

**Univerzita Karlova**  
**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie  
Studijní obor: Učitelství biologie pro střední školy



**Bc. Kateřina Lišková**

Výuka Mendelovské dědičnosti pomocí didaktické hry

Teaching Mendelian inheritance by didactic game

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Vanda Janštová, Ph.D.

Praha, 2020

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 4.6.2020

Podpis:

## **Poděkování**

V první řadě bych chtěla poděkovat své školitelce RNDr. Vandě Janštové, Ph.D. za vedení mé diplomové práce – za spoustu času, který mi věnovala, za cenné rady, vstřícnost a přátelský přístup. Dále děkuji Mgr. Radimovi Kubovi za rady a připomínky k finální verzi dotazníku, RNDr. Janu Mourkovi, Ph.D. za pomoc se statistikou, PhDr. Petru Novotnému, Ph.D. za rady s citačním softwarem a Mgr. Radce Dvořákové, Ph.D. za konzultaci ohledně definice didaktické hry a jejich charakteristik.

Poděkování patří i vyučujícím a žákům, kteří mi umožnili realizovat praktickou část práce.

Velice děkuji také mé rodině za podporu během studia a psaní této diplomové práce.

## Abstrakt:

Diplomová práce se zaměřuje na výuku genetiky na gymnáziích, konkrétně se zabývá porozumění genetice ze strany gymnaziálních žáků. Protože tento abstraktní obor je hodnocen jako obtížný, rozhodla jsem se připravit výukové materiály s cílem přispět k lepšímu pochopení tématu žáky. Hlavními cíli této práce bylo připravit a otestovat didaktickou hru zaměřenou na Mendelovskou dědičnost a porovnat efektivitu této interaktivní výuky s klasickou výkladovou formou výuky. Dalšími cíli bylo otestovat i vlivy dalších proměnných na počty bodů v testech, porovnat obtížnost jednotlivých pojmů zaměřených na genetiku a souvislostí mezi vybranými trojicemi těchto pojmů, a identifikovat nejčastější miskoncepce u jednotlivých pojmů.

Data byla sebrána ve čtyřech třídách dvou vyšších gymnázií pomocí nově vytvořeného dotazníku, který obsahoval demografickou a znalostní část.

Z výsledků vyplynulo, že didaktická hra byla z hlediska krátkodobých znalostí žáků stejně účinná jako výkladová forma výuky. Větší problém dělalo žákům vysvětlení souvislostí mezi pojmy než samotné definování jednotlivých pojmů. Z pojmů byl pro žáky nejproblematictější pojem chromozom, mj. šlo o jediný pojem, u kterého nedošlo mezi pre-testem a post-testem ke zlepšení.

Součástí práce je také materiál pro navrženou didaktickou hru a příručka/příprava pro učitele, kteří by chtěli tuto didaktickou hru hrát s žáky.

## Klíčová slova:

Didaktická hra, Mendelovská dědičnost, genetika, výuka biologie, miskoncepce

## Abstract:

This diploma thesis focuses on the education of genetics to grammar schools and students' comprehension of genetics. This abstract scientific discipline is considered difficult to learn so I decided to prepare educational materials with the aim to improve students' understanding of the topic. The main aim of the thesis was to prepare and test a didactic game focused on Mendelian inheritance and compare the effectivity of this kind of interactive education compared with the classical explanatory style of education. Other aims included evaluating the influence of other variables; comparing the difficulty of individual terms in genetics and the connection within chosen triplet of terms; and identifying the most common misconceptions.

The data was collected in four classes of upper graders at two grammar schools by newly prepared questionnaire focused on demographic and knowledge.

The results showed that the didactic game was as efficient as the classical explanatory method at creating short term knowledge. Students had a bigger problem with explaining the connection among the terms than defining the individual terms. The most complicated term reported by the students was chromosome. It was the only term in which there wasn't any improvement between pre-test and post-test.

Part of this thesis is also the design of a didactic game and instructions for teachers who would like to play this game with their students.

## Key words:

Didactic game, Mendelian inheritance, genetics, biology teaching, misconception

## Seznam zkratek

ANOVA	analýza rozptylu
df	stupeň volnosti
F	hodnota k posouzení rozptylu u ANOVA
DNA	deoxyribonukleová kyselina
H <sub>0</sub>	nulová hypotéza
H <sub>A</sub>	alternativní hypotéza
p	nejmenší hladina významnosti, při níž ještě zamítneme H <sub>0</sub>
P	hodnota testového kritéria, podle něhož je testována nulová hypotéza u chí-kvadrát testu
SD	směrodatná odchylka
SŠ	střední škola
t	hodnota testového kritéria, podle něhož je testována nulová hypotéza u t-testu
VŠ	vysoká škola
ZŠ	základní škola

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce .....	10
3. Teoretická část .....	11
3.1. Největší problémy ve výuce genetiky .....	11
3.1.1. Ontodidaktická transformace .....	11
3.1.2. Prekoncepty žáků .....	12
3.1.3. Tematický obsah učiva genetiky.....	13
3.1.4. Mendelovská genetiká vs. molekulární genetiká .....	15
3.1.5. Další problémy ve výuce genetiky.....	16
3.2. Vybrané metody výuky genetiky .....	17
3.2.1. Výuka genetiky pomocí analogií .....	17
3.2.2. Didaktické hry ve výuce genetiky .....	19
3.3. Výuka Mendelovské dědičnosti .....	20
4. Metodika .....	22
4.1. Výzkumný nástroj .....	22
4.2. Výzkumný vzorek .....	22
4.3. Didaktická hra a její výukové materiály .....	23
4.3.1. Základní informace o didaktické hře .....	24
4.3.2. Uspořádání výuky při didaktické hře.....	24
4.3.3. Průběh didaktické hry .....	24
4.4. Frontální výuka s výkladem a otázkami.....	27
4.5. Pilotní šetření .....	27
4.6. Dotazníkové šetření.....	28
4.7. Vyhodnocování získaných dat .....	29
4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí .....	29
4.7.2. Statistické zpracování dat .....	31
5. Výsledky .....	35
5.1. Četnosti demografických dat.....	35
5.2. Statistické testy.....	38
5.2.1. Normalita rozložení dat .....	38
5.2.2. Vliv metody výuky na dosažené počty bodů .....	39
5.2.3. Vliv dalších proměnných na dosažené počty bodů.....	58
5.3. Porovnání žáků školy A a školy B .....	76
5.4. Obtížnost jednotlivých pojmů .....	79
5.5. Souvislosti mezi pojmy .....	117

6.	Diskuse.....	122
6.1.	Použitá metodika.....	122
6.2.	Získané výsledky.....	123
7.	Závěr.....	127
8.	Literatura.....	128
9.	Přílohy.....	134
9.1.	Seznam příloh.....	134
9.2.	Příloha 1 - Dotazník, pre test: finální verze .....	136
9.3.	Příloha 2 - Dotazník, post test: finální verze.....	140
9.4.	Příloha 3 – Příručka/příprava pro učitele .....	144
9.5.	Příloha 4 – Příručka šlechtitele .....	148
9.6.	Příloha 5 – Protokol 1 .....	150
9.7.	Příloha 6 - Dopis 1 .....	151
9.8.	Příloha 7 – Šablona duchů.....	152
9.9.	Příloha 8 – Chromozomy - šablona.....	153
9.10.	Příloha 9 – Ukázka konkrétních chromozomů ve hře .....	154
9.11.	Příloha 10 – Pojmy .....	156
9.12.	Příloha 11 – Definice.....	157
9.13.	Příloha 12 – Definice v rámci hry .....	158
9.14.	Příloha 13 – Souhrn definic.....	159
9.15.	Příloha 14 – Protokol 2.....	160
9.16.	Příloha 15 – Dopis 2 .....	161
9.17.	Příloha 16 – Protokol 3.....	162
9.18.	Příloha 17 – Dopis 3 .....	163
9.19.	Příloha 18 – Autorské řešení Protokolu 1, první typ ducha .....	164
9.20.	Příloha 19 – Autorské řešení Protokolu 1, druhý typ ducha.....	166
9.21.	Příloha 20 – Autorské řešení Protokolu 1, třetí typ ducha .....	168
9.22.	Příloha 21 – Autorské řešení Protokolu 2.....	170
9.23.	Příloha 22 – Autorské řešení Protokolu 3.....	171
9.24.	Příloha 23 – Příprava k frontální výuce.....	172
9.25.	Příloha 24 – Presentace k frontální výuce .....	175
9.26.	Příloha 25 – Dotazník: předfinální verze.....	186
10.	Seznam tabulek.....	192
11.	Seznam grafů .....	198
12.	Seznam obrázků.....	199



## 1. Úvod

Výuka genetiky představuje jednu z nejobtížnějších kapitol biologie pro učitele i žáky (Bahar et al., 1999). Pro vyučující není často snadné genetiku vysvětlit a žákům dělá obvykle problém její principy pochopit. To má u žáků za následek mnoho mylných představ, které obvykle velmi odolávají jakýmkoli změnám. Mezi tyto mylné představy patří nejčastěji např. ta, že deoxyribonukleová kyselina (DNA) je tvořena aminokyselinami; jeden gen je zodpovědný pouze za jeden znak, nebo že pohlavní chromozomy jsou pouze v gametách. Právě objevování těchto mylných představ je velice důležité pro lepší vzdělávání (Vlckova et al., 2016). Důvodem těchto nesprávných představ a pojetí genetiky jako jedné z nejobtížnějších kapitol biologie je především velká abstraktnost této vědy (Knippels, 2002) a učení se látky nazpaměť, místo propojení jednotlivých konceptů genetiky v jeden celek (Vlckova et al., 2016).

Genetika je také rychle se rozvíjející vědní obor. Ve výuce biologie genetika představuje základní stavební kámen pro další biologické obory, například pro výuku evoluce jsou genetické poznatky podstatné (Kampourakis & Reiss, 2018, s. 111). Správné porozumění genetice je důležité, mj. proto, že příliš velké zjednodušení může mít za následek také problematické morální postoje u žáků. Žák by v dnešní době měl pochopit genetická rizika a predispozice komplexních onemocnění a být schopný se sám rozhodnout v otázkách z oblasti genetické léčby (Dougherty, 2009; Lewis & Wood-Robinson, 2000).

Právě Mendelovská dědičnost je tradiční součástí učiva genetiky a její správné porozumění je pro následující kapitoly genetiky nutné (Smith & Gericke, 2013). Proto bych chtěla přispět k názornější výuce základních principů dědičnosti.

Bylo ukázáno, že kreativita učitelů a nápaditost jimi použitých didaktických her může podpořit u žáků zájem o předmět nebo tematickou kapitolu, které se hra týká (Cardoso et al., 2009). Cílem didaktických her není pouze zábava, ale především udržení pozornosti žáků a vyšší efektivita této formy výuky. Protože z literatury vyplývá, že didaktické hry mohou být ve výuce velmi přínosné (Cohen et al., 1989), ráda bych jednou didaktickou hrou do hodin biologie přispěla.

## 2. Cíle práce

Jako hlavní cíle jsem si pro svoji diplomovou práci stanovila:

1. Vytvořit didaktickou hru zaměřenou na Mendelovskou dědičnost a otestovat ji na žácích vyššího stupně gymnázia.
2. Porovnat efektivitu didaktické hry s výkladovou formou výuky.

Dalšími cíli bylo:

1. Otestovat vlivy dalších proměnných na počty bodů v testech.
2. Porovnat obtížnost jednotlivých pojmů zaměřených na genetiku.
3. Identifikovat nejčastější miskoncepce u jednotlivých pojmů.
4. Porovnat obtížnost formulací souvislostí mezi trojicemi genetických pojmů.

### 3. Teoretická část

Tato kapitola obsahuje stručnou shrnující literární rešerši o výuce genetiky. První podkapitola se týká největších problémů ve výuce genetiky. Poté se teoretická část zaměřuje na netradiční možnosti výuky genetiky. V první části tato podkapitola popisuje výuku genetiky prostřednictvím analogií a v druhé části řeší didaktické hry včetně několika konkrétních příkladů. Třetí podkapitola teoretické části je konkrétně zaměřena na výuku Mendelovské dědičnosti.

Výuka genetiky je žáky vnímána jako náročná (Çimer, 2012; Ozcan et al., 2014). Několika studiemi bylo prokázáno, že nejen pro žáky a studenty, ale i pro učitele je genetika jedním z nejobtížnějších témat v biologii (Bahar et al., 1999; Johnstone & Mahmoud, 1980).

Co se týká českého prostředí, Natálie Tichá ve své diplomové práci ukázala, že genetika je žáky středních škol (SŠ) vnímána jako nejobtížnější oblast biologie. Zároveň pro ně genetika představuje důležitou oblast biologie – z 11 nabízených alternativ byla genetika hodnocena jako čtvrtá nejdůležitější (Tichá, 2019).

#### 3.1. Největší problémy ve výuce genetiky

Tato kapitola je zaměřena na největší zmiňované obtíže výuky genetiky. Je zde zmíněna např. ontogenetické transformace, prekoncepty žáků včetně nejčastějších miskoncepcí ve výuce genetiky, tematický obsah učiva genetiky a potíže vzájemného propojení mezi klasickou (Mendelovskou) genetikou a moderní (molekulární) genetikou.

##### 3.1.1. Ontodidaktická transformace

Ve výuce genetiky je již na počátku velkým problémem přesun genetiky z vědeckého pole do školního prostředí (Kampourakis & Reiss, 2018, s. 112), tedy tzv. ontodidaktická transformace (neboli v anglicky psané literatuře „didaktická transpozice“). Pojem ontodidaktická transformace (česky např. Janík, 2018, v anglicky psané literatuře Chevallard, 1982) popisuje proces, při kterém musí být pojmy a znalosti daného vědního oboru uzpůsobeny tak, aby se mohly vyučovat ve škole. Aktéry ontodidaktické transformace jsou tvůrci kurikula (Janík, 2018). Tato transformace je nezbytná, protože genetické koncepty vznikly primárně pro využívání ve vědecké praxi a nikoli k tomu, aby se vyučovaly, mají rozdílnou vědeckou a didaktickou funkci (Kampourakis & Reiss, 2018, s. 112). V českém prostředí nedostatečnou ontodidaktickou transformaci molekulární biologie a genetiky zmiňují (Janštová & Jác, 2015).

### 3.1.2. Prekoncepty žáků

Dalším často skloňovaným problémem výuky nejen genetiky jsou prekoncepty, resp. miskoncepce. Prekoncept je obecně definován jako osobní názor, subjektivní pojetí nebo teorie, která se opírá o intuici, individuální zkušenost a často i o sugesci. Často se liší od skutečně odborného poznatku (*prekoncept - ABZ.cz: slovník cizích slov*, b.r.).

Na prekoncepce žáků kladou větší důraz především alternativní školy. Například didaktický systém Čtením a psaním ke kritickému myšlení se zakládá na prožití učebních činností, analýzu a práci s prekoncepty. Tato škola se řídí tzv. třífázovým cyklem učení. Žáci si nejdříve uvědomují a diskutují o tom, co již o daném tématu vědí a co jim není jasné. Následuje konfrontace žákova prekonceptu se zdrojem nových informací/názorů. Posledním krokem je reflexe, kdy studenti formují své chápání tématu prostřednictvím diskuse a nových poznatků (Tvrzová, 2011, s. 102).

Často se stává, že prekoncepty jsou v rozporu se správnými vědeckými poznatky (Osborne & Wittrock, 1983). Představují-li prekoncepty mylná nebo nepřesná pojetí školního učiva, která bývají často velmi rezistentní k jakýmkoli změnám, označují se jako miskoncepce (*miskoncepce - ABZ.cz: slovník cizích slov*, b.r.).

Je důležité, aby vyučující identifikovali miskoncepce žáků, které by mohly bránit efektivnímu vzdělávání. Žáci by měli být schopni svou miskoncepti odmítnout a nahradit ji novým vědeckým konceptem (Osborne & Wittrock, 1983).

Miskoncepce se vyskytují u žáků a studentů na všech stupních škol, i u vysokoškolských studentů učitelství biologie. Existuje pak riziko, že tito budoucí učitelé své miskoncepce přenesou na své žáky. Je proto žádoucí zdůrazňovat správné vztahy mezi genetickými koncepty na všech úrovních vzdělávání (Saka et al., 2006).

Jak již bylo zmíněno výše, genetika je jednou z problematických oblastí biologie. S tímto faktem souvisí velké množství miskonceptů ve výuce genetiky, které byly popsány již před několika dekadami (Osborne & Wittrock, 1983) a přetrvávají dodnes (Shaw et al., 2008).

Vlčková s jejími kolegy testovali znalost čtyř genetických pojmů, i když nikoli souvislosti mezi nimi. Jednalo se o pojmy „deoxyribonukleová kyselina (DNA)“, „chromozom“, „gen“ a „alela“, pro žáky byl nejproblematictější pojem DNA. Nejčastější miskoncepty týkající se DNA je představa, že DNA je tvořena aminokyselinami. Žáci kromě toho často neznají funkci mRNA a mají zmatek v přenosu genetické informace z DNA ke konkrétnímu znaku (Vlčkova et al., 2016).

Velmi časté miskoncepce se objevují v oblasti dělení buněk. Problémem je pravděpodobně fakt, že dělení buněk je často vyučováno odděleně od genetiky a pro žáky je vytvoření souvislostí problematické (Awang-Kanak et al., 2016). Žáci pak často nevidí rozdíl mezi somatickou a pohlavní buňkou (Lewis et al., 2000) nebo si naopak myslí, že pohlavní chromozomy jsou obsaženy pouze v pohlavních buňkách (Vlckova et al., 2016). Mezi vůbec nejčastější miskoncepce se řadí představa, že rozdílné typy buněk jednoho jedince mají rozdílnou genetickou informaci (Lewis et al., 2000; Lewis & Wood-Robinson, 2000). Dalším velmi častým problémem je zmatek ve vztahu mezi genem a chromozomem, řada žáků si například myslela, že geny jsou větší než chromozomy (Lewis & Wood-Robinson, 2000).

Pashley (1994) ve své studii ukázal, že žáci mají obecně problém pochopit vztah mezi genem a alelou. Častou představou je, že alela je částí genu či gen je částí alely. Pochopení tohoto vztahu je velmi důležité, neboť výrazně zlepšuje výsledky žáků v genetice. Podstatné také je, aby učitelé používali pojmy správně a nezaměňovali je. Prokázána byla např. častá záměna pojmů „gen“ a „znak“, což může vést k žakovským miskoncepším a bariéře pochopit mechanismy genetiky (Thörne et al., 2013).

Dalo by se předpokládat, že studenti vyšších ročníků budou jednotlivým pojmům rozumět lépe než studenti nižších ročníků. Saka et al. (2006) ve své studii zjistili, že studenti VŠ (vysoké školy) více používají odborné termíny, ale pojmům často nerozumí. Studenti nižších ročníků prokázali u některých poznatků lepší porozumění. Autoři tento výsledek vysvětlují tím, že žáci a studenti získávají během let další a další vědomosti, zapomínají ty předchozí a tím si tvoří své vlastní miskoncepce.

Je důležité, aby si častých miskoncepčí žáků byli učitelé vědomi. Ve výuce genetiky je pro správné porozumění velmi podstatné pochopení spojitostí mezi jednotlivými koncepty, nikoli zjednodušené učení nazpaměť. Právě k tomu mohou pomoci např. didaktické hry, pracovní listy či výuka s počítačovým programem (Vlckova et al., 2016).

### 3.1.3. Tematický obsah učiva genetiky

Ke správnému pochopení principů genetiky je nutné vzájemné propojení pojmů a principů (Knippels, 2002). Problémem však je, že tyto pojmy a principy (například týkající se buněčného dělení a obecné genetiky) jsou často vyučovány odděleně v průběhu měsíců až let. Představa, že si žáci tyto oddělené myšlenky spojí dohromady, a sami si vytvoří komplexní systém genetických pojmů, není příliš reálná. Další potíží je rozsáhlý obsah genetiky a omezený čas (Lewis & Wood-Robinson, 2000).

Učivu, které je zásadní pro pochopení hlavních myšlenek genetiky na druhém stupni základní školy (resp. v pátém až desátém ročníku, tj. včetně ročníku, který odpovídá prvnímu ročníku střední školy), se podrobně věnovali Duncan et al. (2009). Jako hlavní otázky, na které můžeme zodpovědět pomocí poznatků z genetiky, uvádí: „*Jak geny ovlivňují to, jak my o ostatní organismy vypadáme a fungujeme?*“ a „*Proč se my a ostatní organismy lišíme v tom, jak vypadáme a jak fungujeme?*“ (Duncan et al., 2009, s. 660). Autoři dále rozpracovali následující tematické okruhy:

1. Všechny organismy mají dědičnou informaci, která je hierarchicky uspořádána.
2. Dědičná informace obsahuje univerzální pokyny pro určení struktury bílkovin.
3. Proteiny hrají centrální roli ve fungování všech živých organismů a tvoří spojnicí mezi genem a konkrétním znakem.
4. Všechny buňky jednoho organismu mají stejnou genetickou informaci (až na výjimky), ale různé buňky využívají různé geny.
5. Dědičná informace se přenáší do další generace prostřednictvím rozmnožování.
6. Existují korelace mezi určitými geny a znaky a jsou i určité pravděpodobnosti, s kterými se tyto vzorce vyskytují.
7. Změny v dědičné informaci mohou způsobit změny ve fenotypu. Tyto změny v DNA mohou sloužit k rozpoznání jednotlivců a druhů.
8. Vnější faktory mohou působit na naši dědičnou informaci (Duncan et al., 2009, s. 660–661).

Dále autoři tyto jednotlivé body přizpůsobují úrovni vzdělávání žáků. Žáky rozdělují do 3 skupin: První skupinou je 5. - 6. třída základní školy (ZŠ), druhou skupinou je 7. - 8. třída ZŠ a třetí skupinou jsou žáci 9. třídy ZŠ spolu s žáky 1. ročníku SŠ. Např. u prvního bodu se žáci první skupiny učí, že genetická informace je v buňkách, žáci druhé skupiny se již učí, že genetická informace je v chromozomech, které jsou párové a v každé buňce je stejný set, a žáci třetí skupiny mají vědět, že geny jsou nukleotidové sekvence s DNA, kdy DNA tvoří chromozomy (Duncan et al., 2009).

Knippels s kolegy (2005) také poukázali na abstraktnost a komplexnost genetiky. Navrhli čtyři kritéria, která by výuka genetiky na středních školách měla splňovat pro lepší propojení pojmů do uceleného systému:

1. Propojení úrovní organismu, buňky a molekuly.
  - Autoři doporučují začít výuku genetiky na úrovni organismu a postupně klesat na úroveň buňky. Průběžně je nutné propojovat a zdůrazňovat souvislosti mezi jednotlivými úrovněmi.
2. Výslovné spojení meiózy a dědičnosti.
  - Vztah mezi meiózou a dědičností by měl být výslovně vysvětlen (Knippels et al., 2005), protože studenti mají obecně velký problém uvědomit si tuto souvislost při řešení početních příkladů na dědičnost (Awang-Kanak et al., 2016).
3. Rozlišování zárodečných (meióza) a somatických (mitóza) buněčných linií v kontextu životního cyklu.
4. Aktivní zkoumání vztahů mezi úrovněmi organizace (Knippels et al., 2005, s. 108).
  - Knippels ve své dřívější práci navrhla tzv. „jo-jo strategii“ ve výuce. Jde o způsob výuky, který vede studenty k tomu, aby se pohybovali nahoru a dolů na různých organizačních úrovních biologie (molekula, buňka, organismus). Autorka prokázala, že tento způsob výuky genetiky vede k lepšímu propojení organizačních úrovní a genetických konceptů (Knippels, 2002).

#### 3.1.4. Mendelovská genetika vs. molekulární genetika

Dalším problémem ve výuce genetiky je vztah a vzájemné propojení „klasické“ (Mendelovské) genetiky s molekulární genetikou. Je to obtížné, protože už i jen způsob, jakým je gen chápán a interpretován, se v Mendelovské genetice a molekulární genetice liší. V oblasti Mendelovské dědičnosti je gen chápán abstraktně – jako vloha určující odlišný fenotyp. Objev struktury DNA přinesl jiné pojetí genu – gen jako konkrétní úsek DNA. Kombinace těchto dvou odlišných úhlů pohledu na gen v žácích často vyvolává miskoncepce (Kampourakis & Reiss, 2018, s. 113). Výzvou je i začlenění Mendelovské genetiky do kurikula s ohledem na zabránění zjednodušeného až mylného chápání genetických procesů. Problémem je, že žáci začínají Mendelovskou genetikou a při přechodu na molekulární genetiku není vyloženo dostatečné úsilí k provázání nových poznatků molekulární genetiky s naučenými koncepty Mendelovské genetiky. Studenti jsou tak často zmateni vztahem mezi proteiny a znaky (Marbach-Ad, 2001). Dougherty (2009) navrhuje, aby bylo Mendelovské dědičnosti přikládáno méně důležitosti, a doporučuje začít výuku genetiky molekulární genetikou a polygenní dědičností. Upozorňuje, že monogenní znaky sice žákům poskytují snadné vysvětlení vztahu mezi fenotypem a genotypem, avšak výuka genetiky často skončí v tomto

bodě. Žáci si pak odnáší mylné představy, které jsou v rozporu s moderním (molekulárním) pojetím genetiky. Jamieson a Radick (2017) ve své studii ukazují, že toto prohozené pořadí zabraňuje deterministickému chápání genetiky a působí kladně na výsledky učení. I jiní autoři, upozorňují na fakt, že žáci chápou geny jako pasivní částice přenášené na potomky (Venville & Treagust, 1998). Jde o pojetí, které následně brání v pochopení základních mechanismů genetiky vysvětlující cestu od genu ke znaku (Haskel-Ittah & Yarden, 2018). Přesto je nutné si uvědomit, že klasická Mendelovská genetiky má ve výuce své místo a je též důležitou součástí genetiky (Smith & Gericke, 2013).

### 3.1.5. Další problémy ve výuce genetiky

Dalším důvodem, proč je genetiky velmi často problémovou oblastí biologie, je již zmíněná velká abstraktnost tohoto oboru a odlišné úrovně biologické organizace genetických procesů – jednou jsme na úrovni buňky, jednou na úrovni chromozomu a jindy na úrovni DNA až nukleotidu (Knippels, 2002; Vlckova et al., 2016). Genetiky také má velkou a velmi specifickou slovní zásobou (Bahar et al., 1999; Woody & Himelblau, 2013).

V české studii Vlčkové a jejích kolegů bylo zjištěno, že jedním z největších problémů českých středoškolských žáků je, že se učivo genetiky učí nazpaměť, v důsledku čehož si nedokáží spojit genetické pojmy do komplexního hierarchického systému. I když žáci nemají problémy s definicemi, hlubší porozumění jim chybí a funkce vysvětlit nedovedou (Vlckova et al., 2016). Při definování pojmů gen, DNA a chromozom (odpovědi na otázky typu „Co je to gen?“, „Co je to DNA?“ nebo „Co je to chromozom?“) lze rozdělit odpovědi žáků a studentů (od 14 let po vysokoškolské studenty) do dvou kategorií – funkční vysvětlení a strukturní vysvětlení. Funkční vysvětlení se týká buď uchování genetického materiálu, přenosu genetického materiálu mezi generacemi, nebo exprese genetického materiálu v rámci jednoho organismu. Naopak strukturního vysvětlení odkazuje na chemické složení. U žáků i studentů ve velké míře převažuje funkční vysvětlení, a to především tok genetické informace mezi generacemi, nikoli exprese genetického materiálu v organismu. Výjimkou je definice chromozomu, kde se žáci a studenti spíše přiklání ke strukturnímu vysvětlení. Správná definice jednotlivých genetických pojmů by však měla obsahovat jak funkční, tak i strukturní vysvětlení (Marbach-Ad, 2001).



### 3.2. Vybrané metody výuky genetiky

Jak bylo zmíněno výše, mezi úskalí výuky genetiky patří její komplexnost, abstraktnost, mnoho organizačních úrovní či specifická slovní zásoba. Mezi způsoby, které mohou pomoci lepšímu porozumění genetice, patří např. výuka pomocí analogií (Venville & Donovan, 2006.; Woody & Himelblau, 2013) či didaktické hry (Cohen et al., 1989). Postupně se v této podkapitole budu věnovat oběma způsobům.

#### 3.2.1. Výuka genetiky pomocí analogií

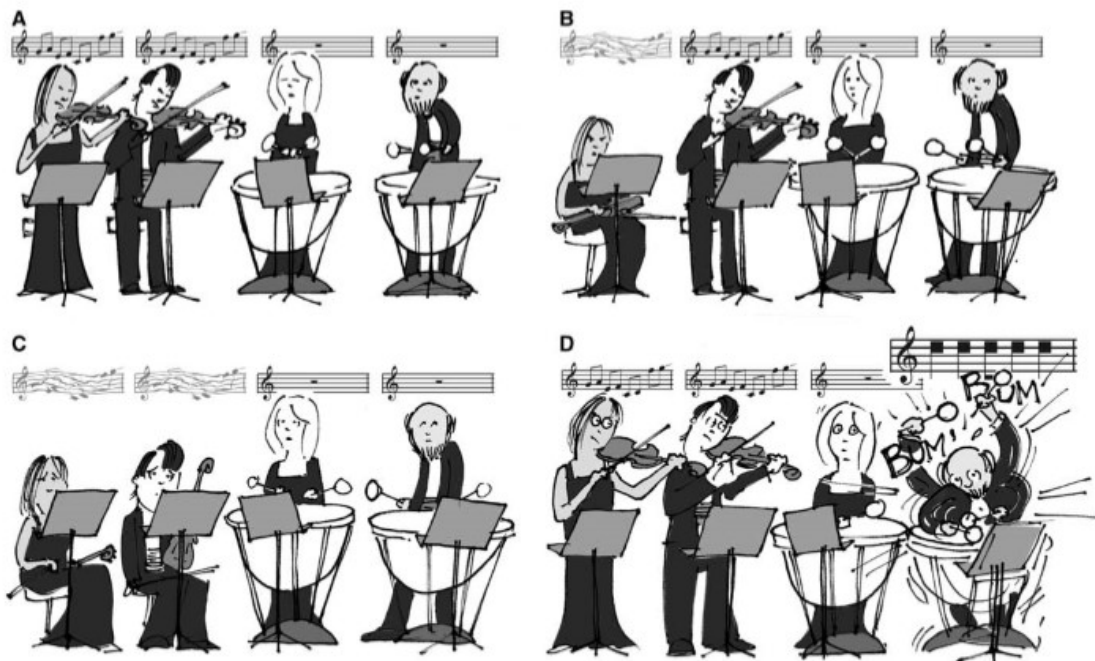
Analogie je obdoba nějakých vlastností u nestejných jevů či objektů (*analogie - ABZ.cz: slovník cizích slov*, b.r.). Výuka s použitím analogií může žákům pomoci pochopit a lépe si představit abstraktní děje a porozumět neznámým pojmům (Venville & Donovan, 2006; Woody & Himelblau, 2013). Zároveň je však nutné uvědomit si, že žádnou analogii nelze brát do logických extrémů. Analog nikdy nebude dokonale totožný s cílovým pojmem/jevem (Woody & Himelblau, 2013). Proto ne vždy použití analogií ve výuce může přinést očekávaný efekt a je vhodné žáky upozornit na tuto neshodu mezi analogem a cílovým pojmem/jevem. Také je důležité dát pozor na to, aby žáci dokázali oddělit analogii od toho, co se mají naučit, a nezapamatovali si pouze analogii (Treagust et al., 1998).

Níže následuje několik příkladů analogií navržených pro výuku genetiky.

Cook-Degen (1994) použil k lepšímu znázornění a představě relativních velikostí různých sub buněčných struktur v genetice analogii buňky a zeměkoule. V této analogii, kdy Země představuje buňku, je buněčné jádro prezentováno světadílem, chromozomální DNA státem, úsek DNA městem a kodón představuje ulici.

Schmidt (1994) přirovnává proteosyntézu k vaření podle receptu. Výhodou této analogie je to, že poskytuje dobré vysvětlení, proč mají všechny buňky stejnou genetickou výbavu. Toto vysvětlení je velmi důležité, protože miskoncepce, že každá buňka má v jádře jiné geny patří mezi nejčastější mylné představy (Lewis & Wood-Robinson, 2000). Tato analogie přirovnává buňky k restauracím, v kterých jsou kuchyně (jádro) a každá kuchyně každé restaurace vaří dle stejné kuchařky (chromozomy), přičemž každá z nich vaří dle jiných receptů (geny). Některé restaurace (buňky) se specializují např. na pizzy, jiné na steaky – a to odlišuje jednotlivé restaurace (typy buněk). Šéfkuchaři, kteří vaření řídí, jsou transkripčními faktory.

Woody a Himmelblau navrhli mnoho analogií, které mohou žákům v pochopení při výuce genetiky pomoci a žáci tak lépe porozumí specifickým genetickým a pro ně cizím pojmům. Domnívají se, že „Pro efektivní vzdělávání studentů v biologii je nezbytný silný základ založený na jasném pochopení pojmů používaných v genetice.“ (Woody & Himmelblau, 2013, s. 664). Vysvětlují např. vztah mezi lokusem a genem nebo lokusem a alelou na příkladě domů nebo vztah mezi dominantní a recesivní alelou na příkladu symfonického orchestru, Obrázek 1 (Woody & Himmelblau, 2013).



**Obrázek 1: Vysvětlení vztahu mezi dominantní a recesivní alelou pomocí analogie.** Převzato z Woody a Himmelblau, 2013.

Noty na obrázku znázorňují úseky genetické informace a hudební výkony jednotlivých muzikantů jsou fenotypové účinky. Jeden houslista představuje jednu alelu, druhý houslista představuje druhou alelu (taktéž jeden tympánista představuje jednu alelu a druhý tympánista druhou alelu).

A – Představuje ideální stav. Všechny noty jsou správně vytištěné - oba houslisté podle nich hrají a tympánisti mají pauzu. Nedochozí zde k žádné mutaci.

B – Houslistka má zkomolené noty, a tudíž nemůže hrát, houslista má noty v pořádku a hraje. Hlas houslí je slyšet, projeví se. Jde o heterozygotní genotyp, kdy funkční alela (hrající houslista) dominuje nad recesivní alelou (nehrající houslistkou) a ztrátou funkce.

C - Zkomolené jsou noty pro oba houslisty, a tudíž nemůže hrát žádný houslista. Jejich projev zcela chybí. Jde o homozygotní recesivní genotyp.

D – Noty pro houslisty jsou v pořádku. Problém je v notách pro jednoho tympánistu, které ho pobádají k hraní, když hrát nemá. Stačí, aby jeden tympánista dělal, co nemá a dojde k narušení výkonu. Zde jde o analogii dominantní mutace získaného charakteru.

Autoři upozorňují na fakt, že mnoho studentů chápe vztah mezi dominantní a recesivní alelou povrchně a tato analogie má přinést i molekulární pohled na vztah mezi dominantní a recesivní alelou (Woody & Himelblau, 2013).

### 3.2.2. Didaktické hry ve výuce genetiky

Didaktická hra obecně je činnost žáků, která má svoje pravidla a její předností je stimulační náboj. Jejím cílem je probuzení zájmu studentů, zvýšení angažovanosti během činností, podněcení tvořivosti, spolupráce i soutěživosti (Průcha et al., 2013, s. 51–52). Didaktické hry také podporují socializaci žáků a jejich sebekontrolu (*Didaktická hra a její význam ve vyučování*, b.r.). Pro žáky jsou obvykle zajímavé a efektivní. Jejich účinek bývá často stabilnější a dlouhodobější než u výkladu. Didaktické hry také mohou přenést abstraktní jevy na konkrétnější úroveň. Mají pak proto největší význam pro žáky s nižší schopností abstraktně uvažovat (Cohen et al., 1989).

Didaktické hry obecně mohou být dobrým nástrojem pro lepší porozumění souvislostí v oblasti genetiky (Vlckova et al., 2016). Takových her je celá řada. V této podkapitole se budu věnovat některým z nich.

Didaktická hra, která mě inspirovala k této diplomové práci, vytvořená skupinou Pat Tellinghuisen, Jennifer Sexton a Rachael Shevins, se týká Mendelovské genetiky. Spočívá v křížení draků a určování jejich potomstva, jejím účelem je představit principy Mendelovské dědičnosti žákům ve věku 10 -15 let zábavnou a stravitelnou formou (Tellinghuisen et al., 2011).

Další didaktickou hrou z oblasti genetiky je např. DNA detektivní hra, jejímž cílem je vypátrat vraha, a přitom se seznámit s „DNA otisky prstů“ („DNA fingerprinting“) (Wallace-Muller, 2011). Ve zjednodušené formě si žáci vyzkouší určovat totožnost osob na základě polymorfismu sekvencí určitých úseků DNA. Na závěr hry lze diskutovat o etických otázkách ohledně DNA profilů – např.: „*Co si myslíte, že by se mělo stát s DNA profily odebraných od podezřelých, kteří se ukáží být nevinnými? Měly by být jejich DNA profily vloženy do databáze DNA nebo by měly být zničeny? Jaká je situace ve vaší zemi?*“ (Wallace-Muller, 2011, s. 34). Tato hra je doporučována žákům ve věku 10-15 let, ale recenzenti ji doporučují i pro starší žáky (*The DNA detective game* | [www.scienceinschool.org](http://www.scienceinschool.org), b.r.).

Primárně žákům SŠ je určena hra spočívající v „tvorbě“ potomků na základě znalostí alel pro dané znaky. Následně je možné tyto potomky dále křížit, vytvořit rodokmen a pozorovat, jak se jednotlivé geny předávají. Krom toho si žáci procvičují jednotlivé genetické pojmy - gen, alela, homozygot apod. (Haws & Bauer, 2001).

Jiným příkladem je hra týkající se evoluce na molekulární úrovni. Tato hra byla testována na studentech univerzity, ale lze ji přizpůsobit různým úrovním vzdělávání. Hlavním cílem hry je, aby studenti pochopili, jak mohou změny v DNA ovlivnit organismy a jejich evoluci (Miralles et al., 2013).

Další hra, určená pro studenty ošetřovatelství, spočívá v učení se genetických konceptů prostřednictvím improvizovaného divadla. Každému studentovi je náhodně přidělena role (rodič, genetický poradce, zdravotní sestra genetického poradce, porodní lékař, porodní sestra, dětská sestra, hematolog, člen etické komise a nemocniční správce) spolu s instrukcemi, podle kterých následně hrají divadlo (Newcomb & Riddlesperger, 2007).

V dnešní době se nabízí také možnost využití počítačových didaktických her, které mohou být velmi motivační a často nedovolí žákům podvádět (Stoffova, 2016). Genetickou tematiku zprostředkovává např. australský softwarový program BioLogica, v kterém žáci kříží draky. Žáci se prostřednictvím programu učí podstatu meiózy, oplodnění z hlediska genetiky a monohybridní křížení. Výuka genetiky pomocí tohoto programu byla žáky hodnocena jako zábavnější a snazší, především díky vizualizaci. Ve hře je totiž možné vidět i chromozomy s jednotlivými geny a gamety. Počítačový program je volně stažitelný a je určen pro žáky ve věku 14-15 let (Tsui & Treagust, 2003).

### 3.3. Výuka Mendelovské dědičnosti

Smith a Gericke (2013) vidí v Mendelovské genetice především heuristickou hodnotu – je pro ně zjednodušeným modelem genetiky. Tito autoři tvrdí, že přestože dědičnost splňující principy Mendelových zákonů je ve velké většině vzácná a netypická, může sloužit jako stavební kámen pro složitější situace (Smith & Gericke, 2013).

I když je Mendelovské genetice v anglosaském školství věnován vcelku velký prostor v porovnání s molekulární genetikou (Kampourakis & Reiss, 2018, s. 112, Dougherty et al., 2011), je i v souvislosti s touto oblastí genetiky popsáno několik problémů a častých miskonceptů.

Častým problémem po výuce Mendelových zákonů bývá, že žáci neberou v potaz polygenní dědičnost a vliv vnějších faktorů. Studenti často aplikují Mendelovy zákony na všechny fenotypy, například včetně výšky postavy. Je proto velmi žádoucí upozornit žáky na zmíněnou polygenní dědičnost a vnější faktory hrající v určování fenotypu roli (Shaw et al., 2008). Na tento problém upozorňují i Smith a Gericke (2013), kteří tvrdí, že tato tendence ke genetickému determinismu – názoru, že geny přímo určují vlastnost bez jakýchkoli jiných faktorů – je nejrozšířenější chybou v genetice. Geny jsou důležitý prvek podílející se na fenotypu, ale nikoli jediný. Je potřeba klást důraz i např. na transkripční a translační aparát a nekódující oblasti.

Dalším problémem při výuce Mendelovské genetiky je také to, že žáci si nedokáží dát zákon o segregaci do souvislosti s meiózou. Je pro ně pak obtížné vyřešit příklady na monohybridní a dihybridní křížení. Jak již bylo zmíněno výše, meióza je totiž často vyučována odděleně od výuky genetiky a žáci poté nevidí souvislosti (Awang-Kanak et al., 2016).

Ukázalo se, že žákům je bližší klasické Mendelovské pojetí genetiky než moderní molekulární pojetí. Nejen proto, že je často Mendelovské genetice věnováno mnoho času, ale pro žáky je také snazší porozumět genům jako činitelům, které jsou zodpovědné za znaky (v poměru 1:1), než genům jako zdrojům pro syntézu bílkovin a RNA, které se při tvorbě znaku často sčítají či spolupůsobí společně s vnějšími vlivy (Dougherty et al., 2011).

## 4. Metodika

V této kapitole je popsáno, jak jsem ve své diplomové práci postupovala. Kapitola se věnuje výzkumnému nástroji, výzkumnému vzorku a výukovým materiálům, jejich testování v pilotní studii a průběhu následných úprav. Dále tato kapitola popisuje sběr dat, přepisování odpovědí a vyhodnocování získaných dat prostřednictvím statistických metod.

### 4.1. Výzkumný nástroj

Jako výzkumný nástroj byl zvolen dotazník s částí testující znalosti (dále jen dotazník) v papírové podobě. Finální verzi dotazníku obsahuje Příloha 1 (pre-test) a Příloha 2 (post-test).

Dotazník je tvořen čtyřmi částmi. První část (část A) je demografická, zbylé části (část B, část C, část D) jsou znalostní. Druhá část (část B) se skládá z 10 otázek a věnuje se jednotlivým genetickým pojmům, konkrétně - *gen*, *DNA*, *alela*, *homozygot*, *heterozygot*, *chromozom*, *genotyp*, *fenotyp*, *recesivita a dominance*. Třetí část dotazníku (část C) tvoří tři otázky a zaměřuje se na porozumění vztahů mezi různými genetickými pojmy. Tato část byla inspirována studiemi, v kterých se uvádí, že žákům obvykle nedělají problémy definice pojmů, ale nerozumí vztahu mezi nimi (Abraham et al., 2014; Lewis et al., 2000; Lewis & Kattmann, 2004, Vlckova et al., 2016). Poslední část (část D) dotazníku, která byla přidána po pilotní studii, je tvořena příkladem na 2. Mendelův zákon. Tento příklad byl do dotazníku přidán proto, že celá hra se týká Mendelových zákonů a pomocí tohoto příkladu bylo ověřeno pochopení právě 2. Mendelova zákona.

Obdobný dotazník žáci vyplňovali třikrát (pokud byli ve škole přítomni) – jako pre-test těsně před zahájením výuky, jako post-test ihned po skončení výuky a jako opožděný post-test po 3-4 měsících od ukončení výuky. Měsíční rozdíl byl způsoben mj. vánočními svátky.

### 4.2. Výzkumný vzorek

Data byla získána od žáků dvou pražských gymnázií – dále Gymnázium A a Gymnázium B.

První dva dotazníky (pre-test a post-test) jsem rozdávala osobně v průběhu mnou odučených hodin. Opožděný post-test rozdávali žákům na hodině jejich vyučující.

Po druhém post-testu byla získána data celkem od 110 žáků ze 4 tříd, přičemž vyhodnocena byla data od 92 žáků. Zbylých 18 žáků nebylo přítomno obě dvě vyučovací hodiny, a tak byli z vyhodnocování vyřazeni. Z těchto 92 žáků vyplnilo opožděný post-test 71.

Nejdříve proběhla výuka didaktické hry v rámci jednoho týdne v jedné třídě septimy Gymnázia A. Druhá vyučovací hodina následovala dva dny po první. Data jsem získala od 24 žáků, přičemž 21 žáků bylo přítomno oba dva dny.

Gymnázium B mi poskytlo tři třídy čtvrtých ročníků čtyřletého gymnázia. Ve dvou třídách byla testována didaktická hra a v jedné třídě proběhla frontální výuka s výkladem a otázkami (otevřenými i uzavřenými). To, v jakých třídách proběhla didaktická hra a v jaké třídě proběhla frontální výuka s výkladem a otázkami jsem určila já, aniž bych použila konkrétní klíč. Ve všech třídách proběhla druhá vyučovací hodina vždy přesně po týdnu od první vyučovací hodiny. Data na Gymnázium B jsem získala od 86 žáků, přičemž 71 z nich bylo přítomno obě dvě vyučovací hodiny. Ze 71 žáků didaktická hra proběhla u 48 žáků a klasická frontální výuka s výkladem a otázkami u 23 žáků (Tabulka 1).

**Tabulka 1: Počet žáků zařazených do výzkumu.**

škola	třída	pre-test + první post-test		pre-test + první post-test + druhý post test	
		didaktická hra/počet žáků	frontální výuka/počet žáků	didaktická hra/počet žáků	frontální výuka/počet žáků
gymnázium A	septima	21	0	14	0
gymnázium B	4.A	24	0	16	0
	4.B	24	0	20	0
	4.C	0	23	0	21
<b>celkem žáků</b>		69	23	50	21
		<b>92</b>		<b>71</b>	

#### 4.3. Didaktická hra a její výukové materiály

V této kapitole je popsána didaktická hra zaměřená na Mendelovskou dědičnost včetně jejího průběhu. Jsou zde zmíněné i výukové materiály k didaktické hře, které jsou součástí příloh.

#### 4.3.1. Základní informace o didaktické hře

Vytvořená didaktická hra zaměřená na Mendelovskou dědičnost je určena pro žáky vyššího stupně gymnázia (či studenty jiné střední školy). Lze ji pojmout jako náhradu frontální či jiné výuky Mendelovské dědičnosti, či jako zopakování tohoto učiva. Pro učitele byla vytvořena Příručka pro učitele (viz Příloha 3), která vyučujícím pomůže s přípravou a realizací této didaktické hry.

Hra zabere dvě vyučovací hodiny, pokud žáci Mendelovskou genetiku ještě neznají (v této podobě byla otestována). V případě, že je hra použita pro zopakování Mendelových zákonů a principů dědičnosti, je možné ji stihnout i za jednu vyučovací hodinu.

#### 4.3.2. Uspořádání výuky při didaktické hře

Svoji didaktickou hru jsem se rozhodla pojmout jako činnost ve skupině, kde spolu žáci spolupracují a mají ve skupině společný cíl. Rozvíjí tedy i své sociální dovednosti, schopnost hledat společné řešení problémů apod. Důvodem také je fakt, že kooperativní výuka není ve školách příliš častá, přestože žáky nejlépe připravuje do života (Kasíková, 2016, s. 9). Zároveň má didaktická hra i kompetitivní prvky, kde mezi sebou skupiny žáků soupeří o to, kdo vyřeší daný úkol jako první. Důvod pro zařazení kompetitivní výuky bylo zařazení soutěživosti a motivace v podobě sladké odměny. Brala jsem na vědomí, že žáci si musí věřit, že mohou vyhrát a že výhra/prohra je relativně nedůležitá (Kasíková, 2016, s. 28)

### **Velikost skupiny**

Zvolila jsem tříčlenné skupiny na základě doporučení ideální velikosti skupiny dva až šest členů. Důvodem bylo riziko pasivity žáků ve větších skupinách. Uvádí se však, že tříčlenné skupiny nemusí být dobrým řešením, protože hrozí, že se ve skupině utvoří dvojice spiknutá proti třetímu (Kasíková, 2005). Moje didaktická hra je ovšem úkolem krátkodobým. A jelikož jsem zde zařadila i prvky kompetitivní výuky, kde skupiny proto sobě soutěží, je v zájmu členů jedné skupiny intenzivně spolupracovat. Pokud počet ve třídě nebyl dělitelným třemi, pracovali někteří žáci ve dvojici.

#### 4.3.3. Průběh didaktické hry

Hra začíná tím, že žáci vytvoří trojice, které představují pobočky Šlechtitelské stanice duchů a každá pobočka má svoje pořadové číslo – Pobočka 1, Pobočka 2 atd. Každá trojice obdrží Příručku šlechtitele (viz Příloha 4), což je návod a průvodce hrou pro žáky. Vedle



příručky šlechtitele každý žák dostane svůj vlastní Protokol 1 (viz Příloha 5). Po obdržení těchto dvou výukových materiálů dostanou žáci čas na to, aby si Příručku šlechtitele přečetli. Následně si celá třída společně s učitelem projde Příručku šlechtitele a učitel žákům zodpoví na případné dotazy a nejasnosti. Především se třída zaměří na body 6-9 v Příručce šlechtitele, které si projde společně s učitelem.

Poté každá pobočka obdrží obálku, v které je Dopis 1 (viz Příloha 6), šablony duchů (viz Příloha 7) a 3 balíčky zděděných chromozómů (šablona pro tyto chromozomy viz Příloha 8) s připnutou číslicí, vyjadřující počet duchů, které je třeba vyšlechtit. Typ alely (dominantní nebo recesivní), které jednotlivé chromozomy nesou, může zvolit každý vyučující sám podle sebe. Alely, které byly použity ve hře, jsou na fotografii v Příloze 9 – společně s vyfocenou obálkou a připnutou číslicí, vyjadřující počet duchů, které je třeba vyšlechtit pro lepší znázornění.

Každá pobočka se snaží vyšlechtit duchy co nejdříve, aby získala titul Zlaté pobočky (vítězové byli v mém případě oceněni čokoládovou odměnou, ale je možné odměnit i známkou apod.). Tento Dopis 1 nesupluje popis Mendelova zákona, ale seznamuje žáky se základními principy dědičnosti.

V průběhu řešení úkolu zadaného v dopisu je učitel žákům k dispozici a mohou ho kdykoli požádat o radu.

Druhá část první hodiny je zaměřena na genetické pojmy – konkrétně gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita a dominance. Studenti do trojic dostanou tři balíčky kartiček. Černý balíček kartiček (viz Příloha 10) tvoří 10 kartiček s výše zmíněnými pojmy – vždy na jedné kartičce je jeden pojem. Červený balíček kartiček (viz Příloha 11) obsahuje 10 kartiček s definicemi výše zmíněných pojmů a v zeleném balíčku kartiček (viz Příloha 12) jsou vysvětlení pojmů pomocí přirovnání v rámci hry. V zeleném balíčku kartiček je pouze 9 kartiček, vysvětlení v rámci hry chybí u pojmu DNA, který není během hry zmiňován. Kartičky tvoří trojice – vždy pojem, jeho definice, jeho vysvětlení v rámci hry (vyjma DNA, kde je pouze dvojice kartiček). Žáci si nejdříve společně s učitelem jednotlivé kartičky přiřadí a dovysvětlí si jednotlivé pojmy. Poté si žáci v jednotlivých pobočkách kartičky zamíchají a na vyzvání učitele je správně složí – vyhrává ta pobočka, která všechny kartičky správně poskládá jako první. Na závěr první vyučovací hodiny žáci dostanou shrnující papír s pojmy a definicemi (viz Příloha 13), který si vloží do sešitu.

Druhá hodina je zaměřena na Mendelovy zákony. Vychází z toho, že studenti již znají genetické pojmy, které jsou během hodiny aktivně používány.

Na začátku hodiny žáci opět vytvoří trojice, představující pobočky Šlechtitelské stanice duchů. Každá pobočka má opět svoje pořadové číslo – Pobočka 1, Pobočka 2 atd. Složení poboček se může od předešlé hodiny lišit.

Každá šlechtitelská pobočka opět obdrží Šlechtitelskou příručku (stejnou jako předešlou hodinu, viz Příloha 4) a každý žák dostane svůj Protokol 2 (viz Příloha 14). Následně každá pobočka obdrží obálku, v které je Dopis 2 (viz Příloha 15). Každá pobočka se snaží zjistit možný vzhled všech potomků co nejdříve, aby získala titul Pobočka roku (vítězové byli v mém případě oceněni čokoládovou odměnou, ale je možné odměnit i známkou či plusem). Při zjišťování žákům pomáhá Šlechtitelská příručka. Zadání tohoto dopisu představuje 1. a 2. Mendelův zákon.

V průběhu řešení Dopisu 2 je učitel žákům k dispozici a mohou ho kdykoli požádat o radu.

Druhá část druhé hodiny je zaměřena na 3. Mendelův zákon. Každý žák dostane svůj vlastní Protokol 3 (viz Příloha 16) a každá šlechtitelská pobočka obdrží další dopis – Dopis 3 (viz Příloha 17). Za pomoci šlechtitelské příručky se všechny pobočky snaží zjistit veškeré možné kombinace potomků. Pobočky pracují opět co nejrychleji a nejintenzivněji, neboť chtějí získat titul Hlavní pobočky Šlechtitelské stanice duchů (vítězové byli v mém případě oceněni čokoládovou odměnou, ale je možné odměnit i známkou či plusem).

V průběhu řešení dopisu je učitel žákům opět k dispozici a mohou ho kdykoli požádat o radu.

Na závěr hodiny je vhodné žákům říct, čím se liší tato didaktická hra od skutečnosti – jak doporučují Smith & Gericke (2013).

- Znak je často určen více geny (polygenní dědičnost)
- Vliv prostředí (multifaktoriální dědičnost)
- Možnost více alel
- Neúplná dominance, kodominance
- Existuje také gonosomální dědičnost
- Vliv epigenetiky

Autorská řešení všech protokolů jsou v přílohách.

- Autorské řešení Protokolu 1 pro všechny 3 typy duchů - Příloha 18, Příloha 19 a Příloha 20

- Autorské řešení Protokolu 2 - Příloha 21
- Autorské řešení Protokolu 3 – Příloha 22

#### 4.4. Frontální výuka s výkladem a otázkami

Jak bylo zmíněno výše, v jedné třídě (Gymnázium B) proběhla klasická frontální výuka s výkladem a otázkami (otevřenými i uzavřenými). Při frontální výuce bylo probráno stejné učivo jako při didaktické hře a frontální výuka zabrala též dvě vyučovací hodiny jako didaktická hra. Příprava na frontální výuku s výkladem a otázkami je v Příloze 23.

Výklad doprovázela prezentace (viz Příloha 24) a kreslení/psaní na tabuli. Během těchto vyučovacích hodin byl střídán výklad s otázkami (otevřenými i uzavřenými) směřovanými k žákům. Žáci byli vyzváni, aby se ptali, pokud jim nebude něco jasné.

#### 4.5. Pilotní šetření

Před samotným výzkumem bylo v květnu 2019 provedeno pilotní šetření. Zúčastnilo se ho 30 žáků kvinty mimopražského osmiletého gymnázia, kteří se ještě neučili genetiku, ale probrali již buněčné dělení. Výsledky pilotního šetření nejsou v této práci zahrnuty, protože cílem pilotního šetření bylo ověřit si plánovanou časovou dotaci (2 vyučovací hodiny) na celou didaktickou hru včetně vyplňování dotazníků a ověřit celkovou srozumitelnost dotazníku i celé didaktické hry.

Na začátku první vyučovací hodiny byly žákům rozdány dotazníky (předfinální verze, viz Příloha 25). Po jejich vyplnění byli žáci požádáni, aby vnesli jakékoli poznámky a připomínky k dotazníku. Žádná připomínka však nepadla, pouze jsem byla v dotazníku upozorněna na překlep v otázce č. 5, kde jsem zaměnila v jedné podotázce pojem homozygot a heterozygot. Po vyplnění stejného dotazníku na konci druhé vyučovací hodiny (po proběhnutí didaktické hry) žáci zmínili, že by uvítali, kdyby byl dotazník kratší.

Po vyhodnocení dotazníků bylo provedeno několik změn. Především byl dotazník zkrácen. V původní verzi měl šest stran, což žáky již na začátku vyděsilo. Počet stran byl snížen na čtyři, a to snížením počtu řádků na odpovědi, kterých bylo zbytečně mnoho, a zůstávaly nevyplněné. Krom toho byly z dotazníku vyškrtnuté otázky z části B na neúplnou dominanci a kodominanci, které byly z časových důvodů vypuštěny z výuky. Také byla vymazána čtvrtá otázka z části C – „*Vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy dominance, alela, genotyp.*“. V části C došlo kromě snížení počtu otázek ze čtyř na tři i ke změně kombinací pojmů, mezi

kterými měli studenti vysvětlit souvislosti, tak, aby lépe odrážely hierarchické uspořádání genetických pojmů, které je často problémem pro pochopení (Knippels, 2002). Konkrétně došlo k změně z kombinace pojmů *gen*, *genotyp*, *recesivita* na *gen*, *genotyp*, *DNA*. Naopak byla do dotazníku přidána již výše zmíněná část D, kterou tvoří příklad na 2. Mendelův zákon.

Další změnou bylo, že v post-testu byla vyškrtuta demografická část (kromě pohlaví). A to z toho důvodu, že tyto informace stačilo uvést pouze v pre-testu. Otázka na pohlaví byla v post-testu zachována, kvůli kontrole párování pre-testu a post-testu. Dotazníky byly párovány prostřednictvím číselného kódu uvádějícího datum narození. Není však vyloučeno, že ve třídě nebudou dva žáci se stejným datem narození, takže pohlaví by mohlo být krom rukopisu další identifikací.

#### 4.6. Dotazníkové šetření

Sběr dat spolu s výukou proběhl od září 2019 do ledna 2020. Celkem bylo osloveno (v červnu 2019) 10 gymnázií (dostupný výběr) z toho čtyři gymnázia odpověděla kladně. Na začátku září jsem kontaktovala tato čtyři gymnázia znovu a na didaktické hře (a klasické výuce) jsem se domluvila se dvěma z nich. Podmínkou pro možnost provést tuto didaktickou hru byla neznalost Mendelových zákonů u testovaných žáků, časová náročnost dvou vyučovacích hodin a provedení hry během prvního pololetí školního roku 2019/2020.

Domluva a komunikace probíhala prostřednictvím e-mailu, s paní učitelkou z Gymnázia A i telefonicky.

Na vyplnění dotazníku měli žáci 20 minut, ukázalo se, že čas byl postačující. Na Gymnáziu A žáci stihli vyplnit post-testy dříve a zbyl čas na to, abych zmínila, jak se liší didaktická hra od reality: polygenní dědičnost, vliv vnějšího prostředí, epigenetika, možnost vícero alel. Na Gymnáziu B nezbyl čas na zmínění toho, jak se liší didaktická hra od reality. Byl na to proto upozorněn vyučující.

## 4.7. Vyhodnocování získaných dat

Tato kapitola se věnuje přepisování a kódování odpovědí a následnému statistickému zpracování dat.

### 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí

Odpovědi v dotaznících žáků, kteří byli přítomni obě dvě vyučovací hodiny a měla jsem od nich tedy pre-test i post-test, byly přepsány do tabulky v programu MS Excel. Nespárované dotazníky tak byly z vyhodnocování vyloučeny - tedy po post-testu bylo z celkových 220 dotazníků vyloučeno 36 a 184 (tj. pár dotazníků od 92 žáků) jich bylo vyhodnoceno. Po opožděném post testu přibylo 87 dotazníků, z nichž 71 bylo od výše zmíněných 92 žáků, kteří byli do vyhodnocení zahrnuti (16 dotazníků z opožděného post-testu žáků, od kterých chyběl některý z předchozích dotazníků, nebylo analyzováno). Celkem tedy bylo vyhodnoceno a zpracováno 255 dotazníků.

Každému žákovi bylo přiřazeno číslo, kterým byl označen - pro zpětnou dohledatelnost - i jeho dotazníky.

Oblíbené předměty žáků byly rozděleny do třech skupin: biologie, další přírodovědné obory (chemie, zeměpis, fyzika, matematiky) a ostatní předměty. Matematika byla zařazena mezi přírodovědné obory i po inspiraci např. výzkumem TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study), který matematiku a přírodovědné obory sdružuje.

U odpovědí na otevřenou otázku, ve kterých žáci vypisovali aktivity, které v hodinách biologie probíhají kromě klasického výkladu, byly jednotlivé aktivity kódovány číslem 1, pokud se vyskytly; pokud je žák nezmínil, zůstala buňka prázdná.

U otevřených otázek, které zjišťují, kde se žáci s jednotlivými pojmy setkali, byly odpovědi rozděleny do 7 kategorií (škola, televize, internet, domov, nevím, jinde, více možností) a následně okódovány 1-7.

Odpovědi u uzavřených otázek, které zjišťují, jestli si žáci myslí, zda daným pojmům rozumí a jestli si myslí, že by dokázali pojem vysvětlit, byly okódovány ve čtyřech kategoriích: Kód 1 – Ano; Kód 2 – Spíše ano; Kód 3 – Spíše ne; Kód 4 – Ne.

U definic pojmů gen, DNA a chromozom byla požadována funkční i strukturní část (Marbach-Ad, 2001, viz kapitola 3.1.5. Další problémy ve výuce genetiky, str. 16).

Odpovědi byly hodnoceny v pěti kategoriích:

Kód 1 - správné a kompletní

Kód 2 - správné, ale nekompletní, důležitá část chyběla (typicky buď strukturní, nebo funkční část definice)

Kód 3 - částečně správné, avšak část definice byla nesprávná

Kód 4 - nesprávné

Kód 5 - odkazující na navrženou hru – správná v daném kontextu, nikoli však ideální

Těchto pět kategorií bylo využito i v odpovědích vyjadřující porozumění vztahů mezi pojmy (část C dotazníku) a u příkladu na 2. Mendelův zákon (část D dotazníku).

U kódování definic pojmů gen, DNA a chromozom byly definice rozdělovány na tzv. funkční definice a strukturní definice. Definice, která byla značena kódem 1, musela obsahovat strukturní i funkční část definice. Pro hodnocení definic byla použita tato legenda:

- **K** – kompletně správná definice
- **F** – funkční část definice správná
- **S** – strukturní část definice správná
- **-F** – funkční část definice chybí
- **-S** – strukturní část definice chybí
- **xF** – funkční část definice chybně
- **xS** – strukturní část definice chybně
- **X** – celá definice chybně

U ostatních pojmů, nebyly definice posuzovány z hlediska funkčního a strukturního vysvětlení, protože tyto definice tak rozlišit nelze.

Následně byly výše zmíněné kódy pro další výpočty převedeny v programu MS Excel na body, aby bylo možné dále počítat se součty bodů za všechny definice, popř. za všechny definice, souvislosti mezi pojmy a body za řešení úlohy na 2. Mendelův zákon. Kdyby nebyly kódy převedeny na body, tak by chybějící odpovědi měly ještě nižší součet než správné odpovědi. Dalším problémem by byly odpovědi odkazující na navrženou hru – správné v daném kontextu, nikoli však ideální (bod 5), které by naopak měly ještě vyšší součet než odpovědi nesprávné.

Kód 1 (správné a kompletní) - 3 body.

Kód 2 (správné, ale nekompletní, důležitá část chyběla) - 2 body.

Kód 3 (částečně správně, avšak část byla nesprávná) byl převeden na 1 bod.

Kód 4 (nesprávné) byl převeden na 0 bodů (stejně jako chybějící odpověď).

Kód 5 (odkazující na navrženou hru – správná v daném kontextu, nikoli však obecně ideální) byl převeden na 3 body.

Ukázky definic jednotlivých pojmů jsou v kapitole 5.4. Obtížnost jednotlivých pojmů, str. 80.

#### 4.7.2. Statistické zpracování dat

Data byla vyhodnocena pomocí programu STATISTICA (verze 13.5). Pro zjištění, zda se rozložení dat blíží normálnímu, byl použit Kolmogorovův – Smirnovův test. Závislost počtů bodů za znalostní otázky na dalších kategorických proměnných (metoda výuky, pohlaví, škola, nejoblíbenější předmět, poslední známka z biologie na vysvědčení, vztah k biologii, plán věnovat se biologii po gymnáziu) byla testována pomocí analýzy rozptylu ANOVA, resp. ANOVA při opakovaných měřeních. K vyjádření míry korelace mezi dvěma spojitými proměnnými (počtem bodů za definice pojmů a součtem kladných odpovědí na otázky, zda se žáci s pojmy setkali) byl použit Pearsonův korelační koeficient. Test nezávislosti chí kvadrát pro kontingenční tabulku byl použit k porovnání četností odpovědí na otázky, jaký mají žáci vztah k biologii, plán věnovat se biologii po gymnáziu, známku z biologie na posledním vysvědčení a nejoblíbenější předmět mezi žáky školy A a školy B. K porovnávání bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu a post-testu byl použit párový t-test.

Rozdíl byl považován za signifikantní a nulová hypotéza byla zamítnuta, pokud hladina významnosti  $p \leq 0,05$ .

Níže stručně popíši jednotlivé použité testy.

#### **Kolmogorovův – Smirnovův test**

Jedná se o test používaný ke zjištění, zda se rozložení dat blíží normálnímu rozložení. Kolmogorovův - Smirnovův test je tedy vhodný ke zhodnocení rozdílu ve struktuře dvou skupin, k porovnávání distribučních funkcí ve dvou výběrech (Chráška, 2007, str. 99). Byl použit ke zjištění, zda je možné pro další analýzy použít parametrické testy.

Parametrické testy jsou takové statistické testy, u kterých se nulová hypotéza týká některého parametru rozdělení náhodné veličiny (např. aritmetický průměr, součet bodů). Jeden z předpokladů jejich použití je právě normální rozložení (Chráska, 2007, str. 70).

### **Párový t-test**

Parametrický test, který se používá k porovnání průměrů při opakovaném měření proměnné u téže skupiny osob. Párovým t-testem lze zjistit, zda jsou mezi jednotlivými měřeními statisticky významné rozdíly. Nulová hypotéza je testována pomocí testového kritéria  $t$ . Hodnota testového kritéria  $t$  se srovnává s kritickou hodnotou  $t$  pro hladinu významnosti 0,05 a příslušný počet stupňů volnosti. Počet stupňů volnosti ( $f$ ) se rovná:

$$f = n - 1 \quad , \text{ kde } n \text{ je počet párů měření.}$$

Pokud je vypočítaná hodnota větší než kritická hodnota, nulovou hypotézu zamítneme a přijmeme alternativní hypotézu (Chráska, 2007, str. 80).

### **ANOVA**

Analýza rozptylu, název „ANOVA“ z anglického spojení „Analysis of variance“, je parametrický test, který slouží k porovnání více než dvou nezávislých skupin. Zakládá se na výpočtu rozptylů pro všechny testované skupiny, z kterých se následně určí průměr. Celkový rozptyl se rozděluje na variabilitu uvnitř skupiny a variabilitu mezi skupinami. Základním principem je porovnání těchto dvou rozptylů. K posouzení poměru obou rozptylů se používá F- test.

$$F = \frac{\text{rozptyl mezi skupinami}}{\text{rozptyl uvnitř skupin}}$$

Vypočítaná hodnota  $F$  je dále srovnána s kritickou hodnotou  $F$  pro hladinu významnosti 0,05 s ohledem na stupně volnosti. Pokud je vypočítaná hodnota větší než kritická hodnota, nulovou hypotézu zamítneme a přijmeme alternativní hypotézu (Chráska, 2007, str. 132).

V práci byla použita jednofaktorová ANOVA, která analýzou rozptylu řeší, zda mezi středními hodnotami naměřených dat jsou nebo nejsou významné rozdíly a k porovnání interakcí (Chráska, 2007, str. 132). Zároveň byla v diplomové práci použita ANOVA při opakovaných měřeních a následně byl, v případě signifikantních rozdílů, použit Tukeyho HSD test jako post hoc test průkaznosti rozdílů mezi jednotlivými skupinami.



## Pearsonův korelační koeficient

Pearsonův korelační koeficient ( $rp$ ) vyjadřuje míru korelace mezi dvěma spojitými proměnnými. Pearsonův korelační koeficient nabývá hodnot z intervalu od -1 do +1. Hodnota 0 znamená nezávislost obou proměnných, naopak hodnoty -1 a +1 znamenají naprostou závislost proměnných. Kladné hodnoty vyjadřují, že vyšším hodnotám jedné proměnné odpovídají vyšší hodnoty druhé proměnné (naopak nižším hodnotám jedné proměnné odpovídají nižší hodnoty druhé proměnné). Záporné hodnoty vyjadřují, že vyšším hodnotám jedné proměnné odpovídají nižší hodnoty druhé proměnné a naopak (Chráska, 2007, str. 115). Přibližná interpretace hodnot korelačního koeficientu je znázorněna v Tabulce 2.

**Tabulka 2: Interpretace hodnot korelačního koeficientu.**  
(dle Chráska, 2007, str. 105)

hodnota koeficientu korelace	interpretace
$r = 1$	naprostá závislost (funkční závislost)
$1,00 > r \geq 0,90$	velmi vysoká závislost
$0,90 > r \geq 0,70$	vysoká závislost
$0,70 > r \geq 0,40$	střední (značná) závislost
$0,40 > r \geq 0,20$	nízká závislost
$0,20 > r \geq 0,00$	velmi slabá závislost
$r = 0$	naprostá nezávislost

## Test nezávislosti chí kvadrát pro kontingenční tabulku

Test, který se používá v situacích, kdy testujeme, zda existuje souvislost mezi dvěma jevy, přičemž proměnné nejsou spojité. Test vychází z tzv. kontingenční tabulky, kde čísla znamenají četnosti, které zároveň odpovídají určitým způsobem na jednu proměnnou a určitým způsobem na druhou proměnnou. Vypočítaná hodnota testového kritéria ( $\chi^2$ ) je ukazatelem velikosti rozdílu mezi skutečností a definovanou nulovou hypotézou. Hodnota testového kritéria se srovnává s kritickou hodnotou pro danou hladinu významnosti (tj. v mém případě 0,05) a příslušný počet stupňů volnosti. Počet stupňů volnosti ( $f$ ) se rovná:

$$f = (r-1)(s-1) \quad , \text{ kde } r \text{ je počet řádků a } s \text{ je počet sloupců} \\ \text{v kontingenční tabulce.}$$

Pokud je vypočítaná hodnota větší než kritická hodnota, nulovou hypotézu zamítneme a přijmeme alternativní hypotézu (Chráska, 2007, str. 76-78).

## 5. Výsledky

Cílem této kapitoly je představení výsledků diplomové práce. Nejdříve se kapitola věnuje četností demografických dat. Poté následují statistické testy, které zjišťují normalitu rozložení dat, vliv metody výuky na dosažené počty bodů a vlivy dalších proměnných – pohlaví, nejoblíbenějšího předmětu, známky z biologie, vztahu k biologii, plánů věnovat se biologii po gymnáziu, dřívějšího setkání se s pojmem - na dosažené počty bodů. Následuje podkapitola porovnávací vybrané proměnné (vztah k biologii, plán věnovat se biologii) mezi žáky školy A a školy B. Poté je zde část zaměřená na obtížnost jednotlivých genetických pojmů. Výsledky uzavírá část zaměřená na souvislosti mezi pojmy.

### 5.1. Četnosti demografických dat

Kapitola se věnuje četnostem demografických dat jako je pohlaví, nejoblíbenější předmět, poslední známka z biologie na vysvědčení, vztah žáků k biologii, plány žáků věnovat se biologii po gymnáziu a výukové metody (a formy), s kterými se žáci obou gymnázií v hodinách biologie setkávají.

#### **Pohlaví**

Celkem z 92 žáků bylo 52 dívek a 40 chlapců.

#### **Nejoblíbenější předmět**

Biologii jako svůj nejoblíbenější předmět uvedlo 31 žáků, obdobně žáků má nejoblíbenější jiný přírodovědný předmět, či jiný předmět (Tabulka 3).

**Tabulka 3: Četnosti nejoblíbenějších předmětů.**

<b>předmět</b>	<b>počet žáků</b>
<b>biologie</b>	31
<b>přírodovědný předmět (vyjma biologie)</b>	31
<b>jiný</b>	28
<b>neodpověděli</b>	2

## Známka z biologie na posledním vysvědčení

Na posledním vysvědčení mělo z biologie nejvíce žáků dvojku, rozložení známek ukazuje Tabulka 4.

**Tabulka 4: Četnosti známek z biologie na posledním vysvědčení.**

<b>poslední známka z biologie na vysvědčení</b>	<b>počet žáků</b>
<b>1</b>	31
<b>2</b>	43
<b>3</b>	17
<b>4</b>	1
<b>5</b>	0

## Vztah k biologii

Na otázku, zda mají žáci k biologii dobrý vztah, odpověděla většina žáků kladně (Tabulka 5).

**Tabulka 5: Četnosti odpovědí na otázku, zda mají žáci k biologii dobrý vztah.**

<b>dobrá vztah k biologii</b>	<b>počet žáků</b>
<b>ano</b>	41
<b>spíše ano</b>	37
<b>spíše ne</b>	7
<b>ne</b>	7

## Plán věnovat se biologii po gymnáziu

Po gymnáziu měla v plánu věnovat se biologii přibližně polovina žáků. Četnosti konkrétních odpovědí na otázku, zda se biologii chtějí po gymnáziu věnovat, jsou v Tabulce 6.

Tabulka 6: Četnosti odpovědí na otázku, zda se žáci chtějí biologii věnovat po gymnáziu.

biologie po gymnáziu	počet žáků
ano	33
spíše ano	12
spíše ne	9
ne	29
nevím	9

## Metody (a formy) využívané v hodinách biologie

Na otevřenou otázku, které výukové metody (a formy) kromě výkladu jsou používány v hodinách biologie, byly zmíněny pracovní listy, křížovky, videa, laboratorní práce, prezentace, projekty, použití interaktivních materiálů/názorné ukázky, pitvy, použití mikroskopu, exkurze, určování organismů. Četnosti jednotlivých zmíněných metod (a forem) jsou znázorněny v Tabulce 7. Nejčastěji byly zmiňované pracovní listy, křížovky a videa, následně laboratorní práce.

**Tabulka 7: Tabulka znázorňující četnosti uvedených metod (a forem) výuky v hodinách biologie (krom výkladu).**

Žáci mohli uvést neomezeně možností, proto je celkový součet odpovědí větší než počet žáků.

<b>metody (a formy) výuky</b>	<b>počet žáků</b>
<b>pracovní listy, křížovky</b>	39
<b>videa</b>	33
<b>laboratorní práce</b>	18
<b>prezentace, projekty</b>	12
<b>použití interaktivních materiálů/názorné ukázky</b>	10
<b>pitva</b>	9
<b>mikroskopování</b>	6
<b>exkurze</b>	6
<b>určování organismů</b>	5

## 5.2. Statistické testy

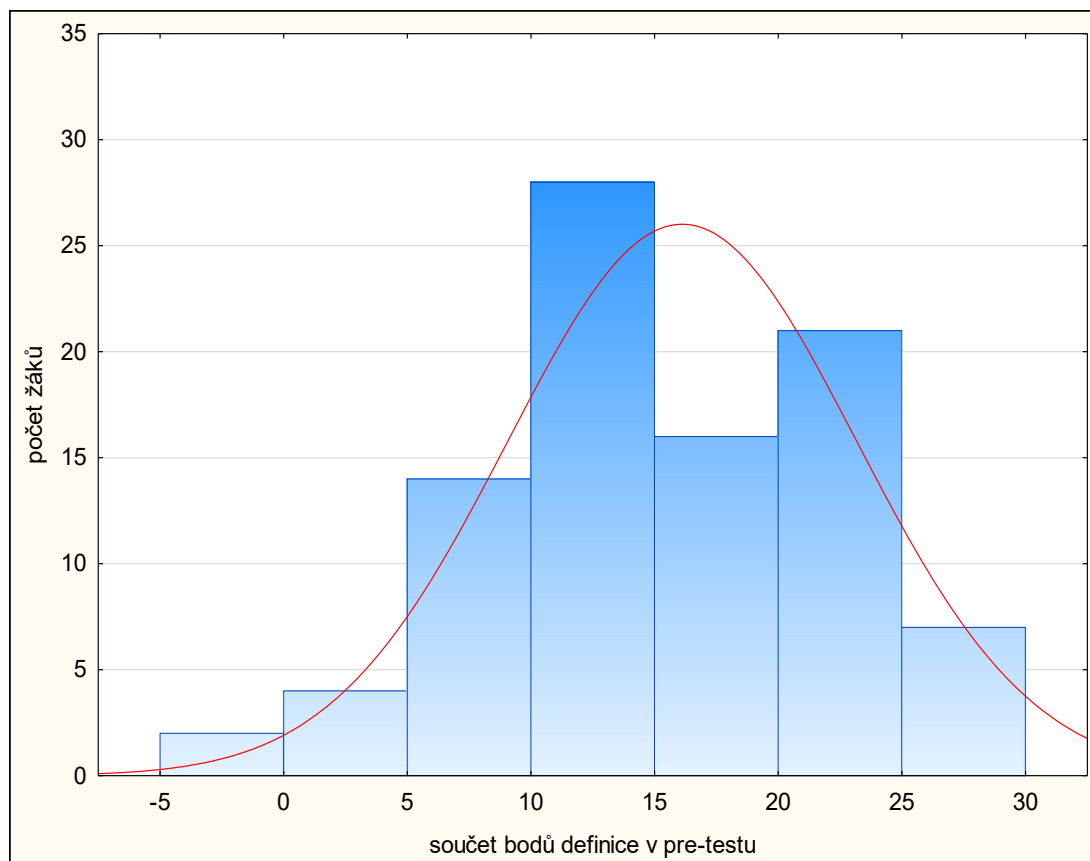
Tato kapitola popisuje výsledky statistických testů. Na začátku kapitoly jsou výsledky testování normality rozložení dat za použití Kolmogorovův-Smirnovův testu.

Poté je zde testován vliv metody výuky na dosažené počty bodů a následně jsou testovány i vlivy dalších proměnných na dosažené počty bodů – konkrétně pohlaví, nejoblíbenější předmět, známka z biologie, vztah žáků k biologii, plány žáků věnovat se biologii po gymnáziu. Počty bodů byly porovnávány testem ANOVA při opakovaných měřeních s následným Tukeyho testem.

Na závěr kapitoly je pomocí Pearsonova korelačního koeficientu testována míra korelace mezi počtem bodů za definice pojmů a dřívějším setkáním se s pojmem.

### 5.2.1. Normalita rozložení dat

Rozložení dat (součty bodů za definice pojmů v pre-testu) se blížilo normálnímu rozložení ( $d = 0,09$ ;  $p < 0,20$ ) (Graf 1). Vzhledem k výsledku byly dále použity parametrické testy.



**Graf 1: Rozložení součtů bodů u definic v pre- testu: Kolmogorovův-Smirnovův test,  $p > 0,20$ .** Červená křivka ukazuje normální rozložení.

### 5.2.2. Vliv metody výuky na dosažené počty bodů

Protože hlavním cílem mé diplomové práce bylo, kromě vytvoření a otestování didaktické hry zaměřené na Mendelovskou dědičnost, porovnat efektivitu této vytvořené didaktické hry s výkladem, testovala jsem, jestli se liší celkový počet bodů - součet bodů za definice pojmů (dále jen definice), souvislosti mezi pojmy (dále jen souvislosti) a úlohu na 2. Mendelův zákon - které získali žáci obou skupin v pre-testu, post-testu a opožděném post-testu. Při tomto testování proběhla následující tři měření:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů u jednotlivých testů mezi žáky, kteří absolvovali didaktickou hru a žáky, kteří absolvovali výklad. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v jednotlivých testech se neliší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů v jednotlivých testech se liší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 4,55$ ;  $p = 0,04$ ). Celkový počet bodů v testech se lišil mezi skupinami žáků s rozdílnou metodou výuky.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků se neliší v pre-testu, post-testu, a opožděném post-testu.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků se liší v pre-testu, post-testu, a opožděném post-testu.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 52,88$ ;  $p < 0,001$ ). Celkový počet bodů se mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků lišil.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi dvěma skupinami žáků v jednotlivých testech. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Celkový počet bodů mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

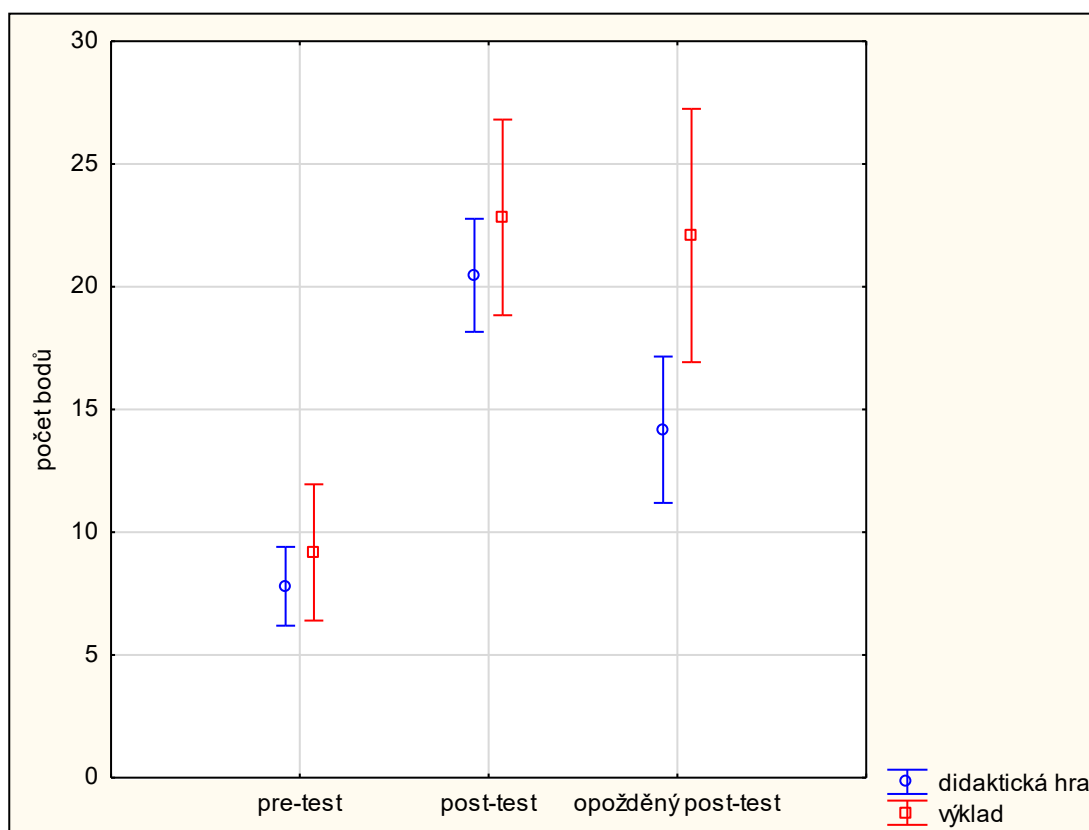
Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 3,54$ ;  $p = 0,03$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi dvěma skupinami žáků se mezi jednotlivými testy lišila. V pre-testu a prvním post-testu nebyl rozdíl v průměrném počtu bodů mezi skupinou žáků s výkladem a s didaktickou hrou, ale v druhém post-testu měla signifikantně více bodů skupina s výkladem.



Tukeyho post-hoc test ukázal, že nebyl rozdíl ve výsledcích v pre-testech, a obě skupiny tak začínaly na stejné úrovni znalostí ( $p = 0,99$ ). Obě skupiny žáků dosáhly signifikantně lepších výsledků v obou post-testech oproti pre-testu ( $p < 0,001$ ). Zatímco v prvním post-testu nebyl mezi skupinami žáků signifikantní rozdíl ( $p = 0,92$ ), v opožděném post-testu mezi těmito dvěma skupinami žáků signifikantní rozdíl byl ( $p = 0,01$ ), Graf 2, Tabulka 8 a 9.



**Graf 2: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.** Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 8: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

	p hodnoty	hra	hra	hra	výklad	výklad	výklad
		pre-test	post-test	opozděný post-test	pre-test	post-test	opozděný post-test
hra	pre-test		<0,001	<0,001	0,99	<0,001	<0,001
hra	post-test	<0,001		<0,001	<0,001	0,92	0,98
hra	opozděný post-test	<0,001	<0,001		0,29	<0,001	0,01
výklad	pre-test	0,99	<0,001	0,29		<0,001	<0,001
výklad	post-test	<0,001	0,92	<0,001	<0,001		1,00
výklad	opozděný post-test	<0,001	0,98	0,01	<0,001	1,00	

**Tabulka 9: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky ve všech testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

		průměr	min	max	SD
pre-test	hra	8,00	0	40	6,75
	výklad	9,17	0	24	6,56
post-test	hra	20,46	0	42	9,74
	výklad	22,83	3	37	9,25
opozděný post-test	hra	14,17	0	40	13,15
	výklad	22,09	0	37	10,04

Aby bylo zřejmé, že zmíněný rozdíl v opožděných post-testech mezi didaktickou hrou a klasickým výkladem nebyl zapříčiněn konkrétní školou (resp. vyučujícím a další výukou), byli žáci při porovnávání průměrných bodů mezi testy rozdělení podle příslušnosti na dané gymnázium. Věděla jsem totiž od vyučujícího, že žáci ve škole B na mou výuku po prvním post-testu (a před opožděným post-testem) navázali dědičností hemofilie a daltonismu, při které používali Mendelovské čtverce. Jinou nadstavbu na mnou probranou látku v době do opožděného post-testu neabsolvovali. Oproti tomu na gymnáziu A se tomuto tématu dále nevěnovali. Při tomto testování proběhly následující tři měření:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů u jednotlivých testů mezi školami. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v jednotlivých testech se neliší mezi školou A a školou B.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v jednotlivých testech se liší mezi školou A a školou B.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 11,11$ ;  $p < 0,001$ ). Celkový počet bodů v testech se mezi školami lišil.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci žáků jedné školy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci žáků jedné školy se neliší v pre-testu, post-testu, a opožděném post-testu.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v rámci žáků jedné školy se liší v pre-testu, post-testu, a opožděném post-testu.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 55,39$ ;  $p < 0,001$ ). Celkový počet bodů se mezi jednotlivými testy lišil.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi žáky obou škol v jednotlivých testech. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů mezi žáky odlišných škol se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

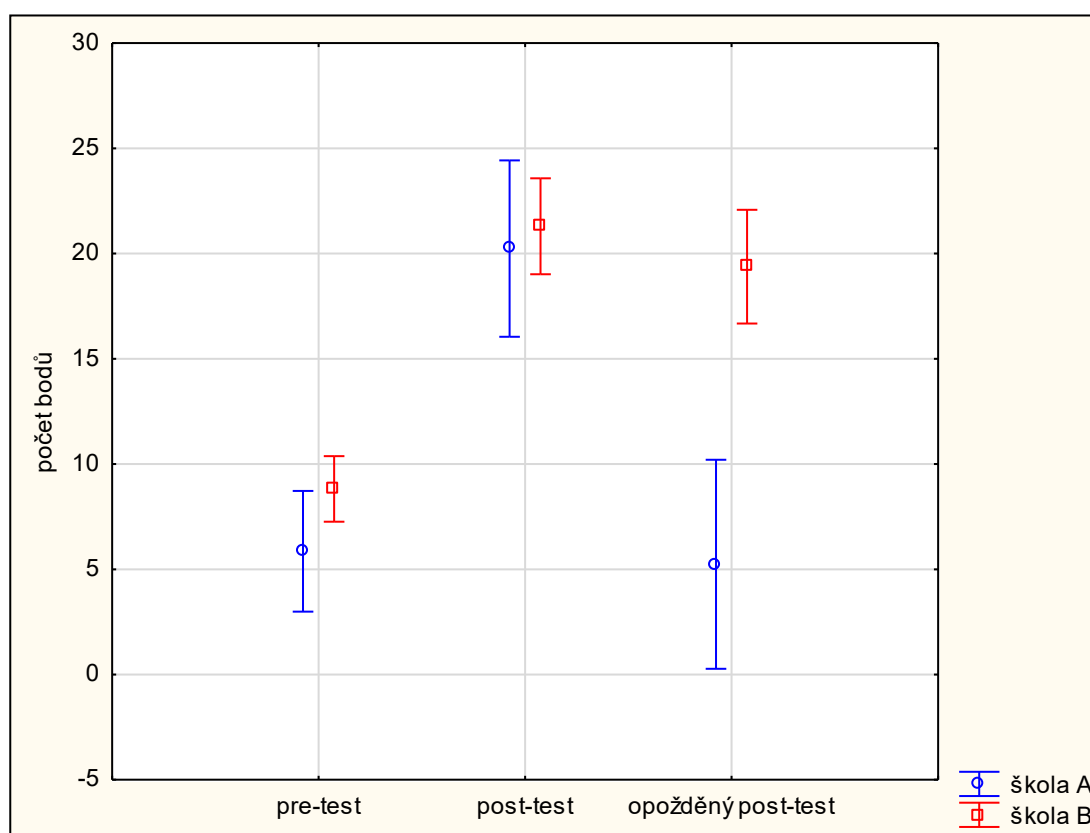
Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů mezi žáky odlišných škol se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 15,01$ ;  $p < 0,001$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi žáky odlišných škol se mezi jednotlivými testy lišila. V pre-testu a prvním post-testu nebyl rozdíl v průměrném počtu bodů mezi žáky navštěvující

školu A a žáky navštěvující školu B, ale v druhém post-testu měli signifikantně více bodů žáci navštěvující školu B.

Tukeyho post-hoc test ukázal, že výsledky z pre-testu a prvního post-testu byly u žáků obou škol stejné (pre-testy:  $p = 0,81$ , post-testy:  $p = 1,00$ ). Výsledky v opožděném post-testu se mezi školami signifikantně lišily ( $p < 0,001$ ), žáci školy A získali méně bodů. U školy B se oba post-testy od sebe nelišily ( $p = 0,63$ ), ale oba se signifikantně lišily od pre-testu ( $p < 0,001$ ). U školy A se výsledky obou post-testů signifikantně lišily ( $p < 0,001$ ), výsledky opožděného post-testu se nelišily od výsledků z pre-testu ( $p = 1,00$ ) (Graf 3, Tabulka 10 a 11).



**Graf 3: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle školy.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 10: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle školy.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		škola A	škola A	škola A	škola B	škola B	škola B
		pre-test	post-test	opozděný post-test	pre-test	post-test	opozděný post-test
škola A	pre-test		<0,001	1,00	0,81	<0,001	<0,001
škola A	post_test	<0,001		<0,001	<0,001	1,00	1,00
škola A	opozděný post-test	1,00	<0,001		0,65	<0,001	<0,001
škola B	pre-test	0,81	<0,001	0,65		<0,001	<0,001
škola B	post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,001		0,63
škola B	opozděný post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,001	0,63	

**Tabulka 11: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků podle školy.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

		průměr	min	max	SD
pre-test	škola A	5,86	0	21	4,96
	škola B	8,82	0	40	7,01
post-test	škola A	20,24	0	39	11,19
	škola B	21,30	3	42	9,18
opozděný post-test	škola A	5,24	0	33	8,41
	škola B	19,38	0	40	12,19

Rozdíl mezi celkovým součtem bodů v opožděném post-testu je tedy dán spíše konkrétní školou (resp. vyučujícím a jeho další výukou), nikoli metodou použitou při výuce Mendelových zákonů.

V návaznosti na tento výsledek byl porovnáván vztah k biologii, plán věnovat se biologii po gymnáziu, známka z biologie na posledním vysvědčení a nejoblíbenější předmět mezi školou A a školou B. Tyto proměnné byly porovnávány prostřednictvím testu nezávislosti chí kvadrát pro kontingenční tabulku. Výsledky těchto testování jsou v kapitole 5.4. Porovnání žáků školy A a školy B, str.77.

Dále bylo testováno, zda má konkrétní třída vliv na celkový počet dosažených bodů v pre-testu, post-testu a opožděném post-test. Při tomto testování proběhly následující tři měření:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů u jednotlivých testů mezi třídami. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v jednotlivých testech se neliší mezi třídami.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v jednotlivých testech se liší mezi třídami.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 4,52$ ;  $p = 0,005$ ). Celkový počet bodů v testech se mezi třídami lišil.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci žáků jedné třídy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci žáků jedné třídy se neliší v pre-testu, post-testu, a opožděném post-testu.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v rámci žáků jedné třídy se liší v pre-testu, post-testu, a opožděném post-testu.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 71,65$ ;  $p < 0,001$ ). Celkový počet bodů se mezi jednotlivými testy lišil.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi žáky všech čtyř tříd v jednotlivých testech. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

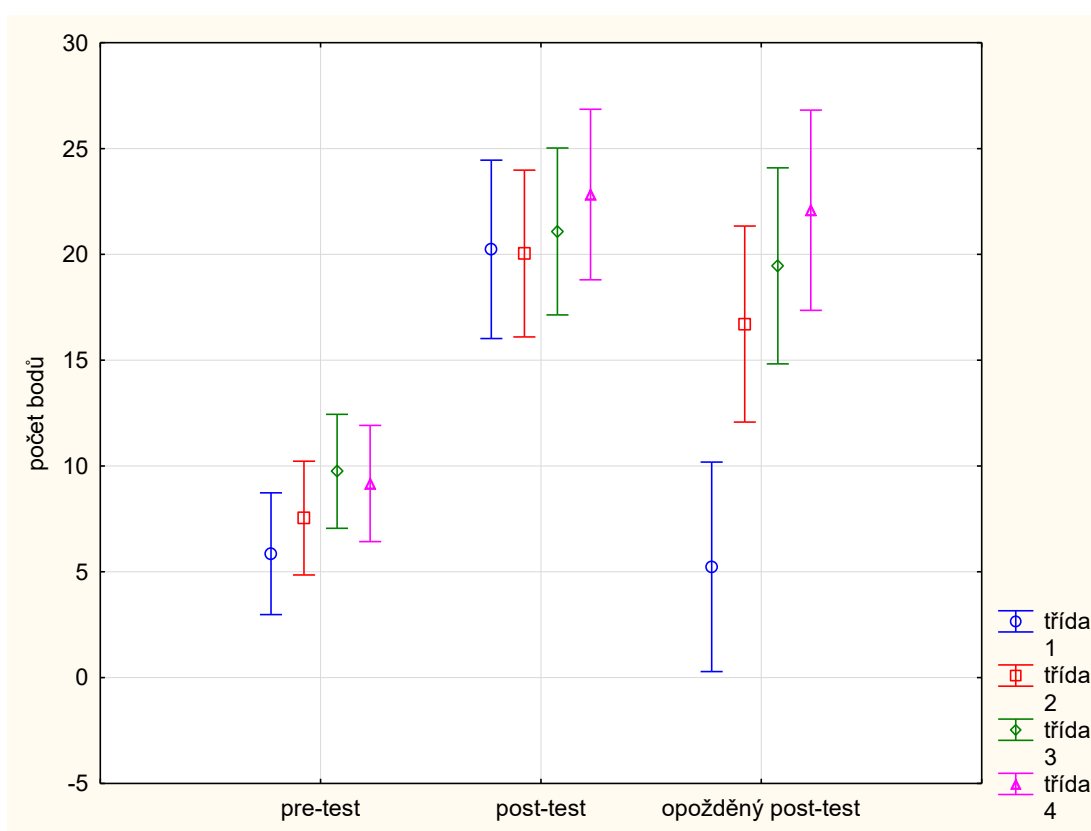
*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů mezi žáky odlišných tříd se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů mezi žáky odlišných tříd se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 5,29$ ;  $p < 0,001$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi žáky odlišných tříd se mezi jednotlivými testy lišila. V pre-testu a prvním post-testu nebyl rozdíl v průměrném počtu bodů mezi žáky jednotlivých tříd, ale v druhém post-testu měla signifikantně méně bodů třída 1.

Tukeyho post-hoc test ukázal, že výsledky z pre-testu a prvního post-testu byly u žáků všech tříd stejné (pre-testy:  $p = 0,81$ , post-testy:  $p = 1,00$ ). Výsledky v opožděném post-testu se lišily mezi třídou 1 a ostatními třídami (Graf 4, Tabulka 12 a 13). Gymnázium A zastupovala třída 1 a gymnázium B zastupovaly třídy 2, 3 a 4.



**Graf 4: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle třídy.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 12: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle třídy.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		třída 1			třída 2			třída 3			třída 4		
		pre-test	post-test	opozděný post-test	pre-test	post-test	opozděný post-test	pre-test	post-test	opozděný post-test	pre-test	post-test	opozděný post-test
třída 1	pre-test		<0,001	1,00	1,00	<0,001	0,01	0,97	<0,001	<0,001	0,99	<0,001	<0,001
	post-test	<0,001		<0,001	<0,001	1,00	0,99	0,01	1,00	1,00	0,01	1,00	1,00
	opozděný post-test	1,00	<0,001		1,00	<0,001	<0,001	0,91	<0,001	<0,001	0,97	<0,001	<0,001
třída 2	pre-test	1,00	<0,001	1,00		<0,001	<0,001	1,00	<0,001	<0,001	1,00	<0,001	<0,001
	post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,001		0,92	0,01	1,00	1,00	<0,001	1,00	1,00
	opozděný post-test	0,01	0,99	<0,001	<0,001	0,92		0,31	0,91	1,00	0,21	0,54	0,73
třída 3	pre-test	0,97	0,01	0,91	1,00	0,01	0,31		<0,001	<0,001	1,00	<0,001	<0,001
	post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,001	1,00	0,91	<0,001		1,00	<0,001	1,00	1,00
	opozděný post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,001	1,00	1,00	<0,001	1,00		0,01	0,99	1,00
třída 4	pre-test	0,99	0,01	0,97	1,00	<0,001	0,21	1,00	<0,001	0,01		<0,001	<0,001
	post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,001	1,00	0,54	<0,001	1,00	0,99	<0,001		1,00
	opozděný post-test	<0,001	1,00	<0,001	<0,00	1,00	0,73	<0,001	1,00	1,00	<0,001	1,00	



**Tabulka 13: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky v testech žáků podle třídy.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	známka	průměr	min	max	SD
<b>pre-test</b>	<b>třída 1</b>	5,86	0	21	4,96
	<b>třída 2</b>	7,54	2	33	6,96
	<b>třída 3</b>	9,75	2	40	7,57
	<b>třída 4</b>	9,17	0	24	6,56
<b>post-test</b>	<b>třída 1</b>	20,24	0	39	11,19
	<b>třída 2</b>	20,04	6	40	9,20
	<b>třída 3</b>	21,08	11	42	9,29
	<b>třída 4</b>	22,83	3	37	9,25
<b>opožděný post-test</b>	<b>třída 1</b>	5,24	0	33	8,41
	<b>třída 2</b>	16,71	0	38	13,16
	<b>třída 3</b>	19,46	0	40	12,94
	<b>třída 4</b>	22,09	0	37	10,04

Jelikož v opožděném post-testu hrála takto výraznou roli škola/třída, respektive další proběhlá výuka, následující výsledky se už týkají pouze pre-testu a prvního post-testu. Opožděný post-test nezachycuje vliv metody výuky, který jsem si stanovila za cíl sledovat.

### **Definice pojmů**

Při dalším porovnávání efektivity jednotlivých metod výuky (hra a výklad) jsem se zaměřila pouze na počet dosažených bodů za definice v pre-testu a post-testu. Při tomto testování proběhly následující tři měření.

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší počet bodů za definice v pre-testu a post-testu mezi žáky obou skupin (skupina s didaktickou hrou a skupina s výkladem). Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet bodů za definice v pre-testu a post-testu se neliší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za definice v pre-testu a post-testu se liší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 0,41$ ;  $p = 0,52$ ). Počet bodů v testech se nelišil mezi skupinami žáků s rozdílnou metodou výuky.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší počet bodů za definice mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů za definice v rámci jedné skupiny žáků se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za definice v rámci jedné skupiny žáků se liší mezi pre-testem a post-testem*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 114,08$ ;  $p < 0,001$ ). Žáci obou skupin měli více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi dvěma skupinami žáků mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů za definice mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

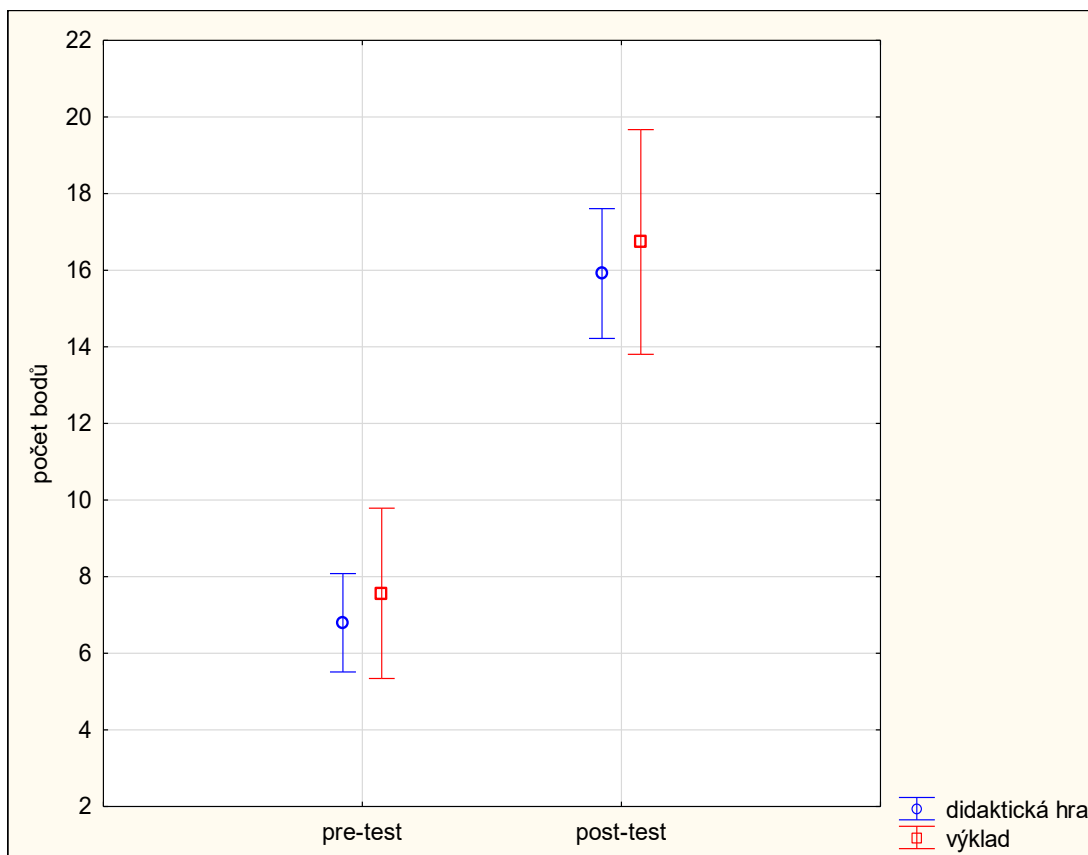
Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za definice mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 0,001$ ;  $p = 0,97$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi dvěma skupinami žáků se mezi jednotlivými testy nelišila.

Tukeyho post-hoc test ukázal, že obě skupiny žáků dosáhly stejných výsledků v pre-testu ( $p = 0,96$ ), znalosti žáků obou skupin se shodně zlepšily, mezi počtem bodů dosažených v post-testu oběma skupinami nebyl rozdíl ( $p = 0,95$ ). Součet bodů za definice pojmů se mezi

pre-testem a post-testem signifikantně zvýšil u obou skupin žáků ( $p < 0,001$ ). Metoda výuky Mendelovské dědičnosti tedy nehrála roli (Graf 5, Tabulka 14 a 15).



**Graf 5: Porovnání součtu bodů za definice pojmů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.** Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 14: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání součtu bodů za definice pojmů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		hra	hra	výklad	výklad
		pre-test	post-test	pre-test	post-test
hra	pre-test		<0,001	0,96	<0,001
hra	post test	<0,001		<0,001	0,95
výklad	pre-test	0,96	<0,001		<0,001
výklad	post-test	<0,001	0,95	<0,001	

**Tabulka 15: Průměry celkových získaných bodů za definice pojmů, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

		<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	<b>hra</b>	6,80	0	30	5,35
	<b>výklad</b>	7,57	0	20	5,41
<b>post-test</b>	<b>hra</b>	15,91	0	30	7,10
	<b>výklad</b>	16,74	0	27	7,05

### **Souvislosti mezi pojmy**

Při dalším porovnávání efektivity jednotlivých metod výuky (hra a výklad) jsem se zaměřila pouze na počet dosažených bodů za souvislosti v pre-testu a post-testu. Při tomto testování proběhly následující tři měření.

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší počet bodů za souvislosti v pre-testu a post-testu mezi žáky obou skupin (skupina s didaktickou hrou a skupina s výkladem). Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet bodů za souvislosti v pre-testu a post-testu se neliší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Počet bodů za souvislosti v pre-testu a post-testu se liší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 1,20$ ;  $p = 0,28$ ). Počet bodů za souvislosti v testech se mezi skupinami žáků s rozdílnou metodou výuky nelišil.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší počet bodů za souvislosti mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet bodů za souvislosti v rámci jedné skupiny žáků se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za souvislosti v rámci jedné skupiny žáků se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 54,16$ ;  $p < 0,001$ ). Žáci obou skupin měli více bodů za souvislosti v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi dvěma skupinami žáků mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

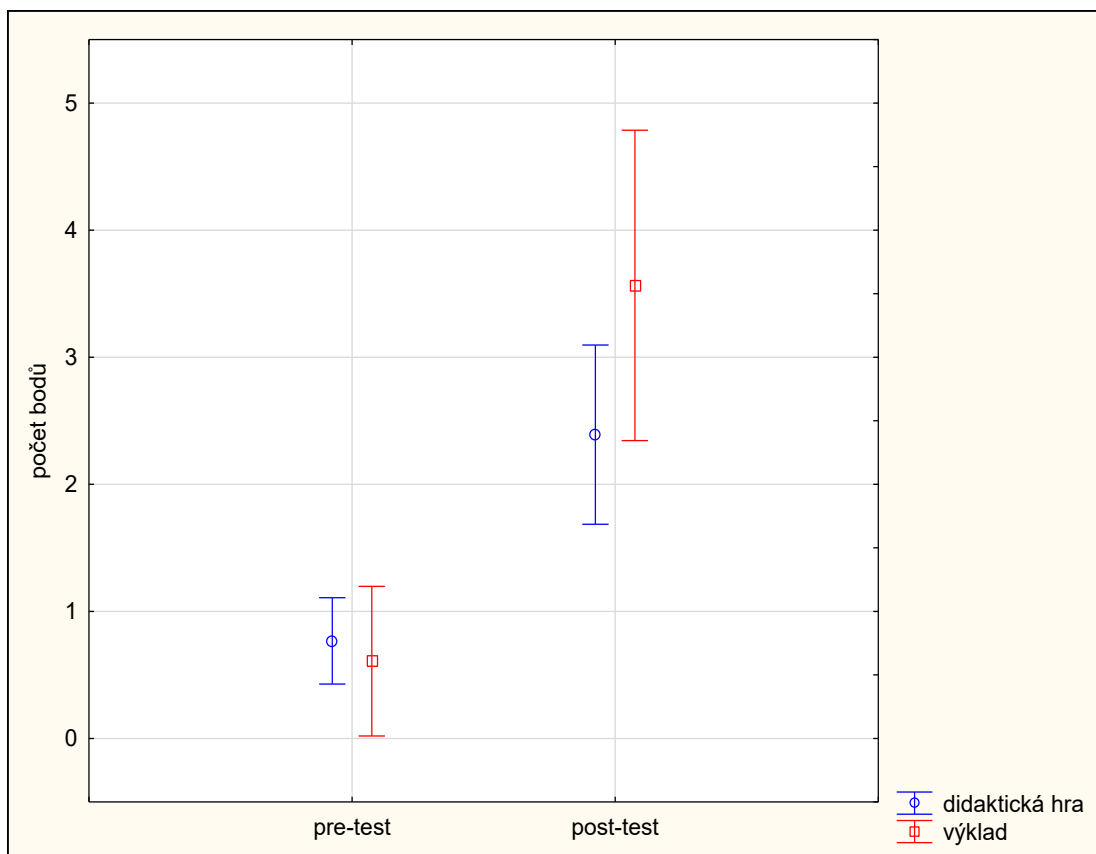
*H0: Počet bodů za souvislosti mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za souvislosti mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 4,59$ ;  $p = 0,03$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi dvěma skupinami žáků se mezi jednotlivými testy lišila.

Tukeyho post-hoc testu ukázal, že součty bodů za otázky zaměřené na souvislosti mezi pojmy se mezi skupinou žáků absolvující didaktickou hru a skupinou absolvující klasický výklad nelišily v pre-testu ( $p = 0,99$ ) ani v post-testu ( $p = 0,15$ ). Součty bodů za otázky zaměřené na souvislosti mezi pojmy se mezi pre-testem a post-testem lišily u obou skupin žáků ( $p < 0,001$ ) (Graf 6, Tabulka 16 a 17).



**Graf 6: Porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislosti mezi pojmy v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 16: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislosti mezi pojmy v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		hra	hra	výklad	výklad
		pre-test	post-test	pre-test	post-test
hra	pre-test		<0,001	0,99	<0,001
hra	post-test	<0,001		0,01	0,15
výklad	pre-test	0,99	0,01		<0,001
výklad	post-test	<0,001	0,15	<0,001	

**Tabulka 17: Průměry celkových získaných bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky v testech žáků obou skupin podle metody výuky. Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.**

		<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	<b>hra</b>	0,77	0	7	1,44
	<b>výklad</b>	0,61	0	6	1,37
<b>post-test</b>	<b>hra</b>	2,39	0	9	2,96
	<b>výklad</b>	3,57	0	9	2,92

### **Počtení příklad na 2. Mendelův zákon**

Při dalším porovnávání efektivity jednotlivých metod výuky (hra a výklad) jsem se zaměřila pouze na počet dosažených bodů za příklad zaměřený na 2. MZ v pre-testu a post-testu. Při tomto testování proběhly následující tři měření.

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší počet bodů za příklad v pre-testu a post-testu mezi žáky obou skupin (skupina s didaktickou hrou a skupina s výkladem). Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet bodů za příklad v pre-testu a post-testu se neliší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Počet bodů za příklad v pre-testu a post-testu se liší mezi žáky, kteří absolvovali výklad a těmi, kteří absolvovali didaktickou hru.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 8,19$ ;  $p = 0,005$ ). Počet bodů v testech se lišil mezi skupinami žáků s rozdílnou metodou výuky.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší počet bodů za příklad mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet bodů za příklad v rámci jedné skupiny žáků se neliší mezi pre-testem a post-testem*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za příklad v rámci jedné skupiny žáků se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 121,22$ ;  $p < 0,001$ ). Žáci obou skupin měli více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi dvěma skupinami žáků mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů za příklad mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

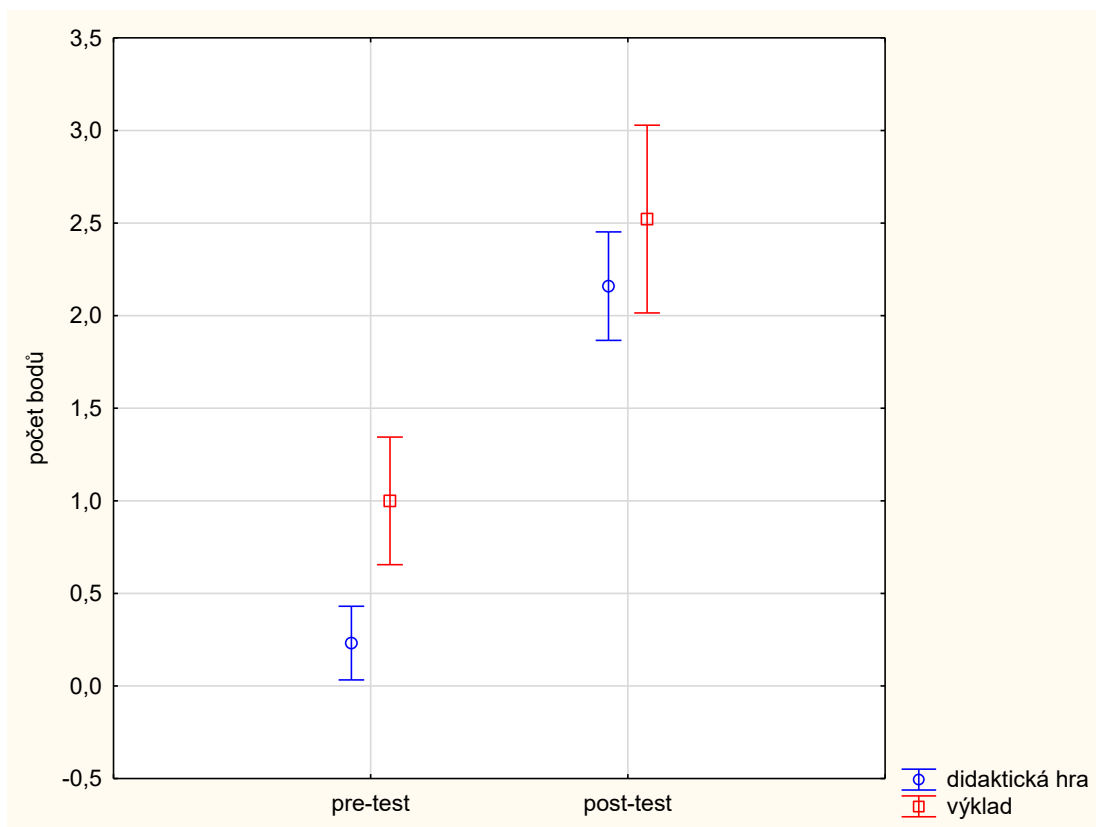
Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů za příklad mezi oběma skupinami žáků se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 1,68$ ;  $p = 0,20$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi dvěma skupinami žáků se mezi jednotlivými testy nelišila.

Tukeyho post-hoc testu ukázal, že součty bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon se mezi skupinou žáků, která absolvovala didaktickou hru a skupinou, která absolvovala klasický výklad, lišil v pre-testech ( $p = 0,01$ ) a nelišil v post-testech ( $p = 0,48$ ). Počet bodů za příklad se mezi pre-testem a post-testem lišil u obou skupin žáků ( $p < 0,001$ ) (Graf 7, Tabulka 18 a 19).





**Graf 7: Porovnání počtu bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 18: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání počtu bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		hra	hra	výklad	výklad
		pre-test	post-test	pre-test	post-test
hra	pre-test		<0,001	0,01	<0,001
hra	post-test	<0,001		<0,001	0,48
výklad	pre-test	0,01	<0,001		<0,001
výklad	post-test	<0,001	0,48	<0,001	

**Tabulka 19: Průměry získaných bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky v testech žáků obou skupin podle metody výuky.**  
 Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

		<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	<b>hra</b>	0,23	0	3	0,73
	<b>výklad</b>	1,00	0	3	1,09
<b>post-test</b>	<b>hra</b>	2,16	0	3	1,30
	<b>výklad</b>	2,52	0	3	0,95

### 5.2.3. Vliv dalších proměnných na dosažené počty bodů

V této kapitole jsou popsány vlivy dalších proměnných na dosažené počty bodů. Konkrétně byl testován vliv pohlaví, školy, nejoblíbenějšího předmětu, známky z biologie na posledním vysvědčení, vztahu žáků k biologii, plánu žáků věnovat se biologii po gymnáziu. Na konci kapitoly je testována korelace mezi počtem dosažených bodů a předchozím setkáním se s pojmem.

## Pohlaví

To, zda má pohlaví vliv na celkový počet dosažených bodů v pre-testu a post-testu bylo testováno následujícími třemi měřeními:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů v pre-testu a post-testu mezi pohlavími. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi dívkami a chlapci neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi dívkami a chlapci liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 1,45$ ;  $p = 0,23$ ). Počet bodů v testech se nelišil mezi dívkami a chlapci.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci jednoho pohlaví. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci jednoho pohlaví se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů v rámci jednoho pohlaví se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 212,33$ ;  $p < 0,001$ ). Dívky i chlapci měli více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi dívkami a chlapci mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

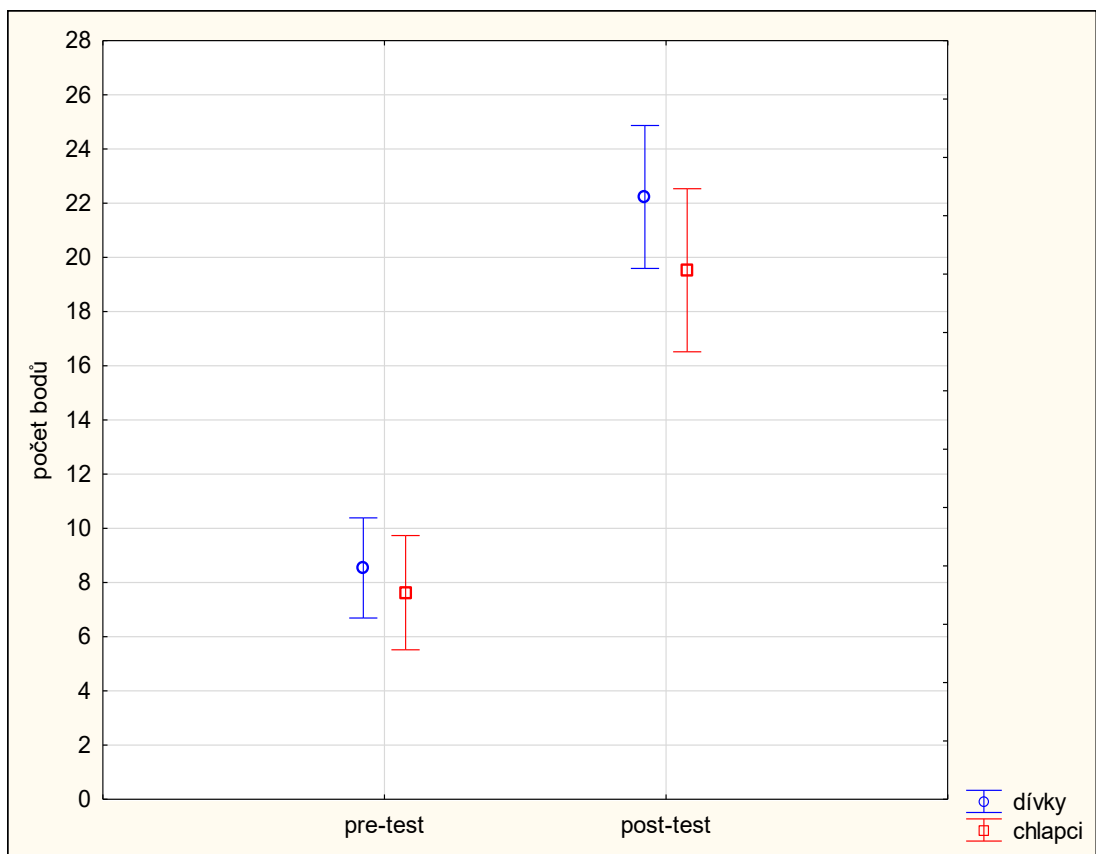
*H0: Celkový počet bodů mezi dívkami a chlapci se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů mezi dívkami a chlapci se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 1,04$ ;  $p = 0,31$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi dívkami a chlapci se mezi jednotlivými testy nelišila.

Pohlaví žáků nemělo na celkový počet bodů vliv, dívky i chlapci se ve znalostech zlepšili stejně (Graf 8, Tabulka 20 a 21).



**Graf 8: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků obou skupin podle pohlaví.**  
Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 20: Tukey post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech dívek a chlapců.**  
Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		dívky		chlapci	
		pre-test	post-test	pre-test	post-test
dívky	pre-test		<0,00	0,95	<0,00
	post-test	<0,00		<0,00	0,40
chlapci	pre-test	0,95	<0,00		<0,00
	post-test	<0,00	0,40	<0,00	

**Tabulka 21: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky ve všech testech žáků obou skupin podle pohlaví.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

		<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	<b>dívky</b>	8,54	0	40	7,16
	<b>chlapci</b>	7,63	0	33	6,08
<b>post-test</b>	<b>dívky</b>	22,23	6	42	9,36
	<b>chlapci</b>	19,53	0	40	9,86

### Nejoblíbenější předmět

To, zda má nejoblíbenější předmět žáků vliv na celkový počet dosažených bodů v pre-testu a post-testu bylo testováno následujícími třemi měřeními:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů v pre-testu a post-testu mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 7,74$ ;  $p < 0,001$ ). Počet bodů v testech se lišil mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků se stejným nejoblíbenějším předmětem. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků se stejným nejoblíbenějším předmětem se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků se stejným nejoblíbenějším předmětem se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 218,92$ ;  $p < 0,001$ ). Všechny skupiny dosáhli více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

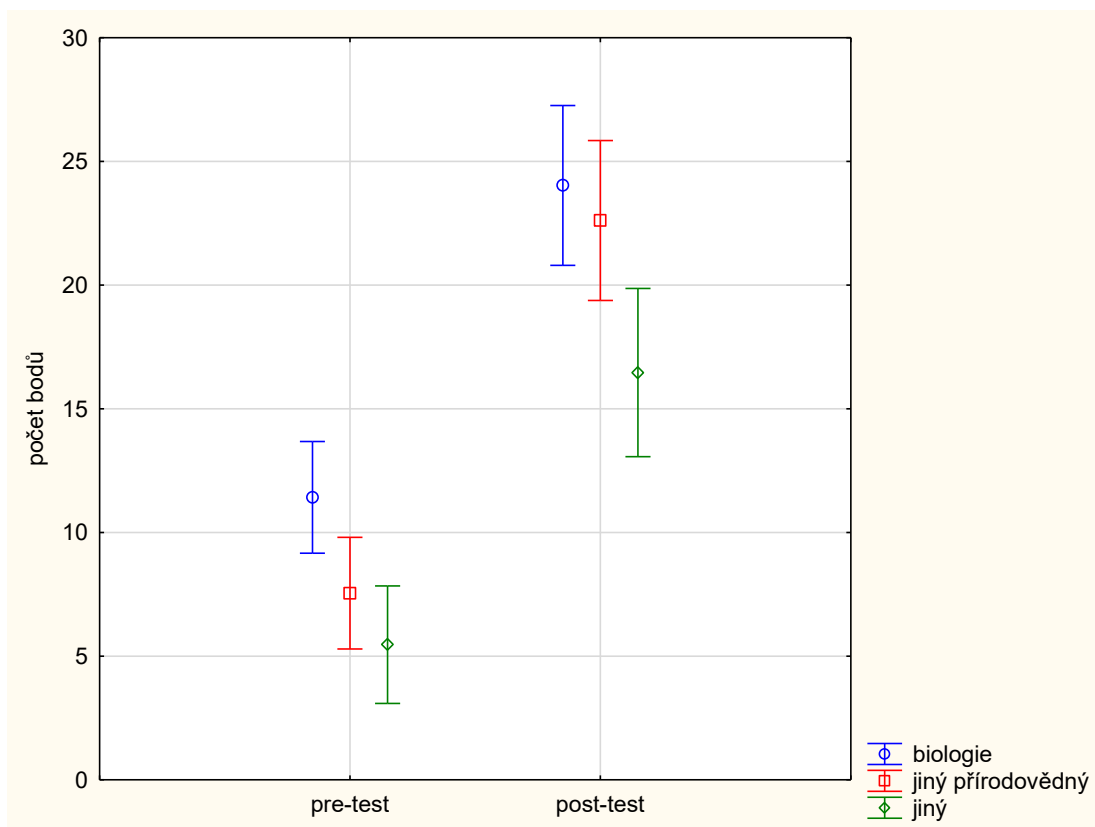
Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 1,82$ ;  $p = 0,17$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi skupinami žáků s různými nejoblíbenějšími předměty se mezi jednotlivými testy nelišila.

Tukeyho post-hoc testu ukázal, že se signifikantně nelišil celkový součet dosažených bodů v pre-testu ( $p = 0,37$ ) ani v post-testu ( $p = 0,98$ ) mezi žáky s nejoblíbenějším předmětem biologie a žáky, kteří uvedli jako nejoblíbenější předmět jiný přírodovědný předmět. Zároveň se nelišil ani součet bodů v pre-testech ( $p = 0,91$ ) mezi žáky, kteří uvádí jako nejoblíbenější předmět jiný přírodovědný a žáky, kteří uvádí jiný, nepřírodovědný předmět. Avšak počet bodů v post-testech se mezi těmito dvěma skupinami žáků signifikantně lišil ( $p = 0,03$ ), lépe na tom byli žáci s přírodovědným předmětem. Mezi žáky s nejoblíbenějším předmětem biologie a žáky s nejoblíbenějším nepřírodovědným předmětem byl v počtu bodů signifikantní rozdíl v pre-testech ( $p = 0,04$ ) i v post-testech ( $p < 0,001$ ).

U všech skupin žáků došlo mezi pre-testem a post-testem k signifikantnímu zlepšení ( $p < 0,001$ ) nehledě na jejich nejoblíbenější předmět (Graf 9, Tabulka 22 a 23).



**Graf 9: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle nejoblíbenějšího předmětu.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 22: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle nejoblíbenějšího předmětu.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		biologie	biologie	přírodovědný	přírodovědný	jiný	jiný
		pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test
<b>bi</b>	<b>pre-test</b>		<0,001	0,37	<0,001	0,04	0,13
<b>bi</b>	<b>post-test</b>	<0,001		<0,001	0,98	<0,001	<0,001
<b>přírodovědný</b>	<b>pre-test</b>	0,37	<0,001		<0,001	0,91	<0,001
<b>přírodovědný</b>	<b>post-test</b>	<0,001	0,98	<0,001		<0,001	0,03
<b>jiný</b>	<b>pre-test</b>	0,04	<0,001	0,91	<0,001		<0,001
<b>jiný</b>	<b>post-test</b>	0,13	<0,001	<0,001	0,03	<0,001	

**Tabulka 23: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků všech skupin podle nejoblíbenějšího předmětu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

		<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	<b>biologie</b>	11,42	0	40	8,59
	<b>přírodovědný</b>	7,55	0	24	5,67
	<b>jiný</b>	5,46	0	13	3,34
<b>post-test</b>	<b>biologie</b>	24,03	6	42	10,28
	<b>přírodovědný</b>	22,61	7	36	9,54
	<b>jiný</b>	16,46	0	29	6,73

### **Známka z biologie**

To, zda má známka z biologie na posledním vysvědčení vliv na celkový počet dosažených bodů v pre-testu a post-testu bylo testováno následujícími třemi měřeními:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů v pre-testu a post-testu mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 9,85$ ;  $p < 0,001$ ). Počet bodů v testech se lišil mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení.

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení se neliší mezi pre-testem a post-testem.*



Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 27,02$ ;  $p < 0,001$ ). Všechny skupiny žáků dosáhly více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

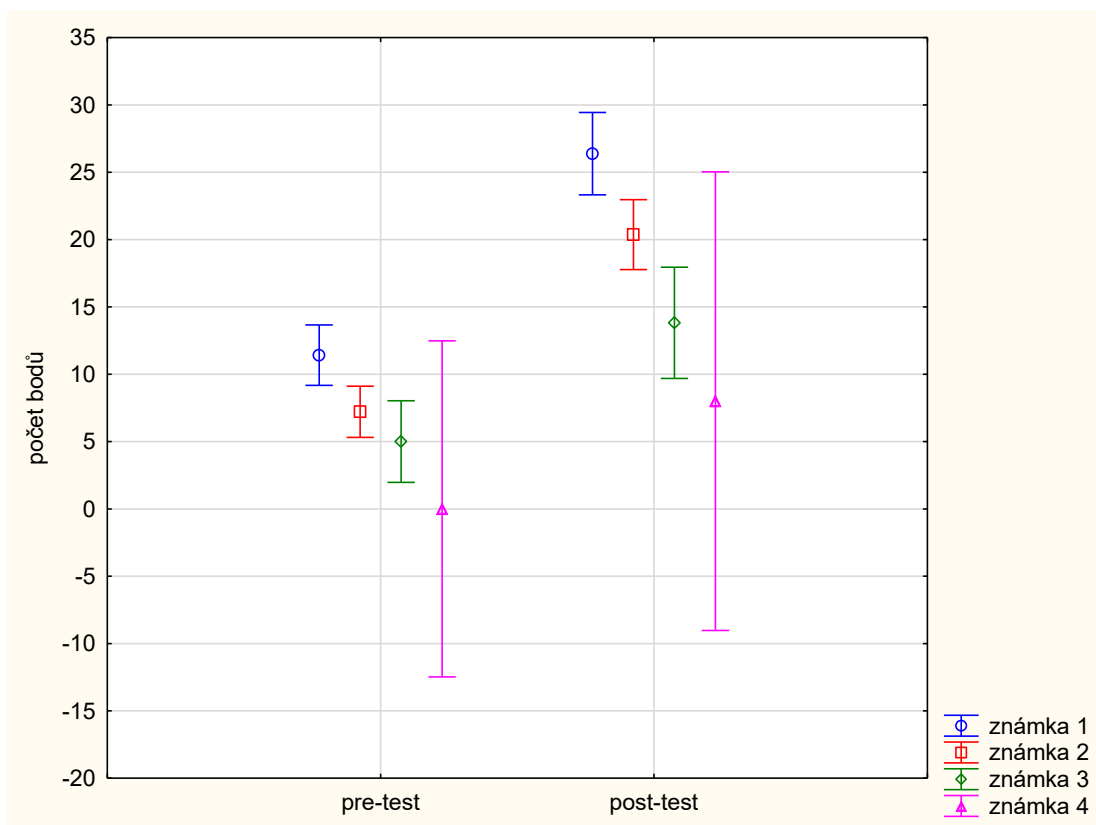
Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 2,19$ ;  $p = 0,09$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení se mezi jednotlivými testy nelišila.

Tukeyho post-hoc test ukázal, že v pre-testech se celkové součty bodů mezi skupinami žáků s odlišnou známkou z biologie signifikantně nelišily. Naopak v post-testech se celkové součty bodů mezi skupinami žáků s odlišnou známkou z biologie signifikantně lišily – vyjma skupiny se čtyřkou na vysvědčení, která zahrnuje pouze jednoho žáka.

U všech skupin žáků došlo mezi pre-testem a post-testem k signifikantnímu zlepšení ( $p < 0,001$ ) nehledě na jejich známkou z biologie na posledním vysvědčení. K signifikantnímu zlepšení nedošlo pouze u skupiny s čtyřkou, která – jak již bylo zmíněno výše - zahrnovala pouze jednoho žáka (Graf 10, Tabulka 24 a 25).



**Graf 10: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle poslední známky z biologie na vysvědčení.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 24: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle poslední známky z biologie na vysvědčení.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		1	1	2	2	3	3	4	4
		pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test
1	pre-test		<0,001	0,25	<0,001	0,09	0,96	0,81	1,00
1	post-test	<0,001		<0,001	0,02	<0,001	<0,001	0,01	0,24
2	pre-test	0,25	<0,001		<0,001	0,97	0,04	0,98	1,00
2	post-test	<0,001	0,02	<0,001		<0,001	0,05	0,13	0,73
3	pre-test	0,09	<0,001	0,97	<0,001		<0,001	1,00	1,00
3	post-test	0,96	<0,001	0,04	0,05	<0,001		0,63	1,00
4	pre-test	0,81	0,01	0,98	0,13	1,00	0,63		0,98
4	post-test	1,00	0,24	1,00	0,73	1,00	1,00	0,98	

**Tabulka 25: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky v testech žáků všech skupin podle poslední známky z biologie na vysvědčení.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	známka	průměr	min	max	SD
<b>pre-test</b>	<b>1</b>	11,42	1	40	8,85
	<b>2</b>	7,21	0	23	4,75
	<b>3</b>	5,00	0	13	3,32
	<b>4</b>	0,00	0	0	
<b>post-test</b>	<b>1</b>	26,39	3	42	10,71
	<b>2</b>	20,37	6	33	7,38
	<b>3</b>	13,82	0	29	6,78
	<b>4</b>	8,00	8	8	

## Vztah k biologii

To, zda má vztah k biologii vliv na celkový počet dosažených bodů v pre-testu a post-testu bylo testováno následujícími třemi měřeními:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů v pre-testu a post-testu mezi skupinami žáků s různým vztahem k biologii. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různým vztahem k biologii neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různým vztahem k biologii liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 7,08$ ;  $p < 0,001$ ). Počet bodů v testech se lišil mezi skupinami žáků s různým vztahem k biologii.

ii) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků s různým vztahem k biologii. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků s různým vztahem k biologii se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků s různým vztahem k biologii se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 96,46$ ;  $p < 0,001$ ). Všechny skupiny žáků dosáhly více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H0: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různým vztahem k biologii se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

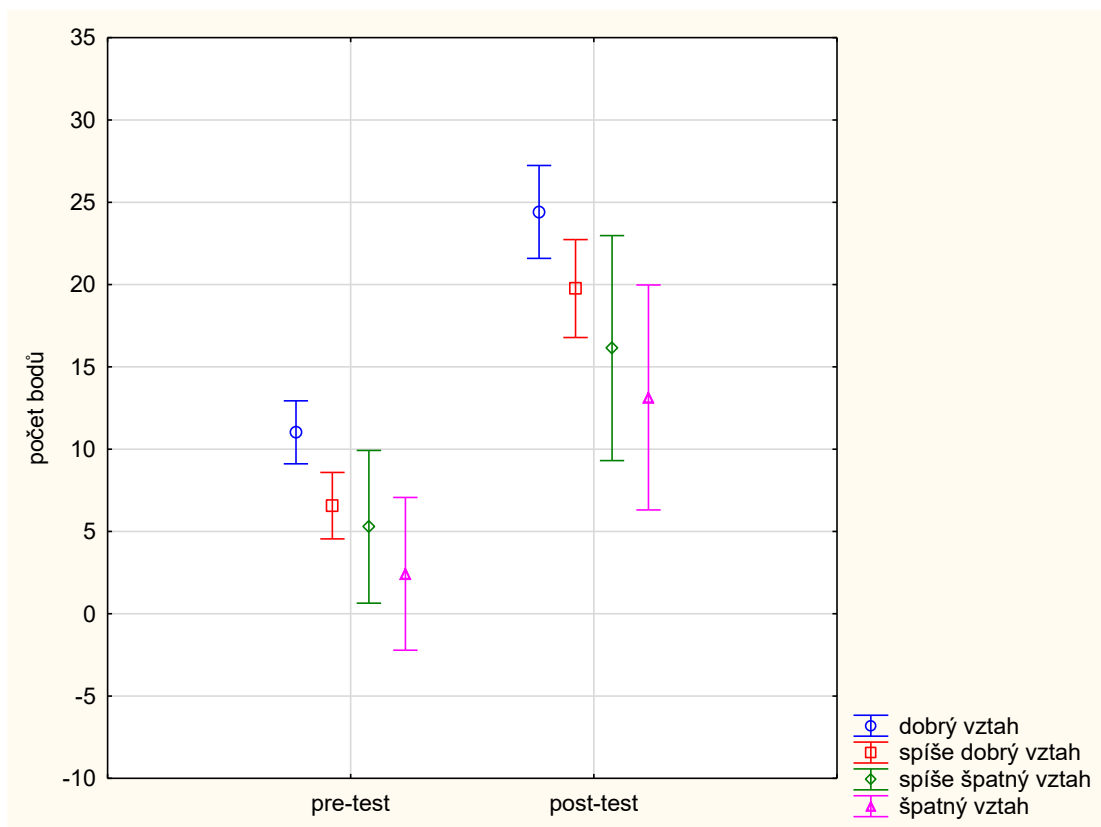
Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různým vztahem k biologii se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 0,35$ ;  $p = 0,79$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi skupinami žáků s různou známkou z biologie na posledním vysvědčení se mezi jednotlivými testy nelišila.

Tukeyho post-hoc test ukázal, že v pre-testech nebyl v celkovém součtu bodů mezi jednotlivými skupinami žáků s odlišným vztahem k biologii signifikantní rozdíl. Signifikantní rozdíl byl pouze v post-testu mezi skupinou, která má dobrý vztah k biologii a skupinou, která špatný vztah k biologii ( $p = 0,01$ ).

U všech skupin žáků došlo mezi pre-testem a post-testem k signifikantnímu zlepšení ( $p < 0,001$ ) nehledě na jejich vztah k biologii (Graf 11, Tabulka 26 a 27).



**Graf 11: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle vztahu k biologii.**  
Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 26: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle vztahu k biologii.**

Legenda k prvnímu řádku a prvnímu sloupci: 1 – dobrý vztah k biologii, 2 – spíše dobrý vztah k biologii, 3 – spíše špatný vztah k biologii, 4 – špatný vztah k biologii.

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		1	1	2	2	3	3	4	4
		pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test
1	pre-test		<0,001	0,18	<0,001	0,62	0,75	0,12	1,00
1	post-test	<0,001		<0,001	0,14	<0,001	0,16	<0,001	0,01
2	pre-test	0,18	<0,001		<0,001	1,00	0,06	0,90	0,45
2	post-test	<0,001	0,14	<0,001		<0,001	0,95	<0,001	0,44
3	pre-test	0,62	<0,001	1,00	<0,001		0,02	1,00	0,56
3	post-test	0,75	0,16	0,06	0,95	0,02		0,02	1,00
4	pre-test	0,12	<0,001	0,90	<0,001	1,00	0,02		0,02
4	post-test	1,00	0,01	0,45	0,44	0,56	1,00	0,02	

**Tabulka 27: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků všech skupin podle vztahu k biologii.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	vztah k biologii	průměr	min	max	SD
pre-test	dobry	11,02	0	40	8,21
	spíše dobrý	6,57	1	23	4,01
	spíše špatný	5,29	3	29	2,63
	špatný	2,43	0	5	2,51
post-test	dobry	24,41	6	42	9,87
	spíše dobrý	19,76	3	37	8,42
	spíše špatný	16,14	7	28	6,96
	špatný	13,14	0	26	9,58

### Plány věnovat se biologii po gymnáziu

To, zda mají plány žáků věnovat se biologii po gymnáziu vliv na celkový počet dosažených bodů v pre-testu a post-testu bylo testováno následujícími třemi měřeními:

i) Nejdříve bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů v pre-testu a post-testu mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v pre-testu a post-testu se mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu liší.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 8,05$ ;  $p < 0,001$ ). Počet bodů v testech se lišil mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu..

ii.) Poté bylo testováno, zda se liší celkový počet bodů mezi jednotlivými testy v rámci jedné skupiny žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů v rámci jedné skupiny žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $F = 149,62$ ;  $p < 0,001$ ). Všechny skupiny žáků dosáhly více bodů v post-testu, oproti pre-testu.

iii) Třetí testování zjišťovalo, zda se liší interakce mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu mezi jednotlivými testy. Stanovena byla následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu se v rámci interakce mezi jednotlivými testy neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

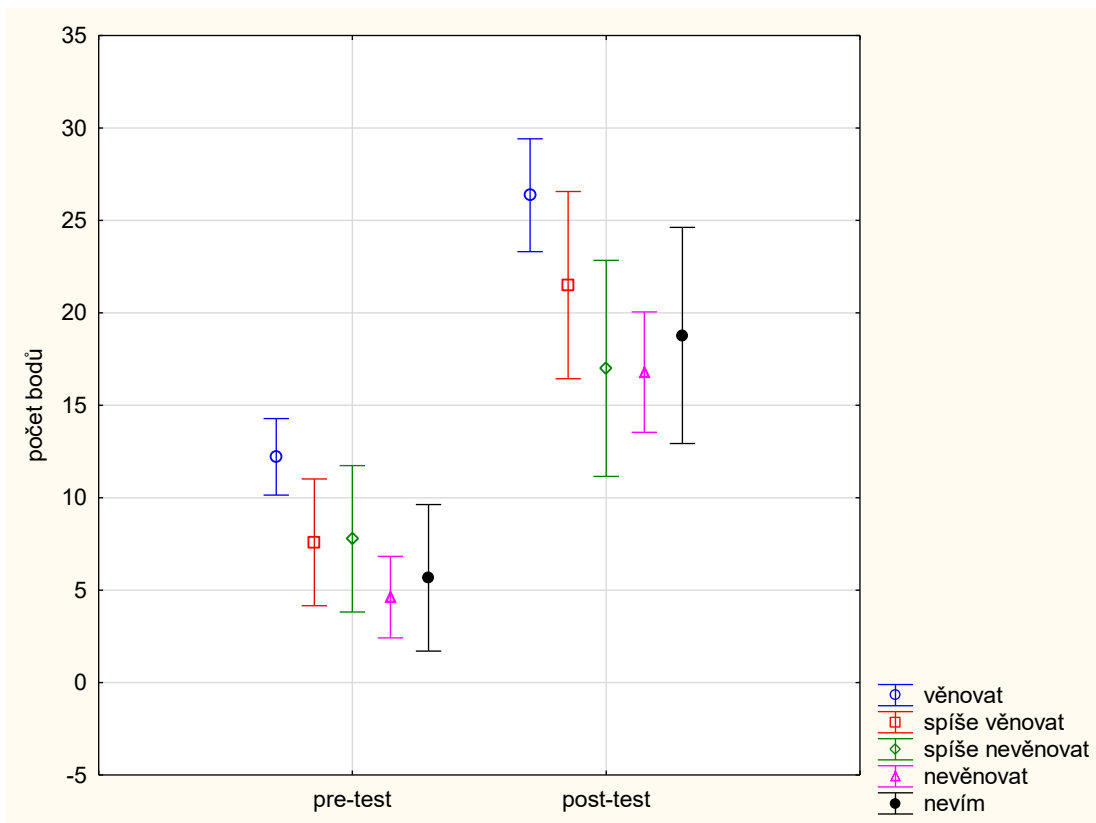
*H<sub>A</sub>: Celkový počet bodů mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu se v rámci interakce mezi jednotlivými testy liší.*

Nulová hypotéza nebyla vyvrácena ( $F = 0,71$ ;  $p = 0,59$ ). Interakce (vztah mezi průměrnými hodnotami bodů) mezi skupinami žáků s různými plány věnovat se biologii po gymnáziu se mezi jednotlivými testy nelišila.

Tukeyho post-hoc test ukázal, že signifikantně se lišil počet bodů získaných v rámci jednoho testu mezi skupinou, která se chce věnovat biologii a skupinou, která se nechce věnovat biologii – a to v pre-testu i post-testu ( $p < 0,001$ ). V post-testu se také signifikantně lišil počet bodů mezi skupinou, která se chce dále věnovat biologii a skupinou která se spíše nechce dále biologii věnovat ( $p = 0,03$ ). Při porovnání jiných skupin nebyl signifikantní rozdíl.

U všech skupin žáků došlo mezi pre-testem a post-testem k signifikantnímu zlepšení ( $p < 0,001$ ) nehledě na jejich plány věnovat se dál biologii (Graf 12, Tabulka 28 a 29).





**Graf 12: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle plánů věnovat se biologii po gymnáziu.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 28: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle plánů věnovat se biologii po gymnáziu.**

Legenda k prvnímu řádku a sloupci – odpovědi, zda se chtějí věnovat biologii po gymnáziu: 1 – ano, 2 – spíše ano, 3 – spíše ne, 4 – ne, 5 – nevím

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

		1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
		pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test	pre-test	post-test
1	pre-test		<0,001	0,72	0,01	0,87	0,80	<0,001	0,33	0,38	0,38
1	post-test	<0,001		<0,001	0,66	<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	0,18
2	pre-test	0,72	<0,001		<0,001	1,00	0,13	0,98	0,01	1,00	0,03
2	post-test	0,01	0,66	<0,001		<0,001	0,94	<0,001	0,72	<0,001	1,00
3	pre-test	0,87	<0,001	1,00	<0,001		0,04	0,99	0,05	1,00	0,06
3	post-test	0,80	0,03	0,13	0,94	0,04		<0,001	1,00	0,05	1,00
4	pre-test	<0,001	<0,001	0,98	<0,001	0,99	<0,001		<0,001	1,00	<0,001
4	post-test	0,33	<0,001	0,01	0,72	0,05	1,00	<0,001		<0,001	1,00
5	pre-test	0,38	<0,001	1,00	<0,001	1,00	0,05	1,00	<0,001		<0,001
5	post-test	0,38	0,18	0,03	1,00	0,06	1,00	<0,001	1,00	<0,001	

**Tabulka 29: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky v testech žáků všech skupin podle plánů věnovat se biologii po gymnáziu.**

Legenda k prvnímu řádku: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>věnovat se biologii</b>	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	<b>ano</b>	12,21	0	40	9,04
	<b>spíše ano</b>	7,58	1	13	3,20
	<b>spíše ne</b>	7,78	5	13	2,77
	<b>ne</b>	4,62	0	9	2,69
	<b>nevím</b>	5,67	2	13	3,77
<b>post-test</b>	<b>ano</b>	26,36	6	42	9,06
	<b>spíše ano</b>	21,50	3	37	10,82
	<b>spíše ne</b>	17,00	8	34	7,50
	<b>ne</b>	16,79	0	31	7,98
	<b>nevím</b>	18,78	7	34	8,83

### **Dřívější setkání se s pojmem**

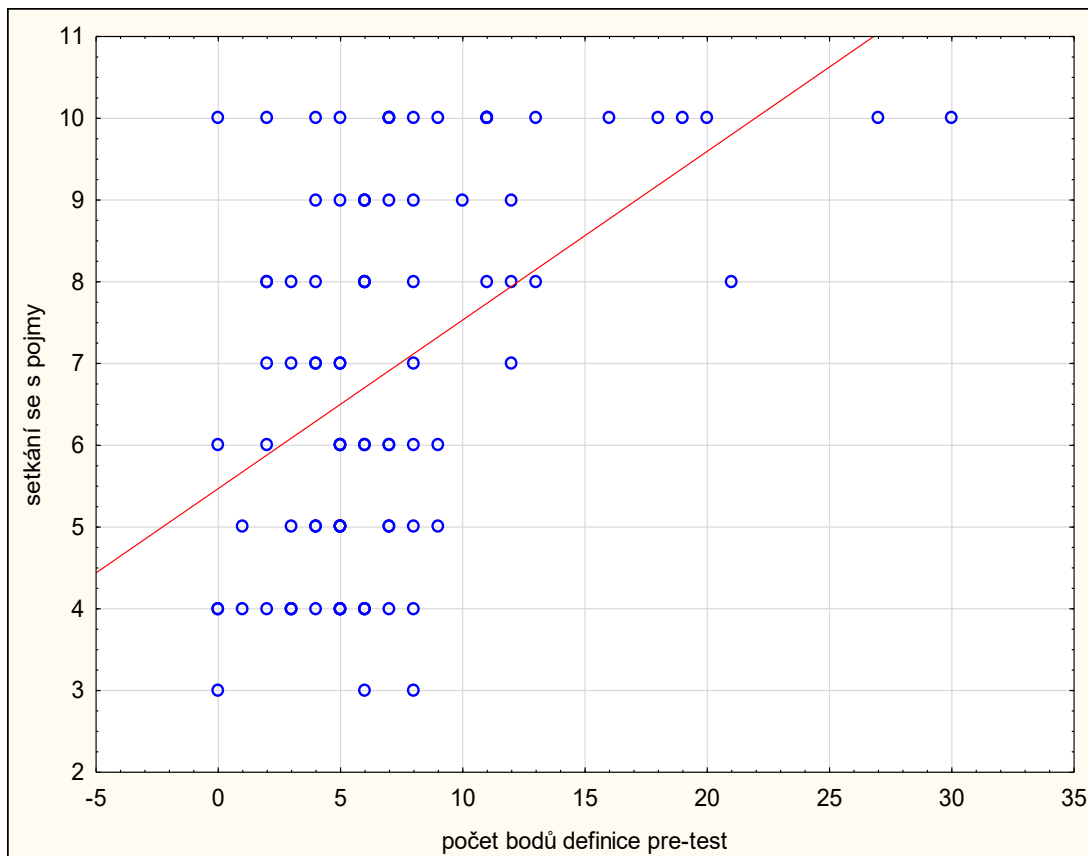
K vyjádření míry korelace mezi počtem bodů za definice pojmů a součtem kladných odpovědí na otázky, zda se žáci s pojmy setkali, byl použit Pearsonův korelační koeficient. Testována byla nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet kladných odpovědí na otázky, zda se žáci s pojmy setkali, nekoreluje s počtem bodů za definice pojmů v pre-testu.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Počet kladných odpovědí na otázky, zda se žáci s pojmy setkali, koreluje s počtem bodů za definice pojmů v pre-testu.*

Nulová hypotéza byla vyvrácena ( $p < 0,001$ ). Korelace mezi součtem bodů za definice v pre-testu a počtem kladných odpovědí na otázky, zda se žáci s pojmy setkali, byla kladná signifikantní a středně silná ( $r = xy = 0,48$ ;  $r^2 = 0,23$ ) (Chráska 2007, str. 105), viz Graf 13.



**Graf 13: Korelace mezi součtem bodů za definice v pre-testu a součtem kladných odpovědí, zda se s pojmy žáci setkali.**

Rovnice přímky:  $y = 5,4714 + 0,2063 \cdot x$

### 5.3. Porovnání žáků školy A a školy B

Tato kapitola navazuje na zjištění signifikantního bodového rozdílu mezi žáky školy A a B v opožděném post-testu. Je zde porovnáván vztah k biologii, plán věnovat se biologii po gymnáziu, známka z biologie na posledním vysvědčení a nejoblíbenější předmět mezi žáky školy A a školy B pomocí testu nezávislosti chí kvadrát pro kontingenční tabulku.

Pro zjištění případné závislosti mezi vztahem k biologii a školou byla testována následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, jaký mají žáci vztah k biologii a tím, jakou navštěvují školu, není závislost.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, jaký mají žáci vztah k biologii a tím, jakou navštěvují školu, je závislost.*

Mezi tím, jaký mají žáci vztah k biologii a tím, jakou navštěvují školu, byla závislost ( $P = 28,64$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ ). Téměř všichni žáci ze školy B uvedli, že mají k biologii dobrý nebo spíše dobrý vztah. Naopak u školy A se polovina žáků přiklání k dobrému vztahu a polovina k špatnému vztahu k biologii (Tabulka 30).

**Tabulka 30: Četnosti odpovědí na otázky, jaký mají žáci vztah k biologii a jakou navštěvují školu.**

	dobrý	spíše dobrý	spíše špatný	špatný
<b>škola A</b>	6	5	3	7
<b>škola B</b>	35	32	4	0

Pro zjištění případné závislosti mezi plánem věnovat se biologii po gymnáziu a školou byla testována následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, zda mají žáci plán věnovat se biologii po gymnáziu a tím, jakou navštěvují školu, není závislost.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, zda mají žáci plán věnovat se biologii po gymnáziu a tím, jakou navštěvují školu, je závislost.*

Mezi tím, zda mají žáci plán věnovat se biologii po gymnáziu a tím, jakou navštěvují školu, byla závislost ( $P = 11,20$ ;  $df = 4$ ;  $p = 0,02$ ). Většina žáků ze školy B odpověděla kladně na otázku, zda se chtějí věnovat biologii po gymnáziu. Naopak většina žáků ve škole A se po gymnáziu biologii věnovat nechtěla (Tabulka 31).

**Tabulka 31: Četnosti odpovědí na otázky, jaký mají žáci vztah k biologii a jakou navštěvují školu.**

	ano	spíše ano	spíše ne	ne	nevím
<b>škola A</b>	3	1	3	12	2
<b>škola B</b>	30	11	6	17	7

Pro zjištění případné závislosti mezi nejoblíbenějším předmětem a školou byla testována následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, jaký mají žáci nejoblíbenější předmět a tím, jakou navštěvují školu, není závislost.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, jaký mají žáci nejoblíbenější předmět a tím, jakou navštěvují školu, je závislost.*

Mezi tím, jaký mají žáci nejoblíbenější předmět a tím, jakou navštěvují školu, byla závislost ( $P = 6,94$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,03$ ). Většina žáků ze školy B uvedla jako nejoblíbenější předmět biologii, nebo jiný přírodovědný předmět. U školy A uvedla méně než polovina žáků biologii či jiný přírodovědný předmět (Tabulka 32).

**Tabulka 32: Četnosti odpovědí na otázky, jaký mají žáci nejoblíbenější předmět a jakou navštěvují školu.**

	<b>biologie</b>	<b>jiný přírodovědný</b>	<b>jiný</b>
<b>škola A</b>	4	5	11
<b>škola B</b>	27	26	17

Pro zjištění případné závislosti mezi známkou z biologie na posledním vysvědčení a školou byla testována následující nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, jakou měli žáci známku z biologie na posledním vysvědčení a tím, jakou navštěvují školu, není závislost.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>0</sub>: Mezi tím, jakou měli žáci známku z biologie na posledním vysvědčení a tím, jakou navštěvují školu, je závislost.*

Mezi tím, jaký mají žáci nejoblíbenější předmět a tím, jakou navštěvují školu, nebyla závislost ( $P = 5,93$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,12$ ). Ve obou školách měla většina žáků na posledním vysvědčení z biologie jedničku nebo dvojku (Tabulka 33).

**Tabulka 33: Četnosti odpovědí na otázky, jaký měli žáci známku z biologie na posledním vysvědčení a jakou navštěvují školu.**

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>škola A</b>	7	7	6	1
<b>škola B</b>	24	36	11	0

#### 5.4. Obtížnost jednotlivých pojmů

Tato kapitola se zabývá jednotlivými pojmy – především tím, jak jim žáci rozumí a od toho odvozenou náročností daných pojmů. Jsou zde uvedeny četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí danému pojmu a zda si žáci myslí, že pojem dokáží vysvětlit v pre-testu a četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že pojem dokáží vysvětlit s kódy za definice pojmu v pre-testu. Vzhledem k nízkým očekávaným četnostem nemohl být použit chí kvadrát test pro kontingenční tabulku a nebyla tak testována závislost mezi odpověďmi na jednotlivé otázky.

V kapitole jsou také uvedené ukázky žákovských definic pojmů. U tří pojmů – gen, DNA, chromozom - jsou porovnávány funkční a strukturní definice. K porovnání, zda převažuje funkční nebo strukturní vysvětlení byly využity: i) odpovědi bodované 2 body (správné, ale neúplné), u kterých vždy jedná část definice (funkční nebo strukturní) chyběla; ii) odpovědi bodované 1 bodem (částečně správné a částečně špatné), u kterých byly do tohoto porovnání zahrnuty pouze správné části definic.

Po ukázkách definic jednotlivých pojmů jsou zmíněné nejčastější miskoncepce, které se v dotaznících objevovaly, včetně jejich četností.

Následují počty bodů pro jednotlivé pojmy v rámci pre-testu, resp. post-testu, byly porovnány testem ANOVA při opakovaných měřeních s následným Tukeyho testem.

V závěru kapitoly jsou u jednotlivých pojmů pomocí párového t-testu porovnávány průměrné počty bodů za jednotlivé definice v pre-testu a post-testu.

Před provedením t-testů a ANOVA došlo k přepočítání dat - chybějící odpovědi u definic pojmů a vysvětlení souvislostí mezi pojmy byly hodnoceny 0 body, stejně jako nesprávné odpovědi. Důvodem bylo velké množství nezodpovězených odpovědí u některých pojmů (viz dále), které zkreslovalo výsledky pro porovnání úspěšnosti definování jednotlivých pojmů a souvislostí.

#### **Gen**

S pojmem gen se již před pre-testem setkala 91 žáků a pouze jeden žák uvedl, že se s pojmem nikdy neseťkal. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, odpovědělo 37 žáků,

že neví, 33 žáků ve škole, 7 žáků uvedlo více možností, 13 žáků uvedlo jiné možnosti a jeden žák neodpověděl.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu gen rozumí a zda pojem gen dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 34.

**Tabulka 34: Porovnání četností odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu gen rozumí a zda si myslí, že pojem gen dokáží vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	13	29	11	18
spíše ano (2)	63	55	38	38
spíše ne (3)	14	7	37	30
ne (4)	1	1	4	5
neodpověděl	1	0	2	1
průměr	<b>2,03</b>	<b>1,78</b>	<b>2,38</b>	<b>2,22</b>
rozdíl průměrů	<b>0,25</b>		<b>0,16</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu gen a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit, zobrazuje Tabulka 35. Většina žáků, kteří odpověděli, že pojmu gen spíše rozumí, by ho podle svého úsudku spíše byla schopna vysvětlit, i když někteří žáci by toho spíše schopni nebyli.

**Tabulka 35: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu gen a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	9	2	1	0
	spíše ano	2	35	25	0
	spíše ne	0	0	11	3
	ne	0	0	0	1

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáží vysvětlit pojem gen, a správnosti definic pojmu gen zobrazuje Tabulka 36. Většina žáků uvedla, že pojem gen spíše dokáže



vysvětlit. Přičemž většina těchto žáků definovala pojem gen správně či správně, ale neúplně.

**Tabulka 36: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem gen, a správnosti definic pojmu gen.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	5	4	2	0
	spíše ano	14	16	4	4
	spíše ne	5	16	4	3
	ne	1	2	0	0

Následující Tabulka 37 se týká definic pojmu gen, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem gen 81 žáků, v post-testu 84 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi oběma testy zvýšil (Tabulka 37).

**Tabulka 37: Body získané za definice pojmu gen.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test		post-test			
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	7	164	7,61	1	208	1,09
1	10		10,87	3		3,26
2	38		41,30	35		38,04
3	26		28,26	45		48,91
neodpověděl	11		11,96	8		8,70
<b>průměr</b>	<b>2,03</b>			<b>2,48</b>		

Definice pojmu gen, ukázky definic s jednotlivými body:

Jako strukturní část definice bylo bráno definování genu jako úseku DNA. Jako funkční vysvětlení bylo bráno definování genu jako genetické informace. Nejčastěji žáci definovali

pojem gen jako úsek genetické informace, přenášené mezi generacemi. Ukázky definic s jednotlivými body:

Legenda k hodnocení definic viz kapitola 4.7.1 Přepisování a kódování odpovědí, str. 30.

- Správná odpověď (3 body):
  - Část DNA, v níž je zakódována určitá charakteristika člověka. **K**
  - Část DNA, nesoucí informaci. **K**
  - Informace o jednom znaku, úsek DNA. **K**
- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Úsek DNA. **S, -F**
  - Něco, co rodiče předávají svému dítěti - např. vlastnosti. **F, -S**
  - Jedná se o úsek, který kóduje nějaký znak na jedinci. **F, -S**
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Část genetické informace kódující 1 aminokyselinu. **S, xF**
  - Nejmenší jednotka DNA, nosí genetickou informaci. **F, xS**
  - Gen - úsek DNA, dědičná informace, např. pokud máme geny spíše po matce, budeme mít více její vlastností atd. **S, xF**
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Nejmenší část DNA, kterou jsme schopni předat. **X**
  - Chemická látka v těle organismů, která určuje stavbu celého organismu. **X**
  - Malá věcička, která nás utváří, je pro nás unikátní. **X**

V případě pojmu gen převažovalo funkční vysvětlení nad strukturním, i když relativně těsně. Tabulka 38 zobrazuje počet funkčních a strukturních vysvětlení pojmu gen v pre-testu a post-testu.

**Tabulka 38: Četnosti funkčních a strukturních vysvětlení pojmu gen v pre-testu a post-testu.**

		<b>funkční vysvětlení</b>	<b>strukturní vysvětlení</b>
<b>počet</b>	<b>pre-test</b>	35	13
	<b>post-test</b>	31	7

Nejčastější miskoncepcí v případě pojmu gen byla záměna genu za DNA. Žáci často vysvětlovali gen jako to, co nás utváří, co je pro nás unikátní a co způsobuje naši jedinečnost. Další opakovanou miskoncepcí byla představa, že gen je nejmenší jednotkou DNA. Tyto dvě nejčastější miskoncepce se opakovaly v pre-testu, v post-testu se téměř nevyskytovaly.

Tabulka 39 zobrazuje četnost žáků s těmito miskoncepcemi. Pouze jeden žák v pre-testu a jeden jiný žák v post testu zmínili, že gen je tvořen aminokyselinami.

**Tabulka 39: Četnosti nejčastějších miskoncepcí v dotazníku u definic pojmu gen.**

	Četnost	
	<i>určuje, kdo jsme</i>	<i>nejmenší jednotka</i>
<b>pre-test</b>	<b>11</b>	<b>6</b>
<b>post-test</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

## DNA

S pojmem DNA se již před pre-testem setkalo všech 92 žáků. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, zmínilo 44 žáků školu, 33 žáků nevědělo, 9 žáků uvedlo jinou odpověď, dva žáci uvedli více možností a čtyři žáci neodpověděli.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu DNA rozumí a zda pojem DNA dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 40.

**Tabulka 40: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu DNA rozumí a zda si myslí, že pojem DNA dokáží vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
<b>ano (1)</b>	25	43	15	25
<b>spíše ano (2)</b>	59	44	39	43
<b>spíše ne (3)</b>	6	4	32	17
<b>ne (4)</b>	1	0	4	5
<b>neodpověděl</b>	1	1	2	2
<b>průměr</b>	<b>1,81</b>	<b>1,57</b>	<b>2,28</b>	<b>2,02</b>
<b>rozdíl průměrů</b>	<b>0,24</b>		<b>0,26</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu DNA a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit, zobrazuje Tabulka 41. Většina žáků, kteří odpověděli, že pojmu DNA spíše rozumí, by ho podle svého úsudku spíše byla schopna vysvětlit, i když někteří by toho spíše schopni nebyli.

**Tabulka 41: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu DNA a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	14	10	1	0
	spíše ano	1	29	25	3
	spíše ne	0	0	6	0
	ne	0	0	0	1

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáže vysvětlit pojem DNA, a správnosti definic pojmu DNA zobrazuje Tabulka 42. Většina žáků definovala pojem DNA správně nebo správně, ale neúplně. Přičemž většina z nich uvedla, že pojem spíše dokáže nebo spíše nedokáže vysvětlit.

**Tabulka 42: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáže vysvětlit pojem DNA, a správnosti definic pojmu DNA.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	7	6	0	2
	spíše ano	13	18	2	4
	spíše ne	9	15	3	3
	ne	0	0	2	0

Následující tabulka se týká definic pojmu DNA, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str.30).

Pojem DNA vysvětlil v pre-testu i post-testu stejný počet žáků (82), i když bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se zvýšil (Tabulka 43).

**Tabulka 43: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu DNA včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	10	174	10,87	0	213	0
1	7		7,61	5		5,43
2	40		43,48	35		38,04
3	29		31,52	46		50,00
neodpověděl	6		6,52	6		6,52
<b>průměr</b>	<b>2,02</b>			<b>2,48</b>		

Definice pojmu DNA, ukázky definic s jednotlivými body:

Jako strukturní část definice bylo bráno vysvětlení DNA jako nukleové kyseliny, deoxyribonukleové kyseliny, dvoušroubovice či polynukleotidového vlákna. Pojmy kyselina, makromolekula nebo organická látka byly hodnoceny jako nedostačující. Jako funkční vysvětlení bylo uznáváno nesení genetické informace, řízení organismu či šablona pro přepis genetické informace do RNA pro následnou tvorbu bílkovin. Nejčastěji žáci definovali pojem DNA jako nositelku dědičné informace. Ukázky definic s jednotlivými body:

Legenda k hodnocení definic viz kapitola 4.7.1 Přepisování a kódování odpovědí, str. 30.

- Správná odpověď (3 body):
  - Deoxyribonukleová kyselina, nese dědičnou informaci. **K**
  - Dvoušroubovice, nese genetickou informaci, dědičnost. **K**
  - Nukleová kyselina kódující genetickou informaci. **K**
- Správná, ale neúplná odpověď (2 body):
  - Nositelka genetické informace. **F, -S**
  - Dvoušroubovice, kyselina deoxyribonukleová. **S, -F**
  - Soubor informací, které nás tvoří. **F, -S**

- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Skládá se z nukleotidů, části bílkovin se kopírují a přenáší dědičnou informaci S, xF
  - Uchovává v sobě genetickou informaci - každý máme jiné pořadí na sobě navázaných genů. F, xS
  - Ribonukleová kyselina, nese genetickou informaci. F, xS
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Chromozom, ve kterém je gen. X
  - Seřazené aminokyseliny, jakási předloha, jak bude vypadat buňka jedince. X
  - Každý má jiný. X

V případě pojmu DNA převažovalo v obou testech funkční vysvětlení nad strukturním, Tabulka 44.

**Tabulka 44: Četnosti funkčních a strukturních vysvětlení pojmu DNA v pre-testu a post-testu.**

		funkční vysvětlení	strukturní vysvětlení
počet	pre-test	32	15
	post-test	31	9

Nejčastější miskoncepcí u definic pojmu DNA v dotaznících bylo chybné vysvětlení její struktury. Celkem šest žáků v pre-testu a pět žáků v post-testu zmínily naprosto jiné chemické složení DNA. Tabulka 45 zobrazuje četnosti žáků s těmito miskoncepcemi.

**Tabulka 45: Četnosti nejčastějších miskoncepcí v dotazníku u definic pojmu DNA.**

	četnost			
	<i>aminokyseliny</i>	<i>mastné kyseliny</i>	<i>dekarboxylová kyselina</i>	<i>ribonukleová kyselina</i>
pre-test	4	1	-	1
post-test	1	-	1	3

## Alela

S pojmem alela se již před pre-testem setkalo 47 žáků z celkového počtu 92. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, zmínilo z těchto 47 žáků 24 žáků školu, 19 žáků nevědělo a čtyři žáci uvedli jinou odpověď.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu alela rozumí a zda pojem alela dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 46.

**Tabulka 46: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu alela rozumí a zda si myslí, že pojem alela dokáží vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	1	14	1	8
spíše ano (2)	8	45	1	31
spíše ne (3)	25	21	18	32
ne (4)	13	8	27	15
neodpověděl	45	4	45	6
průměr	<b>3,06</b>	<b>2,26</b>	<b>3,51</b>	<b>2,57</b>
rozdíl průměrů	<b>0,8</b>		<b>0,94</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu alela a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit, zobrazuje Tabulka 47. Polovina žáků uvedla, že pojmu alela spíše nerozumí. Polovina z těchto žáků by pojem podle svého úsudku spíše nebyla schopna vysvětlit a druhá polovina by vysvětlení schopna nebyla.

**Tabulka 47: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu alela a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	1	0	0	0
	spíše ano	0	1	5	2
	spíše ne	0	0	13	12
	ne	0	0	0	13

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáží vysvětlit pojem alela, a správnosti definic pojmu alela zobrazuje Tabulka 48. Z malého počtu žáků, kteří na tyto otázky odpověděli, uvedla většina z nich, že pojem alela spíše vysvětlit nedokáže.

**Tabulka 48: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem alela, a správnosti definic pojmu alela.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	1	0	0	0
	spíše ano	1	0	0	0
	spíše ne	1	3	2	3
	ne	1	1	0	3

Následující tabulka se týká definic pojmu alela, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem alela 16 žáků, v post-testu 70 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 49).

**Tabulka 49: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu alela včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	6	22	6,52	5	157	5,43
1	2		2,17	14		15,22
2	4		4,35	10		10,87
3	4		4,35	41		44,57
neodpověděl	76		82,61	22		23,91
<b>průměr</b>	<b>1,38</b>			<b>2,24</b>		

Definice pojmu alela, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Varianta genu - dominantní (A) a recesivní (a).
  - Konkrétní typ genu - např. gen pro modré oči.
  - Alela je část dědičné informace určující podobu nějakého tělesného nebo duševního znaku.



- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Konkrétní gen.
  - Část nesoucí jeden typ genetické informace.
  - Alely jsou dominantní a recesivní. Pokud má člověk dominantní a recesivní alelu, tak ta dominantní převažuje.
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Část genu, může být buď recesivní (a) nebo dominantní (A).
  - Jsou to části genů, které se dědí a udávají, jaký bude potomek. Potomek zdědí od každého rodiče jednu alelu.
  - Je nesena genem a může být dominantní nebo recesivní -> určuje, jak se gen projeví či jak vypadá.
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Soubor genů, které určují jednu vlastnost.
  - Specifický projev vlastnosti organismu.
  - Konkrétní úsek genu.

Nejčastější miskoncepcí u definic pojmu alela v dotaznících byla představa, že alela je konkrétní část genu místo konkrétní varianty genu. Šlo o jednu z nejčastějších miskoncepcí ze všech pojmů (1 žák v pre-testu a 13 v post-testu). Tato mylná představa pak způsobovala další mylné představy u mnohých definic následujících pojmů.

## **Homozygot**

S pojmem homozygot se již před pre-testem setkala 44 žáků. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, z těchto 44 žáků 20 žáků nevědělo, 19 žáků zmínilo školu, dva žáci zmínili jinou možnost a tři žáci neodpověděli.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu homozygot rozumí a zda pojem homozygot dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 50.

**Tabulka 50: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu homozygot rozumí a zda si myslí, že pojem homozygot dokáže vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	4	29	3	15
spíše ano (2)	7	41	1	37
spíše ne (3)	14	14	12	23
ne (4)	19	5	27	14
neodpověděl	48	3	49	3
<b>průměr</b>	<b>3,09</b>	<b>1,94</b>	<b>3,39</b>	<b>2,40</b>
<b>rozdíl průměrů</b>	<b>1,15</b>		<b>0,99</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu homozygot a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit, zobrazuje Tabulka 51. Většina žáků odpověděla, že pojmu homozygot nerozumí, a všichni tito žáci by ho podle svého úsudku nebyli schopni vysvětlit.

**Tabulka 51: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu homozygot a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	3	0	1	0
	spíše ano	0	1	4	2
	spíše ne	0	0	7	7
	ne	0	0	0	18

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáže vysvětlit pojem homozygot, a správnosti definic pojmu homozygot zobrazuje Tabulka 52. Většina žáků definovala pojem homozygot špatně, přičemž polovina z nich uvedla, že pojem homozygot spíše nedokáže vysvětlit a druhá polovina uvedla, že pojem homozygot nedokáže vysvětlit.

**Tabulka 52: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem homozygot, a správnosti definic pojmu homozygot.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	3	0	0	0
	spíše ano	1	0	0	0
	spíše ne	2	1	0	5
	ne	0	0	1	4

Následující tabulka se týká definic pojmu homozygot, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem homozygot 18 žáků, v post-testu 77 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 53).

**Tabulka 53: Četnosti přiřazených bodů za definici pojmu homozygot včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	9	24	9,78	10	164	10,87
1	1		1,09	18		19,57
2	1		1,09	1		1,09
3	7		7,61	48		52,17
neodpověděl	74		80,43	15		16,30
<b>průměr</b>	<b>1,33</b>			<b>2,13</b>		

Definice pojmu homozygot, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Člověk, jehož alely jsou obě stejné - přenáší stejnou charakteristiku.
  - Člověk (jedinec) se 2 stejnými alelami daného genu.
  - Jedinec se stejnými alelami > AA.

- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Úplně dominantní nebo úplně recesivní jedinec.<sup>1</sup>
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Jedinec, který má od matky i otce oba geny recesivní nebo dominantní.
  - Gen obsahující stejné alely recesivní nebo dominantní.
  - Gen se stejným typem alel
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Když se u jedince projeví pouze 1 typ znaků.
  - Jen jeden umístěný gen.
  - Stejný genotyp.

Nejčastější miskoncepce u definic pojmu homozygot v dotaznících byla představa, že homozygot má gen, který obsahuje jeden typ alely (0 žáků v pre-testu a 9 žáků v post-testu). Tato představa souvisí pravděpodobně s miskonceptí u pojmu alela výše, kdy si žáci představují alelu jako úsek genu.

## Heterozygot

S pojmem heterozygot se již před pre-testem setkalo 41 žáků z celkového počtu 92. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, z těchto 41 žáků 17 žáků nevědělo, 15 žáků zmínilo školu, tři žáci zmínili jinou možnost a 7 žáků neodpovědělo.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu heterozygot rozumí a zda pojem heterozygot dokáže vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 54.

---

<sup>1</sup> Definice je uvedena pouze jedna, protože byla jediná s tímto počtem bodů.

**Tabulka 54: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu heterozygot rozumí a zda si myslí, že pojem heterozygot dokáže vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	4	25	3	13
spíše ano (2)	6	46	1	39
spíše ne (3)	15	13	13	22
ne (4)	16	6	24	15
neodpověděl	51	3	51	3
průměr	<b>3,05</b>	<b>2,01</b>	<b>3,41</b>	<b>2,44</b>
rozdíl průměrů	<b>1,04</b>		<b>0,97</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu heterozygot a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit, zobrazuje Tabulka 55. Většina žáků definovala pojem heterozygot špatně. Přičemž většina z nich by pojem podle svého úsudku nebyla schopna vysvětlit.

**Tabulka 55: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu heterozygot a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	3	0	1	0
	spíše ano	0	1	3	2
	spíše ne	0	0	9	6
	ne	0	0	0	16

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáže vysvětlit pojem heterozygot, a správnosti definic pojmu heterozygot zobrazuje Tabulka 56. Většina žáků uvedla, že pojem heterozygot spíše nedokáže nebo nedokáže vysvětlit. Z těchto žáků většina definovala pojem heterozygot špatně.

**Tabulka 56: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem heterozygot, a správnosti definic pojmu heterozygot.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	3	0	0	0
	spíše ano	1	0	0	0
	spíše ne	3	1	0	3
	ne	1	0	0	4

Následující tabulka se týká definic pojmu heterozygot, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem heterozygot 16 žáků, v post-testu 78 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 57).

**Tabulka 57: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu heterozygot včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	7	26	7,61	9	169	9,78
1	0		0	16		17,39
2	1		1,09	6		6,52
3	8		8,70	47		51,09
neodpověděl	76		82,61	14		15,22
<b>průměr</b>	<b>1,63</b>			<b>2,17</b>		

Definice pojmu heterozygot, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Jedinec, který obdržel od rodičů rozdílné alely (Aa).
  - Živočich s 2 rozdílnými alelami.
  - Jedinec, který má 2 alely různého typu (jedna dominantní jedna recesivní).

- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Různé alely.
  - Písmenkově: Uv Vu.
  - Aa.
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Gen s odlišným typem alel.
  - Jedinec, který má od matky i otce jeden gen dominantní a druhý recesivní.
  - Má rozdílné geny pro nějaký znak, jeden je dominantní a druhý recesivní.
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Když se u jedince projeví 2 typy znaků.
  - Opačné vlastnosti při dědění.
  - Heterozygot není homozygot -> máme více možností změny ("dědičnosti").

Nejčastější miskoncepce u pojmu heterozygot byla analogická s miskoncepcí u pojmu homozygot. Žáci vysvětlovali heterozygota jako jedince s genem, který obsahuje dva typy alel (0 žáků v pre-testu a 8 žáků v post-testu).

## Chromozom

S pojmem chromozom se již před pre-testem setkalo všech 92 žáků. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, zmínilo 49 žáků školu, 24 žáků nevědělo, tři žáci zmínili jinou možnost, dva žáci uvedli více možností a 14 žáků neodpovědělo.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu chromozom rozumí a zda pojem chromozom dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 58.

**Tabulka 58: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu chromozom rozumí a zda si myslí, že pojem chromozom dokáže vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	15	20	11	9
spíše ano (2)	44	48	22	29
spíše ne (3)	27	17	31	34
ne (4)	6	3	28	14
neodpověděl	0	4	0	6
průměr	2,26	2,03	2,83	2,62
rozdíl průměrů	0,23		0,21	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu chromozom a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit, zobrazuje Tabulka 59. Většina žáků odpověděla, že pojmu chromozom spíše rozumí. Přibližně polovina z nich by ho podle svého úsudku spíše byla schopna vysvětlit, zhruba druhá polovina žáků by toho spíše schopna nebyla a někteří žáci by toho schopni nebyli.

**Tabulka 59: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu chromozom a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	11	4	0	0
	spíše ano	0	18	21	5
	spíše ne	0	0	10	17
	ne	0	0	0	6

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáže vysvětlit pojem chromozom, a správnosti definic pojmu chromozom zobrazuje Tabulka 60. Většina žáků definovala pojem chromozom správně, ale neúplně. Z těchto žáků většina uvedla, že pojem chromozom spíše dokáže nebo spíše nedokáže vysvětlit.



**Tabulka 60: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem chromozom, a správnosti definic pojmu chromozom.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	2	6	2	1
	spíše ano	2	10	5	3
	spíše ne	0	11	7	4
	ne	0	3	3	4

Následující tabulka se týká definic pojmu chromozom, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem chromozom 63 žáků, v post-testu 72 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy nezvýšil (Tabulka 61).

**Tabulka 61: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu chromozom včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	12	89	13,04	20	98	21,74
1	17		18,48	14		15,22
2	30		32,61	30		32,61
3	4		4,35	8		8,70
neodpověděl	29		31,52	20		21,74
<b>průměr</b>	<b>1,41</b>			<b>1,36</b>		

Definice pojmu chromozom:

Jako strukturální část definice bylo ideálně uznáno definování chromozomu jako struktury tvořené DNA a proteiny, ale uznávány byly i definice zmiňující pouze DNA nebo protein, či popis nebo obrázek stavby chromozomu (centromera, raménka). Jako funkční vysvětlení bylo bráno definování chromozomu jako struktury umožňující rovnoměrné rozdělení genetického materiálu, a struktury určující naše pohlaví. Ukázky definic s jednotlivými body:

Legenda k hodnocení definic viz kapitola 4.7.1 Přepisování a kódování odpovědí, str. 30.

- Správná odpověď (3 body):
  - Struktura v jádře buňky složená z DNA a bílkovin - umožňuje snazší rozmotání DNA a její následné dělení. **K**
  - Část DNA -> smotaná do klubíčka, je tak uspořádaná pro snazší dělení. **K**
  - Útvar tvořeny DNA a určitými bílkoviny, který vzniká při dělení buňky - v jeho podobě se genetická informace přenáší na dalšího jedince. **K**
- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Zajišťuje rozdělení DNA do dceřiných buněk. **F, -S**
  - Struktura obsahující DNA. **S, -F**
  - DNA plus protein, v jádře, my máme 23 párů. **S, -F**
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Smotaná DNA v jádře - terciální struktura DNA, zajišťuje dělení buněk. **F, xS**
  - Bílkoviny s DNA zamotané do tvaru "X" pro lepší uchování. **S, xF**
  - Organela tvořená DNA, rovnoměrně rozděluje gen. informaci. **F, xS**
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Má co dělat s DNA. **X**
  - XY -> jednotné soubory informací tvořené DNA. **X**
  - Chromozom je kombinace 2 alel. **X**

V případě pojmu chromozom převažovalo strukturální vysvětlení nad funkčním, viz Tabulka 62.

**Tabulka 62: Četnosti funkčních a strukturních vysvětlení pojmu chromozom v pre-testu a post-testu.**

		funkční vysvětlení	strukturní vysvětlení
počet	pre-test	11	36
	post-test	11	31

U definic pojmu chromozom nebyly žádné specifické miskoncepce, které by se mezi žáky opakovaly. Obecně měli žáci u tohoto pojmu problém s definicí, především s její funkční částí.

## Genotyp

S pojmem genotyp se již před pre-testem setkala 65 žáků z celkového počtu 92. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, z těchto 65 žáků 26 žáků nevědělo, 25 žáků zmínilo školu, pět žáků zmínilo jinou možnost, dva žáci uvedli více možností a pět žáků neodpovědělo.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu genotyp rozumí a zda pojem genotyp dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 63.

**Tabulka 63: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu genotyp rozumí a zda si myslí, že pojem genotyp dokáží vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	4	15	2	10
spíše ano (2)	9	43	7	31
spíše ne (3)	28	21	12	30
ne (4)	23	7	43	15
neodpověděl	28	6	28	6
průměr	<b>3,09</b>	<b>2,23</b>	<b>3,50</b>	<b>2,58</b>
rozdíl průměrů	<b>0,86</b>		<b>0,92</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu genotyp a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit, zobrazuje Tabulka 64. Většina žáků odpověděla, že pojem genotyp není schopna vysvětlit. Z těchto žáků přibližně polovina uvedla, že pojmu nerozumí a druhá polovina mu spíše nerozumí.

**Tabulka 64: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu genotyp a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	2	2	0	0
	spíše ano	0	5	3	1
	spíše ne	0	0	9	19
	ne	0	0	0	23

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáže vysvětlit pojem genotyp, a správnosti definic pojmu genotyp zobrazuje Tabulka 65. Většina žáků definovala pojem genotyp správně, ale neúplně, přičemž polovina z nich uvedla, že pojem genotyp nedokáže vysvětlit.

**Tabulka 65: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáže vysvětlit pojem genotyp, a správnosti definic pojmu genotyp.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	1	1	0	0
	spíše ano	1	3	0	3
	spíše ne	1	1	0	3
	ne	1	5	0	2

Následující tabulka se týká definic pojmu genotyp, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem genotyp 22 žáků, v post-testu 71 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 66).

**Tabulka 66: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu genotyp včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
<b>0</b>	8	32	8,70	24	118	26,09
<b>1</b>	0		0	7		7,61
<b>2</b>	10		10,87	9		9,78
<b>3</b>	4		4,35	31		33,70
<b>neodpověděl</b>	70		76,09	21		22,83
<b>průměr</b>	<b>1,45</b>			<b>1,66</b>		

Definice pojmu, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Soubor veškerých genů jedince.
  - Soubor veškeré genetické informace organismu.
  - Soubor alel organismu.
- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Soubor genů jedince.
  - Geny v organismu.
  - Jaké máme typy alel, určuje různorodost potomstva.
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Jedná se o soubor určující pouze vlastnost genetické informace.
  - Kombinace alel určující podobu jedince.
  - Určuje, jaké geny máme: dominantní X recesivní.
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Konkrétní "vzhled" genů živočicha.
  - Typ genů.
  - Poměr genů s přesně stejným složením.

Mezi nejčastější miskoncepce u definic pojmu genotyp patřil názor, že genotyp je typ genu nebo se žáci zmateně pokoušeli popisovat genotyp jako štěpný poměr. Tabulka 67

zobrazuje četnosti žáků s těmito miskoncepcemi. Obecně častou chybou také bylo to, že žáci definovali pojem genotyp jako soubor genů a nezdůraznili, že jde o všechny geny v organismu.

**Tabulka 67: Četnost nejčastějších miskoncepcí v dotazníku u pojmu genotyp.**

	četnost	
	<i>typ genu</i>	<i>štěpný poměr</i>
<b>pre-test</b>	4	0
<b>post-test</b>	5	9

## Fenotyp

S pojmem fenotyp se již před pre-testem setkala 39 žáků. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, zmínilo z těchto 39 žáků 17 žáků školu, 12 žáků nevědělo, pět žáků zmínilo jinou možnost, jeden žák uvedl více možností a tři žáci neodpověděli.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu fenotyp rozumí a zda pojem fenotyp dokáže vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 68.

**Tabulka 68: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu fenotyp rozumí a zda si myslí, že pojem fenotyp dokáže vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
<b>ano (1)</b>	4	15	2	10
<b>spíše ano (2)</b>	4	37	4	28
<b>spíše ne (3)</b>	15	23	8	30
<b>ne (4)</b>	15	11	24	18
<b>neodpověděl</b>	54	6	54	6
<b>průměr</b>	<b>3,08</b>	<b>2,35</b>	<b>3,42</b>	<b>2,65</b>
<b>rozdíl průměrů</b>	<b>0,73</b>		<b>0,77</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu fenotyp a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit, zobrazuje Tabulka 69. Většina žáků odpověděla, že pojem fenotyp nedokáže vysvětlit. Většina z nich pojmu fenotyp nerozumí, přičemž někteří pojmu spíše nerozumí.

**Tabulka 69: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu fenotyp a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	2	2	0	0
	spíše ano	0	2	2	0
	spíše ne	0	0	6	9
	ne	0	0	0	15

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáží vysvětlit pojem fenotyp, a správnosti definic pojmu fenotyp zobrazuje Tabulka 70. Většina žáků definovala pojem fenotyp správně, přičemž nejvíce z nich uvedlo, že pojem fenotyp spíše dokáží vysvětlit.

**Tabulka 70: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem fenotyp, a správnosti definic pojmu fenotyp.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
vysvětlíte	ano	1	1	0	0
	spíše ano	3	0	0	1
	spíše ne	2	2	0	1
	ne	1	1	1	2

Následující tabulka se týká definic pojmu fenotyp, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem fenotyp 17 žáků, v post-testu 63 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 71).

**Tabulka 71: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu fenotyp včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	5	30	5,43	17	122	18,48
1	1		1,09	2		2,17
2	4		4,35	12		13,04
3	7		7,61	32		34,78
neodpověděl	75		81,52	29		31,52
<b>průměr</b>	<b>1,76</b>			<b>1,94</b>		

Definice pojmu fenotyp, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Soubor všech znaků organismu.
  - Konkrétní vzhled živočicha.
  - Vnější projev genotypu - např. vzhled.
- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Podle typů alel se může gen projevit - určuje to fenotyp.
  - Říká nám o vnějším projevu genů.
  - To, co se projeví na venek.
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Všechny okem pozorovatelné genetické informace jedince.
  - Znak, které se můžou projevit, ale nemusí.
  - Úsek genotypu, který se projeví.
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Poměr genů se stejným výsledkem.
  - Genetická informace potomka.
  - Štěpný poměr v genetice -> Mendelovy zákony.

Nejčastější chybou u definice pojmu fenotyp bylo to, že se žáci zmateně pokoušeli popisovat fenotyp jako štěpný poměr (0 žáků v pre-testu a 12 žáků v post-testu).



## Recesivita

S pojmem recesivita se již před pre-testem setkala 45 žáků z celkového počtu 92. Na otázku, kde se s pojmem žáci poprvé setkali, zmínilo z těchto 45 žáků 25 žáků školu, 15 žáků nevědělo, čtyři žáci zmínili jinou možnost a dva žáci neodpověděli.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu recesivita rozumí a zda pojem recesivita dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 72.

**Tabulka 72: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu recesivita rozumí a zda si myslí, že pojem recesivita dokáží vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	4	28	4	18
spíše ano (2)	21	44	14	33
spíše ne (3)	13	11	14	26
ne (4)	7	4	13	10
neodpověděl	47	5	47	5
průměr	2,51	1,90	2,80	2,32
rozdíl průměrů	0,61		0,48	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu recesivita a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit, zobrazuje Tabulka 73. Většina žáků, kteří odpověděli, že pojmu recesivita spíše rozumí, by ho podle svého úsudku spíše byla schopna vysvětlit, i když někteří žáci by toho spíše schopni nebyli.

**Tabulka 73: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu recesivita a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	3	1	0	0
	spíše ano	1	13	6	1
	spíše ne	0	0	8	5
	ne	0	0	0	7

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáží vysvětlit pojem recesivita, a správnosti definic pojmu recesivita zobrazuje Tabulka 74. Většina žáků definovala pojem recesivita částečně správně a částečně špatně nebo špatně. Přičemž většina z nich uvedla, že pojem recesivita spíše dokáže vysvětlit nebo spíše nedokáže vysvětlit.

**Tabulka 74: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem recesivita, a správnosti definic pojmu recesivita.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	1	1	1	1
	spíše ano	1	3	5	5
	spíše ne	3	2	4	4
	ne	0	0	1	3

Následující tabulka se týká definic pojmu recesivita, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem recesivita 37 žáků, v post-testu 81 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 75).

**Tabulka 75: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu recesivita včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test		post-test			
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	14	39	15,22	31	109	33,70
1	12		13,04	15		16,30
2	6		6,52	11		11,96
3	5		5,43	24		26,09
neodpověděl	55		59,78	11		11,96
<b>průměr</b>	<b>1,05</b>			<b>1,35</b>		

Definice pojmu recesivita, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Projev recesivní alely je přebit dominantní alelou.
  - Vztah alel, recesivní ustoupí před dominantní.
  - Alela je potlačena dominantní alelou a její znak se projeví pouze v přítomnosti dvou kopií.
- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Něco, co se neprojevuje, resp. projevuje, pokud není přítomno něco dominantního.
  - Podřizuje se dominantnímu, tj. když je kombinace obou, vyhrává dominantní.
  - Podléhá dominanci  $> AA$  plus  $aa > Aa$ .
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Gen, který podléhá dominantnímu, je tedy menší pravděpodobnost daný gen získat.
  - Když je gen recesivní, pak se neprojevívá v konkurenci s dominantním.
  - Alela/gen slabší a méně výrazný.
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Jeden gen není aktivní.
  - Moment, kdy se u jedince projeví recesivní.
  - Recesivita je opačný pojem od dominantní -> nevýrazný, ten druhý.

Nejčastější miskoncepcí u definic pojmu recesivita byla představa, že jde o vlastnost genu, místo vlastnosti alely (16 žáků v pre-testu a 21 žáků v post-testu).

## Dominance

S pojmem dominance se již před pre-testem setkala 78 žáků z celkového počtu 92. Na otázku, kde se s pojmem poprvé žáci setkali, 31 žáků z těchto 78 nevědělo, 26 žáků zmínilo školu, 7 žáků zmínilo jinou možnost, dva žáci uvedli více možností a 13 žáků neodpovědělo.

Žáci dále odpovídali, zda si myslí, že pojmu gen rozumí a zda pojem gen dokáží vysvětlit. Četnosti odpovědí na tyto otázky shrnuje Tabulka 76.

**Tabulka 76: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu dominance rozumí a zda si myslí, že pojem dominance dokáže vysvětlit.**

Číselná závorka v prvním sloupci označuje udělený kód k příslušným odpovědím. Z těchto číselných kódů byl počítán průměr.

kód	rozumí		vysvětlí	
	pre-test	post-test	pre-test	post-test
ano (1)	15	36	11	23
spíše ano (2)	47	45	31	40
spíše ne (3)	8	5	20	19
ne (4)	5	2	12	7
neodpověděl	17	4	18	3
<b>průměr</b>	<b>2,04</b>	<b>1,69</b>	<b>2,45</b>	<b>2,11</b>
<b>rozdíl průměrů</b>	<b>0,35</b>		<b>0,34</b>	

Četnosti odpovědí na otázky, zda si žáci myslí, že rozumí pojmu dominance a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit, zobrazuje Tabulka 77. Většina žáků, kteří odpověděli, že pojmu dominance spíše rozumí, by ho podle svého úsudku spíše byla schopna vysvětlit, i když někteří žáci by toho spíše schopni nebyli.

**Tabulka 77: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu dominance a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.**

		vysvětlíte			
		ano	spíše ano	spíše ne	ne
rozumíte	ano	11	3	1	0
	spíše ano	0	28	13	5
	spíše ne	0	0	6	2
	ne	0	0	0	5

Četnosti odpovědí na otázku, zda si žáci myslí, že dokáže vysvětlit pojem dominance, a správnosti definic pojmu dominance zobrazuje Tabulka 78. Většina žáků uvedla, že pojem dominance spíše dokáže vysvětlit. Z těchto žáků většina definovala pojem dominance špatně.

T

**Tabulka 78: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem dominance, a správnosti definic pojmu dominance.**

Legenda ke kódům 1 - 4 v druhém řádku: 1 – správná definice, 2 správná, ale neúplná definice, 3 – částečně správná a částečně špatná definice, 4 – špatná definice.

		definice			
		1	2	3	4
vysvětlíte	ano	1	0	1	9
	spíše ano	1	1	9	19
	spíše ne	1	4	9	5
	ne	0	0	2	2

Následující tabulka se týká definic pojmu dominance, které byly hodnoceny 0 – 3 body (vysvětlení bodového hodnocení viz kapitola 4.7.1. Přepisování a kódování odpovědí, str. 30).

V pre-testu vysvětlilo pojem dominance 67 žáků, v post-testu 84 žáků. Bodový průměr (bez zahrnutí chybějících odpovědí) se mezi jednotlivými testy zvýšil (Tabulka 79).

**Tabulka 79: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu dominance včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.**

Legenda k bodům, první sloupec: 0 – špatně, 1 – částečně správně, částečně špatně, 2 – správně, ale neúplně, 3 – správně.

body	pre- test			post-test		
	počet	celkem bodů	procent	počet	celkem bodů	procent
0	36	43	39,13	22	125	11,96
1	22		23,91	25		27,17
2	6		6,52	11		11,96
3	3		3,26	26		28,26
neodpověděl	25		27,17	8		8,70
<b>průměr</b>	<b>0,64</b>			<b>1,49</b>		

Definice pojmu dominance, ukázky definic s jednotlivými body:

- Správná odpověď (3 body):
  - Dominantní alela přebíjí recesivní. Dominantní fenotyp má jedinec jako dominantní homozygot i heterozygot.
  - Dominantní alela převáží recesivní.
  - Když je alela dominantní, výsledný znak je podle ní.

- Správná odpověď, ale neúplná (2 body):
  - Převládá nad recesivním > AA plus aa >Aa.
  - Vždy se projeví i v heterozygotu.
  - Jedná se o nadřazenost, která předurčuje potlačení recesivní složky.
- Částečně správná a částečně špatná odpověď (1 bod):
  - Gen, který je "silnější" než recesivní, má větší pravděpodobnost na projev při genetice.
  - Nějaký gen je dominantní - projeví se.
  - Převládá silnější gen (UU).
- Špatná odpověď (0 bodů):
  - Opak recesivity.
  - Nadvláda, větší průbojnost někoho/něčeho nad někým/něčím.
  - Velké písmeno, když je toho víc.

Nejčastější miskoncepce u definice pojmu dominance byla analogická s miskoncepčí u pojmu recesivita. Žáci si mysleli, že jde o vlastnost genu, místo vlastnosti alely (23 žáků v pre-testu a 24 žáků v post-testu). Šlo o nejčastější miskoncepce ze všech miskoncepčí u různých pojmů. Také v mnoha případech žáci definovali pojem dominance v nesouvislosti s genetikou.

### **Porovnání průměrného počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu a post-testu**

To, zda se liší průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu a post-testu, bylo testováno testem ANOVA s opakovaným měřením.

Konkrétně v případě pre-testu byla testována nulová hypotéza:

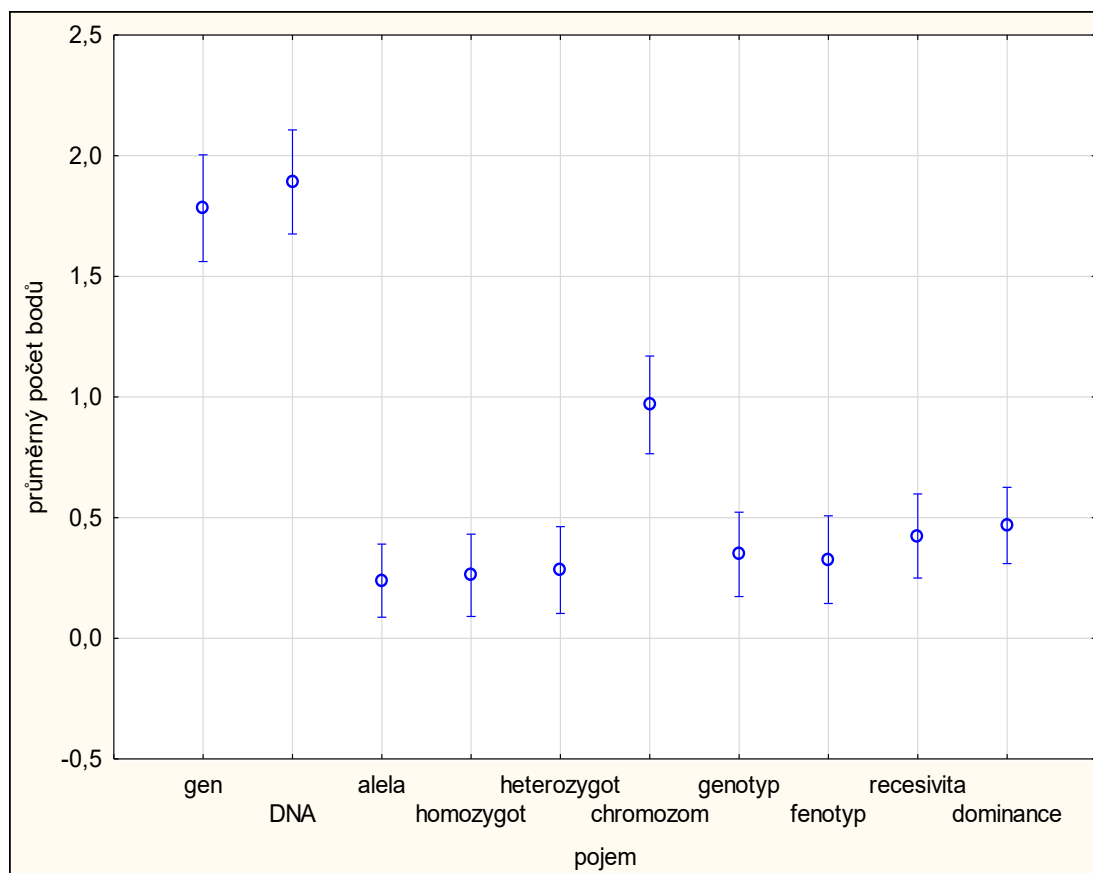
*H<sub>0</sub>: Průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivých pojmů se v pre-testu neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivých pojmů se v pre-testu liší.*

Průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivých pojmů se v pre-testu lišily ( $F = 66,07$ ;  $p < 0,001$ ). Nejvyšší průměrné hodnoty bodů byly za definice pojmů gen a DNA, které se od všech ostatních definic pojmů signifikantně lišily ( $p < 0,001$ ). Následovala definice pojmu

chromozom, jejíž průměrná hodnota se lišila od všech jiných pojmů ( $p < 0,001$ ) a poté definice ostatních pojmů, jejichž průměrné hodnoty se mezi sebou vzájemně nelišily, Graf 14, Tabulka 80 a 81.



**Graf 14: Porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu.**  
Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 80: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

	gen	DNA	alela	homozygot	heterozygot	chromozom	genotyp	fenotyp	recesivita	dominance
gen		0,99	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
DNA	0,99		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
alela	<0,001	<0,001		1,00	1,00	<0,001	0,99	1,00	0,81	0,55
homozygot	<0,001	<0,001	1,00		1,00	<0,001	1,00	1,00	0,90	0,69
heterozygot	<0,001	<0,001	1,00	1,00		<0,001	1,00	1,00	0,96	0,81
chromozom	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
genotyp	<0,001	<0,001	0,99	1,00	1,00	<0,001		1,00	1,00	0,99
fenotyp	<0,001	<0,001	1,00	1,00	1,00	<0,001	1,00		1,00	0,96
recesivita	<0,001	<0,001	0,81	0,90	0,96	<0,001	1,00	1,00		1,00
dominance	<0,001	<0,001	0,55	0,69	0,81	<0,001	0,99	0,96	1,00	

**Tabulka 81: Průměrné body za definice jednotlivých pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v pre-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	průměr	min	max	SD
gen	1,78	0	3	1,07
DNA	1,89	0	3	1,04
alela	0,24	0	3	0,73
homozygot	0,26	0	3	0,82
heterozygot	0,28	0	3	0,87
chromozom	0,97	0	3	0,98
genotyp	0,35	0	3	0,84
fenotyp	0,33	0	3	0,88
recesivita	0,42	0	3	0,84
dominance	0,47	0	3	0,76



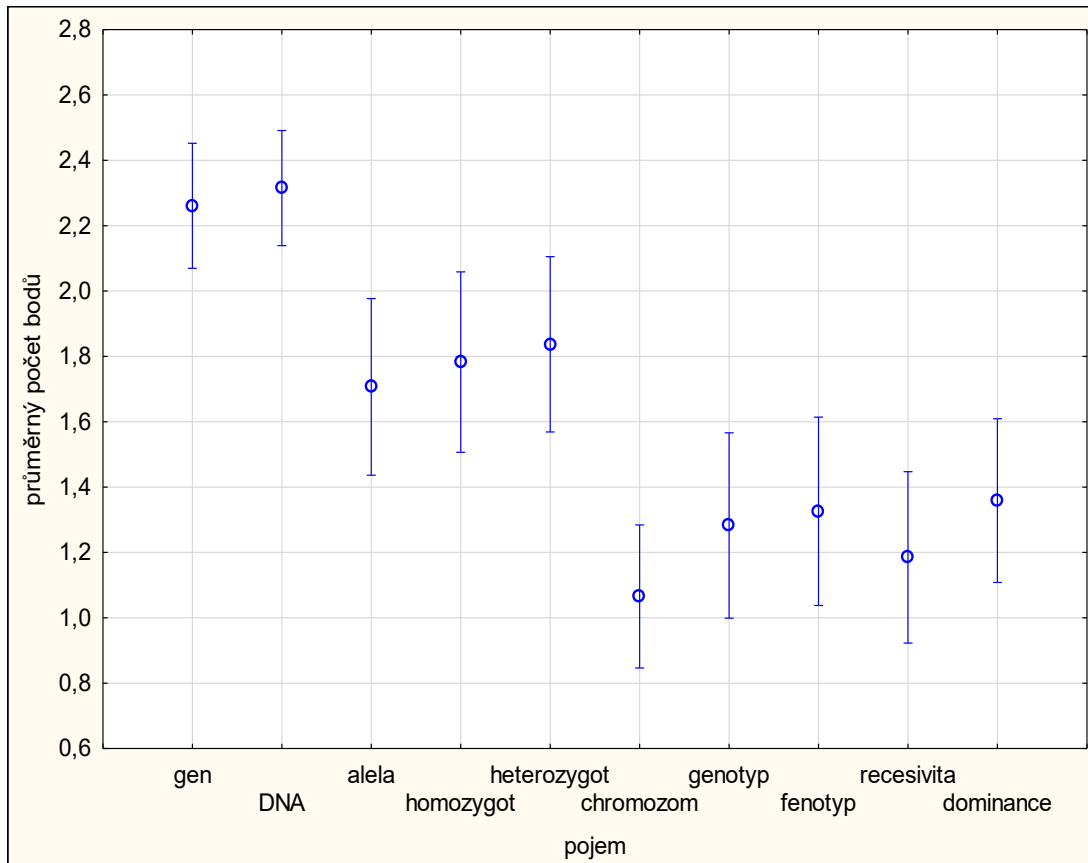
V případě post-testu byla testována nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivých pojmů se v post-testu neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivých pojmů se v post-testu liší.*

I v tomto případě se počty bodů za některé definice lišily ( $F = 16,41$ ;  $p < 0,001$ ). Pojmy gen a DNA i v post-testu získaly signifikantně více bodů než zbylé pojmy s výjimkou pojmu heterozygot (resp. homozygot a heterozygot v případě pojmu gen), Graf 15, Tabulka 82 a 83.



**Graf 15: Porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v post-testu.**

Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 82: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v post-testu.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

	gen	DNA	alela	homozygot	heterozygot	chromozom	genotyp	fenotyp	recesivita	dominance
gen		1,00	0,01	0,06	0,15	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
DNA	1,00		<0,001	0,02	0,06	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
alela	0,01	<0,001		1,00	1,00	<0,001	0,15	0,28	0,02	0,41
homozygot	0,06	0,02	1,00		1,00	<0,001	0,04	0,09	<0,001	0,15
heterozygot	0,15	0,06	1,00	1,00		<0,001	0,01	0,03	<0,001	0,06
chromozom	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		0,92	0,80	1,00	0,66
genotyp	<0,001	<0,001	0,15	0,04	0,01	0,92		1,00	1,00	1,00
fenotyp	<0,001	<0,001	0,28	0,09	0,03	0,80	1,00		1,00	1,00
recesivita	<0,001	<0,001	0,02	<0,001	<0,001	1,00	1,00	1,00		0,98
dominance	0,00	0,00	0,41	0,15	0,06	0,66	1,00	1,00	0,98	

**Tabulka 83: Průměrné body za definice jednotlivých pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	průměr	min	max	SD
gen	2,26	0	3	0,92
DNA	2,32	0	3	0,85
alela	1,71	0	3	1,31
homozygot	1,78	0	3	1,33
heterozygot	1,84	0	3	1,29
chromozom	1,07	0	3	1,06
genotyp	1,28	0	3	1,37
fenotyp	1,33	0	3	1,39
recesivita	1,18	0	3	1,27
dominance	1,36	0	3	1,21

## Porovnání obtížnosti jednotlivých pojmů

To, zda se liší průměrné hodnoty bodů za definice jednotlivého pojmu v pre-testu a post-testu, bylo testováno párovým t-testem.

U všech pojmů byla testována nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Průměrné počty bodů za definice pojmu (gen/ DNA/ alela/ homozygot/ heterozygot / chromozom/ genotyp/ fenotyp/ recesivita/ dominance) se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza byla:

*H<sub>A</sub>: Průměrné počty bodů za definice pojmu (gen/ DNA/ alela/ homozygot/ heterozygot / chromozom/ genotyp/ fenotyp/ recesivita/ dominance) se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Průměrné počty bodů se mezi pre-testem a post-testem nelišily pouze u pojmu chromozom ( $t = -0,80$ ;  $p = 0,42$ ). U ostatních pojmů žáci získali v post-testu signifikantně ( $p < 0,001$ ) více bodů než v pre-testu - šlo o pojmy: gen ( $t = -3,59$ ), DNA ( $t = -3,87$ ), alela ( $t = -3,87$ ), homozygot ( $t = -10,84$ ), heterozygot ( $t = -11,22$ ), genotyp ( $t = -5,94$ ), fenotyp ( $t = -6,57$ ), recesivita ( $t = -5,01$ ) a dominance ( $t = -6,97$ ). Následující tabulky (Tabulka 84 – Tabulka 93) zobrazují průměry bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky u jednotlivých pojmů.

### Tabulka 84: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu chromozom v pre-testu a post-testu.

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	průměr	min	max	SD
pre-test	0,97	0	3	0,98
post-test	1,06	0	3	1,06

**Tabulka 85: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu gen v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	1,78	0	3	1,07
<b>post-test</b>	2,26	0	3	0,92

**Tabulka 86: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu DNA v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	1,89	0	3	1,04
<b>post-test</b>	2,32	0	3	0,85

**Tabulka 87: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu alela v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,24	0	3	0,73
<b>post-test</b>	1,71	0	3	1,31

**Tabulka 88: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu homozygot v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,26	0	3	0,82
<b>post-test</b>	1,78	0	3	1,33

**Tabulka 89: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu heterozygot v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,28	0	3	0,87
<b>post-test</b>	1,84	0	3	1,29

**Tabulka 90: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu genotyp v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,35	0	3	0,84
<b>post-test</b>	1,28	0	3	1,37

**Tabulka 91: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu fenotyp v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,33	0	3	0,88
<b>post-test</b>	1,33	0	3	1,39

**Tabulka 92: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu recesivita v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,42	0	3	0,84
<b>post-test</b>	1,18	0	3	1,27

**Tabulka 93: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu dominance v pre-testu a post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max - maximální počet bodů, SD – směrodatná odchytky.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,47	0	3	0,76
<b>post-test</b>	1,36	0	3	1,21

## 5.5. Souvislosti mezi pojmy

Tato kapitola se zabývá porozuměním souvislostí mezi pojmy zaměřenými na genetiku z předchozí kapitoly. Žáci měli v dotazníku vysvětlit souvislosti mezi třemi trojicemi pojmů. Odpovědi byly bodovány 0-3 body, přičemž žáci, kteří neodpověděli, dostali 0 bodů (stejně jako žáci, kteří odpověděli špatně). K porovnání počtu bodů v pre-testu a post-testu u stejné trojice pojmů byl použit párový t-test. K porovnání počtu bodů mezi jednotlivými trojicemi pojmů byla použita ANOVA při opakovaných měřeních.

## Souvislosti mezi pojmy alela, genotyp a fenotyp

Byla testována nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí mezi pojmy alela, genotyp a fenotyp se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí mezi pojmy alela, genotyp a fenotyp se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Počet bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy alela, genotyp a fenotyp byl v post-testu signifikantně vyšší než v pre-testu ( $t = - 6,70$ ;  $p < 0,001$ ), Tabulka 94.

### **Tabulka 94: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy alela, genotyp a fenotyp, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v obou testech.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max – maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,14	0	3	0,55
<b>post-test</b>	0,96	0	3	1,23

## Souvislosti mezi pojmy chromozom, gen a alela

Byla testována nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí mezi pojmy chromozom, gen a alela se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí mezi pojmy chromozom, gen a alela se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Počet bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy chromozom, gen a alela byl v post-testu signifikantně vyšší než v pre-testu ( $t = - 4,55$ ;  $p < 0,001$ ), Tabulka 95.

**Tabulka 95: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy chromozom, gen a alela, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v obou testech.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max – maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,25	0	3	0,66
<b>post-test</b>	0,78	0	3	1,17

### **Souvislosti mezi pojmy gen, genotyp a DNA**

Byla testována nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí mezi pojmy gen, genotyp a DNA se neliší mezi pre-testem a post-testem.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí mezi pojmy gen, genotyp a DNA se liší mezi pre-testem a post-testem.*

Počet bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy gen, genotyp a DNA byl v post-testu signifikantně vyšší než v pre-testu ( $t = - 5,00$ ;  $p < 0,001$ ), Tabulka 96.

**Tabulka 96: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy gen, genotyp a DNA, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v obou testech.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max – maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>pre-test</b>	0,34	0	2	0,7
<b>post-test</b>	0,95	0	3	1,15

### **Porozumění souvislostem mezi pojmy v pre-testu**

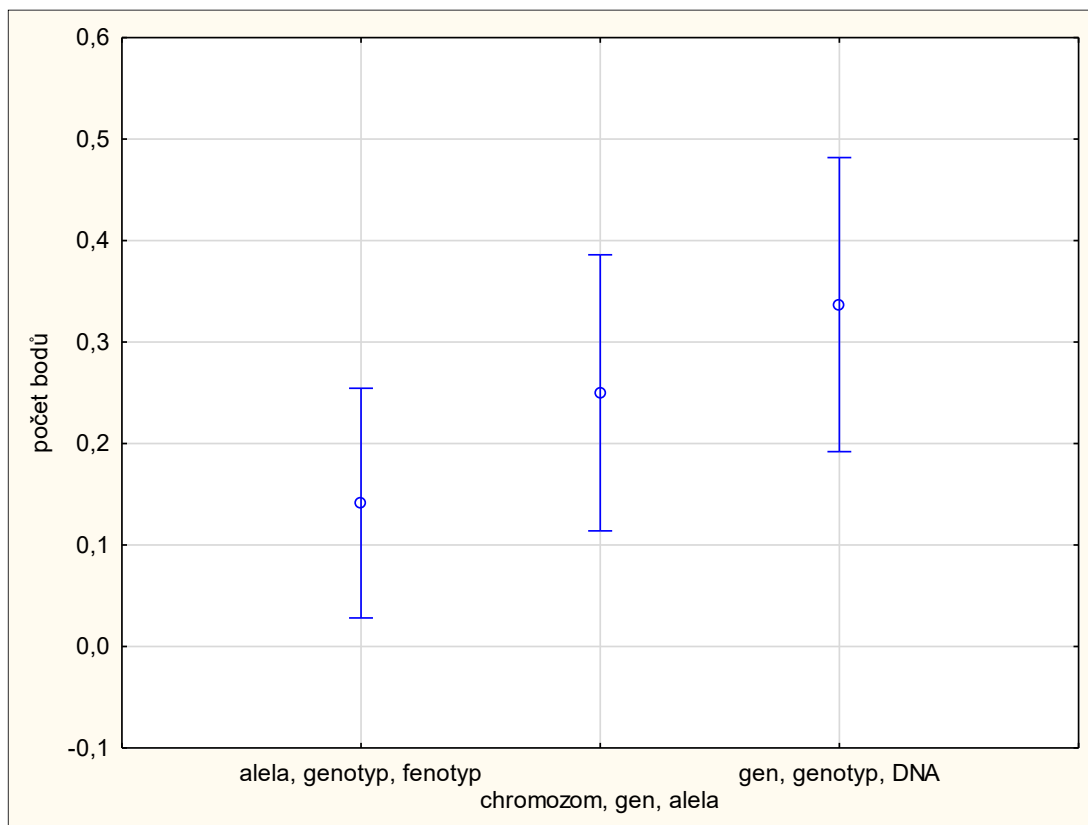
Byla testována nulová hypotéza:

*H0: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů se mezi sebou v pre-testu neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*HA: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů se mezi sebou v pre-testu liší.*

Počty bodů za souvislosti se lišily ( $F = 3,20$ ;  $p = 0,04$ ). Souvislosti mezi trojicí pojmů alela, genotyp, fenotyp byly vysvětleny signifikantně hůře než souvislosti mezi trojicí pojmů gen, genotyp, DNA ( $p = 0,03$ ). Počty bodů za souvislosti mezi trojicí pojmů chromozom, gen, alela se od zbylých trojic nelišily ( $p = 0,34$ ; resp.  $p = 0,50$ ), Graf 16, Tabulka 97 a 98.



**Graf 16: Porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v pre-testu.** Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti.

**Tabulka 97: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v pre-testu.**

Čísla vyjadřují dosažené p-hodnoty a statisticky průkazné rozdíly jsou označeny červeně.

	<b>alela, genotyp, fenotyp</b>	<b>chromozom, gen, alela</b>	<b>gen, genotyp, DNA</b>
<b>alela, genotyp, fenotyp</b>		0,34	<b>0,03</b>
<b>chromozom, gen, alela</b>	0,34		0,50
<b>gen, genotyp, DNA</b>	<b>0,03</b>	0,50	



**Tabulka 98: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v pre-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max – maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>alela, genotyp, fenotyp</b>	0,14	0	3	0,55
<b>chromozom, gen, alela</b>	0,25	0	3	0,66
<b>gen, genotyp, DNA</b>	0,34	0	2	0,7

### **Porozumění souvislostem mezi pojmy v post-testu**

Byla testována nulová hypotéza:

*H<sub>0</sub>: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů se mezi sebou v post-testu neliší.*

Alternativní hypotéza pak byla:

*H<sub>A</sub>: Počet bodů dosažených za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů se mezi sebou v post-testu liší.*

Počty bodů za souvislosti mezi jednotlivými trojicemi pojmů se v post-testu nelišily (F = 1,40; p = 0,25), Tabulka 99.

**Tabulka 99: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v post-testu.**

Legenda: min – minimální počet bodů, max – maximální počet bodů, SD – směrodatná odchylka.

	<b>průměr</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>SD</b>
<b>alela, genotyp, fenotyp</b>	0,96	0	3	1,23
<b>chromozom, gen, alela</b>	0,78	0	3	1,17
<b>gen, genotyp, DNA</b>	0,95	0	3	1,15

## 6. Diskuse

Tato kapitola má za cíl diskutovat použitou metodiku a získané výsledky.

### 6.1. Použitá metodika

K získání dat jsem použila mnou vytvořený dotazník, který byl připomínkován kolegy v rámci diplomního semináře a poté pilotně vyzkoušen. Pro jednodušší a efektivnější hodnocení by bylo vhodné nahradit otevřené otázky „Kde jste se poprvé s tímto pojmem setkal/a?“ v části B otázkami uzavřenými. Ve výběru by byly tyto možnosti: škola, rodina, televize, jiné. Tuto změnu jsem po pilotní studii plánovala udělat, ale bohužel jsem ji v závěru zapoměla zrealizovat a otázka tak zůstala otevřená. Možná by tak došlo i k poklesu neutrální odpovědi „Nevím“.

Stejně tak jsem mohla otevřenou otázku v části C „Vypište aktivity, které jste kdy v hodinách biologie dělali kromě výkladu a psaní poznámek“ převést po pilotní studii na uzavřenou. Tím, že byla otázka otevřená, mohlo být pro žáky těžké vzpomenout si na mnohé aktivity a pro mě bylo následně obtížnější tuto část vyhodnotit. Např. těžko říct, jestli žáci pod pojmy „laboratorní cvičení“ a „práce s mikroskopem“ mysleli to samé nebo nikoli. Zároveň žáci z jedné třídy, u kterých lze předpokládat, že absolvovali stejné metody a formy výuky, neuváděli stejné výčty. Odpovědi tedy měly nízké četnosti a byly pravděpodobně neúplné a tedy zavádějící.

Data byla získána dostupným výběrem, tudíž není možné tyto výsledky vztáhnout na větší vzorek, např. Prahu, či Českou republiku. Navíc škola B byla přírodovědně zaměřena. Dále celkový počet žáků (92) testovaných v mé diplomové práci byl omezený a skupina žáků absolvujících didaktickou hru (69) se velikostně lišila od skupiny žáků absolvujících klasický výklad (23). Vhodné by tedy bylo mít oba vzorky studentů stejně velké. Bylo by bývalo možné mít s dvěma třídami didaktickou hru a s dvěma třídami klasický výklad. Důvod, proč jsem zvolila tři třídy na didaktickou hru a jednu třídu na klasický výklad byl ten, že cílem mé práce bylo kromě porovnání těchto metod výuky i otestování didaktické hry, které jsem chtěla provést ve více třídách. Vyučující také potenciálně spíše souhlasili s výukou pomocí didaktické hry.

Největším problémem v použité metodice vidím v opožděných post-testech. Výsledky práce ukázaly, že výraznou roli v opožděných post-testech sehrála škola, resp. další proběhlá výuka a opožděný post-test tak nemohl zachytit vliv metody výuky, který jsem si dala za cíl sledovat. Žákům jsem osobně rozdala pre-test a post-test, a byla jsem přítomna u jejich plnění. Opožděný

post-test však žákům zadávali jejich vyučující a já přítomna nebyla. Nevím proto také to, zda všechny třídy měly stejné podmínky a byly stejně motivovány k vyplnění.

## 6.2. Získané výsledky

### **Porovnání školy A a školy B**

Možných důvodů, proč hrála v opožděných post-testech výraznou roli škola, může být mnoho. Jak již bylo zmíněno ve výsledcích, vliv mohla mít následující proběhlá výuka. Škola B totiž navázala na moji výuku genetiky výukou dědičnosti hemofilie a daltonismu, a žáci používali Mendelovské čtverce. Jinou nadstavbu po mé výuce do doby opožděného post-testu žáci neabsolvovali. Nicméně právě opakování poznatků pro uchování informací a jejich převodu z krátkodobé paměti do dlouhodobé je důležité (např. Samuel, 2002, s. 80).

Další vliv by mohlo také mít přírodovědné zaměření školy B, na rozdíl od všeobecného zaměření školy A. Dle výsledků mé diplomové práce je závislost mezi tím, jakou žáci navštěvují školu a tím jaký mají vztah k biologii. U žáků školy A byl vztah k biologii spíše neutrální, u žáků školy B převažoval kladný vztah k biologii. Stejně tak byla prokázána závislost mezi tím, jakou žáci navštěvují školu a tím, zda mají v plánu se biologii věnovat po gymnáziu. Výrazně více žáků ve škole B než ve škole A odpovědělo kladně na otázku, zda se chtějí věnovat po gymnáziu biologii. Další zjištěná závislost byla mezi tím, jakou školu žáci navštěvují a tím, jaký mají nejoblíbenější předmět. Obecně tedy žáci školy B projevují o biologii větší zájem a mají k ní a přírodovědným oborům bližší vztah. Hodnocení oboru a postoj k němu může souviset i se znalostmi z tohoto oboru (Floriová, 2015).

Roli mohl hrát také ročník, který žáci studují. Ve škole B byli testováni žáci 4. ročníku a ve škole A byli testováni žáci septimy. Žáci čtvrtých ročníků, dle mého, mohou být před maturitou a před přijímacím řízením na VŠ více motivováni, snaživí a pod větším tlakem. Mohli si tak více uvědomovat užitečnost výuky genetiky, která je onen školní rok bude čekat. Navíc žáci třetího ročníku na škole A měli genetiku v plánu až následující rok v oktávě, proto se to některým mohlo zdát ne zrovna tolik důležité. Jde však o můj názor, který není podložen literaturou.

Na druhou stranu ve škole A šlo o žáky osmiletého gymnázia a ve škole B o žáky čtyřletého gymnázia. V rigorózní práci Adama Kajna jsou obecně znalosti žáků osmiletých gymnázií lepší než čtyřletých. V práci jsou však popsány výsledky předmětu zeměpis (Kajn, 2018).

Podle výsledků mé diplomové práce nebyla didaktická hra z hlediska zapamatovaných znalostí účinnější metodou výuky než klasický výklad. Je zajímavé, že většina studií pouze popisuje didaktické hry a jejich přednosti, jako je např. udržení pozornosti nebo zvýšení zájmu o problematiku (např. Cardoso et al., 2009) nebo pouze poskytuje návod na didaktickou hru (např. Haws & Bauer, 2001). Studií, které by konkrétně ukazovaly na efektivitu konkrétní didaktické hry a měřily by ji nebo nějakým způsobem srovnávaly s jinou metodou (či formou) výuky, jsem nenašla tolik. Jednou z nich je např. izraelská studie s třemi didaktickými hrami zaměřenými na molekulární genetiku. Autoři porovnávali efektivitu didaktických her s klasickou výkladovou formou výuky. Výsledkem bylo to, že žáci absolvující hru dosáhli signifikantně vyšší úrovně znalostí než žáci s výkladem. Bohužel není zmíněno, po jaké době žáky testovali (zda šlo o testování z krátkodobého hlediska či dlouhodobého). Kromě toho se autoři studie zaměřili na vliv hry na úzkost studentů pociťovanou vůči hodinám biologie. Došli k závěru, že didaktická hra snižuje míru této úzkosti (Cohen et al., 1989). Další takovou studií je např. čínská studie, která porovnávala efektivitu didaktické hry (z hlediska krátkodobých znalostí) zaměřené na imunologii s výkladem. Stejně jako v mé práci nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi těmito metodami výuky, co se týče znalostí žáků. Nicméně subjektivní hodnocení výuky žáků mezi žáky s didaktickou hrou a žáky s tradiční výukou se lišilo, žáci kladněji hodnotili didaktickou hru (Su et al., 2014). Ve svém dotazníku jsem bohužel tuto část nezahrnula a nemohla tak tato subjektivní hodnocení porovnat.

### **Obtížnost jednotlivých pojmů**

Co se týká obtížnosti jednotlivých pojmů a jejich pokroku mezi pre-testem a post-testem, je zajímavé, že u pojmu chromozom nedošlo mezi pre-testem a post-testem k signifikantnímu zlepšení a průměrný počet bodů v post testu byl u tohoto pojmu nejnižší. Důvodem může být fakt, že přestože byl tento pojem během výuky Mendelovské genetiky zmiňován, nebyl tolik používán a nebyl tak nutný pro pochopení jejích principů jako např. pojmy alela, homozygot a heterozygot. Také literatura uvádí, že pojem chromozom patří k nejproblematictějším pojmům ve výuce genetiky. Přesto jde však o pojem základní (společně s pojmy gen a DNA) a až po porozumění těmto třem pojmům by na řadu měly přijít další pojmy jako je např. alela, homozygot nebo heterozygot (Saka et al., 2006).

Naopak definování pojmů gen a DNA dělalo žákům v dotaznících nejmenší problém a bylo při nich dosaženo nejvyšších počtů bodů – v pre-testu i post-testu. Roli pravděpodobně hrál fakt, že s pojmem DNA se žáci setkali již před pre-testem, a 91 žáků z 92 se setkala

před pre-testem i s pojmem gen. Na druhou stranu, s pojmem chromozom se všichni žáci setkali také již před pre-testem, přesto jim tento pojem dělal největší problém. Nebyl zásadní rozdíl ani v tom, kde se s pojmy žáci setkali (i když kvůli nízkým očekávaným četnostem nebyl testován). Vlckova et al. (2016) naopak došli k názoru, že největší problém žákům dělá pojem DNA (ve srovnání s pojmy gen, chromozom a alela). Důvodem tohoto nesouladu může být to, že v dotazníku mé diplomové práce žáci pojmy definovali, ale v dotazníku Vlčkové et al. vybírali odpovědi z čtyř možností.

Často se u vysvětlování pojmů vyskytovaly pouze strukturní nebo funkční části definic. Stejně tomu tak bylo i ve studii Saka et al. (2006). Při srovnání četností strukturního a funkčního vysvětlení pojmů gen, DNA a chromozom byly získány stejné výsledky, jako ve své studii zmiňuje Marbach-Ad (2001). U pojmů gen a DNA převažovalo funkční vysvětlení nad strukturním a u pojmu chromozom tomu bylo naopak – převažovalo strukturní vysvětlení nad funkčním. Důvodem by mohlo být již výše zmíněné zjištění, že žákům je bližší Mendelovská genetika a genům rozumí spíše jako vlohám zodpovědným za znaky než jako konkrétnímu úseku DNA (Dougherty et al., 2016). Naopak převažující strukturní vysvětlení u pojmu chromozom může být způsobeno větším důrazem na vysvětlení jeho struktury vyučujícím a také tím, že si žáci výuku genetiky často nedají do souvislosti s meiózou, která se obvykle učí odděleně (Awang-Kanak et al., 2016).

## **Miskoncepce**

Četnosti miskonceptů jednotlivých definic pojmů ukazují, že u mnohých pojmů se opakující se miskoncepce vyskytovaly především v post-testu. Jde o pojmy alela, homozygot, heterozygot, genotyp, fenotyp a recesivita. Naopak u pojmu gen se vyskytovaly miskoncepce téměř jenom v pre-testu a u pojmů DNA a dominance se počet žáků s miskoncepce mezi pre-testem a post-testem téměř nezměnil. Důvodem, proč u pojmů alela, homozygot, heterozygot, genotyp, fenotyp a recesivita převyšovaly miskoncepce v post-testu, může být to, že velká část žáků tyto pojmy v pre-testu neznala, a tudíž je ani nedefinovala. Výsledky ukazují, že porozumění těmto pojmům se mezi pre-testem a post-testem významně zvýšilo, i přes zvýšenou četnost miskonceptů. Naopak pojmy gen, DNA a dominance žáci definovali v pre-testu častěji. Přestože je porozumění pojmům lepší v post-testu, je pro efektivní výuku velmi důležité identifikovat časté miskoncepce a pracovat na jejich odstranění (Osborne & Wittrock, 1983).

Miskoncepce jsem měla více zohlednit před vlastní výukou. Četnosti byly nízké pro porovnání, ale zřejmě v tomto ohledu nebyl rozdíl mezi oběma metodami výuky. Takto

do budoucna vím, na co si dát ve výuce větší pozor a co více zdůraznit. Jednou z nejčastějších miskoncepcí byla představa, že alela je konkrétní část genu místo konkrétní varianty genu. O této miskoncepci – alele jako části genu - a problematickém vztahu mezi genem a alelou píše ve své studii i Pashley (1994).

### **Souvislosti mezi pojmy**

Mnoho autorů (Abraham et al., 2014; Lewis et al., 2000; Lewis & Kattmann, 2004) ve svých studiích zmiňuje, že žáci často znají a vysvětlí pojmy, ale problém pak mají především s vysvětlením souvislostí mezi nimi. Když dostali žáci a studenti (ZŠ, SŠ i VŠ) za úkol nakreslit gen, DNA a chromozom do jedné buňky, nakreslili většinou do buňky každou tuto strukturu zvlášť, odděleně od ostatních (Saka et al., 2006).

Výsledky mé práce shodně ukázaly, že vysvětlení souvislostí mezi pojmy bylo pro žáky obtížnější než definice jednotlivých pojmů. Průměrné hodnoty bodů získané za vysvětlení souvislostí mezi trojicemi pojmů nedosáhly ani jednoho bodu z možných 3 bodů. Oproti tomu průměrné hodnoty bodů získané za definice jednotlivých pojmů byly vždy vyšší než jedna a u některých pojmů přesáhly i dva body z možných 3 bodů.

## 7. Závěr

Má diplomová práce se zabývala tvorbou a testováním didaktické hry zaměřené na Mendelovskou dědičnost. Hlavní cíle (tj. vytvořit didaktickou hru zaměřenou na Mendelovskou dědičnost, otestovat ji na žácích vyššího stupně gymnázia a následně tuto hru porovnat s klasickou frontální výukou s výkladem a otázkami) i další cíle práce (tj. otestovat vlivy dalších proměnných na počty bodů v testech, porovnat obtížnost jednotlivých pojmů zaměřených na genetiku, identifikovat nejčastější miskoncepce u jednotlivých pojmů a porovnat obtížnost formulací souvislostí mezi trojicemi genetických pojmů), byly splněny.

Při porovnávání efektivity výuky prostřednictvím vytvořené didaktické hry a klasické frontální výuky s otázkami, nebyl z hlediska krátkodobých znalostí zaznamenán rozdíl. Žáci po didaktické hře i žáci po frontální výuce se signifikantně zlepšili a dosahovali v prvním post-testu podstatně lepších výsledků oproti pre-testu. Výrazně lepších výsledků dosáhli především ti žáci, kteří uvádí jako oblíbený předmět biologii či jiný přírodovědný předmět a žáci s jedničkou z biologie na posledním vysvědčení. Výrazně lépe na tom byli i žáci s dobrým vztahem k biologii oproti žákům se špatným vztahem k biologii a žáci, kteří se po gymnáziu chtějí věnovat biologii dále oproti těm, kteří to v plánu nemají. Rozdíly ve výsledcích v opožděném post-testu byly dány školou, případně následnou výukou, nikoli metodou výuky. Proto nebyly dále opožděné post-testy do testování zahrnuty.

Jako nejproblematictější pojem v post-testu se u žáků jevil pojem chromozom. U tohoto pojmu jako u jediného nedošlo k signifikantnímu zlepšení mezi pre-testem a post-testem. Naopak pojmy gen a DNA dělaly žákům nejmenší problém v porovnání s ostatními pojmy – v pre-testu i post-testu.

Diplomová práce také ověřila poznatek mnoha studií, že problematické pro žáky je především vysvětlení souvislostí mezi pojmy. Žáci v otázkách zaměřených na vysvětlení souvislostí mezi trojicemi pojmů získali výrazně méně bodů než za definice jednotlivých pojmů.

V práci byly také objeveny mnohé opakující se miskoncepce. Bylo by tedy zajímavé na tuto práci z tohoto hlediska navázat a přinést aktivitu, která by měla za cíl objevit další miskoncepce ve výuce genetiky a ideálně tyto miskoncepce eliminovat.

## 8. Literatura

Sekundární zdroje jsou označeny \*.

Abraham, J. K., Perez, K. E., & Price, R. M. (2014). The Dominance Concept Inventory: A Tool for Assessing Undergraduate Student Alternative Conceptions about Dominance in Mendelian and Population Genetics. *CBE—Life Sciences Education*, 13(2), 349–358. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-08-0160>

*Analogie—ABZ.cz: Slovník cizích slov.* (b.r.). Získáno 4. březem 2020, z <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/analogie>

Awang-Kanak, F., Masnoddin, M., Matawali, A., Daud, M. A., & Jumat, N. R. (2016). Difficulties Experience by Science Foundation Students on Basic Mendelian Genetics Topic: A Preliminary Study. *Transactions on Science and Technology*. 3(1-2), 283 -290.

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84–86. <https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655648>

Cardoso, D. C., Cristiano, M. P., & Arent, C. O. (2009). Development of New Didactic Materials for Teaching Science and Biology: The Importance of the New Education Practices. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 9(1), 1–5. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2009.1.5>

Çimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, 7(3), 61-71.

Cohen, A., Yaakobi, D., Ben-Porat, A., & Chayoth, R. (1989). The effects of biology games on students' anxiety and in their achievement. *International Journal of Science Education*, 11(4), 387–394. <https://doi.org/10.1080/0950069890110403>

\*Cook-Deegan, R. (1994). *The gene wars: Science, politics, and the human genome*. Norton. Ex: Venville, G., & Donovan, J. (2006). Analogies for life: A subjective view of analogies and metaphors used to teach about genes and DNA. *Teaching Science* 52(1), 18-22.



- Didaktická hra a její význam ve vyučování.* (b.r.). Získáno 4. březem 2020,  
z <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/13271/DIDAKTICKA-HRA-A-JEJI-VYZNAM-VE-VYUCOVANI.html/>
- Dougherty, Michael J. (2009). Closing the Gap: Inverting the Genetics Curriculum to Ensure an Informed Public. *The American Journal of Human Genetics*, 85(1), 6–12.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2009.05.010>
- Dougherty, M.J., Pleasants, C., Solow, L., Wong, A., & Zhang, H. (2011). A Comprehensive Analysis of High School Genetics Standards: Are States Keeping Pace with Modern Genetics? *CBE—Life Sciences Education*, 10(3), 318–327.  
<https://doi.org/10.1187/cbe.10-09-0122>
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th-10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 655–674. <https://doi.org/10.1002/tea.20312>
- Florianová, A. (2015). Rostlinné invaze v povědomí studentů vybraných gymnázií. *Scientia in educatione*, 6(2), 74–103.
- Haskel-Ittah, M., & Yarden, A. (2018). Students' Conception of Genetic Phenomena and Its Effect on Their Ability to Understand the Underlying Mechanism. *CBE—Life Sciences Education*, 17(3), 1-9. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-01-0014>
- Haws, L., & Bauer, S. (2001). A Genetics Game. *The American Biology Teacher*, 63(7), 504–512. [https://doi.org/10.1662/0002-7685\(2001\)063\[0504:AGG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1662/0002-7685(2001)063[0504:AGG]2.0.CO;2)
- Chevallard, Y. (1982). Pourquoi la transposition didactique. *IREM d'Aix-Marseille*, 1-16.
- Chráška, M. (2007). *Metody pedagogického výzkumu* (1. vyd). Grada Publishing as.
- Jamieson, A., & Radick, G. (2017). Genetic Determinism in the Genetics Curriculum: An Exploratory Study of the Effects of Mendelian and Weldonian Emphases. *Science & Education*, 26(10), 1261–1290. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9900-8>
- Janík, T. (2018). Od obsahu vzdělávání k žakově znalosti: Kritická místa na cestě do školy a ze školy. *Arnica 8(1)*, 1–8.

- Janštová, V., & Jáč, M. (2015). Výuka molekulární biologie na gymnáziích: Analýza současného stavu a možnosti její podpory. *Scientia in Education*, 6(1), 14–39.
- Johnstone, A. H., & Mahmoud, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), 163–166.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.1980.10668983>
- Kajn D. (2019). Porovnání úrovně zeměpisných znalostí čtyřletých a víceletých gymnázií. *Masarykova univerzita Přírodovědecká fakulta* [Disertační práce].
- Kampourakis, K., & Reiss, M. (2018). *Teaching Biology in Schools: Global Research, Issues, and Trends* (1. vyd). Routledge.
- Kasíková, H. (2005). *Učíme (se) spolupráci spoluprací* (1. vyd). AISIS.
- Kasíková, H. (2016). *Kooperativní učení, kooperativní škola* (Vydání 3., rozšířené a aktualizované). Portál.
- Knippels, Marie-Christine P. J., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39(3), 108–112.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>
- Knippels, Marie-Christine Paulina Josephina. (2002). Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: The yo-yo learning and teaching strategy. *Universiteit Utrecht* [Disertační práce].
- Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195–206. <https://doi.org/10.1080/0950069032000072782>
- Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000). What's in a cell? — Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, 34(3), 129–132.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655702>
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance — Do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177–195. <https://doi.org/10.1080/095006900289949>

- Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, 35(4), 183–189.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655775>
- Miralles, L., Moran, P., Dopico, E., & Garcia-Vazquez, E. (2013). *DNA Re-EvolutionN*: A game for learning molecular genetics and evolution: *DNA Re-EvolutionN*, a Game for Learning Genetics and Evolution. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 41(6), 396–401. <https://doi.org/10.1002/bmb.20734>
- Miskoncepce—ABZ.cz: Slovník cizích slov.* (b.r.). Získáno 4. března 2020, z <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/miskoncepce>
- Newcomb, P., & Riddlesperger, K. (2007). Using Improvisational Theater to Teach Genetics Concepts: *Nurse Educator*, 32(5), 227–230.  
<https://doi.org/10.1097/01.NNE.0000289384.14007.fd>
- Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science Education*, 67(4), 489–508. <https://doi.org/10.1002/sci.3730670406>
- Ozcan, T., Ozgur, S., Kat, A., & Elgun, S. (2014). Identifying and Comparing the Degree of Difficulties Biology Subjects by Adjusting its Reasons in Elementary and Secondary Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 113–122.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.177>
- Pashley, M. (1994). A-level students: Their problems with gene and allele. *Journal of Biological Education*, 28(2), 120–126.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.1994.9655377>
- Prekoncept—ABZ.cz: Slovník cizích slov.* (b.r.). Získáno 4. března 2020, z <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/prekoncept>
- Průcha, J., Walterová, E., & Mareš, J. (2013). *Pedagogický slovník* (7., aktualiz. a rozš. vyd). Portál.

- Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R., & Ayas, A. (2006). A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and Chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 192–202. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>
- Samuel D. (2002). Paměť: Jak ji používáme, ztrácíme a můžeme zlepšit (1. vyd.). Grada Publishing as.
- Shaw, M. K. R., Van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. *Genetics*, 178(3), 1157–1168. <https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194>
- \*Schmidt, K. (1994). Meet genetics' master chefs. *New Scientist*, 1922, 32-35.
- Ex: Venville, G., & Donovan, J. (2006). Analogies for life: A subjective view of analogies and metaphors used to teach about genes and DNA. *Teaching Science* 52(1), 18-22.
- Smith, M. U., & Gericke, N. M. (2013). Mendel in the Modern Classroom. *Science & Education*, 24(1–2), 151–172. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9629-y>
- Stoffova, V. (2016). The Importance of Didactic Computer Games in the Acquisition of New Knowledge. *Future Academy*, 676–688. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2016.11.70>
- Su, T., Cheng, M.-T., & Lin, S.-H. (2014). Investigating the Effectiveness of an Educational Card Game for Learning How Human Immunology Is Regulated. *CBE—Life Sciences Education*, 13(3), 504–515. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-10-0197>
- Tellinghuisen, P., Sexton, J., & Shelvin, R. (2011). Breeding dragons: Investigating Mendelian inheritance. *Science in School*, 18, 40–44.
- The DNA detective game* | [www.scienceinschool.org](http://www.scienceinschool.org). (b.r.). Získáno 4. březem 2020, z <https://www.scienceinschool.org/2011/issue19/detective>
- Thörne, K., Gericke, N. M., & Hagberg, M. (2013). Linguistic Challenges in Mendelian Genetics: Teachers' Talk in Action. *Science Education*, 97(5), 695–722. <https://doi.org/10.1002/sce.21075>

- Tichá, B. N. (2019). Postoj žáků středních škol k biologii. *Univerzita Karlova Přírodovědecká fakulta* [Diplomová práce].
- Treagust, D. F., Harrison, A. G., & Venville, G. J. (1998). Teaching Science Effectively With Analogies: An Approach for Preservice and Inservice Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 85–101.
- Tsui, C.-Y., & Treagust, D. (2003). Learning genetics with computer dragons. *Journal of Biological Education*, 37(2), 96–98.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655859>
- Tvrzová, kap. Alternativní školy in Vališová, A., Kasíková, H., & Bureš, M. (Ed.). (2011). *Pedagogika pro učitele* (2., rozš. a aktualiz. vyd). Grada.
- Venville, G., & Donovan, J. (2006). Analogies for life: A subjective view of analogies and metaphors used to teach about genes and DNA. *Teaching Science* 52(1), 18-22.
- Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031–1055. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199811\)35:9<1031::AID-TEA5>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199811)35:9<1031::AID-TEA5>3.0.CO;2-E)
- Vlckova, J., Kubiátko, M., & Usak, M. (2016). Czech High School Students' Misconceptions About Basic Genetic Concepts: Preliminary Results. *Journal of Baltic Science Education; Šiauliai*, 15(6), 738–745.
- Wallace-Muller K. (2011). The DNA detective game. *Science in School*, 19, 30-35.
- Woody, S., & Himelblau, E. (2013). Understanding & Teaching Genetics Using Analogies. *The American Biology Teacher*, 75(9), 664–669.  
<https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.9.7>

## 9. Přílohy

### 9.1. Seznam příloh

Příloha 1 – Dotazník, pre test: finální verze

Příloha 2 – Dotazník, post test: finální verze

Příloha 3 – Příprava/příručka pro učitele

Příloha 4 – Šlechtitelská příručka

Příloha 5 – Protokol 1

Příloha 6 – Dopis 1

Příloha 7 – Šablona duchů

Příloha 8 – Chromozomy – šablona

Příloha 9 – Ukázka konkrétních chromozomů ke hře

Příloha 10 – Pojmy

Příloha 11 – Definice pojmů

Příloha 12 – Definice pojmů v rámci hry

Příloha 13 – Souhrn pojmů s definicemi

Příloha 14 – Protokol 2

Příloha 15 – Dopis 2

Příloha 16 – Protokol 3

Příloha 17 – Dopis 3

Příloha 18 – Autorské řešení Protokolu 1, první typ ducha

Příloha 19 – Autorské řešení Protokolu 1, druhý typ ducha

Příloha 20 – Autorské řešení Protokolu 1, třetí typ ducha

Příloha 21 – Autorské řešení Protokolu 2

Příloha 22 – Autorské řešení Protokolu 3

Příloha 23 – Příprava k frontální výuce

Příloha 24 – Presentace k frontální výuce

Příloha 25 – Dotazník: předfinální verze

## 9.2. Příloha 1 - Dotazník, pre test: finální verze

### Genetika na středních školách

Dobrý den, moje jméno je Kateřina Lišková a studuji obor Učitelství biologie pro střední školy na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Prosím Vás o vyplnění dotazníku ke své diplomové práci, která se zabývá výukou Mendelovské dědičnosti. Dotazník je anonymní a bude použit pouze pro výzkumné účely. Datum narození bude sloužit pouze pro spárování různých dotazníků jedné osoby. Účast je dobrovolná.

Moc děkuji.

Datum:

Škola:

Třída:

Datum narození:

#### ČÁST A (vypište nebo zaškrtněte)

- 1) Vaše pohlaví: muž  žena
- 2) Vaše 3 nejoblíbenější předměty (seřadte je od nejoblíbenějšího): .....
- 3) Známa z biologie na posledním vysvědčení:

1  2  3  4  5

Do jaké míry souhlasíte s následujícími tvrzeními? (zaškrtněte)

- |  | Ano                      | Spíše ano                | Spíše ne                 | Ne                       | Nevím                    |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4) K biologii mám dobrý vztah.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) Biologii se plánuji věnovat i po gymnáziu   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) Vypište aktivity, které jste kdy v hodinách biologie dělali kromě výkladu a psaní poznámek: |                          |                          |                          |                          |                          |

#### ČÁST B - Všechny následující pojmy se týkají dědičnosti. (vypište nebo zaškrtněte)

- 1) Setkal/a jste se s pojmem **gen**? Ano  Ne  **Pokud ne, přejděte na ot. 2**

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu gen?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem gen druhému člověku?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Pokuste se pojem gen co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

- 2) Setkal/a jste se s pojmem **DNA**? Ano  Ne  **Pokud ne, přejděte na ot. 3**

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu DNA?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem DNA druhému člověku?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Pokuste se pojem DNA co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):



3) Setkal/a jste se s pojmem **alela**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 4***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu alela?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem alela druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem alela co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

4) Setkal/a jste se s pojmem **homozygot**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 5***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu homozygot?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem homozygot druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem homozygot co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

5) Setkal/a jste se s pojmem **heterozygot**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 6***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu heterozygot?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem heterozygot druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem heterozygot co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

6) Setkal/a jste se s pojmem **chromozom**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 7***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu chromozom?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem chromozom druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem chromozom co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

7) Setkal/a jste se s pojmem **genotyp**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 8***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu genotyp?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem genotyp druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem genotyp co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....

8) Setkal/a jste se s pojmem **fenotyp**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 9***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu fenotyp?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem fenotyp druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem fenotyp co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....

9) Setkal/a jste se s pojmem **recesivita**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 10***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu recesivita?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem recesivita druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem recesivita co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....

10) Setkal/a jste se s pojmem **dominance**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na část C***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu dominance?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem dominance druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem dominance co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....

ČÁST C

1) Co nejpřesněji vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **alela, genotyp, fenotyp**:

.....  
.....  
.....

2) Co nejpřesněji vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **chromozóm, gen, alela**:

.....  
.....  
.....

3) Co nejpřesněji vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **gen, genotyp, DNA**:

.....  
.....  
.....

ČÁST D

**Křížíte dvě květiny s červenými květy (obě Aa):** alela pro červenou barvu (A) je úplně dominantní, alela pro bílou barvu (a) je recesivní. Jakou barvu květů budou mít květiny v následující generaci? Níže rozepište postup křížení a výsledek:

Počet červených rostlin: .....  
Počet bílých rostlin: .....  
Fenotypový štěpný poměr: .....  
Genotypový štěpný poměr: .....

### 9.3. Příloha 2 - Dotazník, post test: finální verze

#### Genetika na středních školách

Dobrý den, moje jméno je Kateřina Lišková a studuji obor Učitelství biologie pro střední školy na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Prosím Vás o vyplnění dotazníku ke své diplomové práci, která se zabývá výukou Mendelovské dědičnosti. Dotazník je anonymní a bude použit pouze pro výzkumné účely. Datum narození bude sloužit pouze pro spárování různých dotazníků jedné osoby. Účast je dobrovolná.

Moc děkuji.

Datum:

Škola:

Třída:

Datum narození:

---

#### ČÁST A (vypište nebo zaškrtněte)

1) Vaše pohlaví: muž  žena

#### ČÁST B - Všechny následující pojmy se týkají dědičnosti. (vypište nebo zaškrtněte)

1) Setkal/a jste se s pojmem **gen**? Ano  Ne  **Pokud ne, přejděte na ot. 2**

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu gen?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem gen druhému člověku?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Pokuste se pojem gen co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....

2) Setkal/a jste se s pojmem **DNA**? Ano  Ne  **Pokud ne, přejděte na ot. 3**

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu DNA?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem DNA druhému člověku?

Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Pokuste se pojem DNA co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....

3) Setkal/a jste se s pojmem **alela**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 4***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu alela?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem alela druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem alela co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

4) Setkal/a jste se s pojmem **homozygot**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 5***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu homozygot?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem homozygot druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem homozygot co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

5) Setkal/a jste se s pojmem **heterozygot**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 6***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu heterozygot?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem heterozygot druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem heterozygot co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

6) Setkal/a jste se s pojmem **chromozom**?                      Ano                       Ne                       ***Pokud ne, přejděte na ot. 7***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu chromozom?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem chromozom druhému člověku?

Ano                       Spíše ano                       Spíše ne                       Ne

Pokuste se pojem chromozom co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

7) Setkal/a jste se s pojmem **genotyp**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 8***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu genotyp?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem genotyp druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem genotyp co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

8) Setkal/a jste se s pojmem **fenotyp**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 9***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu fenotyp?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem fenotyp druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem fenotyp co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

9) Setkal/a jste se s pojmem **recesivita**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 10***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu recesivita?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem recesivita druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem recesivita co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

10) Setkal/a jste se s pojmem **dominance**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na část C***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“): .....

Myslíte si, že rozumíte pojmu dominance?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem dominance druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne       Ne

Pokuste se pojem dominance co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětľujete Marťanovi):

.....  
.....

ČÁST C

1) Co nejpřesněji vysvětlíte, jak spolu souvisí pojmy **alela, genotyp, fenotyp**:

.....  
.....  
.....

2) Co nejpřesněji vysvětlíte, jak spolu souvisí pojmy **chromozóm, gen, alela**:

.....  
.....  
.....

3) Co nejpřesněji vysvětlíte, jak spolu souvisí pojmy **gen, genotyp, DNA**:

.....  
.....  
.....

ČÁST D

**Křížíte dvě květiny s červenými květy (obě Aa):** alela pro červenou barvu (A) je úplně dominantní, alela pro bílou barvu (a) je recesivní. Jakou barvu květů budou mít květiny v následující generaci? Níže rozepište postup křížení a výsledek:

Počet červených rostlin: .....

Počet bílých rostlin: .....

Fenotypový štěpný poměr: .....

Genotypový štěpný poměr: .....

## 9.4. Příloha 3 – Příručka/příprava pro učitele

### PŘÍPRAVA PRO UČITELE – DIDAKTICKÁ HRA

#### *Téma:*

- Základní principy dědičnosti a Mendelovy zákony

#### *Cílová skupina:*

- Žáci vyššího stupně gymnázia

#### *Cíle:*

- Žáci vyřeší početní příklady Mendelovské genetiky
- Žáci vysvětlí pojmy gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance a souvislosti mezi nimi
- Žáci spolupracují ve skupině a hledají společné řešení

#### *Opěrné pojmy:*

- Mitóza, meióza, buňka

#### *Nově utvářené pojmy:*

- Gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance

#### *Časová náročnost:*

- Dvě vyučovací hodiny – pokud je hra pojata jako náhrada za výuku základů principů dědičnosti a Mendelových zákonů<sup>2</sup>

#### *Materiály:*

- Šlechtitelská příručka, Dopis 1, Šablony duchů, Chromozomy, Protokol 1, Tři balíčky kartiček - černý (pojmy), zelený (definice), červený (definice v rámci hry), Dopis 2, Protokol 2, Dopis 3, Protokol 3

#### *Průběh:*

##### **První vyučovací hodina (45 min)**

- Zaměřena na základní principy dědičnosti a pojmy (gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance)
- Materiály:
  - o Příručka šlechtitele
  - o Dopis 1
  - o Šablony duchů
  - o Chromozomy
  - o Protokol 1
  - o Tři balíčky kartiček: černý (pojmy), zelený (definice), červený (definice v rámci hry)
- Úvod (10 min)
  - o Učitel rozdělí žáky na skupiny po třech. V případě, že není počet žáků ve třídě dělitelný třemi, mohou být zbylí žáci ve dvojicích.
  - o Každá trojice (příp. dvojice) představuje pobočku Šlechtitelské stanice. Učitel přiřadí každé pobočce číslo (Pobočka 1, Pobočka 2, atd.)

---

<sup>2</sup> Pokud je hra pojata jako opakování základních principů dědičnosti a Mendelových zákonů, bude časová náročnost nižší (cca jednu vyučovací hodina)



- Každá pobočka od učitele obdrží Příručku šlechtitele, která představuje návod k řešení jednotlivých problémů. Všichni si tuto Příručku šlechtitele ve skupině přečtou až do bodu 10.
- Po přečtení Příručky šlechtitele obdrží každý žák svůj Protokol 1, do kterého bude následně psát.
- Každá pobočka obdrží obálku, v které je Dopis 1, šablony duchů a chromozomy.

#### Řešení Dopisu 1 (10 min)

- Žáci si rozbali obálku a snaží se co nejrychleji vyřešit úkol z Dopisu 1 - k řešení jim pomůže Příručka šlechtitele. Řešení zapisují do Protokolu 1.
  - Učitel kontroluje práci žáků, případně pokud není něco někomu jasné, vysvětlí mu to nebo ho navede správným směrem.
  - Pobočka, která vyřeší úkol v Dopise 1, se přihlásí a dá o sobě vědět. Mezitím, co pobočka s hotovým úkolem čeká na dokončení úkolu u jiných skupin, sklízí dopis a chromozomy zpátky do obálky. Je na vyučujícím, jak dlouho chce na ostatní čekat.
- Kontrola řešení Dopisu 1 a ocenění (5 min)
    - Učitel společně se třídou kontroluje řešení Dopisu 1 a vysvětluje nejasnosti.
    - Nejrychlejší pobočka je odměna dle úsudku učitele – sladká odměna, jednička, body...
  - Společné přiřazování pojmů prostřednictvím kartiček (10 min)
    - Každá pobočka obdrží 3 balíčky kartiček (černý, červený a zelený). Všechny tyto kartičky si vyskládají na lavici.
    - Učitel společně s žáky k sobě přiřazuje kartičky (vždy k sobě patří trojice kartiček – z každé barvy jedna. Výjimkou je DNA, u které jsou pouze kartičky dvě – černá a červená, zelená chybí, protože s tímto pojmem se během hry nějak nepracuje) a vysvětluje jednotlivé pojmy
  - Soutěž v přiřazování pojmů prostřednictvím kartiček (5 min)
    - Žáci si promíchají všechny kartičky dohromady a na pokyn učitele je musí správně poskládat.
    - Nejrychlejší pobočka je odměna dle úsudku učitele – sladká odměna, jednička, body...
  - Shrnutí a prostor na dotazy (5 min)
    - Krátké shrnutí – co je třeba si zapamatovat, co si mají žáci z hodiny odnést.
      - Vysvětlit pojmy: *gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance.*
      - Popsat rozdíl mezi genem a alelou.
      - Popsat, jak se projeví jednotlivé alely v různých kombinacích (např. gen pro kudrnaté vlasy V/v – které kombinace alel mohou nastat pro kudrnaté vlasy a jaké pro rovné vlasy).
    - Žáci jsou vyzváni k dotazům.

## **Druhá vyučovací hodina (45 min)**

- Zaměřena na Mendelovy zákony
- Materiály:
  - Příručka šlechtitele
  - Dopis 2
  - Protokol 2
  - Dopis 3
  - Protokol 3
  
- Úvod (5 min)
  - Učitel rozdělí žáky na skupiny po třech. V případě, že není počet žáků ve třídě dělitelný třemi, mohou být zbylí žáci ve dvojicích. Trojice mohou mít jiné složení než v předchozí vyučovací hodině.
  - Každá skupina představuje pobočku Šlechtitelské stanice. Učitel přiřadí každé pobočce číslo (Pobočka 1, Pobočka 2, atd.)
  - Každá pobočka od učitele obdrží Příručku šlechtitele, která představuje návod k řešení jednotlivých problémů. Všichni si tuto Příručku šlechtitele ve skupině proctou od bodu 10 do bodu 13.
  - Po přečtení Příručky šlechtitele obdrží každý žák svůj Protokol 2, do kterého bude následně psát.  
Každá pobočka obdrží obálku s Dopisem 2.
- Řešení Dopisu 2 (10 min)
  - Žáci si rozbalí obálku a snaží se co nejrychleji vyřešit úkol z Dopisu 2 - k řešení jim pomůže Příručka šlechtitele. Řešení zapisují do Protokolu 2.
  - Učitel kontroluje práci žáků, případně pokud není něco někomu jasné, vysvětlí mu to nebo ho navede správným směrem.
  - Pobočka, která vyřeší úkol v Dopise 2, se přihlásí a dá o sobě vědět.
- Kontrola řešení dopisu 2 a ocenění (5 min)
  - Učitel společně se třídou kontroluje řešení Dopisu 2 a vysvětluje nejasnosti.
  - Nejrychlejší pobočka je odměna dle úsudku učitele – sladká odměna, jednička, body...
- Řešení Dopisu 3 (10 min)
  - Každá pobočka obdrží obálku s Dopisem 2. Každý žák dostane svůj Protokol 3, do kterého bude následně psát.
  - Žáci si rozbalí obálku a snaží se co nejrychleji vyřešit úkol z Dopisu 3 - k řešení jim pomůže Příručka šlechtitele. Řešení zapisují do Protokolu 3.
  - Učitel kontroluje práci žáků, případně pokud není něco někomu jasné, vysvětlí mu to nebo ho navede správným směrem.
  - Pobočka, která vyřeší úkol v Dopise 3, se přihlásí a dá o sobě vědět.
- Kontrola řešení Dopisu 3 a ocenění (5 min)
  - Učitel společně se třídou kontroluje řešení Dopisu 3 a vysvětluje nejasnosti.
  - Nejrychlejší pobočka je odměna dle úsudku učitele – sladká odměna, jednička, body...

- Mendelovy zákony vs. realita (5 min)
  - Žáci jsou důrazně upozorněni na to, jak se tato didaktická hra liší od reality.
  - Zmíněna je:
    - **polygenní dědičnost** – Na vzniku znaku se podílí větší množství genů (2 a více), jde většinou o geny malého účinku (minorgeny). Např. tělesná výška.
    - **multifaktoriální dědičnost** – Na vzniku znaku se podílí vedle genů i vliv vnějšího prostředí. Např. styl života ovlivňující kardiovaskulární choroby.
    - **možnost vícero alel** – Gen má více než 2 alely. Např. ABO systém u krevních skupin (alela A, alela B a alela 0).
    - **neúplná dominance** – Fenotyp heterozygotů se liší od fenotypu homozygotů, dominantní alela potlačí projev recesivní alely jen částečně. Např. barva květu u hledíku, kdy dominantní homozygot má červené květy, recesivní homozygot má bílé květy a heterozygot má květy růžové.
    - **kodominance** – Fenotyp heterozygotů se liší od fenotypu homozygotů, ve fenotypu heterozygota se projevují obě alely stejnocenně. Např. alely A a B mají vztah kodominance a heterozygot má krevní skupinu AB (má na membráně buněk antigeny A i B).
    - **gonozomální dědičnost** – Geny určující znak jsou na pohlavních chromozomech. Např. hemofilie (chorobu způsobuje recesivní alela na chromozomu X).
    - **epigenetika** – Změny ve fenotypu, které nejsou dané změnou nukleotidové sekvence. Např. metylace DNA.
- Shrnutí a prostor na dotazy (5 min)
  - Krátké shrnutí – co je třeba si zapamatovat, co si mají žáci z hodiny odnést.
    - Křížení jednoho znaku i dvou znaků současně.
    - Určení genotypového a fenotypového poměru.
  - Žáci jsou vyzváni k dotazům.

## Příručka šlechtitele

### Základní informace

- Duchové mají stejně jako lidé 2 sady chromozomů.  
*Potomek totiž vznikne splynutím 2 pohlavních buněk – spermie a vajíčka. Obě tyto pohlavní buňky mají genetickou informaci uloženou v DNA v chromozomech, každá pohlavní buňka má 1 sadu chromozomů (vajíčko má 1 sadu chromozomů a spermie má také 1 sadu chromozomů) a když se tyto buňky spojí, máme potomka se 2 sadami chromozomů – jedna sada chromozomů je od matky a druhá sada chromozomů je od otce.*
- V případě duchů je červená sada chromozomů (=červené papírky) zděděná od matky a modrá sada chromozomů (modré papírky) od otce.
- Kartičky duchů slouží jako šablona požadovaných duchů, dokreslují se dle jejich dědičné informace. Odevzdává se takový počet kartiček, jaký je požadavek na počet duchů.
- Z hlediska šlechtitelství jsou u duchů zásadní 4 znaky na 4 chromozomech.
- Na každém chromozomu je u duchů zakódována dědičná informace pro jeden znak. Konkrétní dědičná informace je označena konkrétním písmenem, které může být buď malé, nebo velké podle verze informace.

### Sledované znaky duchů

- Tato písmena značí následující:

OZNAČENÍ DĚDIČNÉ INFORMACE	ZNAK
<b>U</b>	<b>oválné uši</b>
<b>u</b>	<b>trojúhelníkové uši</b>
<b>V</b>	<b>kudrnaté vlasy</b>
<b>v</b>	<b>rovné vlasy</b>
<b>P</b>	<b>přítomnost pih</b>
<b>p</b>	<b>nepřítomnost pih</b>
<b>Ř</b>	<b>přítomnost řas</b>
<b>ř</b>	<b>nepřítomnost řas</b>

- Protože duchové mají 2 sady chromozomů (viz. bod 1), mají pro každý znak dva úseky dědičné informace. Mají tedy každé písmeno 2x (jedno zděděné od matky a druhé zděděné od otce).
- Mohou u nich nastat tři různé kombinace písmen pro konkrétní znak:
  - obě písmena budou velká
  - obě písmena budou malá
  - jedno písmeno bude malé a jedno písmeno velké

Projevy jednotlivých úseků dědičné informace pro jeden znak

9. Tabulka níže ukazuje, jak tyto kombinace určí vzhled ducha:

DĚDIČNÁ INFORMACE	VZHLED
<b>UU, Uu</b>	<b>oválné uši</b>
<b>uu</b>	<b>trojúhelníkové uši</b>
<b>VV, Vv</b>	<b>kudrnaté vlasy</b>
<b>vv</b>	<b>rovné vlasy</b>
<b>PP, Pp</b>	<b>přítomnost pih</b>
<b>pp</b>	<b>nepřítomnost pih</b>
<b>ŘŘ, Řř</b>	<b>přítomnost řas</b>
<b>řř</b>	<b>nepřítomnost řas</b>

10. Z tabulky výše plyne, že informace, která je znázorněna velkým písmenem se projeví vždy, pokud je přítomna. Informace znázorněná malým písmenem se projeví, pouze pokud není přítomna informace zapisovaná velkým písmenem.

Křížení (množení) duchů

11. Pokud křížíme duchy, obvykle nám vyjde **více možných kombinací** dědičné informace a vzhledu potomků.
12. Při sledování 2 znaků současně (2 úseků dědičné informace) vycházíme z toho, že znaky (úseky dědičné informace) na sebe nejsou nijak vázány, mohou se volně kombinovat každá verze s každou (viz meióza). V případě dvou rodičů, kteří mají v obou znacích obě varianty úseků dědičné informace – velké i malé písmeno (tedy např. pro znaky U, P - matka UuPp a otec také UuPp), nastává tato situace:

	<b>UP</b>	<b>Up</b>	<b>uP</b>	<b>up</b>
<b>UP</b>	UUPP	UUPp	UuPP	UuPp
<b>Up</b>	UUPp	UUpp	UuPp	Uupp
<b>uP</b>	UuPP	UuPp	uuPP	uuPp
<b>up</b>	UuPp	Uupp	uuPp	uupp

- Do prvního řádku (šedá políčka) se píše všechny kombinace úseků dědičné informace pro oba znaky (zde uši a pihatost) jednoho rodiče a do prvního sloupce (šedá políčka) se píše všechny kombinace úseků dědičné informace pro oba znaky (zde uši a pihatost) druhého rodiče.
- Do 16 bílých polí napíšeme kombinace dědičných informací matky (opíšeme obě písmena z prvního políčka daného sloupce) a otce (opíšeme obě písmena z prvního políčka daného řádku).
- Pro přehlednost se vždy píše v rámci jednoho znaku jako první velké písmeno (tzn. Pp, nikoli pP).

13. Je doporučeno si souhrnně vypsát všechny možné kombinace a jejich počet.

## 9.6. Příloha 5 – Protokol 1

### Protokol šlechtění 1

1. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce napište jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po otci a do třetího sloupce jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po matce.

	<b>Zděděné informace po otci</b>	<b>Zděděné informace po matce</b>
<b>Tvar uší (U/u)</b>		
<b>Tvar vlasů(V/v)</b>		
<b>Pihatost (P/p)</b>		
<b>Řasy (Ř/ř)</b>		

2. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce opište písmena z předchozí tabulky, do třetího sloupce zapište vzhled ducha dle dědičné informace (pomůže vám k tomu tabulka z Příručky šlechtitele, bod 8).

	<b>DĚDIČNÁ INFORMACE</b>	<b>VZHLED</b>
<b>Tvar uší (U/u)</b>		
<b>Tvar vlasů(V/v)</b>		
<b>Pihatost (P/p)</b>		
<b>Řasy (Ř/ř)</b>		

3. Dle předchozí tabulky vytvořte duchy pomocí šablon (počet dle potřeby Centrálního prodeje duchů).

## 9.7. Příloha 6 - Dopis 1

*Odesílatel: Centrální prodej duchů České republiky*

*Doručovatel: Šlechtitelská stanice duchů, pobočka 1*

Dobrý den,

Došlo k vyprodání několika nejoblíbenějších druhů duchů. Lidé nyní duchy nakupují jako pobláznění a jejich poptávka převyšuje naši nabídku. Prosíme tedy o znovu vyšlechtění těchto oblíbených druhů duchů.

Duchy bohužel potřebujeme vyšlechtit co nejrychleji, abychom zákazníkům vyšli vstříc. Posíláme proto tuto žádost všem pobočkám Šlechtitelské stanice duchů ČR. Pobočka, která nám duchy vyšlechtí nejdříve, získá 50% zisk z prodeje jejich vytvořených duchů a titul *Zlaté pobočky*.

Vedle dopisu posíláme z genetické banky zděděné chromozomy těchto požadovaných duchů s připnutou číslicí, která vyjadřuje počet duchů, které potřebujeme.

Moc děkujeme za spolupráci.

Ing. Ivan Duchový – ředitel Centrálního prodeje duchů České republiky

9.8. Příloha 7 – Šablona duchů



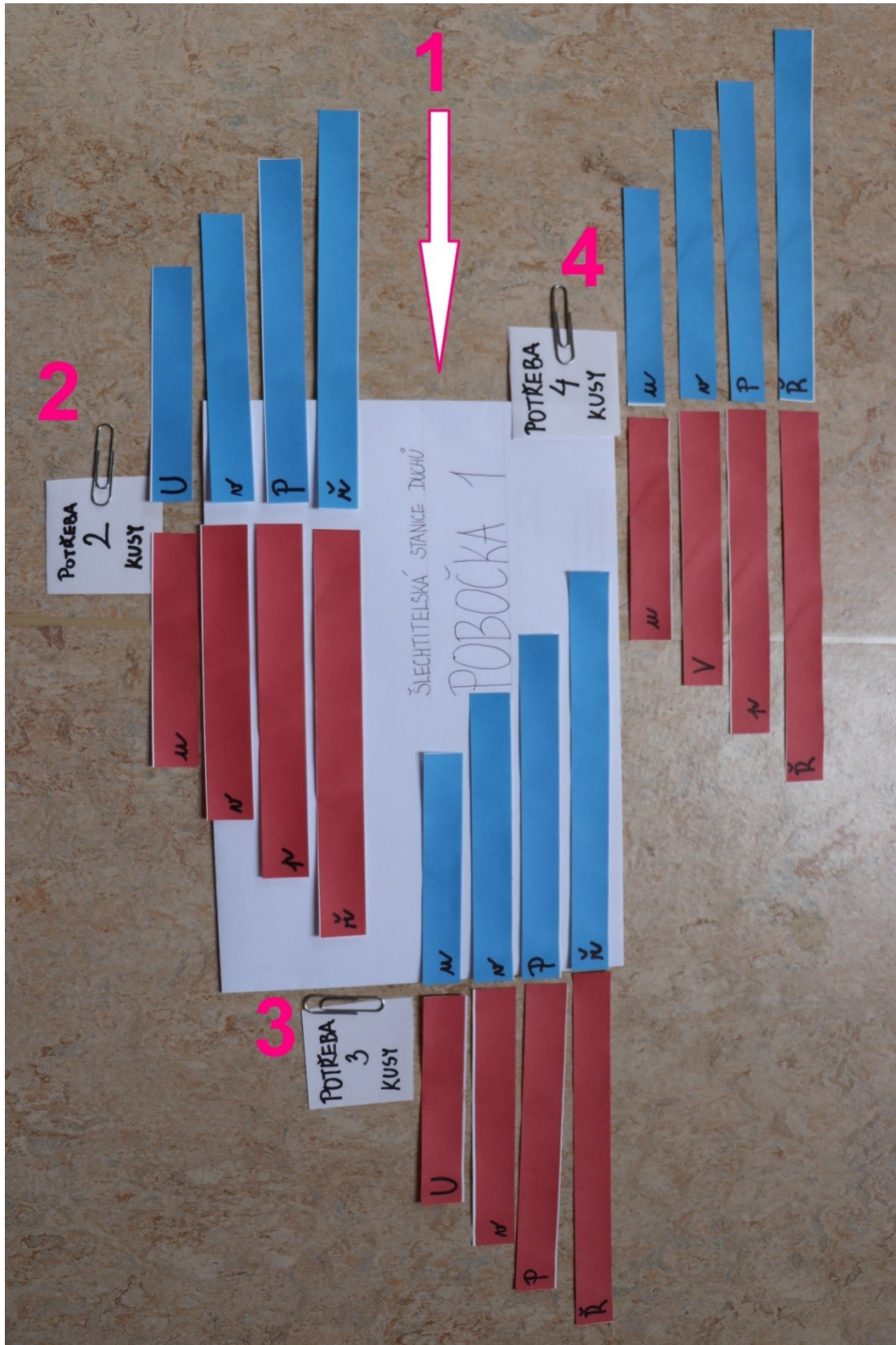


9.9. Příloha 8 – Chromozomy - šablona



9.10. Příloha 9 – Ukázka konkrétních chromozomů ve hře

Popis obrázku je na následující straně.



**Popis obrázku Příloha 9, ukázka konkrétních chromozomů ve hře:**

1 – obálka, v které má každá pobočka Dopis 1, šablony duchů (v tomto případě minimálně 9 kusů) a tři balíčky chromozomů s připnutým lístečkem vyjadřující počet duchů, které je třeba vyšlechtit.

2 – konkrétní chromozomy prvního typu ducha, kterého jsou potřeba dva kusy.

3 – konkrétní chromozomy druhého typu ducha, kterého jsou potřeba tři kusy.

4 – konkrétní chromozomy třetího typu ducha, kterého jsou potřeba čtyři kusy.

9.11. Příloha 10 – Pojmy

**GEN**

**DNA**

**ALELA**

**HOMOZYGOT**

**HETEROZYGOT**

**CHROMOZOM**

**GENOTYP**

**FENOTYP**

**DOMINANCE**

**RECESIVITA**

9.12. Příloha 11 – Definice

**Úsek dědičné informace, který něco kóduje**

**Deoxyribonukleová kyselina - molekula uchovávající dědičnou informaci**

**Konkrétní varianta genu**

**Jedinec, u kterého je sledovaný znak kódován pouze jedním typem alely**

**Soubor všech genů organismu**

**Jedinec, u kterého je sledovaný znak kódován dvěma různými alelami**

**Soubor všech znaků organismu**

**Buněčná struktura v jádře tvořená DNA a proteiny zajišťující snazší rozdělení DNA do dceřiných buněk**

**Vztah mezi alelami, kdy dominantní alela zcela převáží projev recesivní alely**

**Vztah mezi alelami, při kterém je projev recesivní alely přebit projevem dominantní alely**

### 9.13. Příloha 12 – Definice v rámci hry

**Písmeno na papírku obecně**

**Konkrétní varianta písmene - velké nebo malé písmeno, např. U/u**

**Duch se stejnými variantami dědičné informace pro jedno písmeno, např. UU nebo uu**

**Duch s různými variantami dědičné informace pro jedno písmeno, např. Uu**

**U**

**Celková dědičná informace ducha, např. UuvvPpŘŘ**

**Celkový vzhled ducha, např. oválné uši, rovné vlasy, přítomnost pih, přítomnost řas**

**Varianta dědičné informace, která se vždy projeví, např. U**

**Varianta dědičné informace, která se projeví pouze pokud je u daného znaku přítomna sama (není přítomna jiná varianta), např.u**

## 9.14. Příloha 13 – Souhrn definic

GEN	Písmeno na papírku obecně	Úsek dědičné informace, který něco kóduje
DNA		Deoxyribonukleová kyselina – molekula uchovávající dědičnou informaci.
ALELA	Konkrétní varianta písmene - velké nebo malé písmeno, např. U/u	Konkrétní varianta genu
HOMOZYGOT	Duch se stejnými variantami dědičné informace pro jedno písmeno, např. UU nebo uu	Jedinec, u kterého je sledovaný znak kódován pouze jedním typem alely
HETEROZYGOT	Duch s různými variantami dědičné informace pro jedno písmeno, např. Uu	Jedinec, u kterého je sledovaný znak kódován dvěma různými alelami
CHROMOZOM	<b>U</b>	Struktura v jádře tvořená DNA a proteiny zajišťující snazší rozdělení DNA do dceřiných buněk
GENOTYP	Celková dědičná informace ducha, např. UuvvPpŘŘ	Soubor všech genů organismu
FENOTYP	Celkový vzhled ducha, např. oválné uši, rovné vlasy, přítomnost pih, přítomnost řas	Soubor všech znaků organismu
DOMINANCE	Varianta dědičné informace, která se vždy projeví, např. U	Vztah mezi alelami, kdy dominantní alela zcela převáží projev recesivní alely
RECESIVITA	Varianta dědičné informace, která se projeví pouze pokud je u daného znaku přítomna sama (není přítomna jiná varianta), např. u	Vztah mezi alelami, při kterém je projev recesivní alely přebit projevem dominantní alely

## 9.15. Příloha 14 – Protokol 2

### Protokol šlechtění 2

#### Duch XCR009:

Vyplňte tabulku a zjistěte podle ní, jaké uši má duch. Poté dokreslete šablonu ducha.  
Pomocť může Příručka šlechtitele, bod 11.


Duch má ..... uši.

#### Duch KDT786:

Vyplňte tabulku a zjistěte podle ní, zda je duch pihatý či nikoli. Poté dokreslete šablonu ducha.  
Pomocť může Příručka šlechtitele, bod 11.


Duch je .....



## 9.16. Příloha 15 – Dopis 2

*Odesílatel: Genetická banka ČR, oddělení genetická banka duchů*

*Adresát: Šlechtitelská stanice duchů, pobočka 1*

Dobrý den,

interně se s Vámi chci podělit o své obavy. Někdo se naboural do našeho systému genetické banky a ztratily se tak údaje o dědičných informacích a vzhledu dvou typů duchů – konkrétně jde o duchy XCR009 a KDT786.

### Duch XCR009:

Víme, že je pihatý (Pp), nemá řasy (řř) a má kudrnaté vlasy (VV). Neví se však, jaké má uši.

Naštěstí jsou k dispozici dědičné informace rodičů pro tvar uší:

Matka UU a otec uu

### Duch KDT786:

Víme, že nemá řasy (řř), má kudrnaté vlasy (VV) a oválné uši (UU). Neví se však, zda je nebo není pihatý.

Naštěstí jsou k dispozici dědičné informace rodičů pro přítomnost pih:

Matka Pp a otec Pp

Prosíme tak všechny pobočky Šlechtitelské stanice duchů ČR o pomoc při křížení rodičů za účelem zjištění možného vzhledu všech potomků daných rodičů. Děkujeme. Pobočka, která nejdříve přijde na to, jak duchové vypadají, dostane titul *Pobočka roku*.

S pozdravem

Mgr. Dagmar Genetická – vedoucí oddělení genetické banky duchů

### 9.17. Příloha 16 – Protokol 3

#### Protokol šlechtění 3

Pomocí tabulky zjistěte všechny možné kombinace potomků. Oba rodiče mají dědičnou informaci Řř a Vv.

Pomůžte Vám příručka šlechtitele, bod 12.


Počet duchů s řasami a s kudrnatými vlasy v tabulce: .....

Počet duchů bez řas a s kudrnatými vlasy v tabulce: .....

Počet duchů s řasami a s rovnými vlasy: .....

Počet duchů bez řas a s rovnými vlasy: .....

Poměr možných kombinací vzhledů potomka:

.....

## 9.18. Příloha 17 – Dopis 3

*Odesílatel: Odesílatel: Centrální prodej duchů České republiky*

*Adresát: Šlechtitelská stanice duchů, pobočka*

Dobrý den,

za posledních několik měsíců se prodává pouze duch AST888. Je u zákazníků velmi oblíbený pro své krásné extrémně dlouhé řasy, které žádný jiný vyšlechtěný duch nikdy neměl. Bohužel jeho nevýhodou jsou jeho až příliš kudrnaté vlasy.

Zajímalo by nás, zda potomek těchto dvou duchů může mít jak tyto dlouhé řasy, tak rovné vlasy? Krom toho žádáme o zjištění všech kombinací potomků, které lze křížením tohoto oblíbeného ducha získat.

V úvahu berte pouze dědičnou informaci pro již zmíněné znaky: řasy a vlasy.

**Oba rodiče** (duchové AST888) mají dědičnou informaci **Řř** a **Vv**.

Pobočka, která nám tuto informaci jako první poskytne, získá ocenění *Hlavní pobočky Šlechtitelské stanice duchů ČR*.

Moc děkujeme za spolupráci.

Ing. Ivan Duchový – ředitel Centrálního prodeje duchů České republiky

9.19. Příloha 18 – Autorské řešení Protokolu 1, první typ ducha

**Protokol šlechtění 1**

1. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce napište jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po otci a do třetího sloupce jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po matce.

	Zděděné informace po otci	Zděděné informace po matce
Tvar uší (U/u)	U	u
Tvar vlasů(V/v)	v	v
Pihatost (P/p)	P	p
Řasy (Ř/ř)	ř	ř

2. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce opište písmena z předchozí tabulky, do třetího sloupce zapište vzhled ducha dle dědičné informace (pomůže vám k tomu tabulka z příručky šlechtitele, bod 8).

	DĚDIČNÁ INFORMACE	VZHLED
Tvar uší (U/u)	Uu	oválné
Tvar vlasů(V/v)	vv	rovné
Pihatost (P/p)	Pp	pihy
Řasy (Ř/ř)	řř	bez řas

3. Dle předchozí tabulky vytvořte duchy pomocí šablon (počet dle potřeby Centrálního prodeje duchů).



9.20. Příloha 19 – Autorské řešení Protokolu 1, druhý typ ducha

**Protokol šlechtění 1**

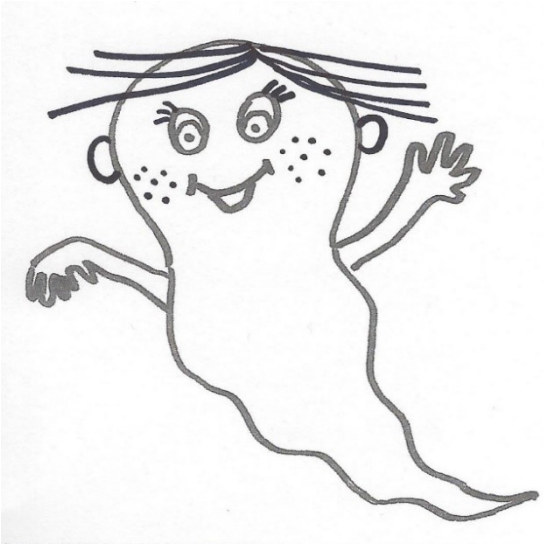
1. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce napište jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po otci a do třetího sloupce jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po matce.

	<b>Zděděné informace po otci</b>	<b>Zděděné informace po matce</b>
<b>Tvar uší (U/u)</b>	<b>u</b>	<b>U</b>
<b>Tvar vlasů(V/v)</b>	<b>v</b>	<b>V</b>
<b>Pihatost (P/p)</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Řasy (Ř/ř)</b>	<b>ř</b>	<b>Ř</b>

2. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce opište písmena z předchozí tabulky, do třetího sloupce zapište vzhled ducha dle dědičné informace (pomůže vám k tomu tabulka z příručky šlechtitele, bod 8).

	<b>DĚDIČNÁ INFORMACE</b>	<b>VZHLED</b>
<b>Tvar uší (U/u)</b>	<b>uU</b>	<b>oválné</b>
<b>Tvar vlasů(V/v)</b>	<b>vv</b>	<b>rovné</b>
<b>Pihatost (P/p)</b>	<b>PP</b>	<b>pihy</b>
<b>Řasy (Ř/ř)</b>	<b>řŘ</b>	<b>řasy</b>

3. Dle předchozí tabulky vytvořte duchy pomocí šablon (počet dle potřeby Centrálního prodeje duchů).



9.21. Příloha 20 – Autorské řešení Protokolu 1, třetí typ ducha

**Protokol šlechtění 1**

1. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce napište jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po otci a do třetího sloupce jednotky dědičné informace (konkrétní písmena) zděděná po matce.

	<b>Zděděné informace po otci</b>	<b>Zděděné informace po matce</b>
<b>Tvar uší (U/u)</b>	<b>U</b>	<b>u</b>
<b>Tvar vlasů(V/v)</b>	<b>V</b>	<b>v</b>
<b>Pihatost (P/p)</b>	<b>P</b>	<b>p</b>
<b>Řasy (Ř/ř)</b>	<b>Ř</b>	<b>ř</b>

2. Vyplňte následující tabulku. Do druhého sloupce opište písmena z předchozí tabulky, do třetího sloupce zapište vzhled ducha dle dědičné informace (pomůže vám k tomu tabulka z příručky šlechtitele, bod 8).

	<b>DĚDIČNÁ INFORMACE</b>	<b>VZHLED</b>
<b>Tvar uší (U/u)</b>	<b>uu</b>	<b>trojúhelníkové</b>
<b>Tvar vlasů(V/v)</b>	<b>vV</b>	<b>kudrnaté</b>
<b>Pihatost (P/p)</b>	<b>Pp</b>	<b>pihy</b>
<b>Řasy (Ř/ř)</b>	<b>ŘŘ</b>	<b>řasy</b>

3. Dle předchozí tabulky vytvořte duchy pomocí šablon (počet dle potřeby Centrálního prodeje duchů).





## 9.22. Příloha 21 – Autorské řešení Protokolu 2

### Protokol šlechtění 2

#### Duch XCR009:

Vyplň tabulku a zjisti podle ní, jaké uši má duch. Poté dokresli šablonu ducha.  
Pomocť může příručka šlechtitele, bod 11.

	U	U
u	Uu	Uu
u	Uu	Uu

Duch má **oválné** uši.

#### Duch KDT786:

Vyplň tabulku a zjisti podle ní, zda je duch pihatý či nikoli. Poté dokresli šablonu ducha.  
Pomocť může příručka šlechtitele, bod 11.

	P	p
P	PP	Pp
p	Pp	pp

Duch je **bud' pihatý, nebo není. Pravděpodobnost, že bude pihatý je 75 % a pravděpodobnost, že nemá pihy je 25 %.**

### 9.23. Příloha 22 – Autorské řešení Protokolu 3

#### Protokol šlechtění 3

Pomocí tabulky zjistěte všechny možné kombinace potomků. Oba rodiče mají dědičnou informaci Řř a Vv.

Pomůžte Vám příručka šlechtitele, bod 12.

	ŘV	Řv	řV	řv
ŘV	ŘŘVV	ŘŘVv	ŘřVV	ŘřVv
Řv	ŘŘVv	ŘŘvv	ŘřVv	Řřvv
řV	ŘřVV	ŘřVv	řřVV	řřVv
řv	ŘřVv	Řřvv	řřVv	řřvv

Počet duchů s řasami a s kudrnatými vlasy v tabulce: **9**

Počet duchů bez řas a s kudrnatými vlasy v tabulce: **3**

Počet duchů s řasami a s rovnými vlasy: **3**

Počet duchů bez řas a s rovnými vlasy: **1**

Poměr možných kombinací vzhledů potomka:

**9 : 3 : 3 : 1**

## 9.24. Příloha 23 – Příprava k frontální výuce

### PŘÍPRAVA PRO UČITELE – FRONTÁLNÍ VÝUKA

#### *Téma:*

- Základní principy dědičnosti a Mendelovy zákony

#### *Cílová skupina:*

- Žáci vyššího stupně gymnázia

#### *Cíle:*

- Žáci vyřeší početní příklady zaměřené na Mendelovy zákony
- Žáci vysvětlí pojmy gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance a souvislosti mezi nimi

#### *Opěrné pojmy:*

- Mitóza, meióza, buňka, DNA

#### *Nově utvářené pojmy:*

- Gen, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance

#### *Časová náročnost:*

- Dvě vyučovací hodiny

#### *Materiály a pomůcky*

- Prezentace (viz Příloha 14), data projektor, tabule, křída

#### *Průběh:*

##### **První vyučovací hodina (45 min)**

- Zaměřena na základní principy dědičnosti, pojmy (gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance) a 1. Mendelův zákon včetně zpětného křížení.
- Materiály:
  - o Prezentace, snímky 1 - 11
- Úvod (5 min), SNÍMEK: 1
  - o Učitel žákům představí průběh této vyučovací hodiny.
  - o Motivace žáků učitelem:
    - „Po poznání následujících pravidel a zákonů budete schopni určit např. barvu očí vašich potomků nebo jiné vlastnosti.“
  - o Učitel zmapuje, co žáci již vědí, prostřednictvím těchto otázek:
    - Slyšeli jste někdy o Mendelových zákonech?
    - Co o nich víte?
- Pojmy v genetice, (10 min) SNÍMKY: 2 - 3
  - o U každého pojmu (gen, DNA, alela, homozygot, heterozygot, chromozom, genotyp, fenotyp, recesivita, dominance) se učitel zeptá žáků, co znamená a až poté odkryje definici. Žáci si přitom zapisují do sešitu.
  - o Při vysvětlování pojmů si učitel pomáhá kreslením na tabuli.

- Představení Mendelových zákonů obecně a Johann Gregor Mendel (7 min), SNÍMKY: 4 – 8
  - Učitel žákům představí Mendelovy zákony obecně.
  - Učitel žákům představí autora Mendelových zákonů – Johanna Gregora Mendela a jeho modelový organismus hrách.
  - Učitel žákům představí pojmy vázající se k Mendelovým zákonům (hybridizace, hybrid, monohybridismus, dihybridismus, trihybridismus, P generace, F1 generace, F2 generace, B1 generace).
- 1. Mendelův zákon (10 min), SNÍMKY: 9 - 10
  - Učitel žákům představí 1. Mendelův zákon.
  - Učitel rozepisuje příklad (A/a – gen pro barvu květu, A – alela pro červenou barvu květu, a – alela pro bílou barvu květu) na tabuli a u toho vysvětluje.
  - Učitel žákům vysvětlí, co to je genotypový a fenotypový štěpný poměr a žáci se sami pokusí určit genotypový a fenotypový poměr u příkladu na tabuli.
- Zpětné křížení (10 min), SNÍMEK: 11
  - Učitel nechá žáky, aby přišli na to, jak rozlišit, zda jde o dominantního homozygota (AA) či heterozygota (Aa)
  - Učitel žákům vysvětlí podstatu zpětného křížení - nakreslí na tabuli Punnetův čtverec v situaci, kdy křížíme recesivního homozygota s heterozygotem a recesivního homozygota s dominantním homozygotem a nechá žáky porovnat genotypové a fenotypové štěpné poměry v těchto dvou případech.
- Shrnutí a prostor na dotazy (3 min)
  - Učitel požádá žáky o shrnutí 1. Mendelova zákona.
  - Žáci jsou učitelem vyzváni k případným dotazům.

### **Druhá vyučovací hodina (45 min)**

- Zaměřena na 2. a 3. Mendelův zákon.
- Materiály:
  - Prezentace snímky 12 - 21
- Úvod a zopakování předešlé hodiny (5 min)
  - Učitel žákům představí průběh této vyučovací hodiny.
  - Zopakování předešlé hodiny - učitel žákům klade tyto otázky:
    - Co tvrdí 1. Mendelův zákon?
    - Co znamená genotypový a fenotypový poměr?
    - K čemu se využívá zpětné křížení?
- 2. Mendelův zákon (10 min), SNÍMKY: 12 - 14
  - Učitel žákům představí 3. Mendelův zákon.
  - Učitel rozepisuje příklad (A/a – gen pro barvu květu, A – alela pro červenou barvu květu, a – alela pro bílou barvu květu) na tabuli a u toho vysvětluje.
  - Žáci se sami pokusí určit genotypový a fenotypový poměr.

- 3. Mendelův zákon (15 min), SNÍMKY: 15 - 19
  - Učitel žákům představí 3. Mendelův zákon.
  - Učitel rozepisuje příklad (G/g – gen pro barvu semen, G – žlutá, g – zelená, W/w – gen pro tvar semen, W – kulatá, w - hranatá) na tabuli a u toho vysvětluje.
  - Žáci se sami pokusí určit fenotypový poměr.
- Shrnutí Mendelových zákonů (5 min), SNÍMKY: 20
  - Učitel žákům vysvětlí, co obecně platí pro všechny 3 Mendelovy zákony.
  - Celkové shrnutí všech 3 Mendelových zákonů - učitel se obrací na třídu.
    - Co nám říká 1. Mendelův zákon?
    - Co nám říká 2. Mendelův zákon?
    - Co nám říká 3. Mendelův zákon?
- Předpoklady Mendelových zákonů (5 min), SNÍMEK: 21
  - Učitel žákům zmíní podmínky, za kterých Mendelovy zákony platí a žáci si píšou do sešitů:
    - Gen není nesen na pohlavních chromozomech
    - Geny u dihybrida neleží na jednom chromozomu
    - Nedochozí ke genovým interakcím
    - Nedochozí k působení vnějšího prostředí (multifaktoriální dědičnost)
    - Nedochozí k polygenní dědičnosti
    - Nedochozí k úplné dominanci, kodominanci
    - Nedochozí k letalitě
- Prostor na dotazy (5 min)
  - Žáci jsou učitelem vyzváni k případným dotazům.

Snímek 1:

# GENETIKA – MENDELOVY ZÁKONY

Snímek 2:

## ZÁKLADNÍ GENETICKÉ POJMY

- **DNA**
  - Deoxyribonukleová kyselina, molekula uchovávající dědičnou informaci
- **GEN**
  - Úsek dědičné informace, který něco kóduje
- **ALELA**
  - Konkrétní varianta genu
- **HOMOZYGOT**
  - Jedinec, u kterého je sledovaný znak kódován pouze jedním typem alely
- **HETEROZYGOT**
  - Jedinec, u kterého je sledovaný znak kódován dvěma různými alelami

Snímek 3:

## ZÁKLADNÍ GENETICKÉ POJMY

- **CHROMOZOM**
  - Struktura v jádře tvořená DNA a proteiny zajišťující snazší rozdělení DNA do dceřiných buněk
- **GENOTYP**
  - Soubor všech genů organismu
- **FENOTYP**
  - Soubor všech znaků organismu
- **RECESIVITA**
  - Vztah mezi alelami, při kterém je projev recesivní alely přebit projevem dominantní alely
- **DOMINANCE**
  - Vztah mezi alelami, kdy dominantní alela zcela převáží projev recesivní alely

Snímek 4:

## MENDELOVY ZÁKONY

- Jsou tři
- Potomek má dvě alely – jednu od otce a jednu od matky (splynutí 2 pohlavních buněk)
- Přenos alel na potomstvo podléhá základním pravidlům kombinatoriky



Snímek 5:

## JOHANN GREGOR MENDEL (1822 -1884)

- Zakladatel genetiky
- Opat augustiánského kláštera v Brně
- Učil na střední škole
- Modelový organismus **hrách**
- 1865 – přednáška v přírodovědném spolku
- Za svůj život neoceněn
  - Nepochopen, předběhl svou dobu
  - Znovuobjeven v r. 1900



Dostupné z:  
<https://www.britannica.com/biography/Gregor-Mendel>















Snímek 6:

## Proč hrách?

- Není náročný
- mnoho potomků
- krátká generační doba
- velké květy
- široká nabídka odrůd

Snímek 7:

## MENDELOVY ZÁKONY

semeno		květ	lusk		stonek	
tvar	dělohy	barva	tvar	barva	umístění	velikost
						
šedý & kulatý	žluté	bílá	plný	žlutý	luský a květy podél stonku	dlouhý
						
bílý & svrasklý	zelené	fialová	příškrčený	zelený	koncové lusky, vrcholový květ	krátký
1	2	3	4	5	6	7

Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Mendelovy\\_z%C3%A1kony\\_d%C4%9Bdi%C4%8Dnosti](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mendelovy_z%C3%A1kony_d%C4%9Bdi%C4%8Dnosti)

Snímek 8:

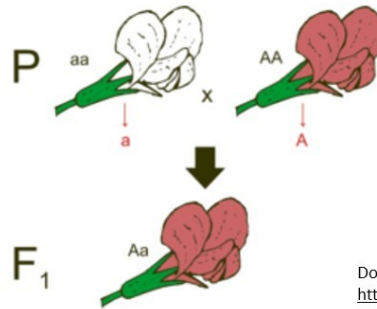
## MENDELOVY ZÁKONY

- Hybridizace = křížení
- Hybrid = kříženec
- Monohybridismus, dihybridismus, trihybridismus, polyhybridismus...
  - Kolik genů sleduji v kombinaci
- Generace:
  - P generace – parentální (rodičovská generace)
  - F1 generace – 1. dceřiná (filiální) generace
  - F2 generace – 2. dceřiná (filiální) generace
  - B1 generace – 1. generace zpětného křížení

Snímek 9:

## 1. MENDELŮV ZÁKON

- Zákon o uniformitě F1 generace
- Při křížení 2 homozygotů vždy vznikají potomci, kteří jsou genotypově i fenotypově jednotní.



Dostupné z:  
[https://www.wikiskripta.eu/w/Z%C3%A1kladn%C3%AD\\_z%C3%A1kony\\_genetiky](https://www.wikiskripta.eu/w/Z%C3%A1kladn%C3%AD_z%C3%A1kony_genetiky)

Snímek 10:

## 1. MENDELŮV ZÁKON

- Závěr = získáme uniformní potomstvo
  - Jsou stejní (heterozygot má stejný fenotyp jako dominantní homozygot)

Snímek 11:

## ZPĚTNÉ KŘÍŽENÍ

- Má analytický význam, umožňuje rozlišit kdo je dominantní homozygot (AA) a heterozygot (Aa), kteří mají stejný fenotyp
- Pokud Aa: genotypový poměr – 1:1  
fenotypový poměr – 1:1

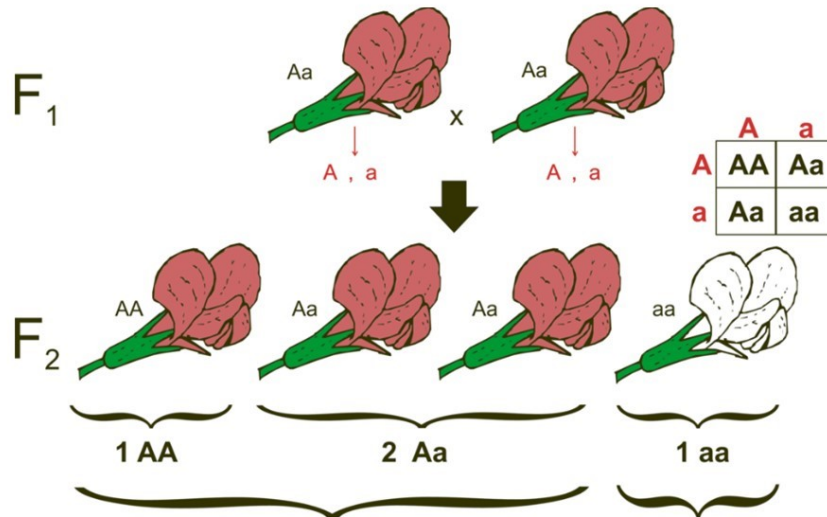
Snímek 12:

## 2. MENDELŮV ZÁKON

- Zákon o náhodné segregaci alel a jejich kombinaci v generaci F2  
= Zákon o štěpných poměrech v F2 generaci
- Při křížení 2 heterozygotů může být potomkovi předána každá ze 2 alel (recesivní i dominantní) se stejnou pravděpodobností
  - -> dochází ke štěpení – genotypovému i fenotypovému

Snímek 13:

## 2. MENDELŮV ZÁKON



Snímek 14:

## 2. MENDELŮV ZÁKON

- Genotypový štěpný poměr:
  - 1:2:1
  - Pravděpodobnost dominantního homozygota je 25 %, heterozygota 50 %, recesivního homozygota 25 %
- Fenotypový štěpný poměr:
  - 3:1

Snímek 15:

### 3. MENDELŮV ZÁKON

- Zákon o nezávislé kombinovatelnosti alel dvou a více genů
- Budeme sledovat dva geny se dvěma alelami (Aa; Bb), které leží na různých chromozomech

Snímek 16:

### 3. MENDELŮV ZÁKON

Gamety	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Dostupné z:  
<https://slideplayer.cz/slidy/3665404/>

Snímek 17:

### 3. MENDELŮV ZÁKON

- Fenotypový štěpný poměr:
  - 9:3:3:1
- Genotypový štěpný poměr:
  - 1:2:1:2:4:2:1:2:1

Snímek 18:

### 3. MENDELŮV ZÁKON

**Rozdělení fenotypů**

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

9:3:3:1

Dostupné z: <http://www.genetika-biologie.cz/zakony-dedicnosti>

Snímek 19:

### 3. MENDELŮV ZÁKON

**Rozdělení genotypů**

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

1:2:1:2:4:2:1:2:1

Dostupné z: <http://www.genetika-biologie.cz/zakony-dedicnosti>

Snímek 20:

### Shrnutí Mendelových zákonů

- Nezáleží na pohlaví rodičů
  - Při vzájemném křížení homozygotů vzniká potomstvo fenotypově i genotypově jednotné
  - Při vzájemném křížení heterozygotů vzniká potomstvo fenotypově i genotypově nejednotné, přičemž poměrné zastoupení heterozygotů a jednotlivých homozygotů je stále
  - Při vzájemném křížení polyhybridů, vzniká genotypově i fenotypově nejednotné potomstvo s tolika kombinacemi genů, kolik je možných matematických kombinací mezi dvěma matematickými veličinami.
- 
- Princip uniformity potomstva v F1 generaci
  - Princip segregace a kombinace alel v F2 generaci
  - Princip nezávislé kombinace alel více genů



## PŘEDPOKLADY MENDELOVÝCH ZÁKONŮ

- Gen není nesen na pohlavních chromozomech
- Znaky dihybrida nejsou způsobeny geny ležícími na jednom chromozomu
- Nedochozí ke genovým interakcím
- Nedochozí k působení vnějšího prostředí na tvorbu znaku
- Nedochozí k neúplné dominanci, kodominanci
- Nedochozí k letalitě
  - Např. bezocasé kočky na ostrově Mon
  - A – beocasost, a – ocasost
  - AA – bezocasá, LETÁLNÍ, Aa – bezocasá, životaschopná, aa – ocasatá
  - Fenotypový poměr 2:1

## 9.26. Příloha 25 – Dotazník: předfinální verze

### Genetika na středních školách

Dobrý den, moje jméno je Kateřina Lišková a studuji obor Učitelství biologie pro střední školy na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Prosím Vás o vyplnění dotazníku ke své diplomové práci, která se zabývá výukou Mendelovské dědičnosti. Dotazník je anonymní a bude použit pouze pro výzkumné účely. Datum narození bude sloužit pouze pro spárování různých dotazníků jedné osoby. Účast je dobrovolná.

Moc děkuji.

Datum: Škola: Třída: Datum narození:

---

#### ČÁST A (vypište nebo zaškrtněte)

- 1.) Vaše pohlaví:  muž  žena
- 2.) Vaše 3 nejoblíbenější předměty (seřadte je od nejoblíbenějšího): .....
- 3.) Znáмка z biologie na posledním vysvědčení:
- 1  2  3  4  5

Do jaké míry souhlasíte s následujícími tvrzeními? (zaškrtněte)

- |   | Ano                      | Spíše ano                | Spíše ne                 | Ne                       | Nevím                    |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4.) K biologii mám dobrý vztah.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5.) Biologii se plánuji věnovat i po gymnáziu   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.) Vypište aktivity, které jste kdy v hodinách biologie dělali kromě výkladu a psaní poznámek: |                          |                          |                          |                          |                          |

.....

#### ČÁST B - Všechny následující pojmy se týkají dědičnosti. (vypište nebo zaškrtněte)

- 1.) Setkal/a jste se s pojmem **gen**? Ano  Ne  **Pokud ne, přejděte na ot. 2**

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu gen?

- Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem gen druhému člověku?

- Ano  Spíše ano  Spíše ne  Ne

Pokuste se pojem gen co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

2.) Setkal/a jste se s pojmem **DNA**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 3***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu DNA?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem DNA druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem DNA co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

3.) Setkal/a jste se s pojmem **alela**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 4***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu alela?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem alela druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem alela co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

4.) Setkal/a jste se s pojmem **homozygot**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 5***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu homozygot?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem homozygot druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem homozygot co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

5.) Setkal/a jste se s pojmem **heterozygot**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 6***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu heterozygot?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem heterozygot druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem homozygot co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

6.) Setkal/a jste se s pojmem **chromozom**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 7***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu chromozom?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem chromozom druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem chromozom co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

7.) Setkal/a jste se s pojmem **genotyp**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 8***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu genotyp?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem genotyp druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem genotyp co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

8.) Setkal/a jste se s pojmem **fenotyp**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 9***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu fenotyp?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem fenotyp druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem fenotyp co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....

.....

.....

9.) Setkal/a jste se s pojmem **recesivita**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 10***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu recesivita?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem recesivita druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem recesivita co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....

.....

.....

10.) Setkal/a jste se s pojmem **dominance**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot. 11***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem poprvé setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu dominance?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem dominance druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem dominance co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....

.....

.....

11.) Setkal/a jste se s pojmem **kodominance**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na ot.12***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu kodominance?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem kodominance druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem kodominance co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

12.) Setkal/a jste se s pojmem **neúplná dominance**?      Ano       Ne       ***Pokud ne, přejděte na část C***

Pokud ano, kde jste se s tímto pojmem setkal/a? (nevíte-li, napište „nevím“):

Myslíte si, že rozumíte pojmu neúplná dominance?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Myslíte si, že byste byl/a schopný/á vysvětlit pojem neúplná dominance druhému člověku?

Ano       Spíše ano       Spíše ne      Ne

Pokuste se pojem neúplná dominance co nejpřesněji vysvětlit (Představte si, že ho vysvětlujete Marťanovi):

.....  
.....  
.....

### ČÁST C

1.) Vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **alela, genotyp, fenotyp**

.....  
.....  
.....  
.....

2.) Vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **chromozóm, gen, alela**

.....

.....

.....

.....

3.) Vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **gen, genotyp, recesivita**

.....

.....

.....

.....

4.) Vysvětlete, jak spolu souvisí pojmy **dominance, alela, genotyp**

.....

.....

.....

.....

## 10. Seznam tabulek

Tabulka 1: Počet žáků zařazených do výzkumu.

Tabulka 2: Interpretace hodnot korelačního koeficientu.

Tabulka 3: Četnosti nejoblíbenějších předmětů.

Tabulka 4: Četnosti známek z biologie na posledním vysvědčení.

Tabulka 5: Četnosti odpovědí na otázku, zda mají žáci k biologii dobrý vztah.

Tabulka 6: Četnosti odpovědí na otázku, zda se žáci chtějí biologii věnovat po gymnáziu.

Tabulka 7: Tabulka znázorňující četnosti uvedených metod (a forem) výuky v hodinách biologie (krom výkladu).

Tabulka 8: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 9: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky ve všech testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 10: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle školy.

Tabulka 11: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků podle školy.

Tabulka 12: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle třídy.

Tabulka 13: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků podle třídy.

Tabulka 14: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání součtu bodů za definice pojmů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 15: Průměry celkových získaných bodů za definice pojmů, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 16: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislosti mezi pojmy v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 17: Průměry celkových získaných bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 18: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání počtu bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon v testech žáků obou skupin podle metody výuky.



Tabulka 19: Průměry získaných bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Tabulka 20: Tukey post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech dívek a chlapců.

Tabulka 21: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky ve všech testech žáků obou skupin podle pohlaví.

Tabulka 22: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle nejoblíbenějšího předmětu.

Tabulka 23: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků všech skupin podle nejoblíbenějšího předmětu.

Tabulka 24: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle poslední známky z biologie na vysvědčení.

Tabulka 25: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků všech skupin podle poslední známky z biologie na vysvědčení.

Tabulka 26: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle vztahu k biologii.

Tabulka 27: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků všech skupin podle vztahu k biologii.

Tabulka 28: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle plánů věnovat se biologii po gymnáziu.

Tabulka 29: Průměry celkových získaných bodů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v testech žáků všech skupin podle plánů věnovat se biologii po gymnáziu.

Tabulka 30: Četnosti odpovědí na otázky, jaký mají žáci vztah k biologii a jakou navštěvují školu.

Tabulka 31: Četnosti odpovědí na otázky, jaký mají žáci vztah k biologii a jakou navštěvují školu.

Tabulka 32: Četnosti odpovědí na otázky, jaký mají žáci nejoblíbenější předmět a jakou navštěvují školu.

Tabulka 33: Četnosti odpovědí na otázky, jaký měli žáci známku z biologie na posledním vysvědčení a jakou navštěvují školu.

Tabulka 34: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu gen rozumí a zda si myslí, že pojem gen dokáže vysvětlit.

Tabulka 35: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu gen a zda si myslí, že ho dokáže vysvětlit.

Tabulka 36: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem gen, a správnosti definic pojmu gen.

Tabulka 37: Body získané za definice pojmu gen.

Tabulka 38: Četnosti funkčních a strukturních vysvětlení pojmu gen v pre-testu a post-testu.

Tabulka 39: Četnosti nejčastějších miskoncepcí v dotazníku u definic pojmu gen.

Tabulka 40: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu DNA rozumí a zda si myslí, že pojem DNA dokáží vysvětlit.

Tabulka 41: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu DNA a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 42: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem DNA, a správnosti definic pojmu DNA.

Tabulka 43: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu DNA včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 44: Četnosti funkčních a strukturních vysvětlení pojmu DNA v pre-testu a post-testu.

Tabulka 45: Četnosti nejčastějších miskoncepcí v dotazníku u definic pojmu DNA.

Tabulka 46: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu alela rozumí a zda si myslí, že pojem alela dokáží vysvětlit.

Tabulka 47: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu alela a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 48: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem alela, a správnosti definic pojmu alela.

Tabulka 49: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu alela včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 50: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu homozygot rozumí a zda si myslí, že pojem homozygot dokáží vysvětlit.

Tabulka 51: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu homozygot a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 52: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem homozygot, a správnosti definic pojmu homozygot.

Tabulka 53: Četnosti přiřazených bodů za definici pojmu homozygot včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 54: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu heterozygot rozumí a zda si myslí, že pojem heterozygot dokáží vysvětlit.

Tabulka 55: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu heterozygot a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 56: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem heterozygot, a správnosti definic pojmu heterozygot.

Tabulka 57: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu heterozygot včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 58: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu chromozom rozumí a zda si myslí, že pojem chromozom dokáží vysvětlit.

Tabulka 59: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu chromozom a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 60: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem chromozom, a správnosti definic pojmu chromozom.

Tabulka 61: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu chromozom včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 62: Četnosti funkčních a strukturních vysvětlení pojmu chromozom v pre-testu a post-testu.

Tabulka 63: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu genotyp rozumí a zda si myslí, že pojem genotyp dokáží vysvětlit.

Tabulka 64: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu genotyp a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 65: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem genotyp, a správnosti definic pojmu genotyp.

Tabulka 66: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu genotyp včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 67: Četnost nejčastějších miskoncepcí v dotazníku u pojmu genotyp.

Tabulka 68: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu fenotyp rozumí a zda si myslí, že pojem fenotyp dokáží vysvětlit.

Tabulka 69: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu fenotyp a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 70: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem fenotyp, a správnosti definic pojmu fenotyp.

Tabulka 71: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu fenotyp včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 72: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu recesivita rozumí a zda si myslí, že pojem recesivita dokáží vysvětlit.

Tabulka 73: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu recesivita a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 74: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem recesivita, a správnosti definic pojmu recesivita.

Tabulka 75: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu recesivita včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 76: Četnosti odpovědí žáků v obou testech u otázek, zda si myslí, že pojmu dominance rozumí a zda si myslí, že pojem dominance dokáží vysvětlit.

Tabulka 77: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázek, zda si myslí, že rozumí pojmu dominance a zda si myslí, že ho dokáží vysvětlit.

Tabulka 78: Četnosti odpovědí žáků v pre-testu u otázky, zda si myslí, že dokáží vysvětlit pojem dominance, a správnosti definic pojmu dominance.

Tabulka 79: Četnosti přiřazených bodů za definice pojmu dominance včetně procenta, součtu všech těchto bodů a průměrné hodnoty v pre-testu a post-testu.

Tabulka 80: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu.

Tabulka 81: Průměrné body za definice jednotlivých pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v pre-testu.

Tabulka 82: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v post-testu.

Tabulka 83: Průměrné body za definice jednotlivých pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchylky v post-testu.

Tabulka 84: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu chromozom v pre-testu a post-testu.

Tabulka 85: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu gen v pre-testu a post-testu.

Tabulka 86: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu DNA v pre-testu a post-testu.

Tabulka 87: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu alela v pre-testu a post-testu.

Tabulka 88: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu homozygot v pre-testu a post-testu.

Tabulka 89: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchylky u definic pojmu heterozygot v pre-testu a post-testu.

Tabulka 90: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu genotyp v pre-testu a post-testu.

Tabulka 91: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu fenotyp v pre-testu a post-testu.

Tabulka 92: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu recesivita v pre-testu a post-testu.

Tabulka 93: Průměrné body, maximální a minimální hodnoty bodů a směrodatné odchytky u definic pojmu dominance v pre-testu a post-testu.

Tabulka 94: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy alela, genotyp a fenotyp, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky v obou testech.

Tabulka 95: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy chromozom, gen a alela, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky v obou testech.

Tabulka 96: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí mezi pojmy gen, genotyp a DNA, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky v obou testech.

Tabulka 97: Tukeyho post-hoc HSD test – porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v pre-testu.

Tabulka 98: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v pre-testu.

Tabulka 99: Průměry bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů, maximální a minimální hodnoty a směrodatné odchytky za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v post-testu.

## 11. Seznam grafů

Graf 1: Rozložení součtů bodů u definic v pre- testu: Kolmogorovův-Smirnovův test.

Graf 2: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Graf 3: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle školy.

Graf 4: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků podle třídy.

Graf 5: Porovnání součtu bodů za definice pojmů v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Graf 6: Porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislosti mezi pojmy v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Graf 7: Porovnání počtu bodů za příklad zaměřený na 2. Mendelův zákon v testech žáků obou skupin podle metody výuky.

Graf 8: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků obou skupin podle pohlaví.

Graf 9: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle nejoblíbenějšího předmětu.

Graf 10: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle poslední známky z biologie na vysvědčení.

Graf 11: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle vztahu k biologii.

Graf 12: Porovnání celkových součtů bodů v testech žáků všech skupin podle plánů věnovat se biologii po gymnáziu.

Graf 13: Korelace mezi součtem bodů za definice v pre-testu a součtem kladných odpovědí, zda se s pojmy žáci setkali.

Graf 14: Porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v pre-testu.

Graf 15: Porovnání počtu bodů za definice jednotlivých pojmů v post-testu.

Graf 16: Porovnání součtu bodů za vysvětlení souvislostí daných trojic pojmů v pre-testu.

## 12. Seznam obrázků

Obrázek 1: Vysvětlení vztahu mezi dominantní a recesivní alelou pomocí analogie.