32).

Statistickým zpracováním testem ANOVA byl prokázán rozdíl v hodnocení žáky ZŠ Eden vs. PHG a FZŠ Mezi školami vs. PHG a to na hladině  $p < 0,001$  (Graf 34).

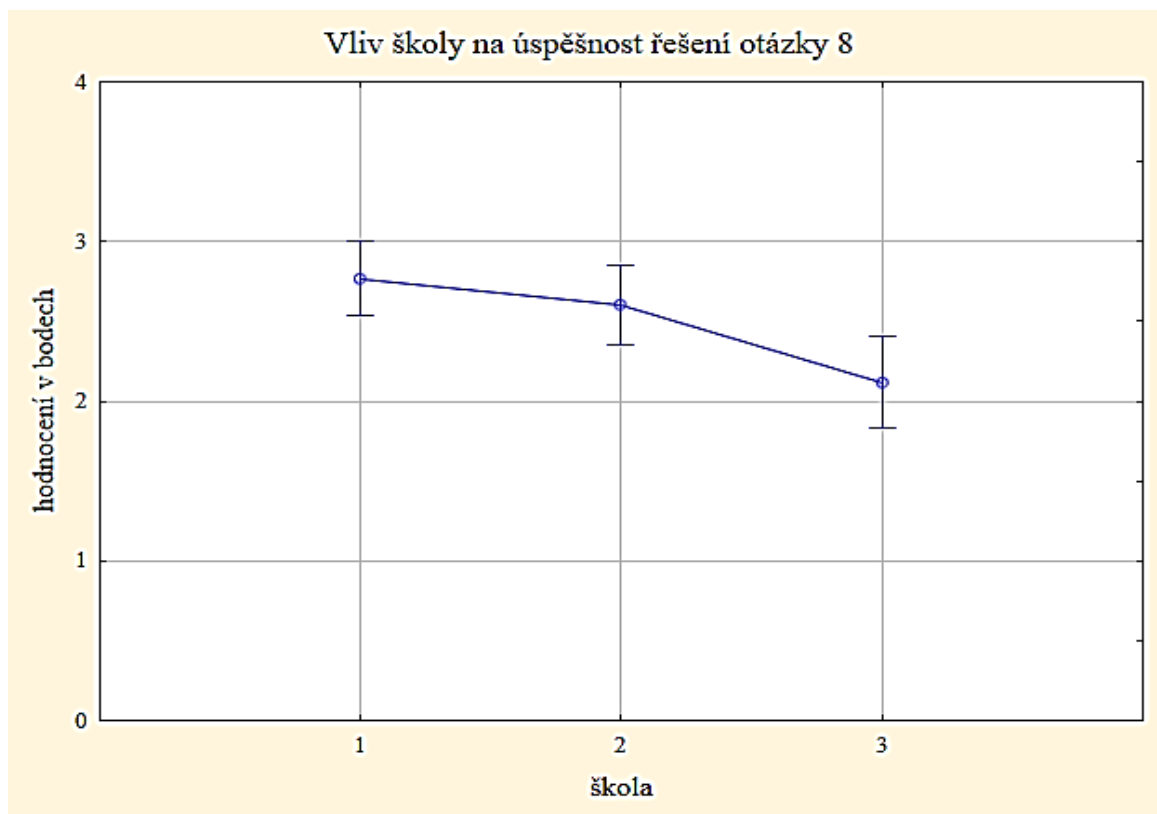
Dále nebyl prokázán vliv vyučovacího stylu učitele na výsledky žáků.

Naopak, byl prokázán vliv typu výuky na výsledné hodnocení této otázky (t-test;  $p < 0,001$ ). Opět měli žáci PHG statisticky výrazně lepší výsledek, než žáci základních škol (Graf 33).

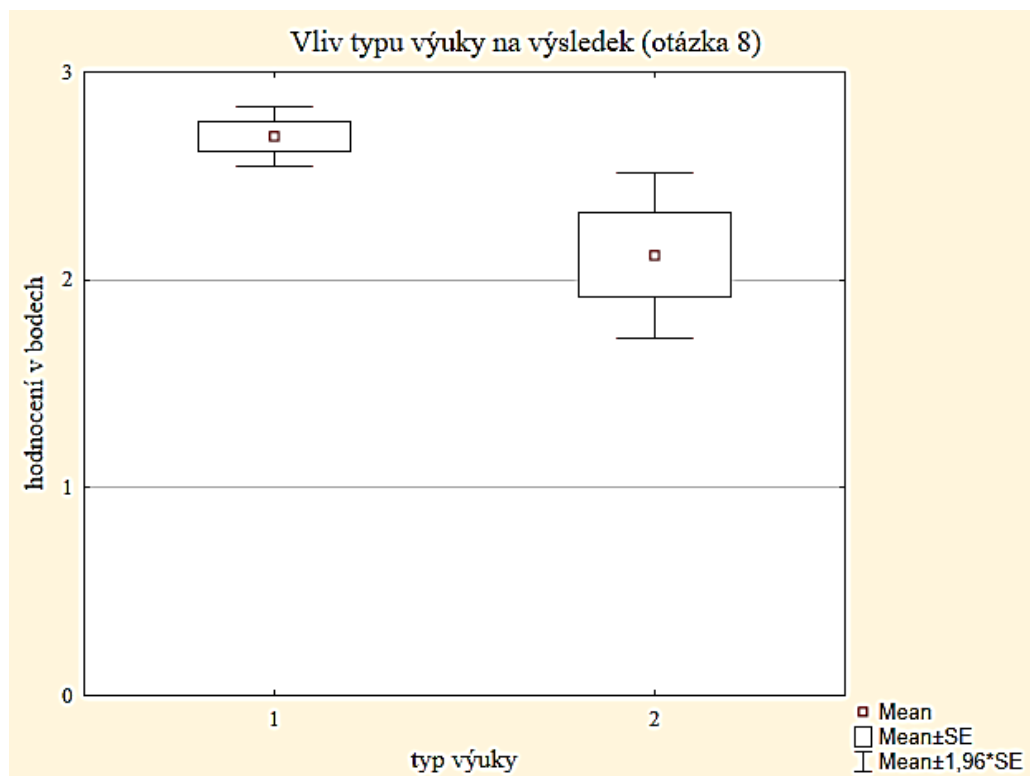


Graf 32: Odpovědi na otázku 8 - primární struktura proteinů.





**Graf 34: Vliv školy na odpověď na otázku 8.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 8. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

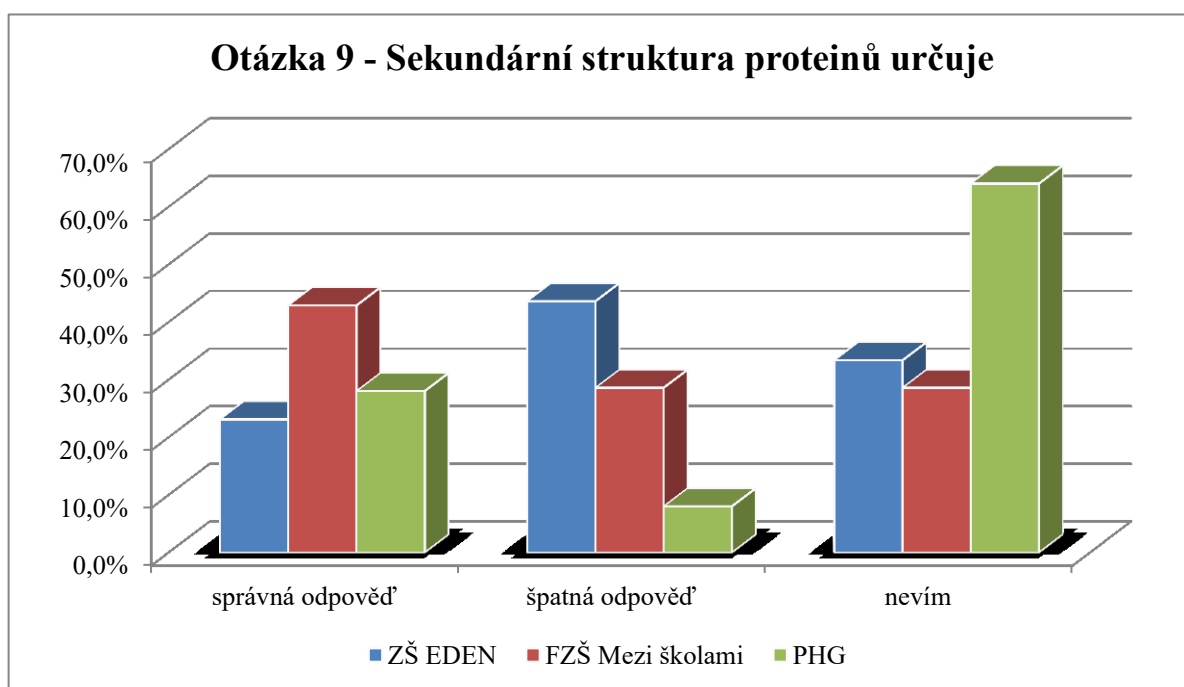


**Graf 33: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 8.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 8. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

### Otázka 9 – Sekundární strukturu proteinů určuje (jedna správná odpověď):

Otázka s možností výběru ze čtyř odpovědí (jedna z nich je varianta nevím) a pouze jednou správnou odpovědí - složení proteinu pomocí vodíkových můstků ( $\alpha$  šroubovice;  $\beta$  list). S touto otázkou měli žáci menší problém, než s předchozí, pravděpodobně zejména proto, že žáci měli možnost výběru. Správně odpovědělo celkem 31% všech žáků, špatně pak 29% žáků. Z výsledků dále vyplývá, že nejhůře si vedli žáci gymnázia (Graf 35), z nichž na tuto otázku neumělo vůbec odpovědět 64% žáků. Četnosti jednotlivých odpovědí jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 4). Dále bylo zjištěno, že typ výuky nemá vliv na znalosti potřebné k odpovědi na otázku číslo 9 (t-test;  $p = 0,054$ ). Žáci, kteří absolvovali navrhovaný výukový cyklus, byli stejně úspěšní jako žáci, kteří jej neabsolvovali (Graf 37).

Statistickým zpracováním nebyly prokázány žádné rozdíly mezi žáky jednotlivých škol (Graf 36;  $p = 0,096$ ). Stejně tak nebyl prokázán vliv vyučujícího na výsledky žáků.

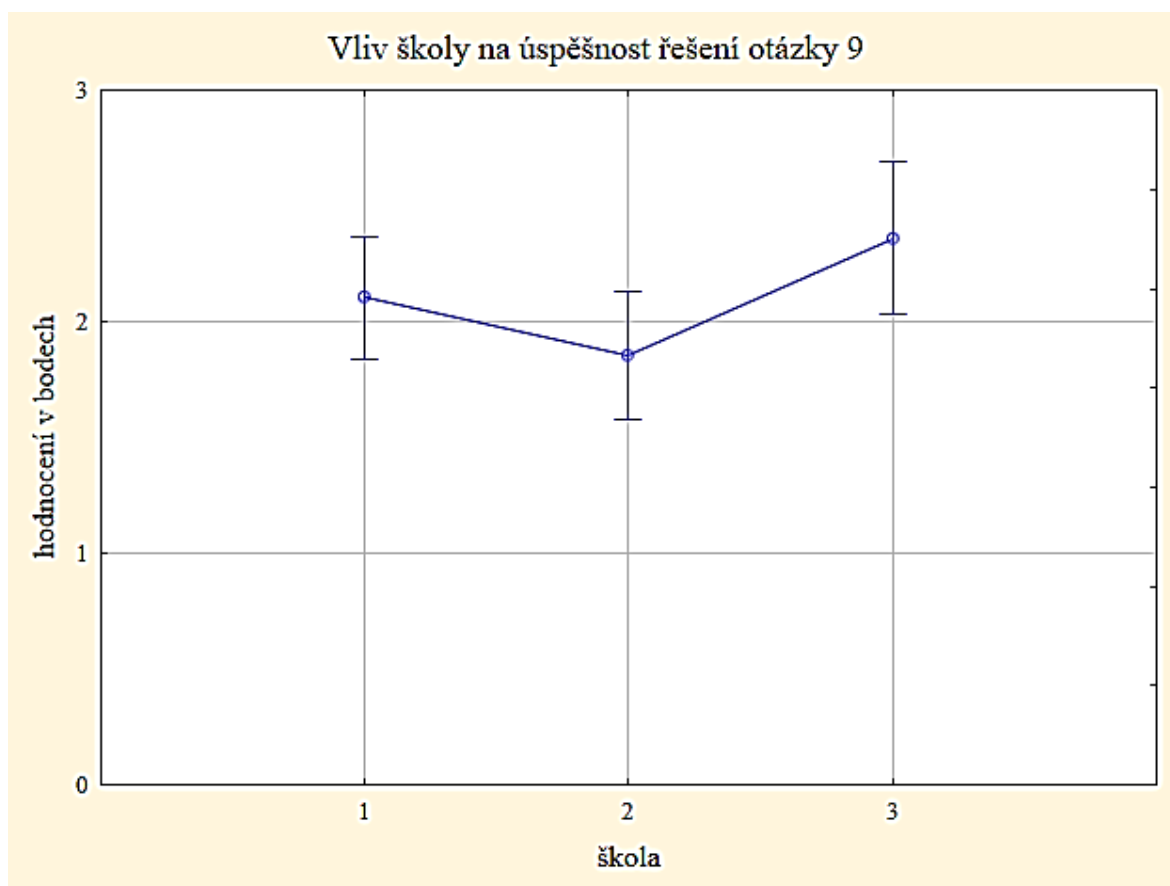


Graf 35: Odpovědi na otázku 9 - sekundární struktura proteinů.

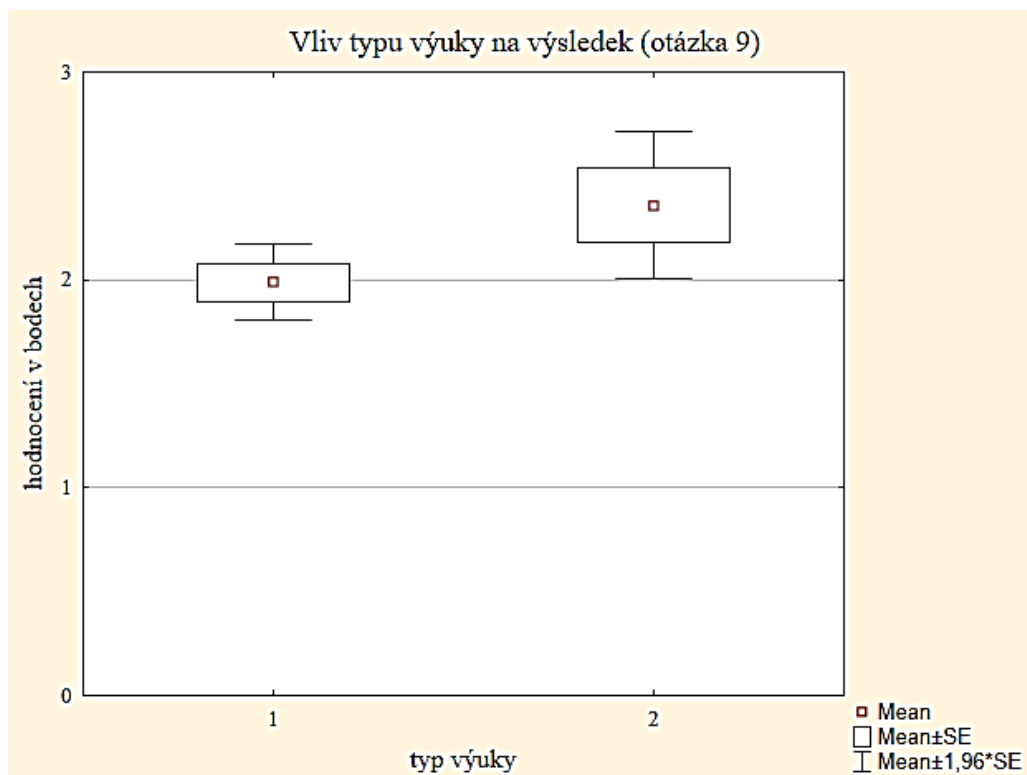
Dále bylo zjištěno, že typ výuky nemá vliv na znalosti potřebné k odpovědi na otázku číslo 9 (t-test;  $p = 0,054$ ). Žáci, kteří absolvovali navrhovaný výukový cyklus, byli stejně úspěšní jako žáci, kteří jej neabsolvovali (Graf 37).

Tabulka 4: Četnosti odpovědí na otázku 4 – Sekundární strukturu proteinů určuje.

	celkem	ZŠ EDEN	FZŠ Mezi školami	PHG
a) pořadí aminokyselin v řetězci proteinu	23	15	6	2
b) složení proteinu pomocí vodíkových můstků ( $\alpha$ šroubovice; $\beta$ list)	31	9	15	7
c) vliv okolí proteinu	6	2	4	0
d) nevím	39	13	10	16
	<b>99</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>25</b>



Graf 36: Vliv školy na odpověď na otázku 9. Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 9. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

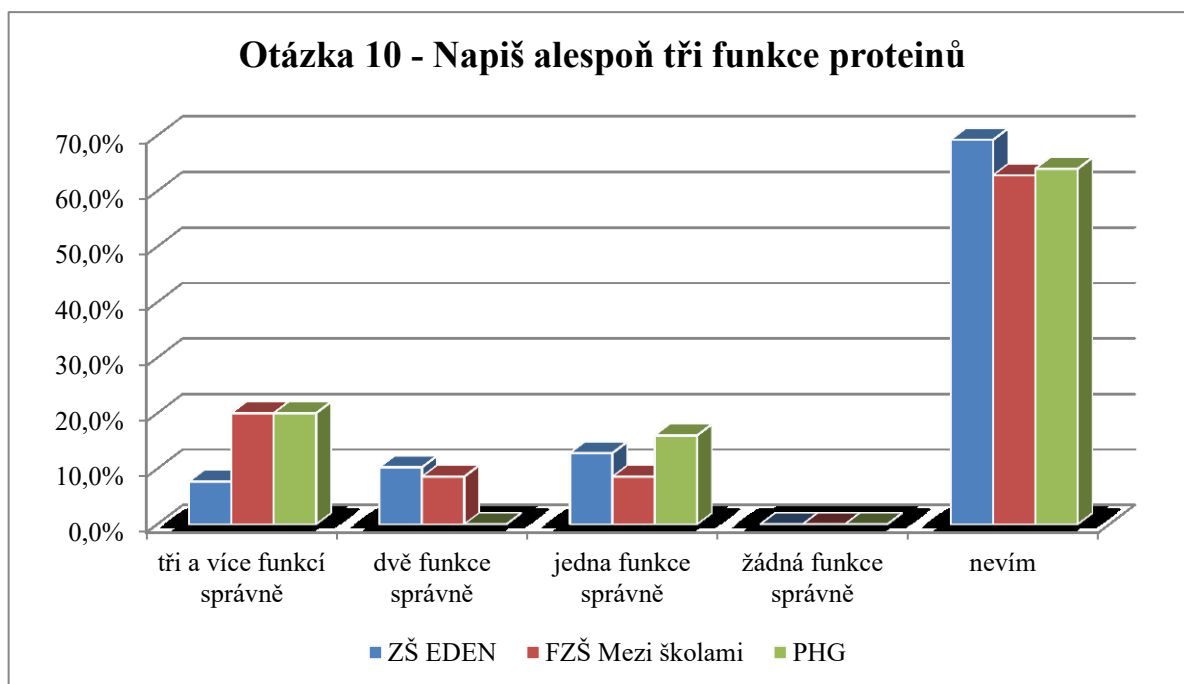


**Graf 37: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 9.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 9. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – správná odpověď, 2 – špatná odpověď, 3 – „nevím“.

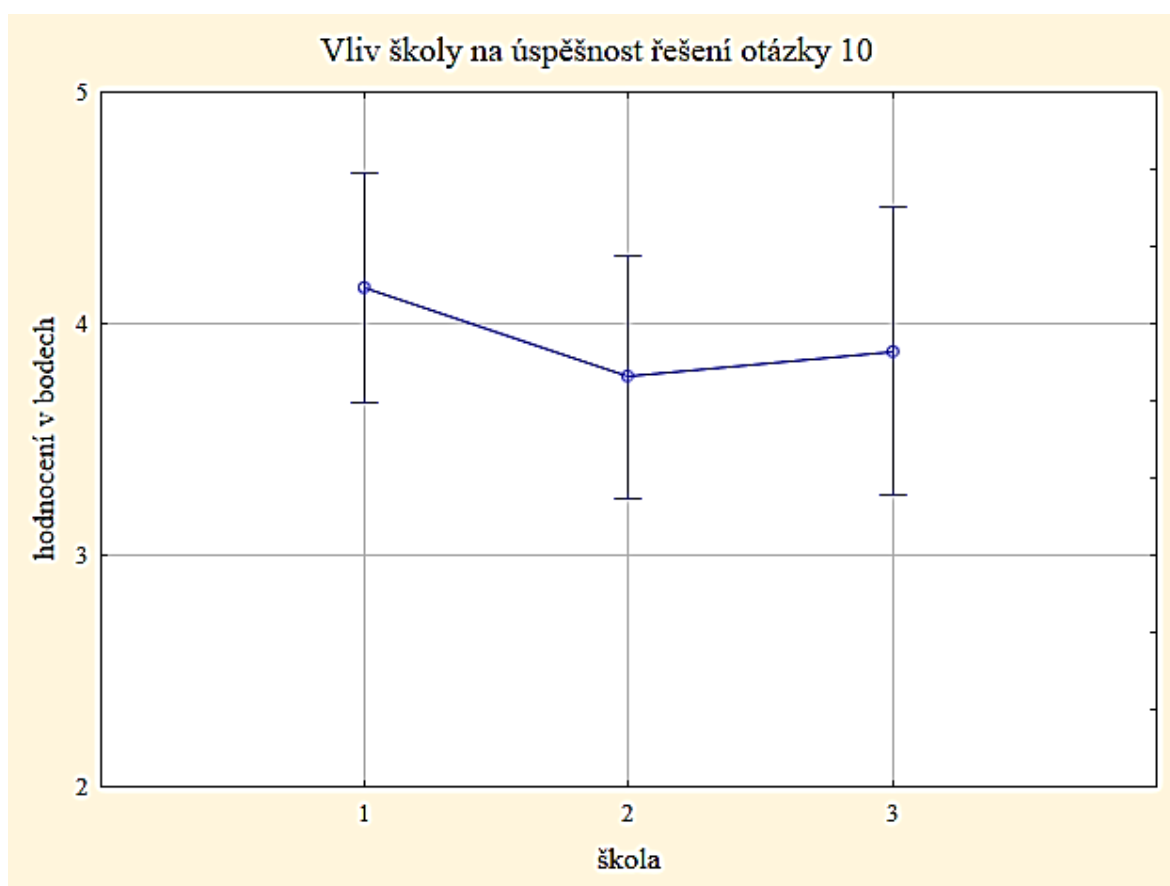
### Otázka 10 – Napiš alespoň tři funkce proteinů:

Otázka s otevřenou odpovědí. Zcela správná odpověď musela obsahovat tři z těchto odpovědí: enzymy, strukturní proteiny, transportní proteiny, pohybové proteiny, zásobní proteiny, signální proteiny, receptorové proteiny, regulační proteiny, proteiny se zvláštním posláním. S touto otázkou měli podle výsledků (Graf 39) žáci velmi velký problém a to na všech třech školách. V naprosté většině případů odpověděli nevím (celkem v 64%). Naopak, pokud již žáci odpověděli, tak vždy uvedli správnou odpověď. Pravděpodobně vzhledem k velkému počtu odpovědí nevím nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl v hodnocení žáků mezi jednotlivými školami (Graf 38;  $p = 0,541$ ). Stejně tak nebyl prokázán vliv vyučujícího na výsledky žáků.

Další otázky byly položeny jen žákům základních škol, protože žáci gymnázia neprošli výukovým cyklem a nemohli ho tudíž hodnotit.

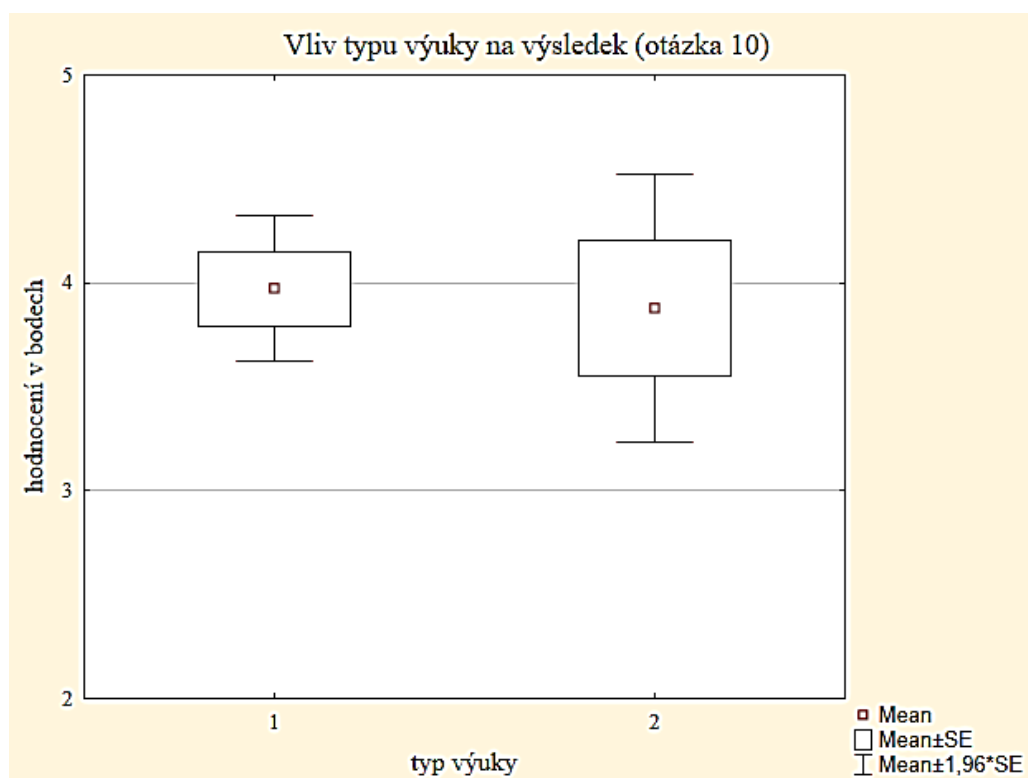


Graf 39: Odpovědi na otázku 10 - funkce proteinů.



Graf 38: Vliv školy na odpověď na otázku 10. Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) vlivu školy na výsledek otázky č. 10. Škola 1 je ZŠ Eden, škola 2 FZŠ Mezi školami a škola 3 PHG. Hodnocení 1 – 3 správné odpovědi, 2 – 2 správné odpovědi, 3 – 1 správná odpověď, 4 – špatná odpověď, 5 – „nevím“.

Stejně jako nebyl zjištěn rozdíl mezi školami, nebyl zjištěn ani vliv typu výuky (t-test;  $p = 0,054$ ; Graf 40).

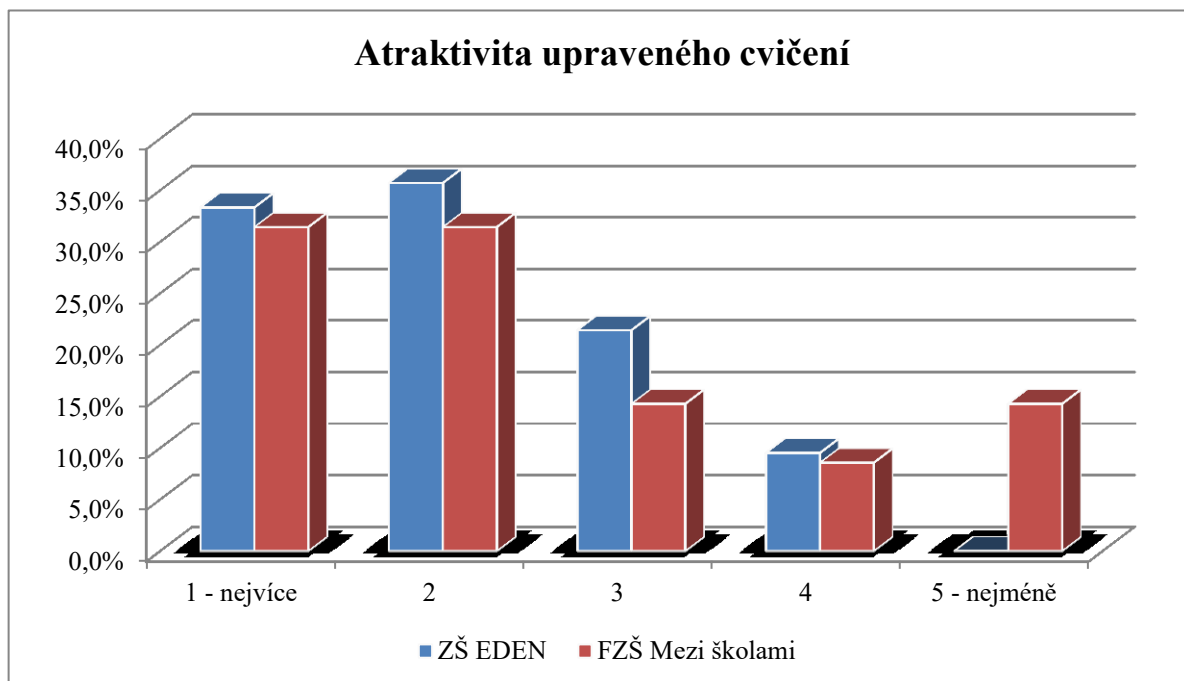


**Graf 40: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 10.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu výuky na výsledek otázky č. 10. Typ výuky 1 je navržený výukový cyklus, typ 2 jsou žáci, kteří prošli „normální“ výukou. Hodnocení 1 – 3 správné odpovědi, 2 – 2 správné odpovědi, 3 – 1 správná odpověď, 4 – špatná odpověď, 5 – „nevím“.

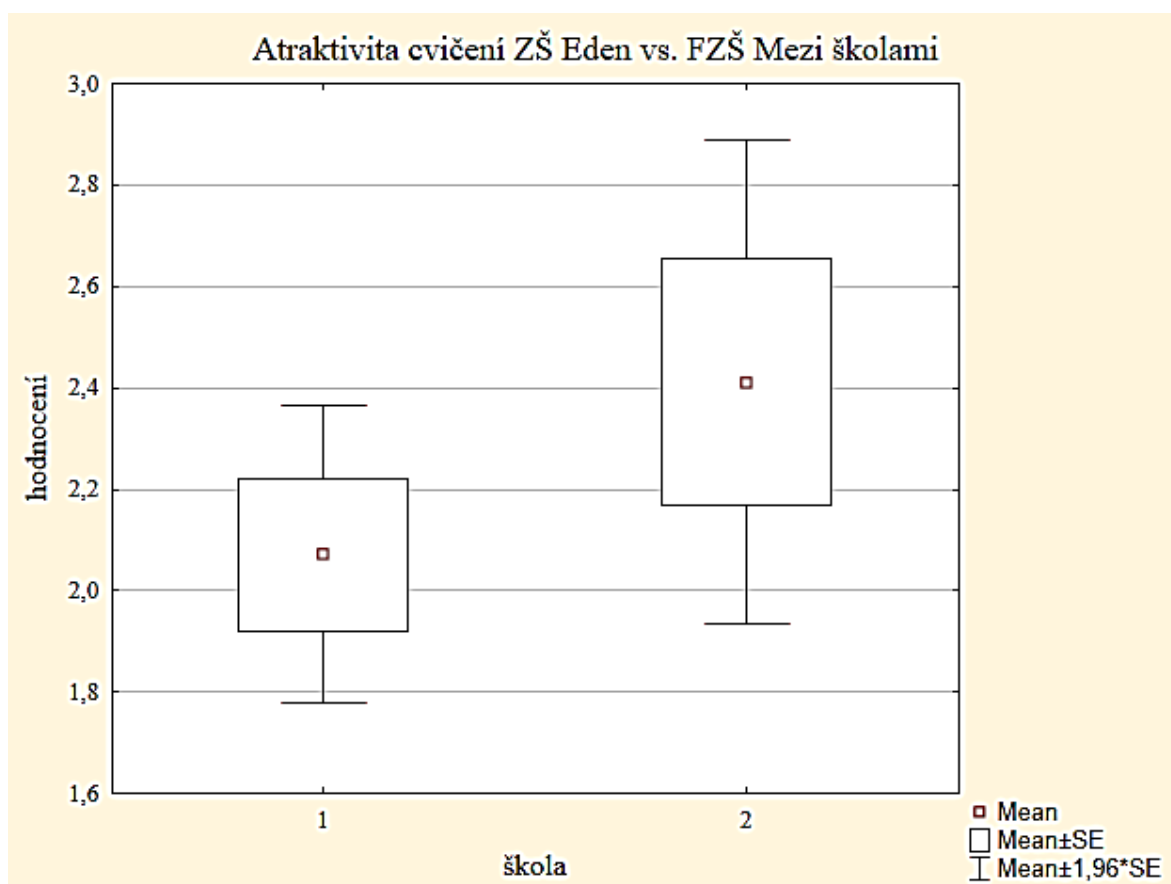
### Otázka 11 – Jak se Ti líbily aktivity, při kterých jste pracovali s korálky?

Na tuto otázku žáci odpovídali vyznačením své odpovědi na Likertově škále 1-5 (1 nejlepší, 5 nejhorší). Cílem bylo opět zjistit, zda je cvičení pro žáky atraktivní a následně zároveň porovnat výsledky s pilotní studií.

Z hodnocení upraveného výukového cyklu vyplývá, že 51 žáků základních škol hodnotí výukový cyklus kladně a zároveň pouze 5 žáků jej hodnotí jednoznačně záporně (Graf 41). Zároveň nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v hodnocení atraktivnosti cvičení mezi žáky ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami (Graf 42;  $p = 0,220$ ). Z toho vyplývá, že cvičení je stejně atraktivní pro všechny žáky bez ohledu na styl učitele.

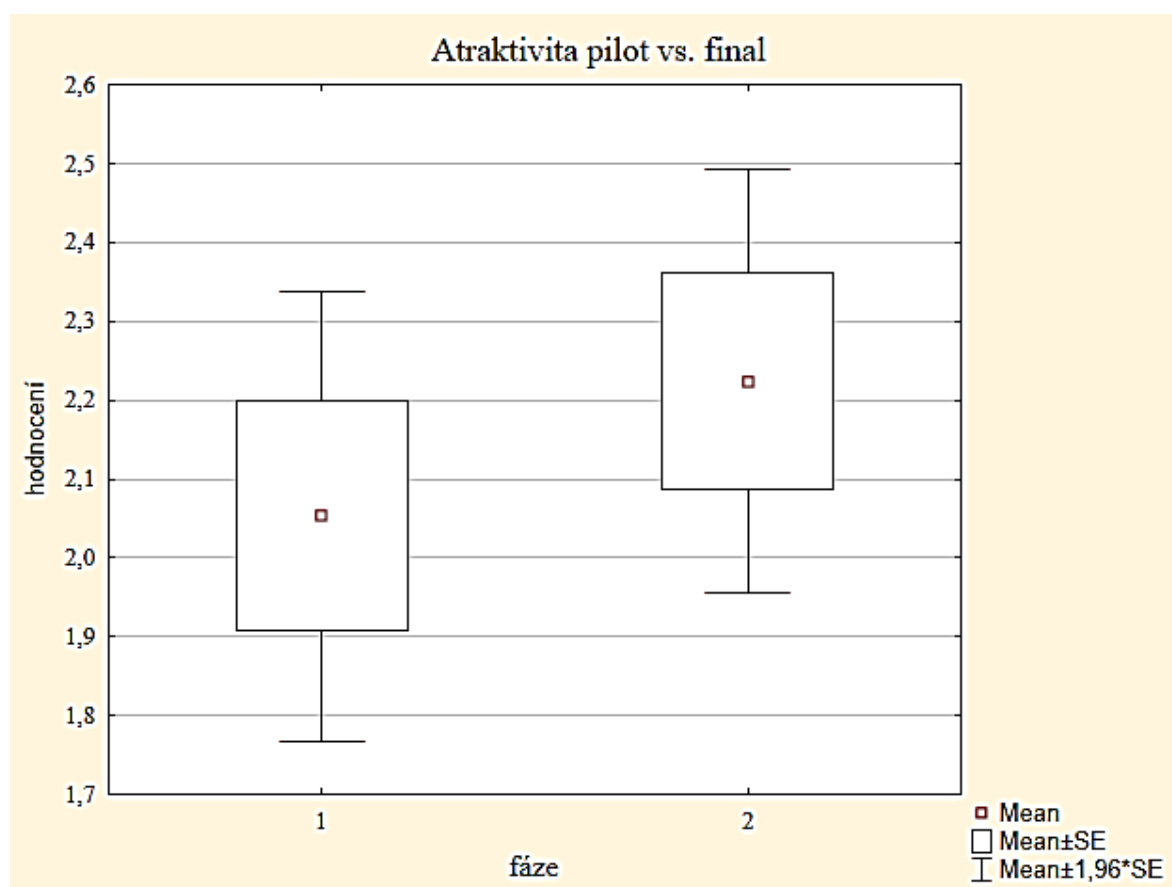


**Graf 41: Atraktivita upraveného cvičení očima žáků.**



**Graf 42: Hodnocení atraktivity výukového cyklu.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) vlivu školy na výsledek otázky č. 11. Škola 1 je ZŠ Eden a škola 2 FZŠ Mezi školami;  $p = 0,220$ .

U této otázky jsem považoval za zajímavé zjistit, zda se od sebe statisticky významně liší hodnocení žáků pilotní studie a finální verze výukového cyklu. Pro hodnocení jsem použil t-test a hodnocení od žáků z finální verze cyklu jsem sloučil dohromady (ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami). Z výsledků analýzy vyplynulo, že sice žáci hodnotili finální jako méně atraktivní, ale toto nebylo statisticky prokázáno (Graf 43;  $p = 0,438$ ). I zde daný stav vypovídá o atraktivitě cvičení bez vlivu vyučovacího stylu nebo osobnosti učitele.

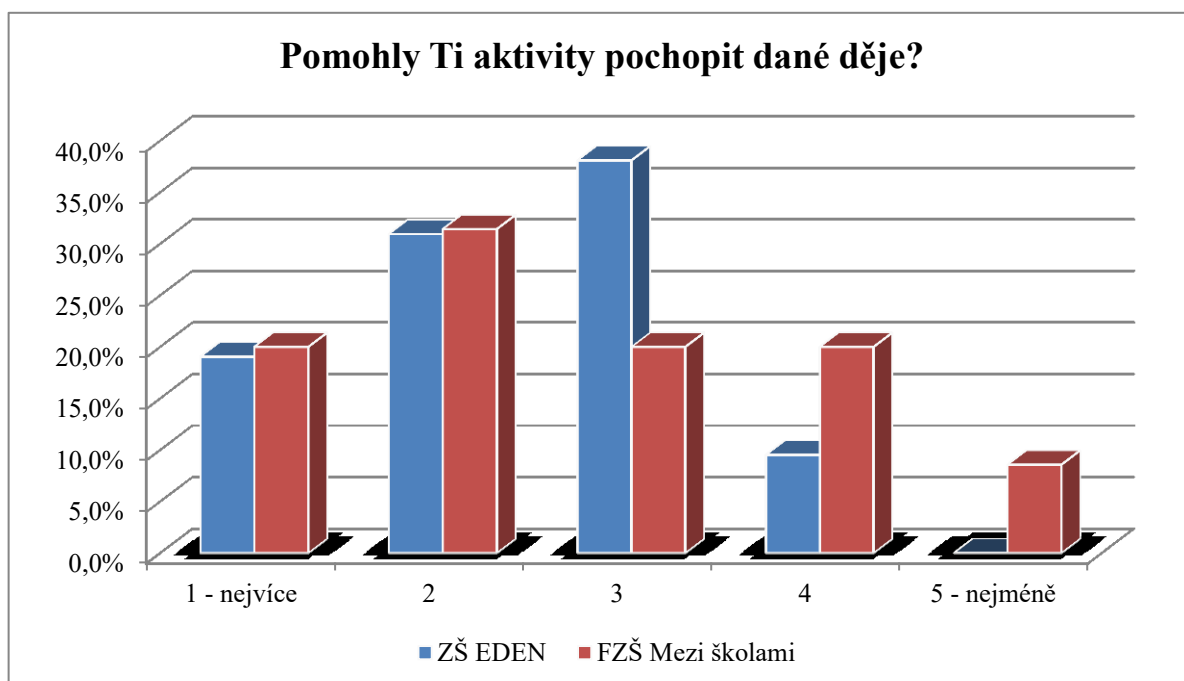


**Graf 43: Hodnocení atraktivity výukového cyklu.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (t-test) hodnocení atraktivity pilotní studie a finální verze. Fáze 1 je pilotní studie a fáze 2 finální verze;  $p = 0,438$ .



**Otázka 12 – Jak moc Ti podle Tebe pomohla aktivita pochopit děje, při kterých se z DNA stává protein (transkripce a translace)?**

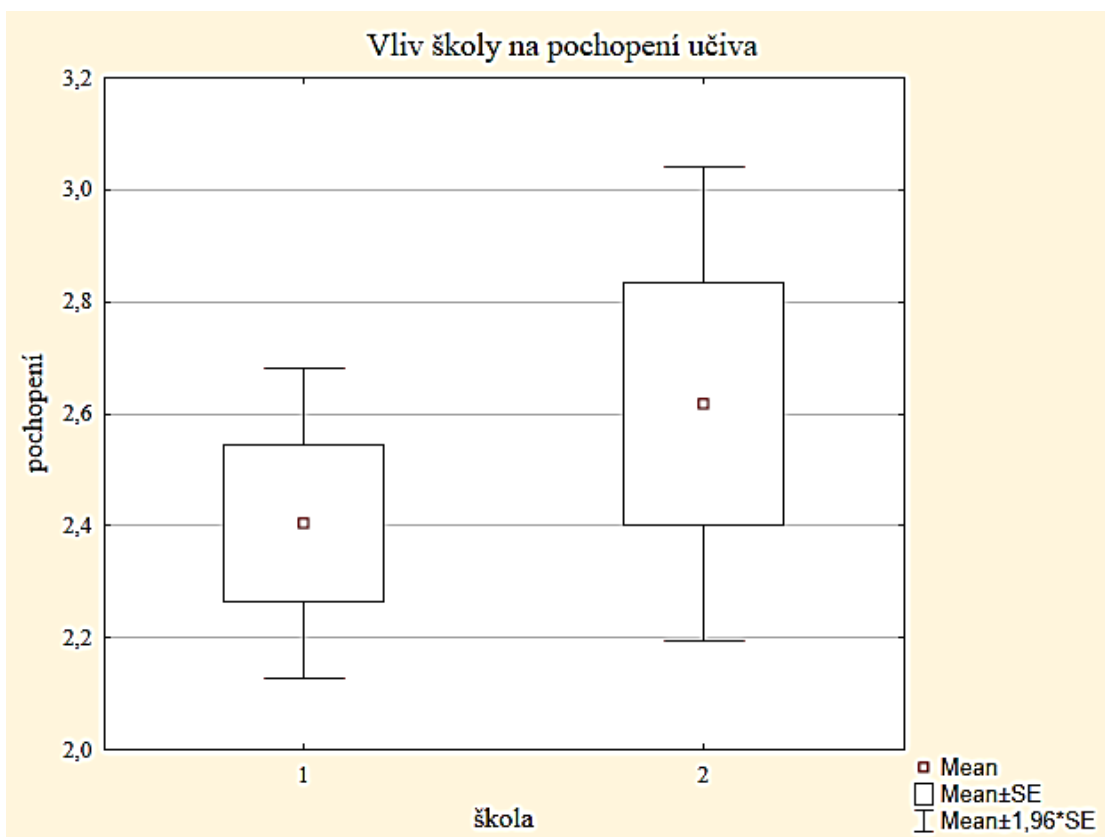
Odpovědi na tuto otázku žáci opět vyznačovali na Likertově stupnici. Jedná se o subjektivní hodnocení posunu žáků, který většina žáků hodnotí kladně (Graf 44). Zcela záporně svůj posun hodnotili pouze tři žáci. Ze získaných dat vyplývá, že tito žáci měli různou úroveň znalostí, které prokázali v testu (jeden žák byl úspěšný na 42%, jeden na 21% a jeden na 0% s tím, že na všechny otázky odpověděl/a „nevím“).



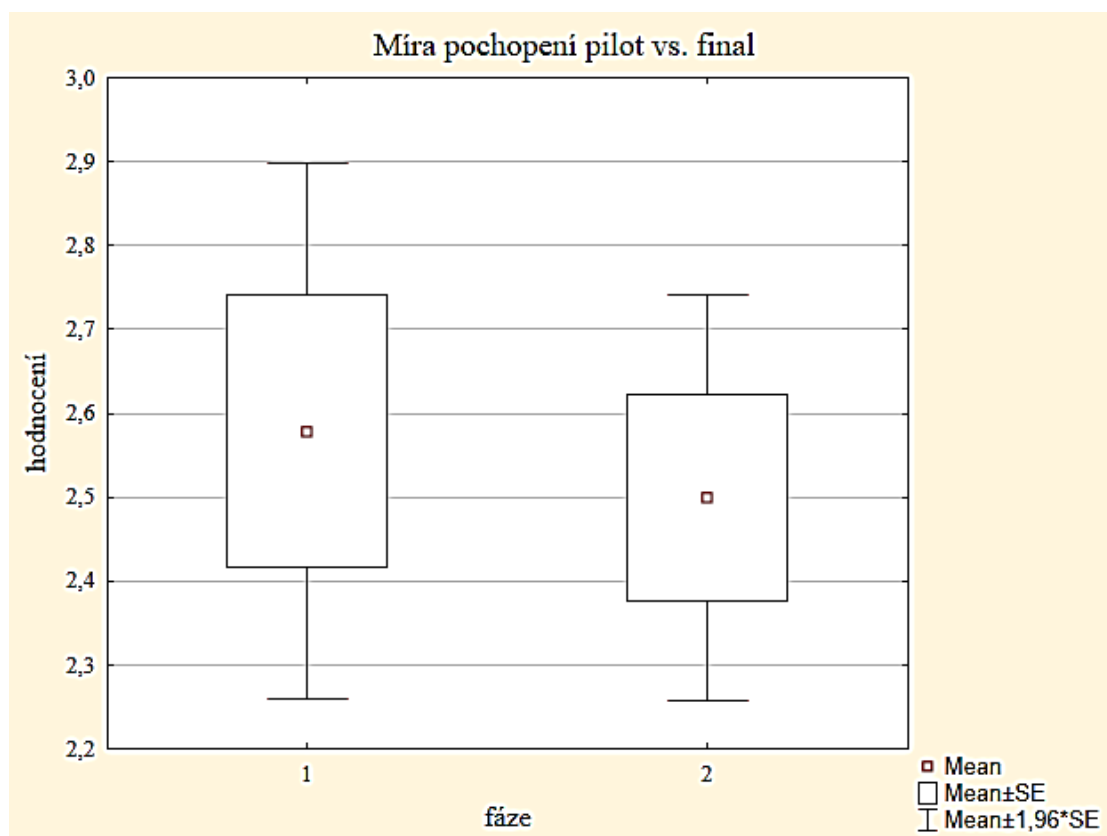
**Graf 44: Subjektivní posun žáků v chápání principů a dějů molekulární biologie.**

Zajímavé je také zjištění, že škola, na které žáci absolvovali finální verzi výukového cyklu, nehraje roly při jejich subjektivním hodnocení postupu (Graf 45;  $p = 0,395$ ), což opět podporuje variantu, že na osobě učitele a jeho výukovém stylu nezáleží.

V rámci statistického zpracování byly zpracovány také výsledky subjektivního hodnocení posunu žáků pilotní vs. finální verze výukového cyklu (Graf 46;  $p = 0,707$ ).

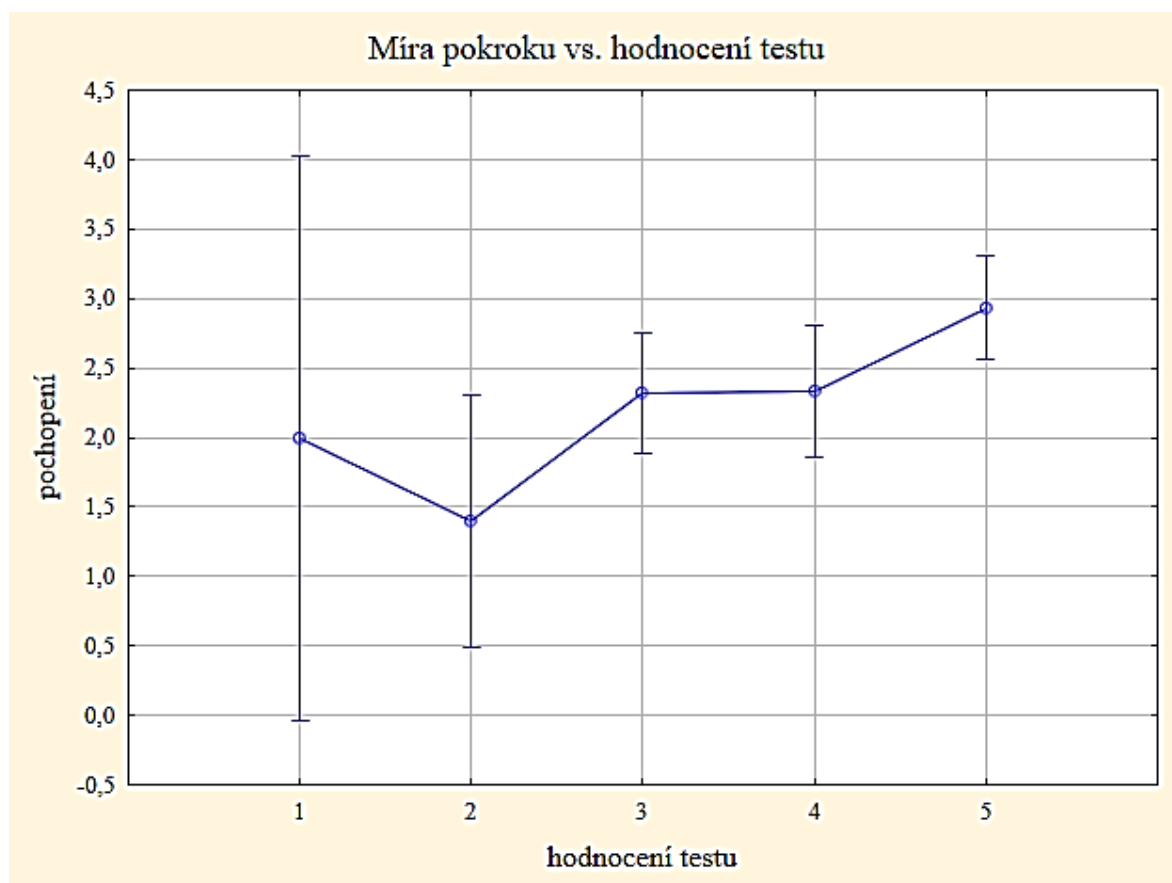


**Graf 45: Subjektivní hodnocení vlivu školy na míru pochopení učiva.** Na grafu je zobrazen výsledek statistického testování (ANOVA) mezi oběma základními školami. Škola 1 je ZŠ Eden a škola 2 FZŠ Mezi školami;  $p = 0,395$ .



**Graf 46: Subjektivní hodnocení míry pochopení učiva žáků pilotní studia vs. finální verze.** Fáze 1 je pilotní studie a fáze 2 finální verze;  $p = 0,707$ .

Posledním zkoumaným tématem byl vliv subjektivního hodnocení pokroku na hodnocení testu. Tato část vyšla jako statisticky významný ( $p < 0,05$ ; ANOVA), tudíž žáci realisticky odhadli svou míru pokroku, což pak prokázali při vyplňování testu (Graf 47). Míru

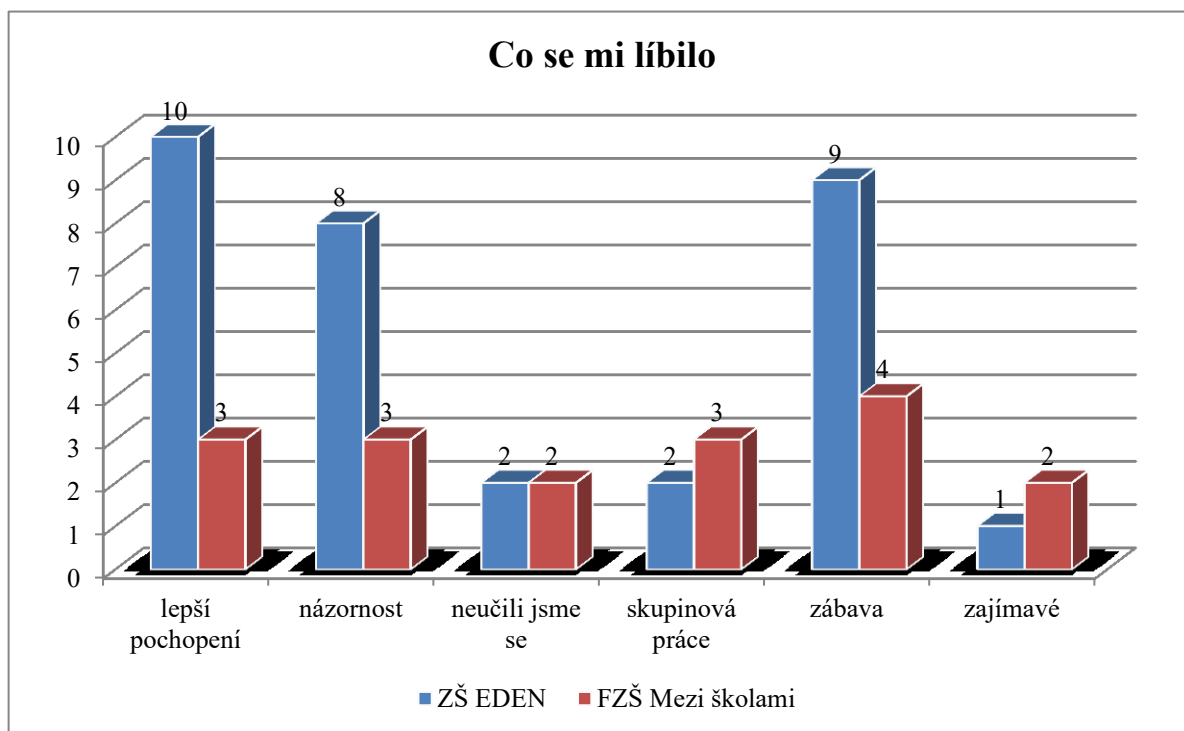


**Graf 47: Realistický odhad míry pokroku v molekulární biologii.** Graf poukazuje na fakt, že žáci byli schopni realisticky odhadnout svou míru pokroku ( $p < 0,05$ ).

pokroku hodnotili žáci na Likertově stupnici 1-5 (1 nejlepší, 5 nejhorší), kdežto hodnocení testu je celková známka získaná za správné odpovědi získané v testu. Na uvedeném grafu (Graf 47) je zajímavý rozptyl u hodnocení testu známkou 1, který je opravdu velmi veliký. Je to pravděpodobně dáno tím, že subjektivně míru pokroku hodnotou 1 napsalo celkem 15 žáků, z nichž ale žádný reálně nezískal z testu hodnocení 1 (žák, který získal z testu hodnocení 1, hodnotil míru svého pokroku hodnotou 2).

### Otázka 13 – Co konkrétně se Ti na aktivitách líbilo a proč?

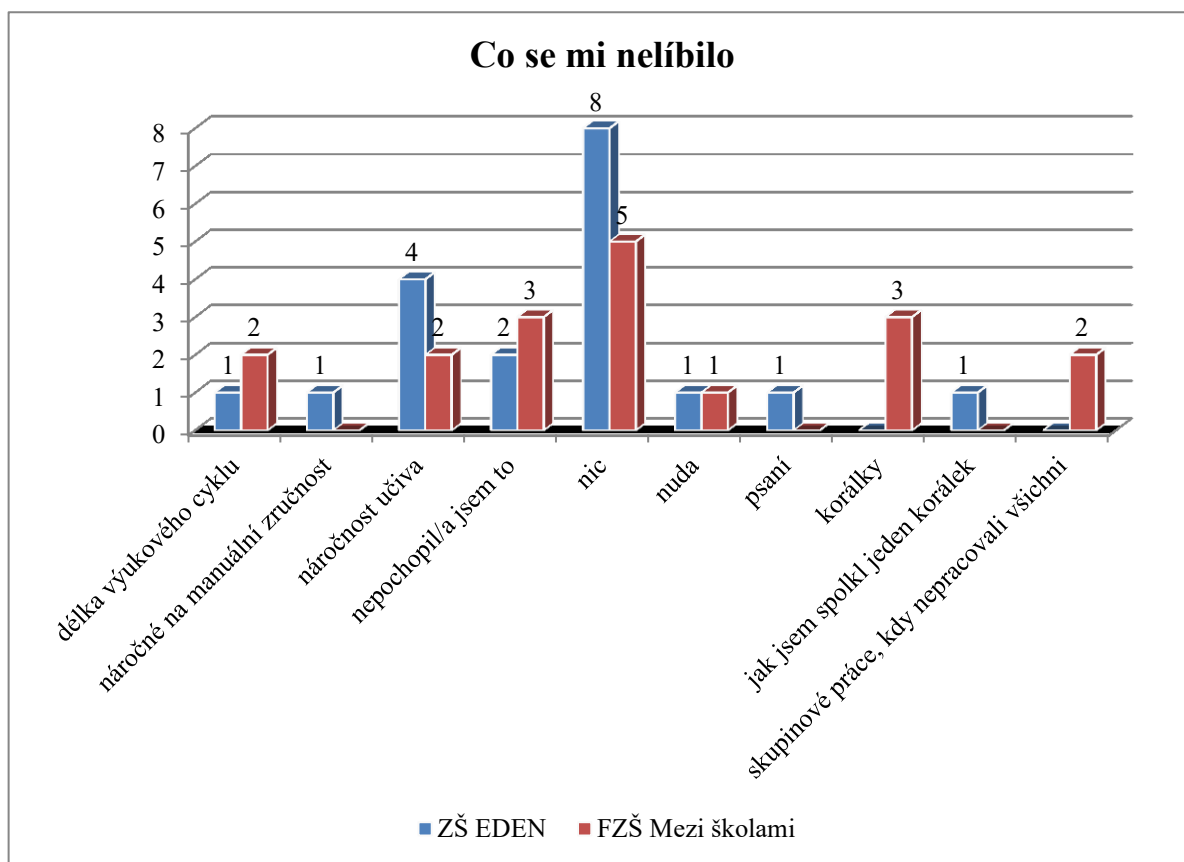
Otázka s otevřenou odpovědí zaměřená na subjektivní hodnocení výukového cyklu. Celkem na tuto otázku odpovědělo 45 žáků ze 74, což je více než polovina. Někteří uvedli i více informací, než jen jednu. Výsledky byly kategorizovány a sumarizovány do grafu (Graf 48).



Graf 48: Pozitivní zpětná vazba k výukovému cyklu.

### Otázka 14 – Co konkrétně se Ti na aktivitách NElíbilo a proč?

Otázka s otevřenou odpovědí zaměřená na negativní subjektivní hodnocení výukového cyklu. Celkový počet negativních hodnocení byl velmi malý (25 žáků z obou základních škol). Někteří hodnocení navíc byla spíše vtipná, než negativní (např. spolknutí korálku, ...). Výsledky byly opět kategorizovány podle vyznění odpovědí a následně z nich vznikl graf (Graf 49).



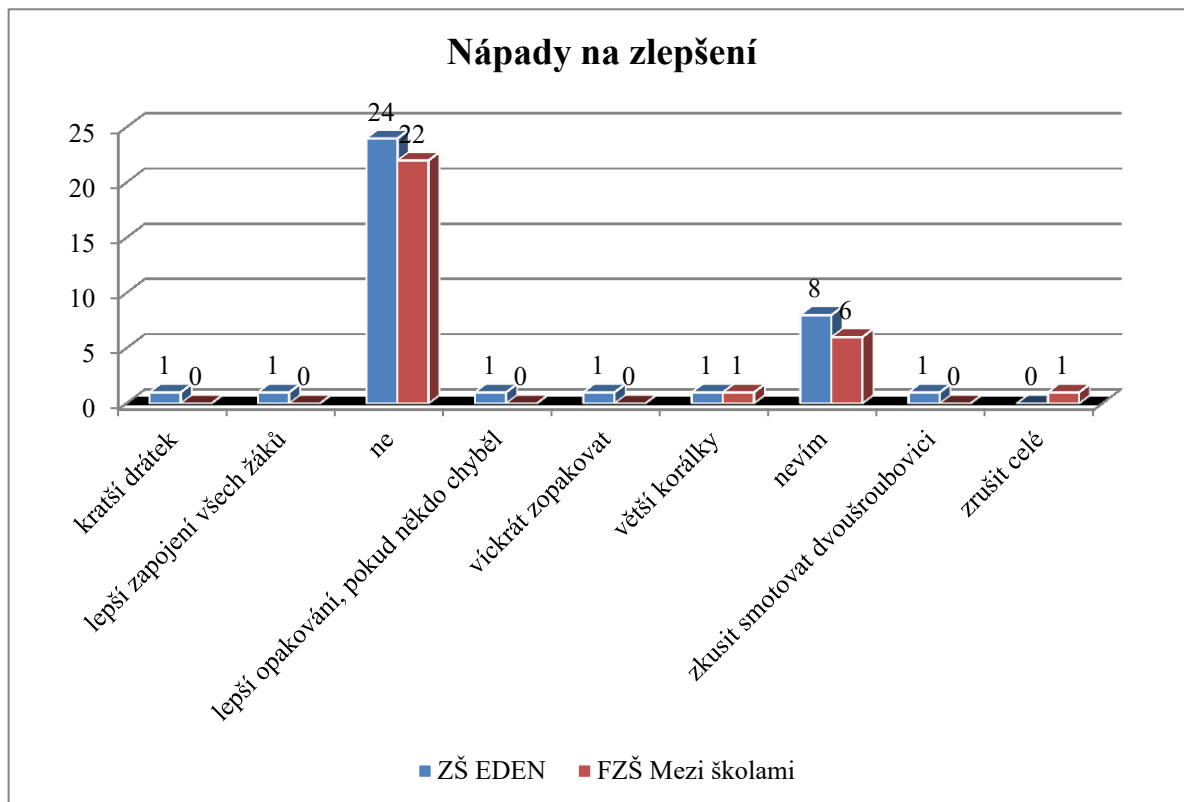
**Graf 49: Negativní zpětná vazba k výukovému cyklu.**

**Otázka 15 – Máš nějaké nápady na zlepšení aktivit s korálky?**

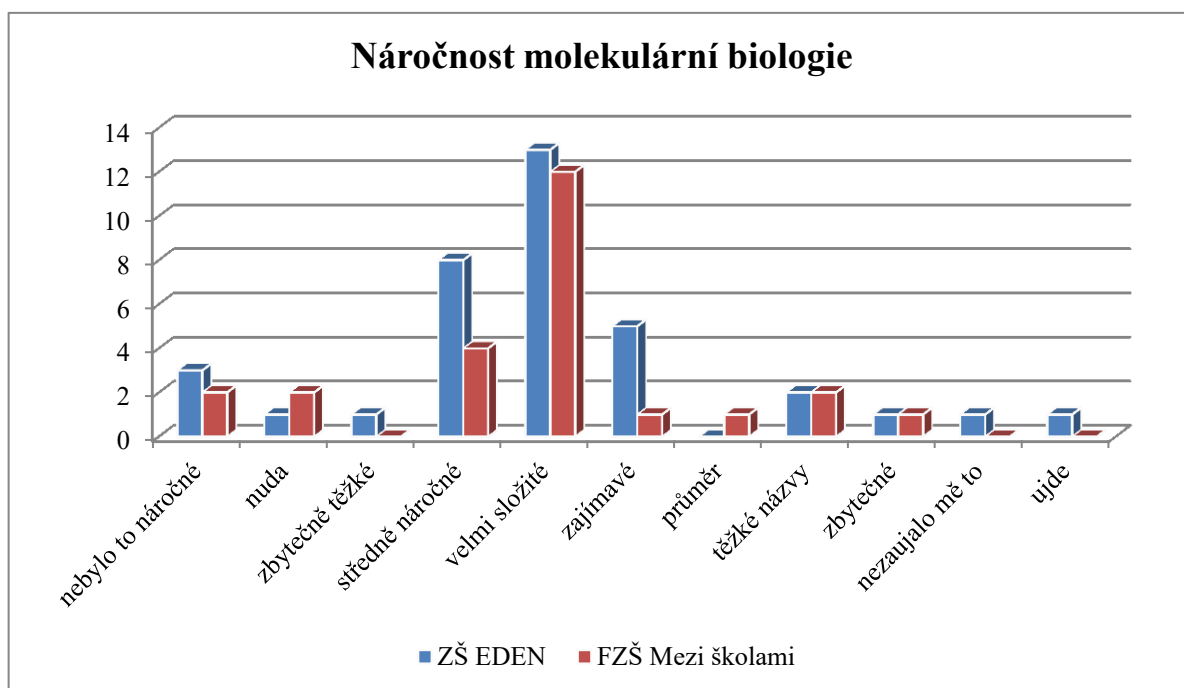
Otázka s otevřenou odpovědí. Odpovědělo celkem 69 žáků, většina odpovědí byla typu ne nebo nevím. Odpovědi byly kategorizovány podle vyznění a jsou uvedeny v grafu (Graf 51). Z odpovědí vyplývá, že se do zpětné vazby lépe zapojili žáci ZŠ Eden.

**Otázka 16 – Jaký je Tvůj názor na náročnost učiva molekulární biologie?**

Otázka s otevřenou odpovědí, na kterou odpovědělo celkem 57 žáků. Většina z nich hodnotí molekulární biologii jako velmi těžkou, nicméně, spousta z nich hodnotí téma jako velmi zajímavé (Graf 50).



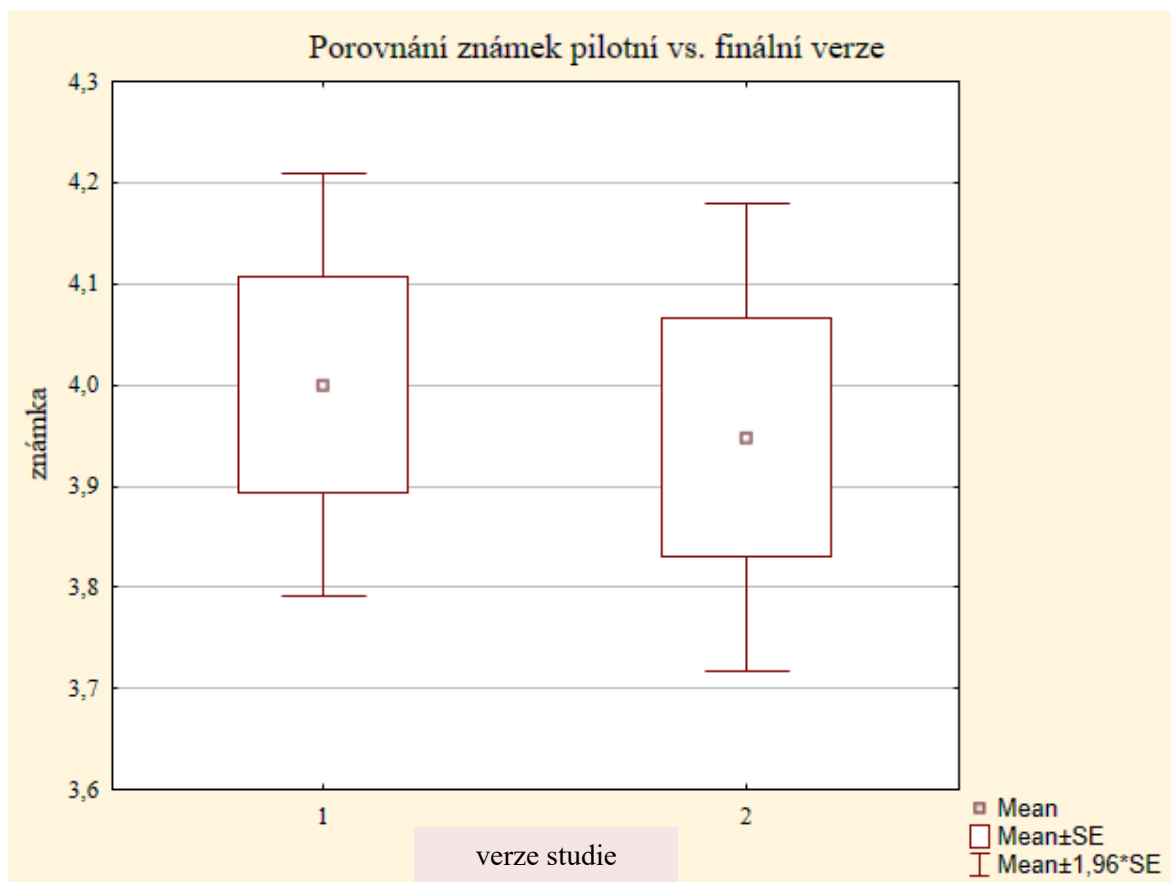
Graf 51: Nápadů na zlepšení praktického cvičení.



Graf 50: Subjektivní hodnocení náročnosti učiva molekulární biologie.

### 4.3 Porovnání výsledků testu žáků z pilotní vs. finální verze

Nakonec byly pomocí t-testu porovnány výsledky testu žáků po absolvování pilotní verze a po absolvování finální verze výukového cyklu. Výsledky jsou uvedeny v grafu (Graf 52) a vyplývá z něj, že není rozdíl mezi výsledky žáků z pilotní studie a žáků finální verze ( $p = 0,779$ ). Průměrná známka žáků z pilotní studie byla 4,00 a žáků finální verze byla 3,95.



**Graf 52: Porovnání známek z testu žáků pilotní verze a finální verze výukového cyklu.** Na ose X označuje číslice 1 žáky pilotní verze a číslice 2 žáky finální verze.

## 5 Diskuse

Celá práce, včetně metodické příručky, má za úkol poskytnout vyučujícím další možnost, jak vyučovat molekulární biologii na základních, potažmo rozšíření i středních školách.

Pilotní studie obsahovala původně více témat, než finální verze metodické příručky. Zaměřovala se mimo centrálního dogmatu molekulární biologie také na buněčný cyklus a základy dědičnosti. Po zpracování výsledků žáků, kteří se zúčastnili pilotního ověření, a po zapracování vlastních postřehů jsem došel k závěru, že pro žáky základních škol bude lepší učivo zjednodušit. Proto došlo k odebrání učiva o buněčném cyklu a základů dědičnosti a ve své práci jsem se věnoval pouze tématům spojeným s centrálním dogmatem molekulární biologie. Ostatní témata navrhuji jako témata vhodná pro další rozpracování do vlastních výukových cyklů. Proto byly více rozpracovány části týkající se transkripce a translace, přidána část pro aktivnější žáky týkající se některých detailů transkripce a proteinů, resp. jejich funkcí.

Níže bych chtěl diskutovat proces vzniku a úpravy předkládané metodické příručky a doplňujících materiálů a zároveň bych rád diskutoval nad výsledky, které byly v rámci ověřování získány.

Před vznikem finální verze výukového cyklu byla vytvořena pilotní verze výukového cyklu, která měla za úkol zjistit, jakým tématům by se měl vznikající výukový cyklus věnovat. Proto obsahoval kromě centrálního dogmatu také základy genetiky a základy učiva o buněčném cyklu. Vycházel jsem při tvorbě z literatury, zejména dostupných učebnic a z praxe mé i mých kolegů, kteří často zdůrazňovali, že některá témata se jim nesnadno učí, protože žáci nemají dostatečný přehled. Nicméně, mě i kolegů se zároveň spousta žáků vždy ptalo, k čemu to je dobré, případně měli dotaz ohledně nějakého tématu, na které „nezbýval“ čas pro jiná témata (ať již v Přírodopisu nebo Chemii). Tato témata byla sepsána a následně byla vytvořena první verze metodické příručky (není součástí této práce).

Hlavní motivací pro změnu koncepce pilotní verze byly výsledky testu, kdy na otázky č. 3-5 většina žáků odpověděla špatně nebo vybrala odpověď nevím (viz. Graf 3 str. 30). Právě pro tyto špatné odpovědi bylo podle mě nutné snížit počet vyučovaných témat. Při zhlédnutí výsledků testu po výuce konečné verze výukového cyklu, není poznat, zda toto snížení počtu vyučovaných témat bylo nutné. Z výsledků totiž jasně nevyplývá, zda žáci,



kteří prošli pilotní verzí studie, jsou výrazně horší, než žáci, kteří prošli finální verzí výukového cyklu (Graf 52 str. 70). Osobně si tuto skutečnost vysvětlují tím, že žáci obou skupin byli v době konání ověřování výukových cyklů devátáky, měli po přijímacích zkouškách na střední školy, a co se přístupu k vyučování týče, byl velmi laxní, v některých případech bylo znát, že žáci již chodili do školy jen z povinnosti a bylo velmi složité je čímkoliv zaujmout.

## **5.1 Diskuse výsledků testů a dotazníků**

V této části diskuse bych rád diskutoval výsledky testů a dotazníků finální verze výukového cyklu a zároveň bych chtěl diskutovat vliv těchto výsledků na přijetí nebo zamítnutí stanovených hypotéz.

Z výsledků vyplývá, že žáci obstojně ovládají znalost názvu bázi a jejich párování (Graf 11 str. 37 a Graf 14 str. 40). Nejlepších výsledků dosáhli žáci gymnázia. Přesto, že z posledních studií vyplývá, že není zcela prokazatelný vliv typu školy na výsledné vzdělání žáků (Dvořák & Straková 2016, Greger 2017), ve zkoumaném vzorku tento rozdíl byl prokázán. Nicméně, je otázkou, zda je prokazovaný rozdíl ve školách, formě výuky nebo se jedná o rozdíl způsobený přístupem žáků ke studiu. Vzhledem k mé zkušenosti s žáky devátých ročníků na ZŠ Eden za poslední tři roky si myslím, že se jedná hlavně o přístup žáků. Bohužel z mé zkušenosti vyplývá, že žáci devátých ročníků ZŠ nemají dostatečnou motivaci k učení, zejména po absolvování přijímacích zkoušek. Tuto domněnku ale nemohu doložit relevantními studií, protože jsem žádnou takovou nenalezl.

Z výsledků také vyplývá, že žáci celkem dobře chápou centrální dogma molekulární biologie. Přesto se u této problematiky ukázalo, že vyučovací styl učitele a jeho důraz na vybrané konkrétní učivo může mít vliv na celkovou úspěšnost žáků. Testová otázka číslo tři byla postavena jako otázka s uzavřenou odpovědí a tedy s možností výběru. Při srovnání odpovědí žáků ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami byl zjištěn statisticky významný rozdíl v odpovědích. Tento rozdíl mohl být způsoben kromě dříve zmiňovaného vyučovacího stylu učitele také náhodným tipem nebo opsáním výsledku. Nicméně, podle mě je možné tyto varianty téměř vyloučit, protože žáci nebyli v testu známkováni a měli v každé otázce možnost zvolit variantu nevím. Podle informací od kolegyně Jarošové bylo toto téma probráno s žáky FZŠ Mezi školami tak, jak je navrženo v metodické příručce. Je také možné, že nepochopení centrálního dogmatu bylo způsobeno velkým zastoupením

cizojazyčně mluvících žáků ve FZŠ Mezi školami, nicméně, pro toto tvrzení nemám žádnou oporu v datech.

Pojem replikace DNA a rozdíly mezi DNA a RNA nebyly pro minimálně třetinu žáků každé školy problém (Graf 20 str. 45). Nicméně, rozdíl mezi DNA a RNA byli schopni nejlépe popsat žáci PHG a to statisticky velmi významně. Opět si toto vysvětlují zejména větší motivací ke studiu, „neukončenému“ vzdělání (pokračují ve studiu dále) a náročnější formou studia. Přesto oceňuji žáky základních škol, kteří pokud nevěděli odpověď, tak raději zvolili možnost nevím. Tím se otevírá totiž prostor pro další návrhy, jak vzniklou situaci řešit. V rámci využití výukového cyklu bych v budoucnu tento cyklus doplnil o praktickou ukázkou modelů molekul DNA a RNA, jejichž návrhy je možné dohledat v odborné didaktické literatuře (např. lehkým předěláním metody Výuky pomocí cereálií; Byrd 2000). Tím by mělo dojít k propojení teoretických znalostí s praktickou činností, a tudíž by mělo dojít i k vytvoření lepší paměťové stopy (Maravita et al. 2003; Bolognini & Maravita 2007).

Obdobně lze vysvětlit výsledky rozpoznání procesu transkripce pomocí obrázku. Resp. v tomto případě za ne zcela dobrým výsledkem žáků základních škol může stát znalost procesu pomocí korálek, kdy žáci tento postup opakovali několikrát, místo znalosti podle obrázků, protože s obrázkem nepřišli do styku. Proto bych otázku č. 6 hodnotil velmi opatrně, protože asociace mezi tím, jak se o dané látce učili a obrázkem mohla být pro některé žáky velmi složitá.

Otázky týkající se translace a struktury proteinů byly pro žáky velmi složité. Nejčastější odpověď na všechny tyto otázky byla nevím s tím, že nejčastěji správně odpověděli žáci PHG. Vysvětlení tohoto jevu bylo uvedeno již v předchozích případech. Za zmínku stojí zejména fakt, že žáci základních škol měli zjistit, co ovlivňuje primární a sekundární strukturu proteinů sami z anglického videa, což pro ně byl problém (viz. diskuse k otázce č. 5) a navíc dále neproběhla žádná aktivita na upevnění těchto pojmů. Proto bych navrhoval v další fázi doplnění aktivity na upevnění pojmů primární a sekundární struktura proteinů a co ji ovlivňuje (např. model pomocí banánů nebo 3D tiskárny; Forbes-Lorman 2016), případně je možné využít aplikace na tablety, které pomáhají modelovat chemické látky (např. Chem3D).

Jako velmi problematickou oblast vidím oblast funkce proteinů. Na otázku ohledně popisu tří libovolných funkcí proteinů odpověděly téměř tři čtvrtiny žáků nevím. Myslím si, že to

je velký problém jak výukového cyklu provedeného na základních školách, tak výuky na gymnáziu. Pravděpodobně je tento stav způsobený nepropojením si informací týkajících se funkcí jednotlivých proteinů s tím, že se jedná o jejich funkci. Žáci základních školy měli na tato témata referáty, které dopadly obstojně k jejich věku a škole, na které studovali. Proto nevím, jak jinak tento fakt vysvětlit. Z praktického úhlu pohledu to znamená, že daná látka nebyla dostatečně upevněna a je nutné do výukového cyklu zařadit opakovací hodinu na funkce proteinů. Zajímavou alternativou se jeví videa z cyklu „Byl jednou jeden život“, která velmi hezky zobrazují funkce základních funkčních proteinů lidského těla.

Při subjektivním hodnocení výukového cyklu žáky základních škol bylo zjištěno, že výukový cyklus je atraktivní a žáci jej hodnotí vcelku pozitivně. Pokud srovnáme hodnocení pilotní verze a finální verze, nedošlo k statisticky významné změně a je žáci obě varianty hodnotili v podstatě stejně. Z tohoto vyplývá, že navrhovaný výukový cyklus zaměřený zejména na aktivitu žáků a kritické myšlení je pro žáky zajímavý a motivuje je k absolvování. Z dalších výsledků také vyplynulo, že molekulární biologie je sice velmi složitá, ale pro žáky nesmírně zajímavá a jsou rádi, že daný výukový cyklus absolvovali (Graf 50 str. 69).

Nejčastěji zmiňovaná pozitivní hodnocení cyklu jsou lepší pochopení, zábava a názornost (Graf 48 str. 67). Tím se naplňují kritéria, která jsem si stanovil před tvorbou celého výukového cyklu. Naopak nejčastěji zmiňovaná negativní hodnocení jsou náročnost učiva, korálky a celkově špatné pochopení probíraného. Náročnost celého učiva byla od začátku patrná, učivo molekulární biologie patří k nejnáročnějším i na vysokých školách. Co se korálků týče, je možné tuto problematiku rozdělit do dvou rovin. První, pro některé žáky byla náročná manipulace korálky a to zejména proto, že nejsou již zvyklí používat jemnou motoriku na takto malé objekty (někteří se k tomu sami přiznali buď ústně, nebo v dotazníku). Druhou rovinou se jeví neatraktivita korálků pro výuku molekulární biologie. S tímto problémem jsem při tvorbě počítal, protože je jasné, že ne každému vyhovují všechny metody, styly nebo formy výuky. Co považuji za pozitivní, toto brali jako negativní na celém výukovém cyklu jen tři žáci.

Z nápadů na zlepšení výukového cyklu jednoznačně vyplynulo, že by žáci nic neměnili, případně je nic nenapadlo. Co považuji za velmi dobrou zpětnou vazbu je námět na to, aby se zapojili všichni žáci a také nutnost častěji opakovat již probranou látku. S těmito dvěma argumenty nelze nesouhlasit, sám jsem při pilotní i ověřování finální verze cyklu tyto dva

problémy identifikoval. Pro jejich vyřešení je možné více individualizovat některé činnosti (replikace a transkripce pomocí korálků) a také je možné na začátku každé hodiny opakovat detailněji než jen předchozí hodinu. Nicméně, toto je na zvážení každého vyučujícího, který bude výukový cyklus využívat.

Ze všech uvedených výsledků vyplývá, že hypotéza  $H_0$ : „Není statisticky významný rozdíl mezi vyučovacím stylem učitelů.“ byla přijata, protože kromě jediného výsledku (odpovědi na otázku č. 3) nebyly žádné odpovědi žáků ZŠ Eden a FZŠ Mezi školami statisticky významně odlišné. Samozřejmě je možné, že se vliv vyučovacího stylu neprojevil také proto, že se studie zúčastnili pouze dvě školy a dva učitelé. Proto by bylo vhodné tento jev dále prozkoumat se zapojením více škol a učitelů. Nicméně, podle současných dat se vliv učitele neprojevil.

Hypotéza  $H_0$ : „Výsledky testu z molekulární biologie u žáků, kteří absolvovali navržený výukový cyklus, nejsou statisticky významně odlišné, než u žáků, kteří tento cyklus neabsolvovali.“ nebyla přijata. Z dostupných výsledků vyplývá, že žáci Pražského humanitního gymnázia absolvovali lépe stejný test jako žáci obou základních škol a to i přesto, že prošli „klasickým“ typem výuky. Opět je otázkou k dalšímu výzkumu, zda je na vině kvalita připraveného výukového celku nebo zda je hlavním faktorem „neúspěchu“ žáků základních škol styl výuky na těchto typech škol. Pro potvrzení nebo vyvrácení této domněnky by bylo vhodné zajistit srovnávací skupinu ze stejného prostředí, tj. k testovému vzorku na ZŠ přidat srovnávací skupinu, která neprošla výukovým cyklem, také ze ZŠ.

Velkým vlivem právě může být, že srovnávací školou je víceleté gymnázium a školy, které se zúčastnily ověření výukového cyklu, jsou buď sportovně zaměřené (ZŠ Eden) nebo s velkým počtem cizinců (FZŠ Mezi školami). Také je podle mě nezanedbatelný vliv toho, že žáci devátých ročníků ve druhém pololetí nemají natolik silnou motivaci k výuce, jako žáci gymnázia, kteří pokračují dále ve studiu.

## **5.2 Metodická příručka a průběh realizace výukového cyklu**

Z vlastní zkušenosti musím říci, že žáci byli rádi za toto téma, byli motivováni absolvovat celý výukový cyklus, ale měli velké problémy se zapamatováním si daných pojmů a jejich aplikací v testu. Bylo to dáno zejména tím, že již nebyli motivováni pracovat doma a probíranou látku si neopakovali. Proto by bylo vhodné vyučovat daná témata v jiném

období. Bohužel toto není mnohdy zcela v silách jak vyučujících, tak žáků, protože nemají potřebné základy jak z chemie (organická chemie), tak z přírodopisu (fyziologie člověka).

Při tvorbě pilotní verze i finální verze bylo využito několik aktivizujících forem výuky a to zejména proto, aby měli žáci možnost sami něco vytvořit, případně si lépe upevnit učivo nebo formulovat otázky. Opět mám i z praxe ověřeno, že některé informace si předávají žáci sami mezi sebou snadněji, než při přenosu od učitele (Gavora 2005, Nelešovská 2005). Níže uvedu důvody pro výběr jednotlivých metod a forem k jednotlivým vyučovacím jednotkám.

### **1. Vyučovací hodina**

Zásadní částí první hodiny je diskuse ve skupinách, kdy žáci s pomocí pracovního listu a videa diskutují nové pojmy, se kterými se ve videu setkali. Někteří autoři (Fung 2014, Florea & Hurjui 2015, Živkovil 2016) považují diskusi jako jednu z nejdůležitějších metod pro rozvoj kritického myšlení a proto byla tato aktivita zařazena hned na začátek výukového cyklu. Samozřejmě, není možné nechat kontrolu správnosti vyplnění pracovního listu jen na žácích samotných (i když v hodinách jsem zjistil, že toto zvládli až na několik málo hesel velmi dobře), proto je ke konci hodiny zařazeno shrnutí s prezentací, aby žáci zvládli pojmut dané učivo. Podpora prezentace, kterou mají pak žáci k dispozici, je velmi dobrá, protože někteří žáci potřebovali informace ujednotit a toto jim velmi pomohlo (pozn. toto tvrzení není podloženo daty, pouze odpozorováno v hodinách).

### **2. vyučovací hodina**

Základem druhé vyučovací hodiny je centrální dogma a replikace DNA. Pro vysvětlení centrálního dogmatu byla využita frontální výuka s podporou videa, které mělo žáky aktivizovat (což se také povedlo). Jedná se o nejhojněji využívanou metodu výuky v ČR (ČŠI 2016, ČŠI 2018), nicméně, nemyslím si, že pokud je využívána v omezené míře a na vhodná témata, že se jedná o formu, která by měla být zavrhována.

Zároveň byla v této hodině využita hands-on aktivita skládání korálků, která měla žákům přiblížit replikaci DNA a její princip. Podle výsledků získaných od žáků jak pilotní verze, tak finální verze, se jedná o velmi kladně přijímanou metodu (Graf 5 str. 32 a Graf 41 str. 62). Jak bylo popsáno výše (Hands-on aktivity v přírodních vědách str. 8) hands-on aktivity jsou velmi kladně přijímány jak žáky, tak vyučujícími a velmi často poskytují lepší

výsledky při přenosu informací, než ostatní metody (Balgopal & Bondy 2011, Drits-Esser et al. 2014).

### **3. vyučovací hodina**

Ve třetí vyučovací hodině byla zásadním tématem výuka transkripce. Motivací bylo video Byl jednou jeden život, kde jsou některá témata z molekulární biologie velmi hezky vizualizována. Dále proběhlo opakování formou rychlé replikace DNA pomocí korálků. Následovala krátká frontální výuka zaměřená na transkripci. Hlavní část hodiny byla věnována transkripci pomocí korálků. Opět je využita zejména metoda zaměřená na vlastní aktivitu žáků spojenou s manuální činností, čímž dochází k lepší paměťové stopě (Maravita et al. 2003, Cíbochová 2004, Bolognini & Maravita 2007, Samková 2013). Z pozorování v hodinách jednoznačně vyplynulo, že častějším opakováním těchto kroků (práce s korálky) došlo k automatizaci a žáci nenásilnou formou zjistili, jak dané jevy fungují.

### **4. vyučovací hodina**

Cílem čtvrté vyučovací hodiny byl rozvoj kritického myšlení. Žáci po rozdělení do skupin museli zanalyzovat dodaný text a připravit z něj krátké výpisky. Následně museli tyto informace předat ostatním ze skupiny. Jedná se o metodu hojně využívanou v kritickém myšlení (skládankové učení), které aktivizují žáky a nutí je formulovat své myšlenky tak, aby je ostatní pochopili ([Respekt neboli](#), Cottrell 2005, Chytková & Černý 2016, Odvárková 2017). Tuto hodinu si žáci náramně užili, protože měli možnost pracovat ve skupinách, ale zároveň byli v jednu chvíli ti nejdůležitější ze skupiny (při předávání informací). Sami na konci hodiny uznali, že sice museli analyzovat velmi složité texty, ale zároveň je to velmi bavilo, protože mohli mezi sebou diskutovat. Musím na druhou stranu ale samozřejmě říci, že nebylo vše takto jednoduché, někteří žáci se nechtěli zapojit a pro některé se jednalo o texty opravdu složité, takže jejich motivace ke splnění úkolu také klesala.

### **5. vyučovací hodina**

Hlavním cílem této hodiny bylo vysvětlení translace. Pro vysvětlení celého procesu žáci zhlédli video, o kterém následně diskutovali. Jednalo se o učitelem řízenou diskusi, kdy vyučující po skončení diskuse shrnul informace pomocí prezentace. Ve druhé části hodiny žáci ve skupinkách s pomocí anglicky mluvícího videa zjišťovali, co je primární, sekundární a terciální struktura proteinů. Tato aktivita na první pohled vypadala zajímavě, nicméně, žáky velmi rychle přestala bavit a stala se pro ně obtížnou. Bohužel, nebyla

dostatečně odhadnuta míra znalosti angličtiny žáky devátých ročníků a místo, aby vyhledávali jen překlady slov, které neznají, museli vyhledávat překlad v podstatě celé části videa. Z toho může pramenit i špatná znalost primární a sekundární struktury proteinů, která vyšla ve výsledcích (grafy??). Nicméně, všichni žáci, kteří se snažili úkol splnit, se shodli na tom, že kdyby se vybralo vhodnější video, případně jeho menší část, jednalo by se o zajímavý úkol, který by je mohl i bavit.

## **6. vyučovací hodina**

Tato hodina začala metodou kritického myšlení, kdy žáci vyplňovali pracovní listy bez pomoci ostatních spolužáků nebo sešitů (případně jiných zdrojů). Po nějaké době mohli žáci spolupracovat ve dvojici, pak ve čtveřici ([Respekt neboli](#)). Žáci tuto metodu vesměs znali a neměli s ní problém. Také zvolená náročnost pracovních listů byla přiměřená, proto žádná čtveřice neměla problém daný pracovní list vyplnit.

Ve druhé části dostali žáci zadaná témata skupinových referátů, které měli zpracovat částečně ve škole a zbytek dopracovat za domácí úkol. Jedná se o metodu, při které museli kriticky zhodnotit informace z různých zdrojů (nejčastěji internet) a ty pak svými slovy předat do prezentace. Jedná se o metodu stále častěji uváděnou v literatuře a stále častěji používanou a to zejména proto, že lidé se často dostanou k takovýmto informacím (internet, populárně naučná literatura, ...), ale mnohdy neumí dané téma zpracovat a pojmut (Michalsky et al. 2009, Ozturk 2015, Thuneberg & Salmi 2018). S touto částí měla spousta žáků velký problém, protože nejsou zvyklí informace nepředávat formou kopírovat – vložit. Proto také některé referáty nedopadly úplně nejlépe.

## **7. vyučovací hodina**

Poslední hodina byla využita na prezentace jednotlivých referátů. Jednalo se o velmi zajímavou hodinu. Očekávání mé i kolegyně Jarošové bylo, že žáci nebudou chtít prezentovat své výsledky před ostatními. Nakonec jsme byli mile překvapeni, protože téměř tři čtvrtiny žáků obou škol chtěli své referáty prezentovat. Úroveň jednotlivých referátů byla různá, ale nestalo se, že by některá dvojice referát vůbec neměla. To považuji za úspěch, protože toto nebývá u žáků devátých ročníků ve druhém pololetí běžné.

## Závěr

Účelem této práce bylo vytvořit výukový cyklus zaměřený na základy molekulární biologie a ve dvou fázích jej ověřit. Nejprve pilotně, kvůli zjištění možností celého výukového cyklu, a po vyhodnocení výsledků této pilotní studie došlo k úpravě a realizaci finální verze výukového cyklu. Z výsledků pilotního ověření vyplynulo, že by se celý výukový cyklus měl zaměřovat pouze na výuku témat souvisejících s centrálním dogmatem molekulární biologie a měla by se vynechat témata související s buněčným cyklem a základy genetiky.

Celý výukový cyklus koncipován pro žáky devátých ročníků základní školy. Pilotní ověření proběhlo na Základní škole Eden v Praze, realizace ověření finální verze pak proběhla částečně tamtéž, částečně na Fakultní ZŠ Mezi školami v Praze. Srovnávacím vzorkem byli žáci víceletého Pražského humanitního gymnázia, kteří prošli výukou molekulární biologie tzv. „klasickými“ frontálními metodami.

V rámci přípravy a realizace výukového cyklu byl kladen důraz zejména na aktivizaci žáků a také na zapojení metod zaměřených na kritické myšlení. Ze statistického zpracování získaných dat a z pozorování učiněných při realizaci výuky vyplývá, že se toto podařilo splnit a žáci využívali jak metod kritického myšlení, tak byli většinou dostatečně aktivizováni (což sami zhodnotili v rámci vyplňování dotazníků).

Ve výzkumné části byly stanoveny dvě hypotézy: „Navržený výukový cyklus je možné použít bez větších úprav, protože není rozdíl ve vyučovacím stylu učitelů, kteří učí daný výukový cyklus“ a „Výuka molekulární biologie navrženým výukovým cyklem je efektivnější než klasickými frontálními metodami“. Při hodnocení dat a zpracování dat bylo zjištěno, že první hypotéza je na daném vzorku platná, nicméně pro její zobecnění by bylo vhodné vzorek pozorování zvětšit.

Druhá hypotéza podle zjištěných výsledků na daném souboru dat neplatí. Opět by bylo vhodné zjistit, jak by dopadlo testování na větším souboru respondentů. Dále je také důležité zmínit, že srovnávacím vzorkem byli žáci víceletého gymnázia, kteří mohou mít jiný učební styl a jiný přístup k výuce. Proto je možné, že nebyl tento vzorek zvolen zcela dobře.



Nakonec mohli žáci v rámci dotazníkového šetření hodnotit celý navrhovaný výukový cyklus. Při zpracování těchto dotazníkových dat bylo zjištěno, že naprostá většina žáků hodnotí daný výukový cyklus pozitivně a to i přes jeho náročnost.

Pokud bych měl hodnotit celou práci, pak si myslím, že se jedná o zajímavý pohled na výuku základů molekulární biologie na základní škole, který mnoha učitelům do této doby chyběl.

## Seznam použitých informačních zdrojů

- ALBERTS, Bruce. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Přeložil Arnošt KOTYK, přeložil Bohumil BOUZEK, přeložil Pavel HOZÁK. Ústí nad Labem: Espero, c1998. ISBN 80-902906-2-0.
- ATEŞ, Özlem a Ali ERYILMAZ. Effectiveness of hands-on and minds-on activities on students' achievement and attitudes towards physics. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. 2011, **12**(1), 22.
- BALADA, Jan. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, c2007. ISBN 978-80-87000-11-3.
- BALGOPAL, Meena M. a Cindi BONDY. Antigenic Shift and Drift: Modeling the evolution of the influenza virus. *The Science Teacher*. 2011, **78**(2), 42-46.
- BOLOGNINI, Nadia a Angelo MARAVITA. Proprioceptive Alignment of Visual and Somatosensory Maps in the Posterior Parietal Cortex. *Current Biology* [online]. 2007, **17**(21), 1890-1895 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1016/j.cub.2007.09.057. ISSN 09609822. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982207020209>
- BYRD, Jeffrey J. Teaching Outside the (Cereal) Box. *The American Biology Teacher* [online]. 2000, **62**(7), 0002-7685-62-7-508-31584 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1662/0002-7685(2000)062[0508:TOTCB]2.0.CO;2. ISSN 0002-7685. Dostupné z: [http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1662%2F0002-7685\(2000\)062%5B0508%3ATOTCB%5D2.0.CO%3B2](http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1662%2F0002-7685(2000)062%5B0508%3ATOTCB%5D2.0.CO%3B2).
- CÍBOCHOVÁ, Renata. Psychomotorický vývoj dítěte v prvním roce života. *Pediatric pro praxi*. 2004, **5**(6), 291-297.
- CORTER, J.E., J.V. NICKERSON, S.K. ESCHE a C. CHASSAPIS. Remote versus hands-on labs: a comparative study. In: *34th Annual Frontiers in Education, 2004. FIE 2004* [online]. IEEE, 2004, s. 595-599 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1109/FIE.2004.1408586. ISBN 0-7803-8552-7. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1408586/>.
- COTTRELL, Stella. *Critical thinking skills: developing effective analysis and argument*. New York: Palgrave Macmillan, 2005. ISBN 978-1-4039-9685-5.

- ČINČERA, Jan. Význam nezávislých expertních center pro šíření badatelsky orientované výuky v České republice. *Scientia in educatione*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2014, **5**(1), 74-81. ISSN 1804-7106.
- ČŠI 2016. *Mezinárodní šetření PISA 2015: Národní zpráva, Přírodovědná gramotnost*. 1. Praha: ČŠI, 2016. Dostupné také z: [https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF\\_el.\\_publikace/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD%20%C5%A1et%C5%99en%C3%AD/NZ\\_PISA\\_2015.pdf](https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el._publikace/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD%20%C5%A1et%C5%99en%C3%AD/NZ_PISA_2015.pdf).
- ČŠI 2018. *Tematická zpráva – Rozvoj přírodovědné gramotnosti ve školním roce 2016/2017*. 1. Praha: ČŠI, 2018. Dostupné také z: <https://www.csicr.cz/cz/Aktuality/Tematicka-zprava-%E2%80%93-Rozvoj-prirodovedne-gramotnosti>.
- DOLAN, Erin L., James P. COLLINS a Doug KELLOGG. We must teach more effectively: here are four ways to get started. *Molecular Biology of the Cell* [online]. 2015, **26**(12), 2151-2155 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1091/mbc.E13-11-0675. ISSN 1059-1524. Dostupné z: <https://www.molbiolcell.org/doi/10.1091/mbc.E13-11-0675>.
- DONOVAN, J. a Grady VENVILLE. A concrete model for teaching about genes and DNA to young students. *Teaching Science*. 2005, **51**(4), 29-31.
- DRITS-ESSER, Dina, Molly MALONE, Nicola C. BARBER a Louisa A. STARK. Beyond the Central Dogma: Bringing Epigenetics into the Classroom. *The American Biology Teacher* [online]. 2014, **76**(6), 365-369 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1525/abt.2014.76.6.3. ISSN 0002-7685. Dostupné z: <http://abt.ucpress.edu/lookup/doi/10.1525/abt.2014.76.6.3>.
- DVOŘÁK, Dominik a Jana STRAKOVÁ. Konkurence mezi školami a výsledky žáků v České republice: pohled zblízka na šetření PISA 2012. *Pedagogika* [online]. 2016, **66**(2) [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.14712/23362189.2015.740. ISSN 2336-2189. Dostupné z: <https://ojs.cuni.cz/pedagogika/article/view/245>.
- ELLIOTT, Paul. Reviewing Newspaper Articles as a Technique for Enhancing the Scientific Literacy of Student-teachers. *International Journal of Science Education* [online]. 2007, **28**(11), 1245-1265 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1080/10670560500438420. ISSN 0950-0693. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10670560500438420>.

- FINKENSTAEDT-QUINN, Solaire A., Natalie V. HUDSON-SMITH, Matthew J. STYLES, Michael K. MAUDAL, Adam R. JUELFs a Christy L. HAYNES. Expanding the Educational Toolset for Chemistry Outreach: Providing a Chemical View of Climate Change through Hands-On Activities and Demonstrations Supplemented with TED-Ed Videos. *Journal of Chemical Education* [online]. 2018, **95**(6), 985-990 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1021/acs.jchemed.7b00948. ISSN 0021-9584. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.7b00948>.
- FLOREA, Nadia Mirela a Elena HURJUI. Critical Thinking in Elementary School Children. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [online]. 2015, **180**, 565-572 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.161. ISSN 18770428. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042815015074>.
- FORBES-LORMAN, Robin M., Michelle A. HARRIS, Wesley S. CHANG, Erik W. DENT, Erik V. NORDHEIM a Margaret A. FRANZEN. Physical models have gender-specific effects on student understanding of protein structure-function relationships. *Biochemistry and Molecular Biology Education* [online]. 2016, **44**(4), 326-335 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1002/bmb.20956. ISSN 14708175. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/bmb.20956>.
- FUNG, Dennis. Promoting critical thinking through effective group work: A teaching intervention for Hong Kong primary school students. *International Journal of Educational Research* [online]. 2014, **66**, 45-62 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1016/j.ijer.2014.02.002. ISSN 08830355. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883035514000226>.
- GAVORA, Peter. *Učitel a žáci v komunikaci*. Brno: Paido, 2005. ISBN 80-7315-104-9.
- GREGER, David. *Výzkum CLOSE ukázal, že přidaná hodnota může být vysoká na gymnáziích, i na základních školách*. 1. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2017. TISKOVÁ ZPRÁVA O PŘIDANÉ HODNOTĚ VÍCELETÝCH GYMNÁZIÍ NA ZÁKLADĚ ZJIŠTĚNÍ LONGITUDINÁLNÍHO VÝZKUMU CLOSE.

- CHATTOPADHYAY, Ansuman. Understanding of Genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implications for Genetics Education. *Cell Biology Education* [online]. 2005, 4(1), 97-104 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1187/cbe.04-06-0042. ISSN 1536-7509. Dostupné z: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.04-06-0042>.
- CHICKERING, Arthur W. a Zelda F. GAMSON. Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. In: *AAHE Bulletin*. Washington, DC.: American Association for Higher Education, 1987, s. 3-7.
- CHYTKOVÁ, Dagmar a Michal ČERNÝ. *Efektivní učení: techniky přemýšlení, soustředění a komunikace s využitím myšlenkových map*. V Brně: BizBooks, 2016. ISBN 978-80-265-0479-5.
- JONES, Amanda L., Alexander C. CHANG, Rebecca A. CARTER a William H. RODEN. Impacts of Hands-On Science Curriculum for Elementary School Students and Families Delivered on a Mobile Laboratory. *The Journal of STEM Outreach* [online]. 2018, 1(1) [cit. 2019-07-06]. DOI: 10.15695/jstem/v2i1.02. ISSN 2576-6767. Dostupné z: <https://www.jstemoutreach.org/article/6978-impacts-of-hands-on-science-curriculum-for-elementary-school-students-and-families-delivered-on-a-mobile-laboratory>.
- KLEČKOVÁ, Marta, Veronika FADRŇÁ a Petra TOPIČOVÁ. *VYUŽITÍ CHEMICKÝCH EXPERIMENTŮ PŘI INTEGRACI PŘÍRODOVĚDNÝCH POZNATKŮ*. 2007. [online]. [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <http://www.science.upol.cz/poster.htm>.
- KOTRBA, Tomáš a Lubor LACINA. *Praktické využití aktivizačních metod ve výuce*. Brno: Společnost pro odbornou literaturu - Barrister & Principal, 2007. ISBN 9788087029121.
- LEWIS, Jenny, John LEACH a Colin WOOD-ROBINSON. What's in a cell? — young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education* [online]. 2010, 34(3), 129-132 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1080/00219266.2000.9655702. ISSN 0021-9266. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2000.9655702>.

- MARAVITA, Angelo, Charles SPENCE a Jon DRIVER. Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach. *Current Biology* [online]. 2003, **13**(13), R531-R539 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1016/S0960-9822(03)00449-4. ISSN 09609822. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960982203004494>.
- MARBACH-AD, Gili. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education* [online]. 2010, **35**(4), 183-189 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1080/00219266.2001.9655775. ISSN 0021-9266. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2001.9655775>.
- MARTIN, David Jerner. *Elementary science methods: a constructivist approach*. 5th ed. Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning, c2009. ISBN 978-0-495-50675-1.
- MERTA, Ladislav, Vanda JANŠTOVÁ a Tomáš PINKR. *Hands-on Set for Understanding DNA Replication, Transcription and PCR*. American Biology Teacher, 2019. NEPUBLIKOVÁNO. Manuskript přijatý do časopisu.
- MICHALSKY, Tova, Zemira R. MEVARECH a Liora HAIBI. Elementary School Children Reading Scientific Texts: Effects of Metacognitive Instruction. *The Journal of Educational Research* [online]. 2009, **102**(5), 363-376 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.3200/JOER.102.5.363-376. ISSN 0022-0671. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/JOER.102.5.363-376>.
- MILLER, M. David, Robert L. LINN, Norman Edward GRONLUND a Robert L. LINN. *Measurement and assessment in teaching*. 10th ed. Upper Saddle River, N.J.: Merrill/Pearson, c2009. ISBN 978-0-13-240893-6.
- National Science Education Standards* [online]. Washington, D.C: National Academies Press, 1996 [cit. 2019-07-06]. DOI: 10.17226/4962. ISBN 978-0-309-05326-6.
- NELEŠOVSKÁ, Alena. *Pedagogická komunikace v teorii a praxi*. Praha: Grada, 2005. Pedagogika (Grada). ISBN 80-247-0738-1.
- ODVÁRKOVÁ, Jana. *Kritické myšlení a způsoby jeho rozvoje na střední škole*. Praha, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Filosofická fakulta. Vedoucí práce PhDr. Eva Šírová, Ph.D.

- OZTURK, Nesrin. A short review of research on metacognition training with elementary students. *Journal of Educational and Instructional Studies*. 2015, **5**(3), 50-62. ISSN 2146-7463.
- PAPÁČEK, Miroslav. Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?. *Scientia in educatione*. 2010, **1**(1), 33-49. ISSN 1804-7106.
- POUDEL, D. D., L. M. VINCENT, C. ANZALONE, J. HUNER, D. WOLLARD, T. CLEMENT, A. DERAMUS a G. BLAKEWOOD. Hands-On Activities and Challenge Tests in Agricultural and Environmental Education. *The Journal of Environmental Education* [online]. 2005, **36**(4), 10-22 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.3200/JOEE.36.4.10-22. ISSN 0095-8964. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/JOEE.36.4.10-22>.
- PRINCE, Michael. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education* [online]. 2004, **93**(3), 223-231 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x. ISSN 10694730. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>.
- REINAGEL, Adam, Elena BRAY SPETH a Janet BATZLI. Beyond the Central Dogma: Model-Based Learning of How Genes Determine Phenotypes. *CBE—Life Sciences Education* [online]. 2016, **15**(1) [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1187/cbe.15-04-0105. ISSN 1931-7913. Dostupné z: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.15-04-0105>.
- Respekt neboli* [online]. Člověk v tísni [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <http://www.respektneboli.eu/pedagogove/archiv-metod/>.
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. 1. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007, 126 s. Dostupné také z: [https://rvp.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV\\_2007-07.pdf](https://rvp.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf).
- ROBERTSON, Carol. Modeling DNA. *The Science Teacher* [online]. 2016, **083**(05) [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.2505/4/tst16\_083\_05\_26. ISSN 0036-8555. Dostupné z: [https://www.nsta.org/store/product\\_detail.aspx?id=10.2505/4/tst16\\_083\\_05\\_26](https://www.nsta.org/store/product_detail.aspx?id=10.2505/4/tst16_083_05_26).
- SANTOS, Melandro D. a Adonis P. DAVID. Self- and Teacher-Assessment of Science Process Skills. *The Normal Lights*. 2017, **11**(1), 91-108.

- SATTERTHWAIT, Donna. Why Are "Hands-On" Science Activities so Effective for Student Learning?. *Teaching Science*. 2010, **v56(n2)**, 7-10.
- SCHWICHOW, Martin, Corinne ZIMMERMAN, Steve CROKER a Hendrik HÄRTIG. What students learn from hands-on activities. *Journal of Research in Science Teaching* [online]. 2016, **53(7)**, 980-1002 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1002/tea.21320. ISSN 00224308. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/tea.21320>.
- SNUSTAD, D. Peter a Michael J. SIMMONS, RELICHOVÁ, Jiřina, ed. *Genetika*. Druhé, aktualizované vydání. Přeložil Jiří DOŠKAŘ, přeložil Jiří FAJKUS, přeložil Petr HOŘÍN, přeložil Aleš KNOLL, přeložil Petr KUGLÍK, přeložil Jan ŠMARDA, přeložil Jana ŠMARDOVÁ, přeložil Renata VESELSKÁ, přeložil Boris VYSKOT. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8613-5.
- SOUKUPOVÁ, Petra. *Mezipředmětové vztahy chemie-biologie: (zpracování literatury a tvorba výukových materiálů)*. Olomouc, 2013. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Doc. RNDr. Marta Klecková, CSc.
- SPIPKOVÁ, Vladimíra. Učitelská profese v měnících se požadavcích na vzdělávání. *Pedagogika*. 2007, **57(4)**, 338-348. ISSN 2336-2189.
- STATASOFT 2009a. *What are Basic Statistics?* [online]. statsoft.com, 2009, May 2012 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <http://www.statsoft.com/Textbook/Basic-Statistics#t-test%20for%20independent%20samples>.
- STATASOFT 2009b. *Introduction to ANOVA / MANOVA* [online]. statsoft.com, 2009, May 2012 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <http://www.statsoft.com/Textbook/ANOVA-MANOVA>.
- ŠAFRÁNKOVÁ, Dagmar, Ladislav PODROUŽEK a Milan KLEČKA. *Mezipředmětové vztahy a badatelské metody v popularizaci vědy - chemie*. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2015. Dostupné také z: [bavsevedou.zcu.cz](http://bavsevedou.zcu.cz). Projekt „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.
- ŠVP EDEN. *Školní vzdělávací program ZŠ Eden*. 1. Praha. 2018.
- ŠVP FZŠ. *Školní vzdělávací program FZŠ PedF UK Mezi školami*. 1. Praha. 2018.
- ŠVP PHG. *Školní vzdělávací program Pražské humanitní gymnázium*. 1. Praha. 2018.



- TEMIZ, Burak Kağan, Mehmet Fatih TAŞAR a Mustafa TAN. Development and validation of a multiple format test of science process skills. *International Education Journal*. (7), 1007-1027.
- TERRY, David R. Assessing Critical-Thinking Skills Using Articles from the Popular Press. *Journal of College Science Teaching*. 2012, **42**(1), 66-70.
- THUNEBERG, Helena a Hannu SALMI. To know or not to know: uncertainty is the answer. Synthesis of six different science exhibition contexts. *Journal of Science Communication* [online]. 2018, **17**(02) [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.22323/2.17020201. ISSN 1824-2049. Dostupné z: [https://jcom.sissa.it/archive/17/02/JCOM\\_1702\\_2018\\_A01](https://jcom.sissa.it/archive/17/02/JCOM_1702_2018_A01).
- TRNA, Josef. Nastává éra mezioborových didaktik?. *Pedagogická orientace*. 2005, **15**(1), 89-97. ISSN 1211-4669.
- TAYLOR, Cynthia a Bryan M. DEWSBURY. On the Problem and Promise of Metaphor Use in Science and Science Communication. *Journal of Microbiology & Biology Education* [online]. 2018, **19**(1) [cit. 2019-07-10]. DOI: 10.1128/jmbe.v19i1.1538. ISSN 1935-7877. Dostupné z: <http://www.asmscience.org/content/journal/jmbe/10.1128/jmbe.v19i1.1538>.
- VENVILLE, Grady a J. DONOVAN. Analogies for life: a subjective view of analogies and metaphors used to teach about genes and DNA. *Teaching Science*. 2006, **52**(1), 18-22.
- VESELSKÝ, Milan a Helena HRUBIŠKOVÁ. Zájem žáků o učební předmět chemie. *Pedagogická orientace*. 2009, **19**(3), 45-64. ISSN 1211-4669.
- WILLINGHAM, Daniel T. *Why don't students like school?: a cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for the classroom*. San Francisco, CA: Jossey-Bass, c2009. ISBN 978-0-470-27930-4.
- WITT, Christy a Jonathan ULMER. The Impact of Inquiry-Based Learning on the Academic Achievement of Middle School Students. In: IGO, Carl G. a Shannon K. ARNOLD. *2010 Western AAAE Research Conference Proceedings*. Montana State University: Bozeman, MT, 2010, s. 269-282.

YOUNG, Mark R. Experiential Learning=Hands-On+Minds-On. *Marketing Education Review* [online]. 2015, **12**(1), 43-51 [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.1080/10528008.2002.11488770. ISSN 1052-8008. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10528008.2002.11488770>.

ZEIDAN, Afif Hafez a Majdi Rashed JAYOSI. Science Process Skills and Attitudes toward Science among Palestinian Secondary School Students. *World Journal of Education* [online]. 2014, **5**(1) [cit. 2019-07-07]. DOI: 10.5430/wje.v5n1p13. ISSN 1925-0754. Dostupné z: <http://www.sciedu.ca/journal/index.php/wje/article/view/5890>.

ŽIVKOVIL, SlaLana. A Model of Critical Thinking as an Important Attribute for Success in the 21st Century. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [online]. 2016, **232**, 102-108 [cit. 2019-07-08]. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.10.034. ISSN 18770428. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042816312666>.

## Seznam grafů

Graf 1: Relativní četnost odpovědí v procentech.....	27
Graf 2: Absolutní četnost odpovědí. ....	28
Graf 3: Četnosti odpovědí na otázku 3, otázku 4 a otázku 5 .....	30
Graf 4: Četnost odpovědí na otázku č.6.....	31
Graf 5: Atraktivita aktivit spojených s korálky.. ....	32
Graf 6: Hodnocení přínosu aktivit pro pochopení molekulární biologie.....	33
Graf 7: Pozitivní zpětná vazba k aktivitám. Odpovědi kategorizovány. ....	34
Graf 8: Negativní zpětná vazba k aktivitám. Odpovědi kategorizovány.....	34
Graf 9: Možnosti zlepšení výukového cyklu očima žáků.....	35
Graf 10: Náročnost učiva molekulární biologie očima žáků. ....	36
Graf 11: Odpovědi na otázku 1 týkající se správného párování bází v DNA.....	37
Graf 12: Vliv školy na odpověď na otázku 1.....	38
Graf 13: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 1.. ....	39
Graf 14: Odpovědi na otázku 2, která ověřovala znalost názvu bází DNA.....	40
Graf 15: Vliv školy na odpověď na otázku 2.....	40
Graf 16: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 2. ....	41
Graf 17: Odpovědi na otázku 3 - korekce chyby na obrázku. ....	42
Graf 18: Vliv školy na odpověď na otázku 3.....	43
Graf 19: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 3.. ....	44
Graf 20: Odpovědi na otázku 4 - znalost procesu replikace DNA. ....	45
Graf 21: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 4.. ....	46
Graf 22: Vliv školy na odpověď na otázku 4.....	46
Graf 23: Odpovědi na otázku 5 - znalost alespoň jednoho rozdílu mezi DNA a RNA. ....	47
Graf 24: Vliv školy na odpověď na otázku 5.....	48
Graf 25: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 5.. ....	49
Graf 26: Odpovědi na otázku 6.....	50
Graf 27: Vliv školy na odpověď na otázku 6.....	51
Graf 28: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 6.. ....	52
Graf 29: Odpovědi na otázku 7 - rozpoznání místa začátku a konce translace. ....	53
Graf 30: Vliv školy na odpověď na otázku 7.....	54
Graf 31: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 7. ....	54

Graf 32: Odpovědi na otázku 8 - primární struktura proteinů. ....	55
Graf 33: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 8. ....	56
Graf 34: Vliv školy na odpověď na otázku 8.....	56
Graf 35: Odpovědi na otázku 9 - sekundární struktura proteinů. ....	57
Graf 36: Vliv školy na odpověď na otázku 9.....	58
Graf 37: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 9. ....	59
Graf 38: Vliv školy na odpověď na otázku 10.....	60
Graf 39: Odpovědi na otázku 10 - funkce proteinů. ....	60
Graf 40: Vliv typu výuky na odpověď na otázku 10. ....	61
Graf 41: Atraktivita upraveného cvičení očima žáků. ....	62
Graf 42: Hodnocení atraktivity výukového cyklu. ....	62
Graf 43: Hodnocení atraktivity výukového cyklu. ....	63
Graf 44: Subjektivní posun žáků v chápání principů a dějů molekulární biologie.....	64
Graf 45: Subjektivní hodnocení vlivu školy na míru pochopení učiva. ....	65
Graf 46: Subjektivní hodnocení míry pochopení učiva pilotní studie vs. finální verze. ....	65
Graf 47: Realistický odhad míry pokroku v molekulární biologii.....	66
Graf 48: Pozitivní zpětná vazba k výukovému cyklu. ....	67
Graf 49: Negativní zpětná vazba k výukovému cyklu.....	68
Graf 50: Subjektivní hodnocení náročnosti učiva molekulární biologie. ....	69
Graf 51: Nápady na zlepšení praktického cvičení. ....	69
Graf 52: Porovnání známek z testu žáků pilotní verze a finální verze výukového cyklu....	70

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Absolutní četnost odpovědí. ....	28
Tabulka 2: Četnosti špatných odpovědí k otázce 3 pro jednotlivé školy.....	43
Tabulka 3: Správné odpovědi na otázku 5.....	48
Tabulka 4: Četnosti odpovědí na otázku 4.....	58

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Příklad vytvořených modelů centrálního dogmatu .....	16
Obrázek 2: Analogie velikosti buňky a jejích struktur s velikostmi Země.....	17
Obrázek 3: Nákres vytvořeného modelu DNA z cereálií .....	18
Obrázek 4: Zadání testové úlohy číslo 3.....	42
Obrázek 5: Zadání k testové úloze č. 5.....	50
Obrázek 6: Jedno vlákno molekuly DNA.....	100
Obrázek 7: Transkripce.....	101
Obrázek 8: Postup replikace DNA.....	101
Obrázek 9: Příprava na replikaci DNA.....	101

## **Seznam příloh**

<b>PŘÍLOHA 1 – METODICKÁ PŘÍRUČKA</b>	<b>94</b>
<b>PŘÍLOHA 2 – PREZENTACE PRO PODPORU VÝUKY</b>	<b>130</b>
<b>PŘÍLOHA 3 – DOTAZNÍK A TEST K PILOTNÍMU OVĚŘENÍ</b>	<b>140</b>
<b>PŘÍLOHA 4 – DOTAZNÍK A TEST K OVĚŘENÍ VÝUKOVÉHO CYKLU</b>	<b>143</b>

## **Příloha 1 – Metodická příručka**

## Metodická příručka k výuce genetiky pro základní školu

### Základní pojmy

Níže je uveden slovníček základních pojmů, který se může vyučujícímu hodit. Veškerá hesla jsou převzata, případně upravena. Literatura, ze které byla hesla převzata, je uvedena na konci každého hesla.

Pro detailnější informace z oboru genetiky doporučuje autor knihy Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky (Alberts 1998), Genetika. Druhé, aktualizované vydání (Snustad et al. 2017) nebo <http://www.genetika-biologie.cz/>.

heslo	vysvětlivka
3' konec	konec molekuly DNA končící -OH skupinou sacharidu (Alberts 1998)
5' konec	konec molekuly DNA končící fosfátovou $-PO_3^{2-}$ skupinou (Alberts 1998)
aminokyselina	organické kyseliny obsahující ve své molekule kromě COOH (karboxylová skupina) ještě $NH_2$ (aminová skupina); základní stavební jednotka proteinů (Snustad et al. 2017)
aminokyselinová sekvence	pořadí aminokyselin v proteinech; toto pořadí je kódováno v DNA (Alberts 1998)
amplifikace	zmnožení/zvýšení počtu molekul DNA nebo RNA (Alberts 1998)
autoreparace	schopnost DNA-polymerázy opravit chyby ve své práci (Alberts 1998)
báze	části molekuly DNA/RNA obsahující dusík; v molekulách DNA a RNA dva typy - purinové guanin a adenin a pyrimidinové cytosin, thymin, uracil (Alberts 1998)
centrální dogma molekulární biologie	Procesy v buňce vedoucí ke kopírování DNA, vzniku RNA a vytvoření proteinu (replikace, translace, transkripce a reverzní translace) (Alberts 1998).



cytoplasma	vnitřní tekutá složka buňky (Snustad et al. 2017)
DNA	deoxyribonukleová kyselina; nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace (Snustad et al. 2017)
DNA polymeráza	enzym, který katalyzuje syntézu nového vlákna DNA podle původního řetězce, má autoreparační schopnost; pracuje ve směru 5' k 3' (Snustad et al. 2017, Alberts 1998)
dvoušroubovice	šroubovice je pravidelná struktura připomínající točité schodiště; dvoušroubovice je pak molekula DNA složená ze dvou komplementárních šroubovic (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
enzym	proteiny se specifickou funkcí; řídí všechny chemické přeměny probíhající v buňce (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
eukaryontní	eukaryotický organismus; jejich buňky obsahují jádro a organely oddělené od ostatního prostředí membránou nebo membránami (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
exprese genu	proces, kterým vznikají z genů molekuly RNA a proteinů, jež následně ovlivňují funkci nebo vzhled organismu (Snustad et al. 2017)
fosfát	zbytek kyseliny $H_3PO_4$ , obvykle připojený na C5 uhlík deoxyribózy nebo ribózy (Alberts 1998)
gen	dědičná jednotka se specifickou biologickou funkcí; jednotka dědičnosti DNA lokalizovaná na určitém místě chromozomu (Snustad et al. 2017)
genetická informace	informace obsažená v nukleotidové sekvenci DNA (Alberts 1998)
genom	kompletní genetická výbava organismu (Snustad et al. 2017)
haploidní organismus	organismus, který obsahuje pouze jednu úplnou sadu chromozomů – u člověka je jedna sada 23 chromozomů

	(Snustad et al. 2017)
katalytická funkce	schopnost urychlovat chemické reakce (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
kodon	každá trojice sousedních nukleotidů RNA, některé kodony iniciují translaci (např. AUG), jiné ji ukončují (např. UAA); ostatní přiřazují konkrétní aminokyselinu do řetězce proteinu; některé kodony více aminokyselin (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
kódování proteinů	struktury proteinu jsou založeny na pořadí aminokyselin; pořadí aminokyselin kóduje pořadí nukleotidů v RNA (Alberts 1998)
komplementární párování	thymín v jednom vlákně DNA se páruje s adeninem ve druhém vlákně; cytosin v jednom vlákně DNA se páruje s guaninem ve druhém vlákně (a naopak); v RNA se páruje adenin s uracilem a cytosin s guaninem (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
komplementární vlákna	doplňující se vlákna; jedná se o taková vlákna, kdy naproti sobě jsou vždy páry A-T/U a C-G (Alberts 1998)
lineární polymer	makromolekula skládající se z mnoha stejných molekul poskládaných do řady za sebou např. polyetylen (PE) nebo polyvinylchlorid (PVC) (Alberts 1998)
mRNA	RNA molekula, která nese informaci nutnou pro syntézu proteinu z DNA (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
nukleotid	část molekuly DNA nebo RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr deoxyribózu nebo ribózu a dusíkatou bázi adenin, thymín/uracil, cytosin a guanin (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
nukleotidová sekvence	pořadí nukleotidů v molekule DNA nebo RNA (Alberts 1998)

párování bází	větší, purinové báze (guanin a adenin) se párují s menšími, pyrimidinovými (cytosin a thymin nebo uracil) a to proto, aby páry bází zaujaly energeticky co nejvýhodnější polohu (Alberts 1998)
podjednotka	část proteinu nebo RNA (Alberts 1998)
polypeptidový řetězec	protein složený z dvou a více aminokyselin (Alberts 1998)
promotor	konkrétní místo na molekule DNA, kde začíná transkripce (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
proteiny	makromolekula složená z jednoho až několika polypeptidických řetězců (Snustad et al. 2017)
replikace DNA	proces zkopírování molekuly DNA podle templátu (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
ribonukleotid	část molekuly RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr ribózu a dusíkatou bázi – adenin, uracil, cytosin, guanin (Alberts 1998)
ribozom	organela, na které probíhá syntéza proteinů (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
RNA	ribonukleová kyselina; nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace (některé viry); může přenášet informace (mRNA) vytvářet struktury podobné svou funkcí proteinům, přenášet aminokyseliny (při translaci) nebo katalyzovat chemickou reakci (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
RNA polymeráza	enzym, který katalyzuje syntézu RNA (Snustad et al. 2017)
sacharidová kostra	pevné spojení mezi sacharidy v molekulách DNA a RNA, které tvoří "kostru", tzn. výztuhu těchto molekul (Alberts 1998)
sigma faktor	část RNA-polymerázy zodpovědná za rozpoznání promotoru (místa začátku transkripce); vyskytuje se pouze u bakteriální RNA-polymerázy (Alberts 1998)

směr replikace	od 5' konce DNA k 3' konci (Alberts 1998)
templát	předloha; jedno z vláken dvoušroubovice DNA slouží jako předloha pro jeho kopírování nebo přepis do RNA (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
templátový řetězec	vlákno DNA, které je při transkripci přepisováno do RNA (Alberts 1998)
terminátor	konkrétní místo na molekule DNA, kde končí transkripce (Alberts 1998)
transkripce	proces, při kterém podle vzoru z molekuly DNA vzniká molekula RNA (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
translace	proces, při kterém podle molekuly mRNA vzniká protein, probíhá na ribozomech (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
triplet	trojice nukleotidů (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)
tRNA	transferová RNA, zodpovědná za správný výběr aminokyseliny a její správné přiřazení do vznikajícího proteinu (Alberts 1998)
vodíkový můstek	slabá interakce mezi molekulami vodíku a kyslíku/dusíku, velmi významné vazby v biomolekulách (Alberts 1998, Snustad et al. 2017)

ALBERTS, Bruce. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Přeložil Arnošt KOTYK, přeložil Bohumil BOUZEK, přeložil Pavel HOZÁK. Ústí nad Labem: Espero, c1998. ISBN 80-902906-2-0.

SNUSTAD, D. Peter a Michael J. SIMMONS, RELICHOVÁ, Jiřina, ed. *Genetika*. Druhé, aktualizované vydání. Přeložil Jiří DOŠKAŘ, přeložil Jiří FAJKUS, přeložil Petr HOŘÍN, přeložil Aleš KNOLL, přeložil Petr KUGLÍK, přeložil Jan ŠMARDA, přeložil Jana ŠMARDOVÁ, přeložil Renata VESELSKÁ, přeložil Boris VYSKOT. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8613-5.

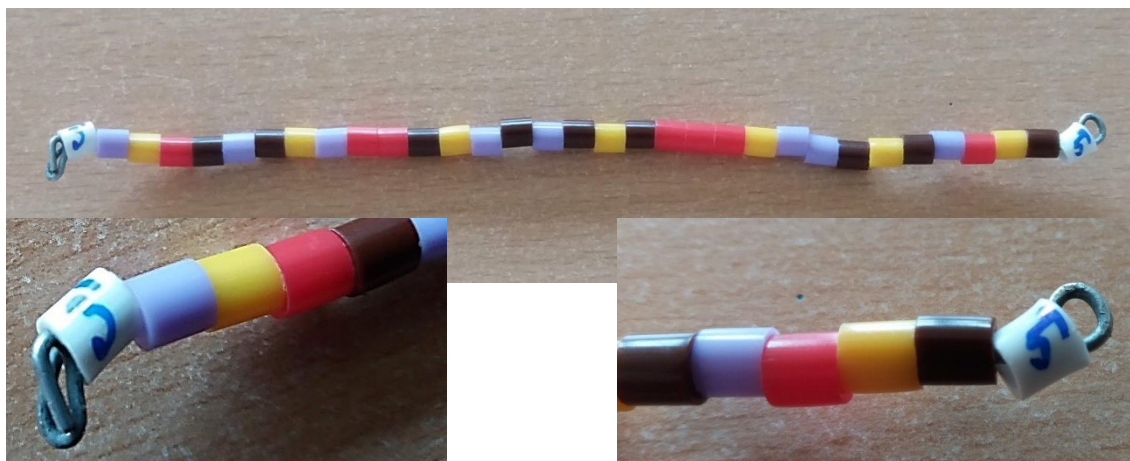
### Výroba DNA a RNA z korálek

Pro výrobu molekul DNA a RNA je potřeba sehnat korálky. Pro potřeby této práce byly pořízeny korálky z IKEI, které jsou v dostatečném počtu, barvách a jejich nespornou výhodou je nízká pořizovací cena. Dále je potřeba sehnat drátky, na které se korálky navlékají. Drátky je možné sehnat v každém obchodě s hobby potřebami nebo v železářství. Posledním vybavením, které bylo pro výrobu modelů potřeba, byly kleště na zkrácení a zahnutí drátků. Při samotném vytváření molekuly DNA z korálek je potřeba dobře ohnout oba konce dané molekuly a nezapomenout na ně dát bílý korálek s nápisem 3' a 5', aby žáci věděli, z které strany mají začít navlékat.

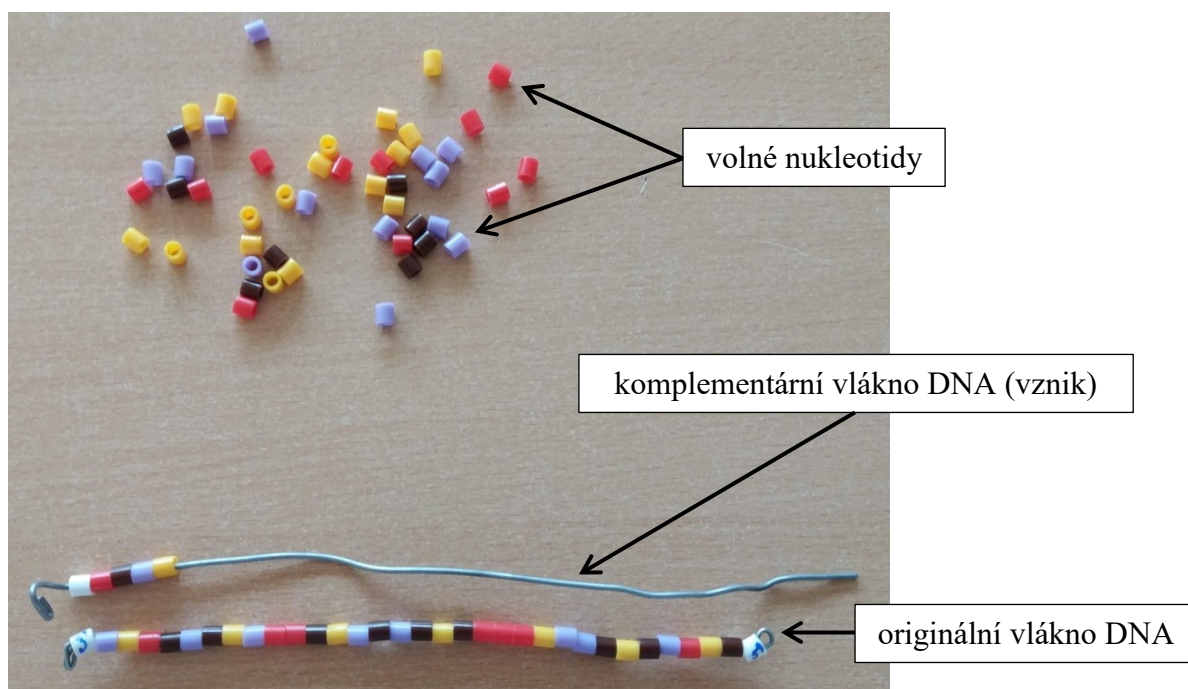
Při následné práci s korálky v hodině je potřeba žáky upozornit, aby se pokusili korálky neztratit a nerozházet po celé třídě.

### Replikace a transkripce pomocí korálek

Celý postup replikace a transkripce s použitím korálek je uveden na fotografiích níže (obrázek 1-4).



Obrázek 6: Jedno vlákno molekuly DNA. Na obrázku jsou vyznačené oba konce (3' a 5').



Obrázek 9: Příprava na replikaci DNA.



Obrázek 8: Postup replikace DNA.



Obrázek 7: Transkripce. V řetězci nově vznikající RNA je místo thyminu (červená) uracil (zelená).

## 1. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Úvod do studia genetiky

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák identifikuje s pomocí videa nové pojmy. Žák diskutuje s ostatními nové pojmy a jejich význam zapíše do pracovního listu.

*Pojmy, které již žák zná:*

DNA, RNA, genetická informace – pojmy, se kterými přišel žák do styku v předchozích ročnících

*Probírané pojmy:*

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika

*Klíčové kompetence:*

Kompetence komunikativní - naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje.

Kompetence k učení - vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

*Motivace:*

*Plán hodiny:*

- |  |          |
|--|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli + rozdělení do skupin po 4 žácích   | 4 minuty |
| 2) Zhlédnutí videa NEZkreslená věda III: Genetika  | 10 minut |
| • NEZkreslená věda III: Genetika<br>( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=GEaZ9ngOuPE">https://www.youtube.com/watch?v=GEaZ9ngOuPE</a> ). |          |
| 3) Diskuse ve skupinkách nad novými pojmy s pomocí pracovního listu  | 15 minut |
| 4) Správné řešení pracovních listů a dovysvětlení pojmů  | 10 minut |
| • učitel využije k dovysvětlení pojmů prezentaci   |          |
| 5) Shrnutí hodiny  | 6 minut  |

*Vyučovací metody:*

skupinová práce, kritické myšlení, diskuse

*Pomůcky a technika:*

pracovní list, počítač, dataprojektor, prezentace



## Pracovní list – základy genetiky – žák

### 1. Doplň vynechaná slova (vyber z nabídky):

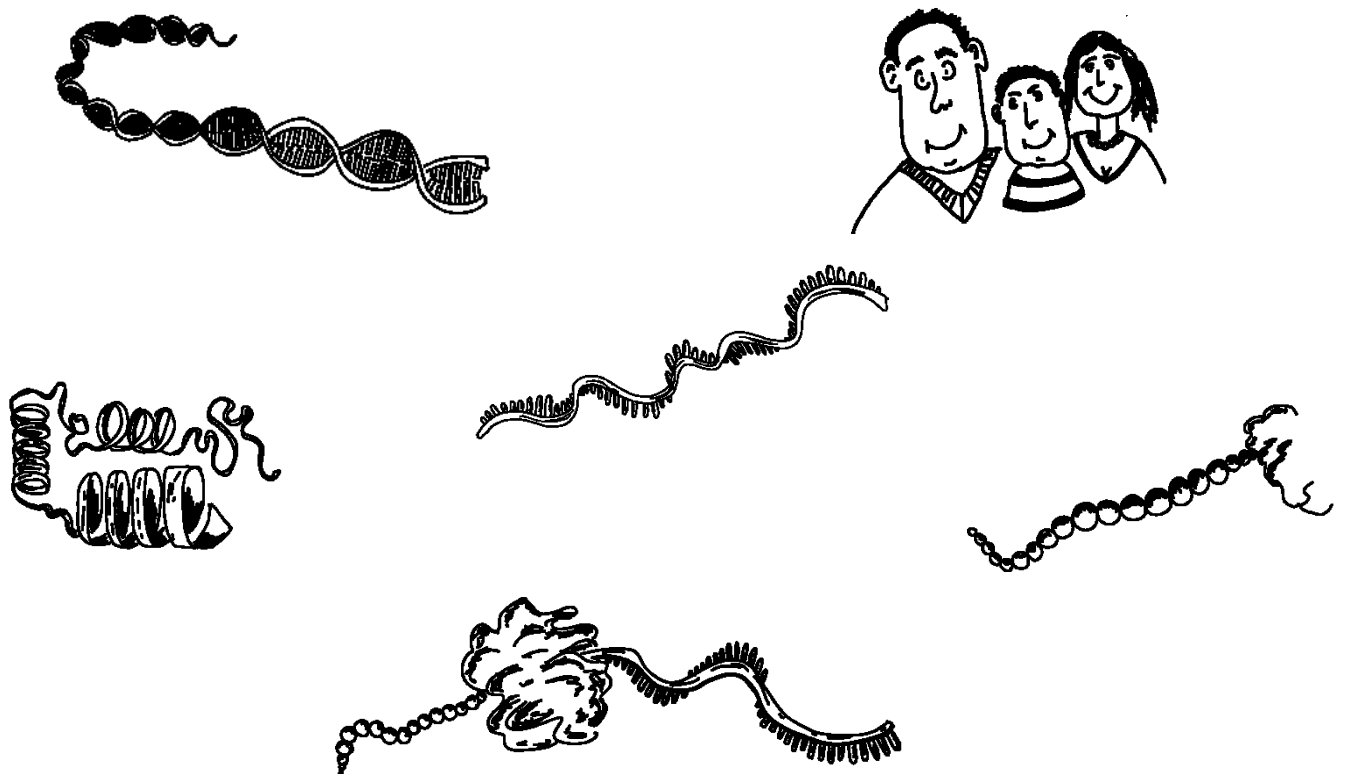
*DNA, proteinů, proměnlivostí, dědičnosti, dědičností, geny, základní stavební jednotky.*

Genetika se zabývá \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ organismů a jejich příčinami. Hlavním tématem genetiky jsou \_\_\_\_\_, což jsou základní jednotky \_\_\_\_\_. Jsou to části molekuly deoxyribonukleové kyseliny \_\_\_\_\_. Tyto úseky vedou postupně k tvorbě \_\_\_\_\_, což jsou \_\_\_\_\_ organismů.

### 2. Cesta vzniku proteinu

*Spoj čarou obrázky tak, jak jde za sebou proces realizace genetické informace. Jednotlivé obrázky pojmenuj.*

DNA → transkripce → mRNA → translace → protein → složení proteinu → dědičný znak



**Pracovní list – základy genetiky – žák**

**3. Odpověz na otázky:**

a) *Jaké znaky podmiňuje fenotyp?*

Anatomické \_\_\_\_\_

Fyziologické – \_\_\_\_\_

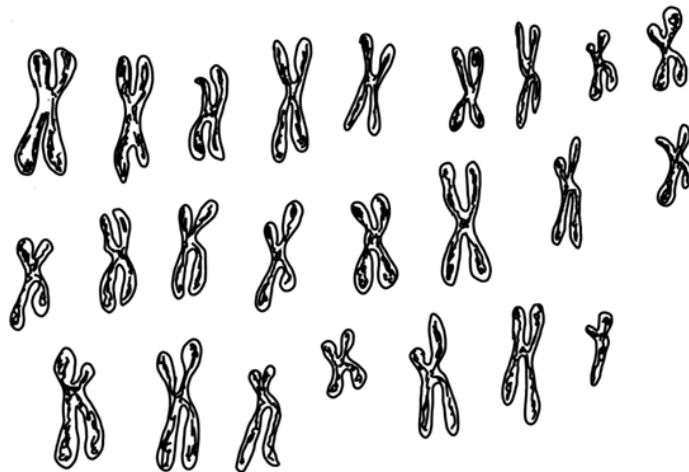
Psychické – \_\_\_\_\_

b) *Podle čeho se v genetice rozlišuje pohlaví?*

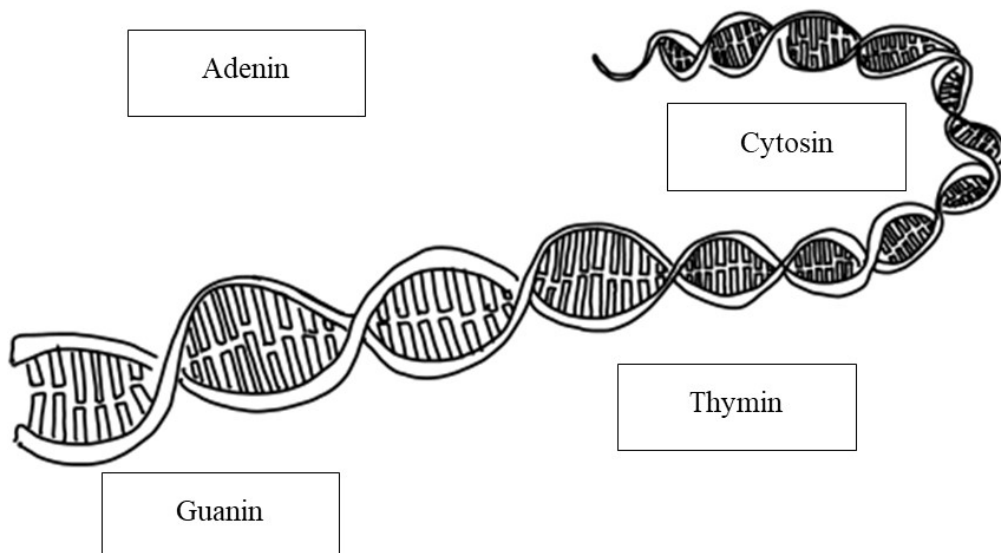
---

---

---



**4. Spoj čarou dva nukleotidy podle toho, jak se spolu párují v DNA:**



## Pracovní list – základy genetiky - ŘEŠENÍ

### 1. Doplň vynechaná slova (vyber z nabídky):

*DNA, proteinů, proměnlivostí, dědičnosti, dědičností, geny, základní stavební jednotky.*

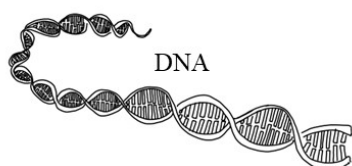
Genetika se zabývá dědičností a proměnlivostí organismů a jejich příčinami. Hlavním tématem genetiky jsou geny, což jsou základní jednotky dědičnosti. Jsou to části molekuly deoxyribonukleové kyseliny DNA. Tyto úseky vedou postupně k tvorbě proteinů, což jsou základní stavební jednotky organismů.

### 2. Cesta vzniku proteinu

*Spoj čarou obrázky tak, jak jde za sebou proces realizace genetické informace. Jednotlivé obrázky pojmenuj.*

DNA → transkripce → mRNA → translace → protein → složení proteinu → dědičný znak

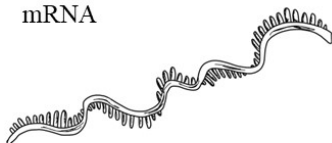
transkripce



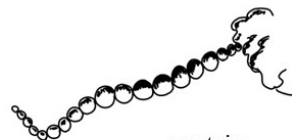
dědičný znak



mRNA



složení proteinu



protein

## Pracovní list – základy genetiky - ŘEŠENÍ

### 3. Odpověz na otázky:

a) *Jaké znaky fenotyp podmiňuje?*

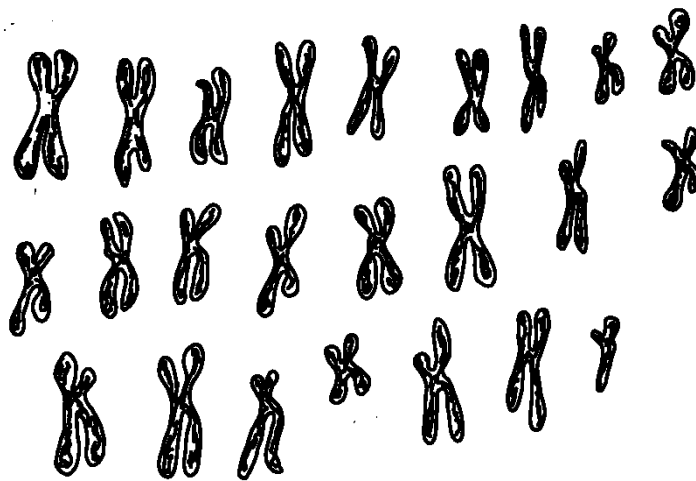
Anatomicko – morfologické znaky – barva očí, výška postavy, ...

Fyziologické – vysoký krevní tlak, sklony k obezitě, ...

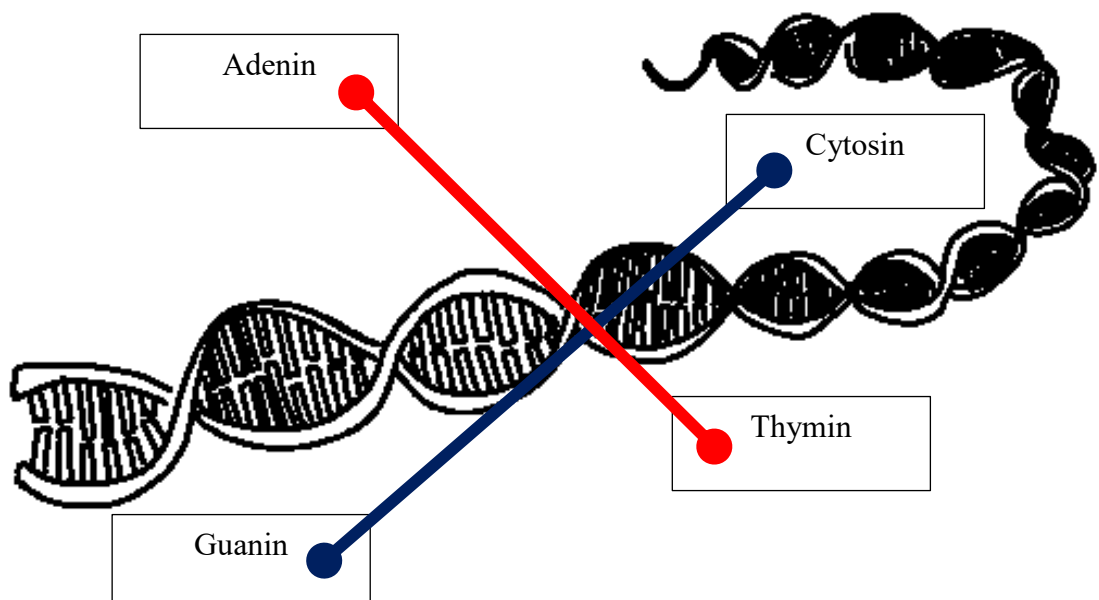
Psychické – náchylnost k psychickým nemocem

b) *Podle čeho se v genetice rozlišuje pohlaví?*

Podle pohlavních chromozomů. Samci mají pohlavní chromosomy XY, samice XX.



### 4. Spoj čarou dva nukleotidy podle toho, jak se spolu párují v DNA:



## 2. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Replikace DNA

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák je schopen pomocí korálek replikovat DNA. Žák popíše svými slovy princip replikace DNA.

*Pojmy, které již žák zná:*

chromosom, DNA, RNA, exprese genů, gen, genetika

*Probírané pojmy:*

centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace

*Klíčové kompetence:*

Kompetence pracovní – žák využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech.

Kompetence k učení – žák třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

*Motivace:*

Ukázka molekuly DNA z korálek.

### Plán hodiny:

- 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli 2 minuty
- 2) Vznik nové DNA a vysvětlení principů, které se u toho uplatňují 13 minut
  - učitel pomocí brainstormingu rychle zopakuje pojmy z minulé hodiny,
  - učitel s pomocí prezentace vysvětlí centrální dogma molekulární biologie a s pomocí prezentace a videa (<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>) vysvětlí základní principy replikace DNA.
- 3) Skupinová práce žáků – výroba komplementárního vlákna DNA 25 minut
  - žáci pomocí korálek ve dvojicích vytvářejí komplementární vlákna DNA,
  - na tabuli je napsané párování bází a barev:

báze	barva
adenin	fialová
thymín	hnědá
cytosin	červená
guanin	žlutá
  - poté, co žáci vytvoří komplementární vlákno DNA, je nutné, aby vyučující pečlivě zkontroloval, zda je na všech pozicích zařazená správná báze (stejně jako DNA polymeráza); pokud tomu tak není, je nutné, aby žáci vlákno vytvořili znovu.
- 4) Shrnutí a zakončení hodiny 6 minut

### Vyučovací metody:

brainstorming, frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

### Pomůcky a technika:

počítač, dataprojektor, prezentace, korálky různých barev, manuál na výrobu DNA z korálek a práci s nimi

### 3. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Struktura RNA a transkripce

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák je schopen pomocí korálků popsat princip transkripce. Žák diskutuje rozdíly mezi DNA a RNA.

*Pojmy, které již žák zná:*

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace

*Probírané pojmy:*

transkripce, RNA, templát

*Klíčové kompetence:*

Kompetence pracovní – žák využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech.

Kompetence k učení – žák třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

*Motivace:*

Byl jednou jeden život: Zrození – 18:00 – do 19:20  
([https://www.youtube.com/watch?v=8\\_GPYyaxSTw](https://www.youtube.com/watch?v=8_GPYyaxSTw)).

*Plán hodiny:*

- 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli + video 10 minut
- 2) Opakování replikace – korálky 5 minut
- 3) Vysvětlení principů transkripce pomocí prezentace 10 minut
- 4) Transkripce pomocí korálků 10 minut
  - a tabuli je napsané párování bází a barev:

<b>báze</b>	<b>barva</b>
<b>adenin</b>	fialová
<b>thymín</b>	hnědá
<b>uracil</b>	zelená
<b>cytosin</b>	červená
<b>guanin</b>	žlutá

- poté, co žáci vytvoří mRNA, je vhodné, aby vyučující zkontroloval, zda je na všech pozicích zařazená správná báze; pokud tomu tak není, žáci vlákno neopravují, protože ani RNA polymeráza tuto funkci autoreparace nemá; naopak je vhodné žákům vysvětlit, co by se mohlo touto mutací v řetězci stát.
- 5) Shrnutí a závěr hodiny 10 minut

*Vyučovací metody:*

frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

*Pomůcky a technika:*

počítač, dataprojektor, prezentace, korálky různých barev, manuál na výrobu DNA z korálků a práci s nimi



## 4. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Transkripce DNA

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák kriticky zhodnotí napsaný text. Žák je schopen popsat vlastními slovy principy transkripce DNA.

*Pojmy, které již žák zná:*

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát

*Probírané pojmy:*

žádné nové pojmy

*Klíčové kompetence:*

Kompetence k učení – žák uvádí věci do souvislostí, propojuje do širších celků poznatky z různých vzdělávacích oblastí a na základě toho si vytváří komplexnější pohled.

Kompetence k řešení problémů – žák vyhledá informace vhodné k řešení problému, využívá získané vědomosti a dovednosti k objevování různých variant řešení, nenechá se odradit případným nezdarem a vytrvale hledá konečné řešení problému.

Kompetence komunikativní – žák rozumí různým typům textů a záznamů, obrazových materiálů, přemýšlí o nich, reaguje na ně a tvořivě je využívá ke svému rozvoji.

*Motivace:*

*Plán hodiny:*

- |   |          |
|---|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli  | 3 minuty |
| 2) Skupinová práce na kritické myšlení  | 20 minut |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Žáci jsou rozděleni do skupin po čtyřech. Zároveň jsou po třídě připravena 4 stanoviště s textem (viz níže). Ke každému stanovišti je přidělen z každé skupiny jeden člen. Po splnění úkolu na stanovišti (tj. přečtení textu a vypsání výpisků) se žáci vrací do „domovské“ skupiny.</li></ul> |          |
| 3) Interpretace skupinové práce   | 15 minut |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Žáci po návratu do „domovské“ skupiny interpretují ostatním členům své poznatky a společně pomohou ostatním členům vyplnit pracovní list.</li></ul>   |          |
| 4) Reflexe skupinové práce a závěr hodiny   | 7 minut  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Kontrola správného vyplnění pracovního listu proběhne až příští hodinu. Doporučuji vyplněné a podepsané pracovní listy vybrat k učiteli.</li></ul>  |          |

*Vyučovací metody:*

Skupinová práce, práce s textem, diskuse ve skupinách

*Pomůcky a technika:*

pracovní list

## **Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly**

### **Proč jsou části DNA přepisovány jako RNA?**

Transkripce (přepis) a translace (překlad) jsou procesy, kterými buňka realizuje své genetické instrukce - své geny. Podle jednoho genu může vzniknout mnoho kopií RNA a jedna RNA může dát vznik několika identickým molekulám proteinu. Protože v buňce bývá jen jedna kopie genu na haploidní genom, tato amplifikace umožňuje buňce nasynthetizovat požadované množství proteinu mnohem rychleji, než kdyby DNA byla sama templátem pro syntézu proteinů. Každý gen může být přepsán a přeložen s různou účinností, což umožňuje buňce nasynthetizovat velmi odlišná množství různých proteinů. Navíc může buňka regulovat expresi každého genu podle okamžité potřeby.

Prvním krokem pro uplatnění genetické informace v buňce je přepsání části nukleotidové sekvence DNA- genu - do nukleotidové sekvence RNA. Tento proces se nazývá transkripce (přepis), protože informace, ačkoliv je kopírována do jiné chemické formy, je stále zapsána stejným způsobem, totiž nukleotidy. Stejně jako DNA je RNA lineární polymer složený ze čtyř typů podjednotek spojených navzájem fosfodiesterovými vazbami. RNA se liší od DNA ve dvou aspektech: (1) nukleotidy v RNA se nazývají ribonukleotidy, protože cukernou složkou je ribóza (proto ribonukleová kyselina) místo deoxyribózy; (2) v RNA se také vyskytují báze adenin (A), cytosin (C) a guanin (G), ale thymin (T) je nahrazen uracilem (U).

Protože se U stejně jako T páruje vodíkovými můstky s A, platí párování nukleotidů popsané pro DNA i pro RNA. Navzdory těmto malým chemickým odlišnostem se DNA a RNA velice liší celkovou strukturou. Zatímco se DNA v buňce vyskytuje vždy jako dvoušroubovice (s výjimkou některých virů), RNA je jedno řetězcová molekula, která se na základě párování bází může sbalit do různých tvarů podobně jako polypeptidový řetězec do konečného tvaru bílkoviny. Schopnost sbalit se do komplexní trojrozměrné struktury umožňuje RNA i jiné funkce, kromě přenosu informace z DNA do proteinu. Funkcí DNA je pouze uchování genetické informace, RNA však může mít i strukturní, popřípadě katalytickou funkci.

## **Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly**

### **Jak transkripce funguje?**

Veškerá RNA v buňce vzniká transkripcí, procesem, který se v některých krocích podobá replikaci DNA. Transkripce začíná rozvolněním krátkého úseku dvoušroubovice DNA, jeden z řetězců pak slouží jako templát pro syntézu RNA. Stejně jako při replikaci DNA je i nukleotidová sekvence RNA určena komplementárním párováním bází. Řetězec RNA vznikající transkripcí - transkript - je tedy postupně prodlužován a má stejnou sekvenci jako vlákno DNA, které je komplementární k templátovému řetězci DNA.

Transkripce se však liší od replikace v několika zásadních rysech. Oproti nově vznikající DNA nezůstává RNA spojena s templátovou DNA vodíkovými můstky. Místo toho dochází hned za místem, kde byl přidán ribonukleotid, k obnovení dvoušroubovicové struktury DNA a vytěsnění vlákna RNA. Proto jsou molekuly RNA jedno vláknové. Vzhledem k tomu, že dochází k přepisu pouze malé části DNA, jsou molekuly RNA mnohem kratší než DNA.

Zatímco DNA lidského chromosomu má délku více než 250 milionů párů bází, většina molekul RNA je tvořena několika málo tisíci nukleotidy a mnoho z nich je ještě kratších. Enzymy, které přepisují DNA do RNA, se nazývají RNA-polymerázy. Také RNA je syntetizována ve směru 5' → 3'. Téměř okamžité uvolňování RNA z templátového řetězce během syntézy umožňuje vznik mnoha kopií RNA podle DNA jednoho genu, protože další RNA kopie začíná vznikat obvykle před dokončením syntézy první RNA. Transkripce genu střední velikosti (zhruba 1 500 nukleotidových párů) jednou RNA polymerázou trvá přibližně 50 sekund a na tomto úseku může být navázáno až 15 RNA-polymeráz. To znamená, že během jedné hodiny může vzniknout až tisíc transkriptů jednoho genu. U většiny genů je však množství transkriptů mnohem menší.

## **Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly**

### **Jak poznat, kde začít a kde skončit?**

Před začátkem transkripce musí RNA-polymeráza přesně rozeznat začátek genu a navázat se na toto místo. Způsob, jakým RNA polymeráza poznává začátek transkripce, se liší mezi prokaryoty (bakterie) a eukaryoty. Protože je situace u bakterií jednodušší, ukážeme si nejprve na nich. Iniciace (začátek) transkripce je velmi zajímavý proces, protože hlavně na této úrovni buňka reguluje, který protein a v jakém množství je nutno nasyntetizovat. U bakterií má RNA-polymeráza snahu slabě se vázat na molekulu DNA, kdykoliv se s ní náhodně setká a potom se po ní rychle pohybuje skluzem. Jakmile RNA-polymeráza rozpozná v DNA sekvenci tzv. promotoru, která obsahuje informaci o začátku transkripce, pevně se naváže na tento úsek.

Jakmile se RNA-polymeráza pevně naváže na promotor, rozvolní před sebou strukturu dvoušroubovice a vytvoří tak krátké jedno řetězcové úseky DNA. Jedno z vláken je pak templátem pro komplementární párování bází a RNA-polymeráza spojí první dva nukleotidy nového řetězce RNA. K jeho prodlužování dochází do té doby, než RNA-polymeráza narazí na druhý signál v DNA, tzv. terminátor, kde se zastaví a odpoutá se od templátu DNA i řetězce RNA. Za rozpoznání promotorové sekvence v bakteriální DNA je primárně zodpovědná podjednotka RNA-polymerázy nazývaná sigma-faktor. Jakmile se polymeráza naváže na promotor a nasyntetizuje vlákno dlouhé přibližně 10 nukleotidů, je sigma-faktor uvolněn a RNA-polymeráza se může pohybovat ve směru transkripce a pokračovat v syntéze RNA.

Požadavek pevné vazby RNA-polymerázy na DNA před začátkem transkripce umožňuje přesnou kontrolu, které sekvence mají být přepisovány - jsou to pouze ty, před kterými se nachází promotor. Tak je zajištěno, aby se přepisovaly do RNA pouze genové sekvence.

## **Kritické myšlení – vstupní texty a úkoly**

### **Co jsou posttranskripční úpravy a k čemu jsou dobré?**

Před tím, než může být RNA přeložena do aminokyselinové sekvence proteinu, musí být transportována z jádra do cytoplasmy malými póry v jaderné membráně. Před opuštěním jádra však RNA podléhá několika posttranskripčním úpravám. Transkripcí tedy vzniká tzv. primární transkript - RNA, která ještě nebyla nijak upravena. Transkripty jsou v jádře dále upravovány různými způsoby. Dvě základní úpravy, kterým podléhá jen budoucí mRNA, jsou přidání čepičky a polyadenylace:

1. Přidání čepičky je modifikace 5' -konce primárního transkriptu, tj. konce, který je syntetizován jako první. V této reakci je na 5' - konec navázán atypický nukleotid - guaninový nukleotid. K tomuto procesu dochází obvykle kotranskripčně, tedy ještě před dokončením transkripce celého genu.

2. K polyadenylaci dochází u většiny nově transkribované mRNA, a to na 3' - konci. Na rozdíl od bakterií, jejichž transkripty končí v místě, kde skončila syntézu RNA-polymeráza, je 3' -konec většiny eukaryontních mRNA nejdříve naštěpen ve specifickém místě a pak enzym přidá na nově vytvořený konec RNA-sekvenci složenou pouze z adeninů (poly(A)-konec). Poly(A)-konec je obvykle několik stovek nukleotidů dlouhý.

Tyto dvě modifikace konců mRNA - čepička a poly(A) pravděpodobně stabilizují molekulu RNA a pomáhají při jejím transportu z jádra do cytoplasmy. Později jsou také využity aparátem syntetizujícím proteiny jako signál, že daná mRNA má oba konce a informace, kterou kóduje, je kompletní.



## **Pracovní list – replikace a transkripce**

### **Jak poznat, kde začít a kde skončit?**

Popiš, jakým způsobem dojde k rozpoznání místa, které se má transkripcí přepsat do RNA a jak dojde k rozpoznání místa, kdy má transkripce skončit. Pro popis těchto procesů Ti pomůže příložený text a tyto návodné otázky:

*Co je promotor? Jak jej RNA-polymeráza pozná? Co je terminátor a k čemu slouží? K čemu dojde po nalezení terminátoru?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Co jsou posttranskripční úpravy a k čemu jsou dobré?**

Popiš, proč dochází k posttranskripčním úpravám a jak fungují. Pro popis těchto procesů Ti pomůže příložený text a tyto návodné otázky:

*V kterém místě dochází k posttranskripčním úpravám? Jaké jsou dvě základní posttranskripční úpravy? Jak tyto úpravy fungují? K čemu posttranskripční úpravy slouží?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Kritické myšlení – slovníček pojmů

heslo	vysvětlivka
aminokyselina	Organické kyseliny obsahující ve své molekule kromě COOH (karboxylová skupina) ještě NH <sub>2</sub> (aminová skupina). Základní stavební jednotka proteinů.
aminokyselinová sekvence	Pořadí aminokyselin v proteinech. Toto pořadí je kódováno v DNA.
amplifikace	Zmnožení/zvýšení počtu molekul DNA nebo RNA.
cytoplasma	Vnitřní tekutá složka buňky.
DNA	Deoxyribonukleová kyselina. Nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace.
enzym	Proteiny se specifickou funkcí; řídí všechny chemické přeměny probíhající v buňce.
eukaryotní	Eukaryotický organismus. Jejich buňky obsahují jádro (mimo některé konkrétní typy buněk – např. červené krvinky) a orgány oddělené od ostatního prostředí membránou nebo membránami.
exprese genu	Proces, kterým vznikají z genů molekuly RNA a proteinů, jež následně ovlivňují funkci nebo vzhled organismu.
genom	Kompletní genetická výbava organismu.
haploidní organismus	Organismus, který obsahuje pouze jednu úplnou sadu chromozomů (u člověka je jedna sada 23 chromozomů).
katalytická funkce	Schopnost urychlovat chemické reakce.
komplementární párování	Thymin v jednom vlákne DNA se páruje s adeninem ve druhém vlákne; cytosin v jednom vlákne DNA se páruje s guaninem ve druhém vlákne (a naopak). V RNA se páruje adenin s uracilem a cytosin s guaninem.
lineární polymer	Makromolekula skládající se z mnoha stejných molekul poskládaných do řady za sebou. Např. polyetylen (PE) nebo polyvinylchlorid (PVC)
mRNA	RNA molekula, která nese informaci nutnou pro syntézu proteinu z DNA.
nukleotid	Část molekuly DNA nebo RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr (deoxyribóza nebo ribóza) a dusíkatou bázi (adenin, thymin/uracil, cytosin, guanin).
nukleotidová sekvence	Pořadí nukleotidů v molekule DNA nebo RNA.
podjednotka	Část proteinu nebo RNA.

## Kritické myšlení – slovníček pojmů

heslo	vysvětlivka
polypeptidový řetězec	Protein složený z dvou a více aminokyselin.
promotor	Konkrétní místo na molekule DNA, kde začíná transkripce.
ribonukleotid	Část molekuly RNA nesoucí fosfátovou skupinu, cukr ribózu a dusíkatou bázi (adenin, uracil, cytosin, guanin).
RNA	Ribonukleová kyselina. Nukleová kyselina, která je nositelkou genetické informace (některé viry). Může přenášet informace (mRNA) vytvářet struktury podobné svou funkcí proteinům, přenášet aminokyseliny (při translaci) nebo katalyzovat chemickou reakci.
RNA polymeráza	Enzym, který katalyzuje syntézu RNA.
sigma faktor	Část RNA-polymerázy zodpovědná za rozpoznání promotoru (místa začátku transkripce). Vyskytuje se pouze u bakteriální RNA-polymerázy.
templát	Předloha. Jedno z vláken dvoušroubovice DNA slouží jako předloha pro jeho kopírování nebo přepis do RNA.
templátový řetězec	Vlákno DNA, které se při transkripci přepisuje do RNA.
terminátor	Konkrétní místo na molekule DNA, kde končí transkripce.
transkripce	Proces, při kterém podle vzoru z molekuly DNA vzniká molekula RNA.
vodíkový můstek	Slabá interakce mezi molekulami vodíku a kyslíku/dusíku, velmi významné vazby v biomolekulách.

## 5. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Translace

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák je schopen pomocí korálek popsat princip transkripce. Žák popíše rozdíly mezi procesy replikace, translace a transkripce.

*Pojmy, které již žák zná:*

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát

*Probírané pojmy:*

aminokyselina, protein, triplet, kodon, antikodon, tRNA, mRNA, ribozom, rRNA, primární, sekundární a terciální struktura proteinů

*Klíčové kompetence:*

Kompetence komunikativní - naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje.

Kompetence pracovní – žák využívá znalosti a zkušenosti získané v jednotlivých vzdělávacích oblastech.

Kompetence k učení – žák třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

*Motivace:*

*Plán hodiny:*

- |   |          |
|---|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli  | 2 minuty |
| 2) Vysvětlení translace pomocí videa  | 18 minut |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Pustit video NEZkreslená věda II: 8. Proteosyntéza - od DNA k proteinu (od 5:00 do 8:55). Následně diskutovat o zjištěných skutečnostech a nakonec pomocí prezentace shrnout poznatky z videa.</li></ul>  |          |
| 2) Struktura proteinů   | 15 minut |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Žák s pomocí videa (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=wwTv8TqWC48">https://www.youtube.com/watch?v=wwTv8TqWC48</a> od 1:14 do 3:30) vysvětlí, co je a jak vzniká primární, sekundární, terciální a kvartérní struktura proteinu.</li></ul> |          |
| 3) Kontrola zjištěných informací a shrnutí hodiny   | 10 minut |

*Vyučovací metody:*

diskuse, frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

*Pomůcky a technika:*

počítač, dataprojektor, prezentace, korálky různých barev, manuál na výrobu DNA z korálků a práci s nimi

## 6. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Proteiny I

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák popíše proces proteosyntézy. Žák diskutuje strukturu proteinů, její vznik a význam.

*Pojmy, které již žák zná:*

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát, aminokyselina, protein, triplet, kodon, antikodon, tRNA, mRNA, ribozom, rRNA

*Probírané pojmy:*

proteosyntéza, hemoglobin, aktin, myosin, enzymy, hormony, biopolymery

*Klíčové kompetence:*

Kompetence komunikativní – žák naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhájí svůj názor a vhodně argumentuje.

Kompetence k učení – žák vyhledává a třídí informace a na základě jejich pochopení, propojení a systematizace je efektivně využívá v procesu učení.

Kompetence pracovní – žák promyslí a naplánuje způsob řešení problémů a využívá k tomu vlastního úsudku a zkušeností.

*Motivace:*

*Plán hodiny:*

- |   |  |
|---|--|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli  | 2 minuty   |
| 2) Opakování formou videa   | 4 minuty   |
| • Pustit video  |  |
| <a href="https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA">https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA</a>   |  |
| 3) Samostatná práce – skládkové učení   | 10 minut   |
| • Žák nejprve sám, pak ve dvojici a nakonec ve čtveřici vyplní pracovní list. K vyplňování není možné používat žádné pomůcky (sešit, mobil, ...).   |  |
| • Nakonec proběhne společná kontrola správného vyplnění pracovního listu.   |  |
| 4) Zadání skupinové práce   | 27 minut   |
| • Žáci vypracují referát na zadané téma. Jedná se o skupinový referát formou prezentace. Rozdělení do skupin a přiřazení témat nechávám v kompetenci vyučujícího. Osobně jsem rozdělil témata do dvojic. Na dokončení referátu mohou žáci pracovat doma. Odevzdat musejí všichni, prezentovat ale jen dobrovolníci (až následující hodinu). |  |
| <b>Témata:</b>  |  |
| a) Enzymy   | g) Receptorové proteiny  |
| b) Strukturní proteiny  | h) Regulační proteiny v genové expresi   |
| c) Transportní proteiny   | i) Proteiny se zvláštním posláním (např. protimrazové proteiny, fluoreskující proteiny, ...) |
| d) Pohybové proteiny  |  |
| e) Zásobní proteiny   |  |
| f) Signální proteiny  |  |
| 5) Shrnutí a závěr hodiny   | 2 minuty   |

*Vyučovací metody:*

diskuse, frontální výuka s prezentací, skupinová práce, manuální činnosti

*Pomůcky a technika:*

počítač, dataprojektor, mobilní telefony žáků nebo mobilní zařízení školy (tablety), pracovní list

## Pracovní list – opakování

Popiš procesy vedoucí ke vzniku proteinů:

---



---



---

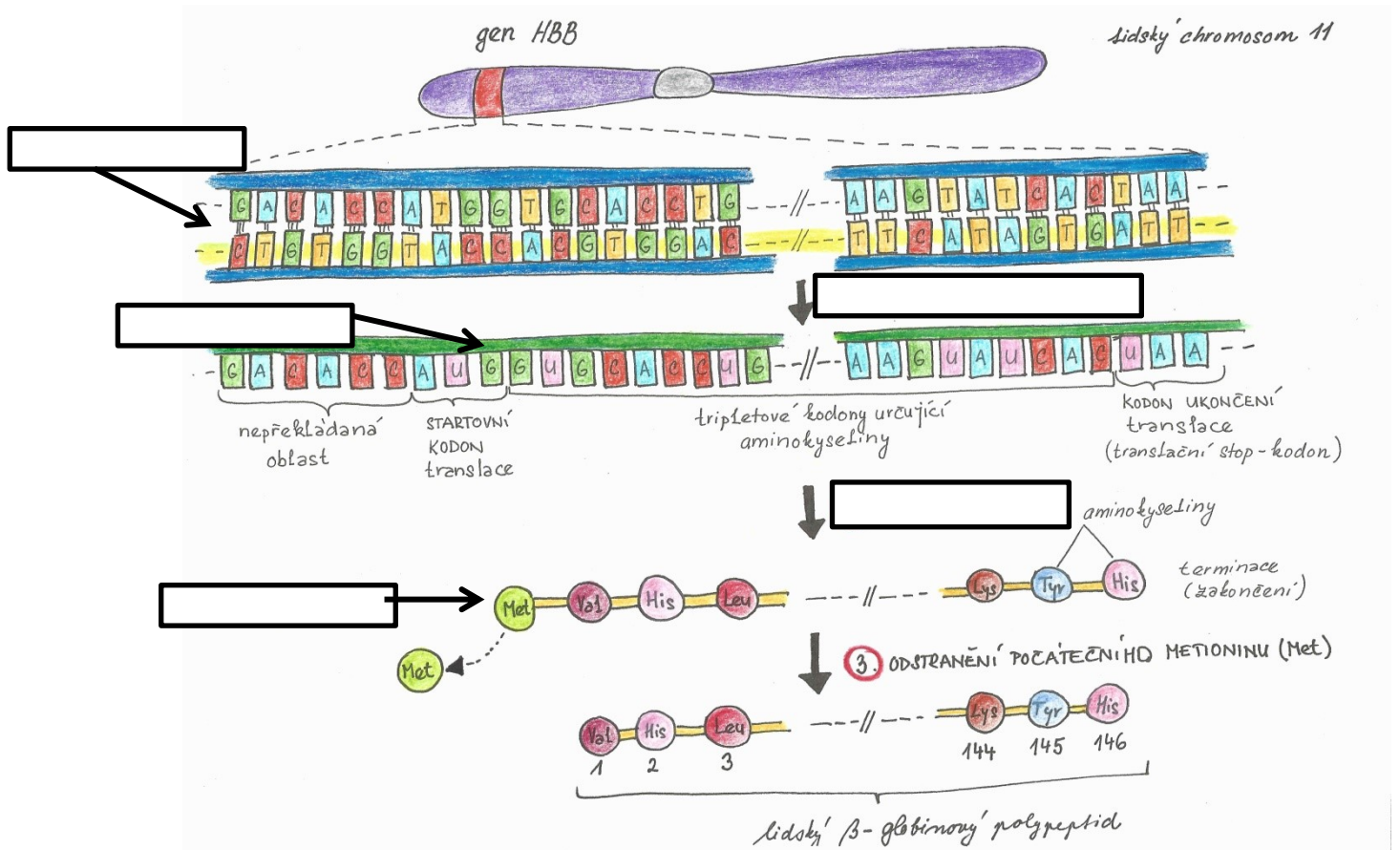
Jaké báze se spolu párují v DNA a jaké v RNA?

DNA	RNA

Která z následujících vět nejlépe vystihuje replikaci DNA?

- a) Při replikaci vzniká molekula DNA a molekula RNA.
- b) DNA je při replikaci schopná autoreparace.
- c) Replikace začíná vždy z jednoho místa.
- d) Pro začátek replikace není nutné rozvolnění molekuly DNA.

Doplň do obrázku, co je na kterém kroku zobrazeno:



## Pracovní list – opakování - ŘEŠENÍ

Popiš procesy vedoucí ke vzniku proteinů:

transkripce → translace → sbalení proteinu podle primární, sekundární a terciální struktury

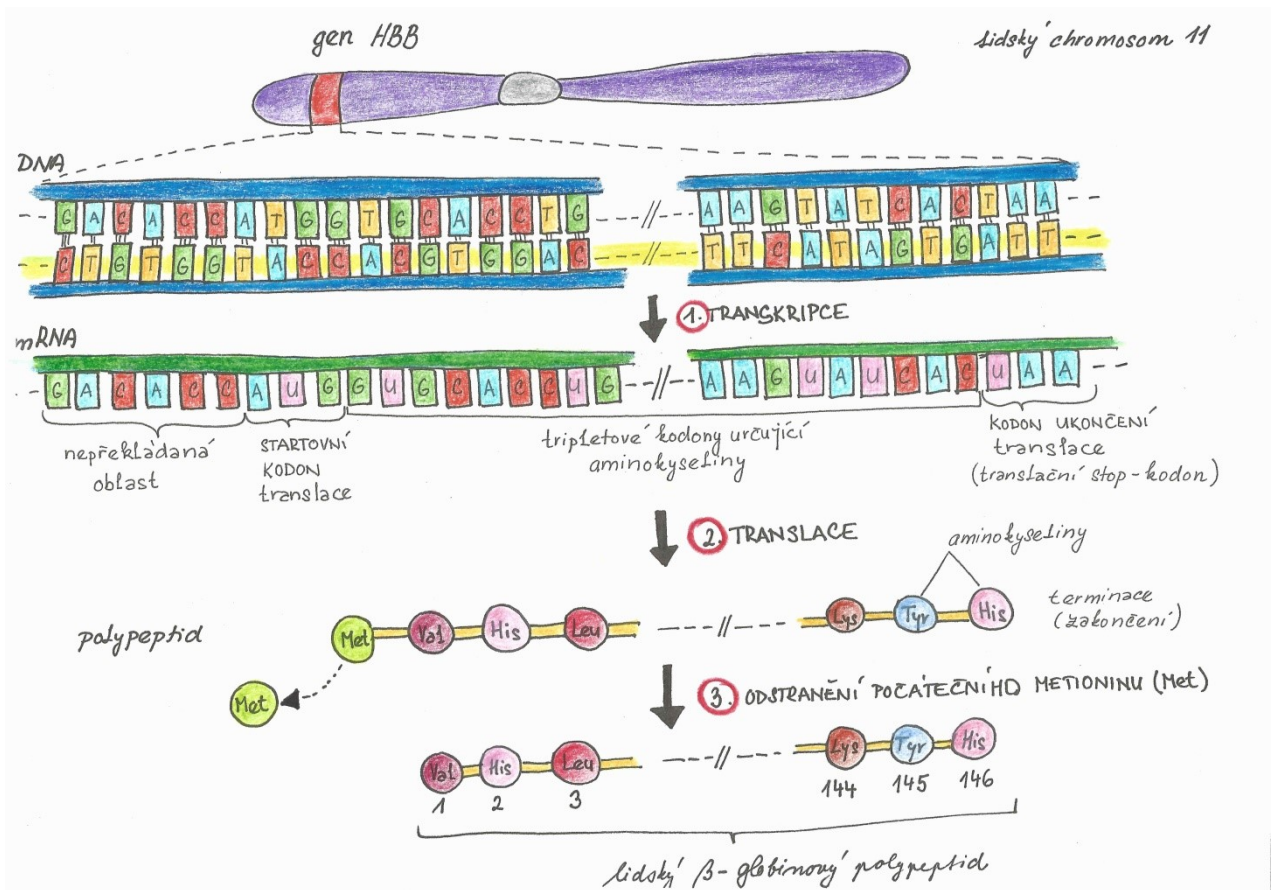
Jaké báze se spolu párují v DNA a jaké v RNA?

DNA	RNA
<u>Adenin – thymin</u>	<u>Adenin - uracil</u>
<u>Cytosin - guanin</u>	<u>Cytosin - guanin</u>

Která z následujících vět nejlépe vystihuje replikaci DNA?

- a) Při replikaci vzniká molekula DNA a molekula RNA.
- b) **DNA je při replikaci schopná autoreparace.**
- c) Replikace začíná vždy z jednoho místa.
- d) Pro začátek replikace není nutné rozvolnění molekuly DNA.

Doplň do obrázku, co je na kterém kroku zobrazeno:





## 7. Vyučovací hodina

*Téma hodiny:*

Proteiny II

*Výukové cíle a očekávané výstupy:*

Žák přiřadí funkci proteinů k vybraným proteinům. Žák diskutuje proces degradace proteinů. Žák kriticky hodnotí centrální dogma molekulární biologie.

*Pojmy, které již žák zná:*

chromosom, DNA, RNA, genetická informace, exprese genů, gen, genetika, centrální dogma molekulární biologie, replikace DNA, komplementární vlákna, autoreparace, transkripce, RNA, templát, aminokyselina, protein, triplet, kodon, antikodon, tRNA, mRNA, ribozom, rRNA, proteosyntéza, hemoglobin, aktin, myosin, enzymy, hormony, biopolymery

*Probírané pojmy:*

funkce proteinů, degradace proteinů,

*Klíčové kompetence:*

Kompetence komunikativní – žák naslouchá promluvám druhých lidí, porozumí jim, vhodně na ně reaguje, účinně se zapojuje do diskuse, obhajuje svůj názor a vhodně argumentuje. Žák formuluje a vyjadřuje své myšlenky a názory v logickém sledu, vyjadřuje se výstižně, souvisle a kultivovaně v písemném i ústním projevu

Kompetence k řešení problémů – žák kriticky myslí, činí uvážlivá rozhodnutí, je schopen je obhájit, výsledky svých činů zhodnotí.

*Motivace:*

*Plán hodiny:*

- |  |          |
|--|----------|
| 1) Seznámení s hodinou a jejími cíli                   | 2 minuty |
| 2) Prezentace jednotlivých referátů a diskuse nad nimi | 30 minut |
| 3) Shrnutí, zápis a ukončení hodiny                    | 13 minut |

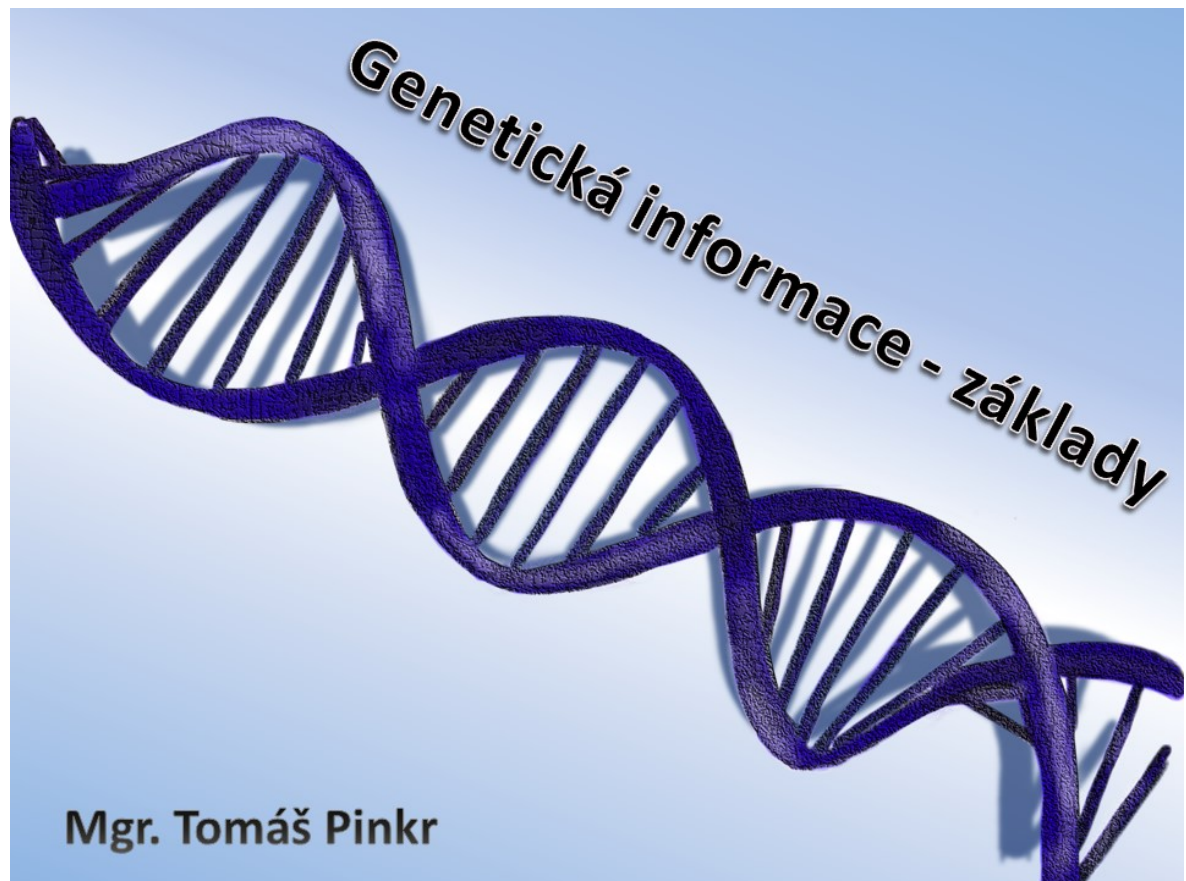
*Vyučovací metody:*

diskuse, frontální výuka s prezentací, skupinová práce

*Pomůcky a technika:*

počítač, dataprojektor, prezentace

## **Příloha 2 – prezentace pro podporu výuky**



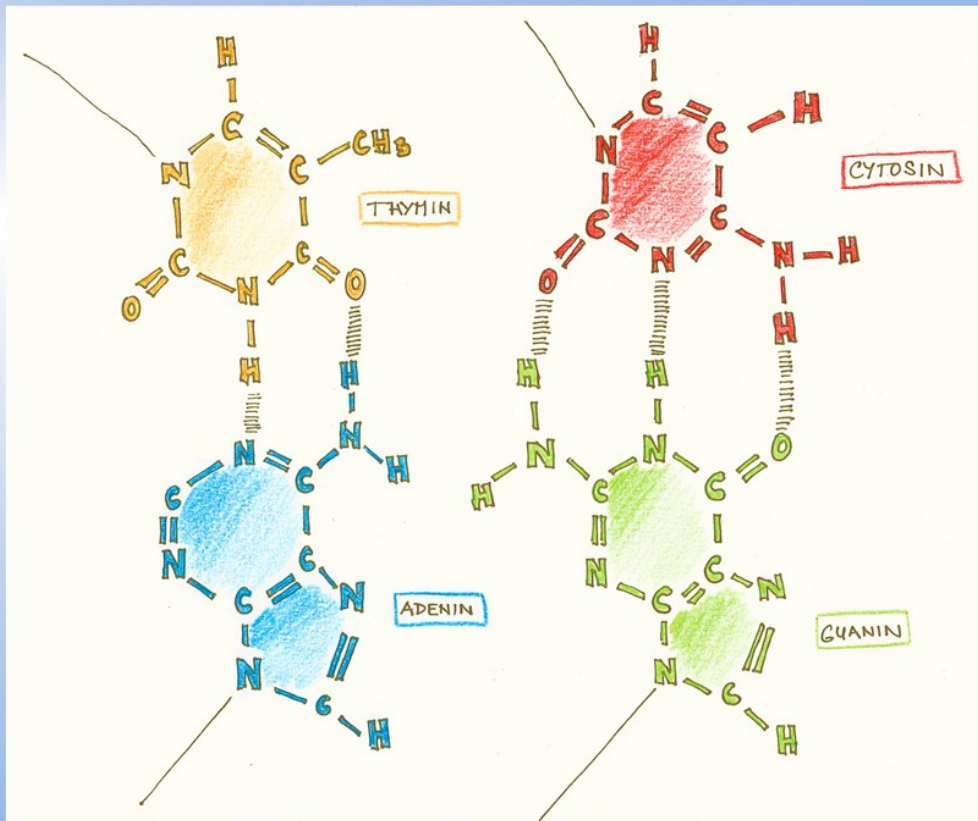
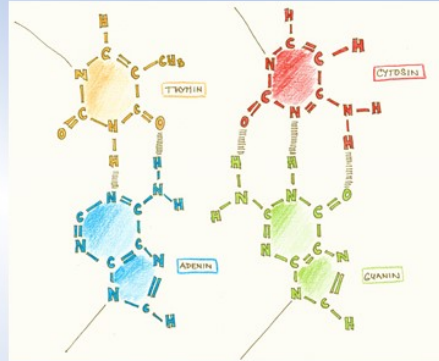
## **Genetika**

- projevy závisí na expresi genů
- gen = základní jednotka dědičnosti
- původ genetiky – 19. st. Mendel
- nosič genetické informace RNA nebo DNA



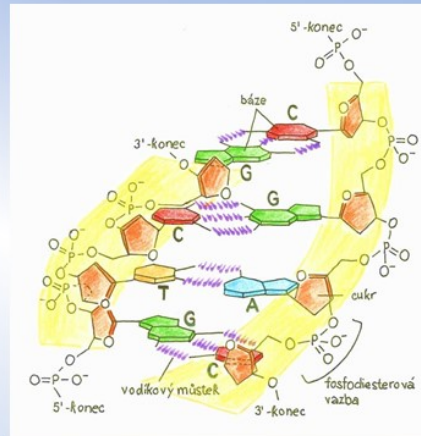
# Struktura DNA

- dvoušroubovice
- čtyři báze (nukleotidy)
  - adenin (A)
  - guanin (G)
  - thymin (T)
  - cytosin (C)
- vodíkové můstky
- sacharidová kostra (deoxyribosa)
- fosfát (zbytek  $\text{H}_3\text{PO}_4$ )

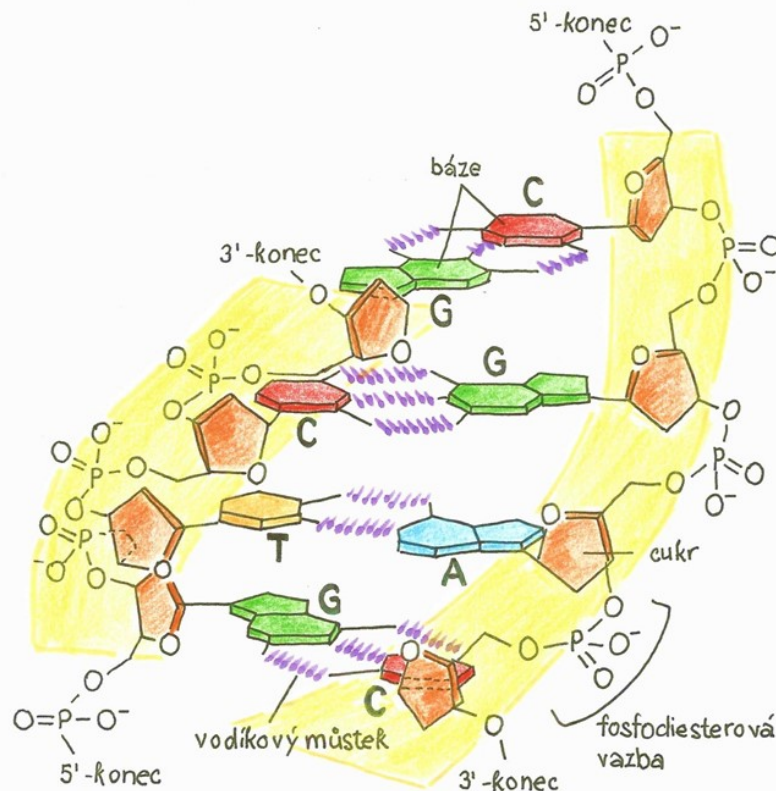


# Vlastnosti DNA

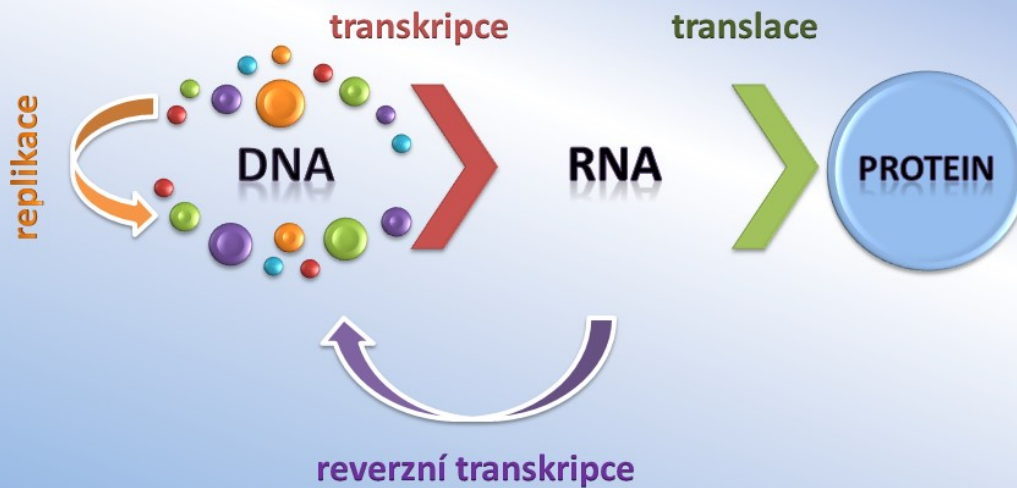
- 3' konec
  - končí –OH skupinou
- 5' konec
  - končí –PO<sub>4</sub> skupinou
- párování AT a CG
- antiparalelní vlákna
- komplementární vlákna



- 3'
- 
- 5'
- 
- pá
- an
- ko

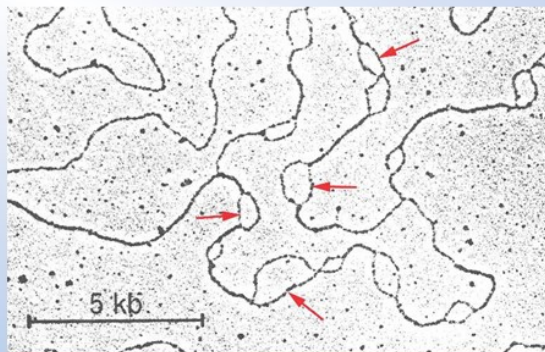


# Centrální dogma molekulární biologie



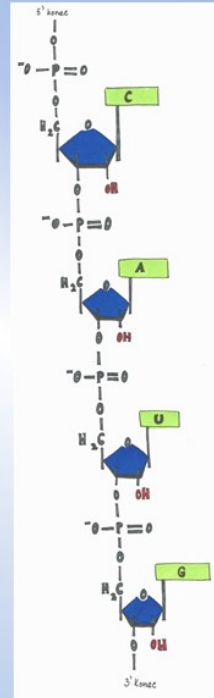
## Replikace DNA

- dvě nové DNA
- komplementární vlákna = templáty
- několik počátků
- DNA polymeráza
- směr 3' → 5'
- autoreparace



## Struktura RNA

- lineární
- čtyři báze
  - adenin (A)
  - guanin (G)
  - cytosin (C)
  - uracil (U)
- vodíkové můstky
- sacharidová kostra (ribosa)
- fosfát (zbytek  $H_3PO_4$ )



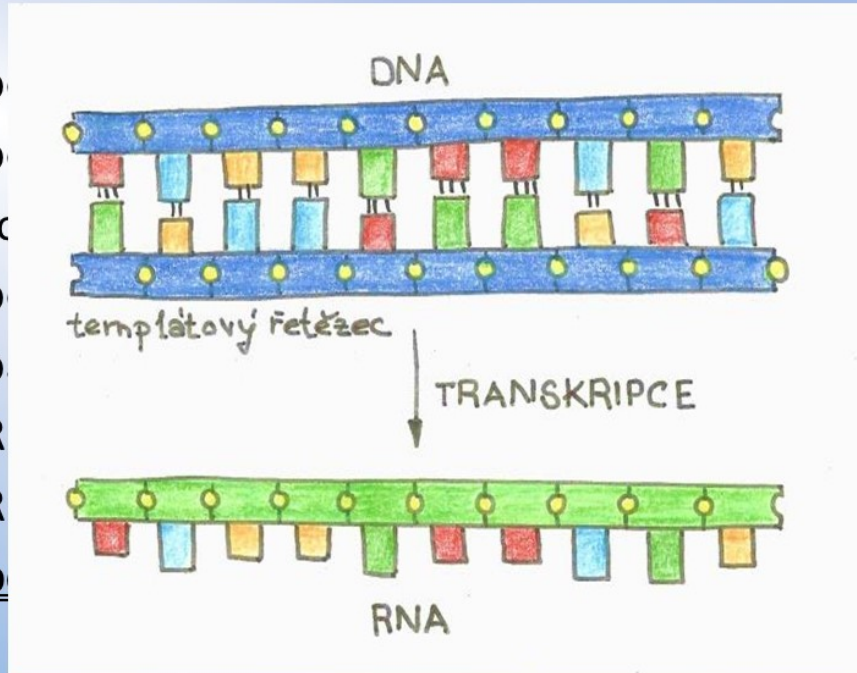
## Transkripce

- podle jednoho genu více kopií RNA
- podobné replikace
- rozvolnění dvojšroubovice DNA
- podle jednoho templátu DNA vzniká RNA
- párování AU a CG
- RNA po ukončení transkripce se odpoutá od DNA
- RNA-polymeráza
- bez autoreparace!



## Transkripce

- p
- p
- r
- p
- p
- R
- R
- b

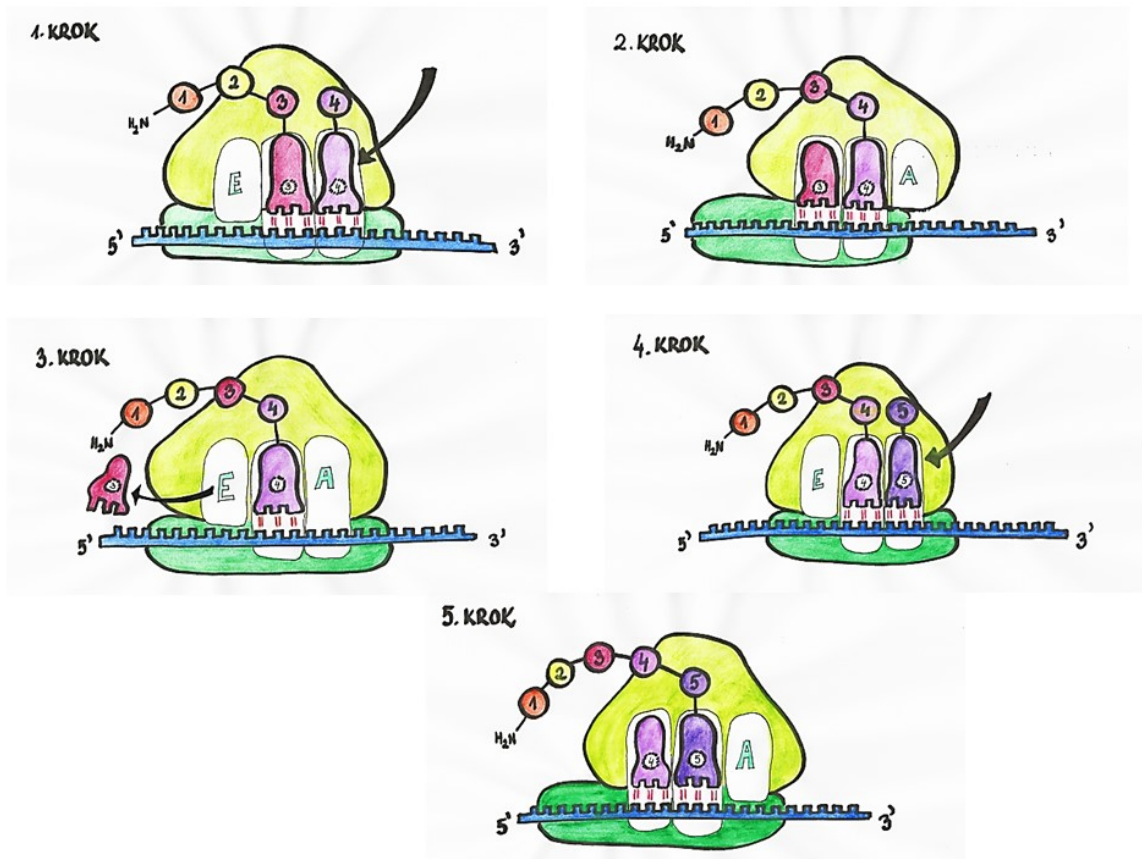


DNA

## Translace

- podle mRNA vznikne na ribozomu protein
- aminokyselina je přiřazena trojici (tripletu) nukleotidů RNA
- začátek translace vždy kódován tripletem AUG
- konec translace triplety UAA, UAG, UGA
- proteiny přenášejí tRNA – na ribosomu hledá vhodné triplety

## Prezentace pro podporu výuky



## Proteiny

- po translaci složení proteinu
  - primární struktura – pořadí aminokyselin
  - sekundární struktura – vodíkové můstky
    - $\alpha$  šroubovice
    - $\beta$  list
  - terciální struktura – podíl více typů chemických vazeb; vliv okolí proteinu
- některé proteiny zlikvidovány
  - špatná struktura (pořadí aminokyselin)
  - špatné složení
  - doba životnosti proteinu



## Funkce proteinů

- Enzymy
- Strukturní proteiny
- Transportní proteiny
- Pohybové proteiny
- Zásobní proteiny
- Signální proteiny
- Receptorové proteiny
- Regulační proteiny v genové expresi
- Proteiny se zvláštním posláním (např. protimrazové proteiny, fluoreskující proteiny, ...)

## Zachování dědičnosti

- pořadí nukleotidů
- unikátní sekvence nukleotidů
- kódování proteinů
- problém:
  - 4 báze
  - 21 aminokyselin
- řešení:

CENTRÁLNÍ DOGMA MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

## Použitá literatura

- ALBERTS, Bruce. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Přeložil Arnošt KOTYK, přeložil Bohumil BOUZEK, přeložil Pavel HOZÁK. Ústí nad Labem: Espero, c1998. ISBN 80-902906-2-0.
- SNUSTAD, D. Peter a Michael J. SIMMONS, RELICHOVÁ, Jiřina, ed. *Genetika*. Druhé, aktualizované vydání. Přeložil Jiří DOŠKAŘ, přeložil Jiří FAJKUS, přeložil Petr HOŘÍN, přeložil Aleš KNOLL, přeložil Petr KUGLÍK, přeložil Jan ŠMARDA, přeložil Jana ŠMARDOVÁ, přeložil Renata VESELSKÁ, přeložil Boris VYSKOT. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8613-5.



### **Příloha 3 – dotazník a test k pilotnímu ověření**

*Testová část:*

**1) Molekula DNA se skládá z (vyber všechny správné odpovědi):**

- a) čtyř bází (adenin, guanin, cytosin, thymin)
- b) vodíkových můstků
- c) sacharidové kostry
- d) molekul kyslíku

**2) Vyber správné párování bází (jedna správná odpověď):**

- a) AC TG
- b) AT CG
- c) AG TC

**3) Jaký je rozdíl mezi DNA a RNA?**

---

---

**4) K čemu a jak dochází při replikaci (duplikaci) DNA?**

---

---

**5) Vysvětli pojmy:**

- a) translace: \_\_\_\_\_
- b) transkripce: \_\_\_\_\_
- c) gen: \_\_\_\_\_
- d) lokus: \_\_\_\_\_

**6) Jaký je rozdíl mezi mitózou (dělení tělních buněk) a meiózou (dělení pohlavních buněk)? (jedna správná odpověď)**

- a) Mitózou vznikají čtyři dceřiné buňky, meiózou dvě dceřiné buňky.
- b) Při mitóze se chromosomy replikují a po dělení je každá buňka  $2n$ .
- c) Meióza je proces, při kterém vznikají dvě buňky, každá  $4n$ .

*Dotazníková část:*

**Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší), jak se Ti líbily aktivity, při kterých jste pracovali s korálky:**

1                      2                      3                      4                      5

**Jak moc Ti podle Tebe pomohla aktivita pochopit děje, při kterých se z DNA stává protein (transkripce a translace)? Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší).**

1                      2                      3                      4                      5

**Co konkrétně se Ti na aktivitách líbilo a proč?**

**Co konkrétně se Ti na aktivitách NElíbilo a proč?**

**Máš nějaké nápady na zlepšení aktivit s korálky?**

**Jaký je Tvůj názor na náročnost učiva genetiky a molekulární biologie?**

## **Příloha 4 – dotazník a test k ověření výukového cyklu**



1) Vyber správné párování bází (jedna správná odpověď)

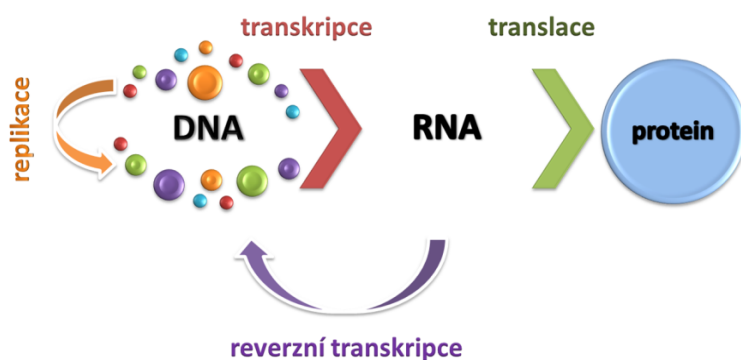
- a) AC TG
- b) AT CG
- c) AG TC
- d) nevím

2) Vyjmenuj čtyři báze DNA

---

3) Který z bodů je na obrázku špatně? (jedna správná odpověď)

- a) 1 replikace
- b) 2 translace
- c) 3 DNA
- d) 4 translace
- e) 5 RNA
- f) 6 protein
- g) 7 reverzní transkripce
- h) nevím



4) Replikace DNA znamená

---

---

5) Jaký je rozdíl mezi molekulami DNA a RNA (alespoň jeden)

---

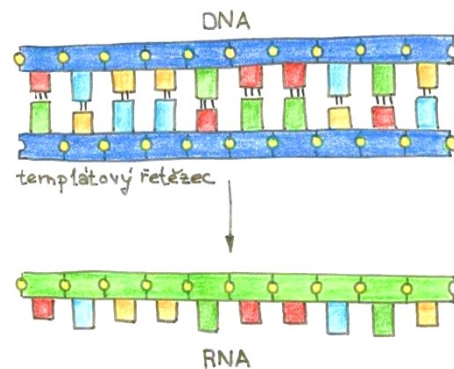
---

6) Jaký proces popisuje obrázek? Stručně jej vysvětli.

---

---

---



7) Jak se při translaci pozná, kde začít a kde skončit?

---

**8) Vysvětli, co je primární struktura proteinů**

---

**9) Sekundární struktura proteinů určuje: (jedna správná odpověď')**

- a) pořadí aminokyselin v řetězci proteinu
- b) složení proteinu pomocí vodíkových můstků ( $\alpha$  šroubovice;  $\beta$  list)
- c) vliv okolí proteinu
- d) nevím

**10) Napiš alespoň tři funkce proteinů:**

---

---

❖ **Jak se Ti líbily aktivity, při kterých jste pracovali s korálky? Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší).**

1                      2                      3                      4                      5

❖ **Jak moc Ti podle Tebe pomohla aktivita pochopit děje, při kterých se z DNA stává protein (transkripce a translace)? Zakroužkuj na stupnici 1 - 5 (1 nejlepší, 5 nejhorší).**

1                      2                      3                      4                      5

❖ **Co konkrétně se Ti na aktivitách líbilo a proč?**

- ❖ **Co konkrétně se Ti na aktivitách NELíbilo a proč?**
  
- ❖ **Máš nějaké nápady na zlepšení aktivit s korálky?**
  
- ❖ **Jaký je Tvůj názor na náročnost učiva molekulární biologie?**