

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



Diplomová práce

**Aplikace versus Klíč: porovnání praktického využití aplikací
pro určování rostlin a determinačních klíčů při výuce biologie**

Application versus Key: comparison of use of the mobile applications and
determination keys in biology teaching

Bc. Barbora Hasníková

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Učitelství biologie pro střední školy

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: RNDr. Michal Hroneš, Ph.D.

Olomouc 2023

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr.
Michala Hroneše, Ph.D. s použitím uvedené literatury.

V Olomouci:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu RNDr. Michalovi Hronešovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, za čas, který mi věnoval a za jeho pomoc se statistickým zpracováním dat. Obrovské díky patří také mé rodině, za jejich podporu a trpělivost, kterou se mnou měli, a to nejen v průběhu psaní této práce, ale po celou dobu mého studia.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Barbora Hasníková

Název práce: Aplikace versus Klíč: porovnání praktického využití aplikací pro určování rostlin a determinačních klíčů při výuce biologie

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: RNDr. Michal Hroneš, Ph.D., Katedra botaniky

Rok obhajoby: 2023

Abstrakt:

Tato diplomová práce navazuje na moji bakalářskou práci z roku 2021, kde jsem zkoumala úspěšnost mobilních aplikací pro automatické určování rostlin. V průběhu psaní bakalářské práce bylo zjištěno, že mobilní aplikace jsou velmi cenným nástrojem pro determinaci rostlin, jelikož jejich průměrná procentuální úspěšnost tehdy překonala 80%, a protože se tato technologie neustále vyvíjí, lze předpokládat, že za uplynulý čas již aplikace učinily značný pokrok. Z tohoto důvodu vznikla tato diplomová práce, která se zaměřuje na možné praktické využití mobilních aplikací pro automatické určování rostlin, a to konkrétně ve školství. Byl vytvořen experiment, kterého se zúčastnilo 51 vysokoškolských studentů a 54 žáků středních škol. Účastníkům bylo předloženo 6 druhů rostlin, které měli za úkol určit (3 pomocí mobilní aplikace a 3 pomocí botanického klíče). Cílem experimentu bylo nejen zjistit, jak úspěšní a rychlí jsou účastníci testování při determinaci rostlin pomocí aplikací, ale především jak se budou jejich výsledky lišit, když pro identifikaci rostlin použijí také klasické determinační pomůcky. Součástí testu byl i dotazník zjišťující názor jednotlivých respondentů na použití těchto dvou pomůcek. Účastníci testování byli o 42,1% úspěšnější a o 9 minut a 5 sekund rychlejší při determinaci rostlin pomocí mobilní aplikace, než když k určování použili klíč. Důvodem pro takovýto markantní rozdíl je nejspíš složitost klasických pomůcek a množství odborných názvů, které obsahují, což se odráží i v odpovědích mnoha respondentů, kteří v dotazníku uvedli, že těmto pojmům velmi často nerozuměli. Při zjišťování preferencí jednotlivých účastníků testování na plné čáře zvítězily aplikace, kdy téměř 90% všech respondentů hlasovalo, že se jim s nimi pracovalo lépe, než s klíči. Jako důvod uvedli hlavně časovou úsporu a jednoduchost používání aplikací. Z výsledků testování a s přihlédnutím na kladné odezvy vysokoškolských i středoškolských studentů na

používání mobilních aplikací se dá předpokládat, že by aplikace pro automatické určování rostlin mohly být cennou součástí výuky biologie na středních, případně i základních školách. S tímto tvrzením souhlasí i téměř 90% zúčastněných, kteří v dotazníku uvedli, že souhlasí s využitím aplikací, ať už v běžné výuce biologie (50%) nebo jen na exkurzích a terénních cvičeních (34,62%). Nejen, že aplikace žákům usnadní určování rostlin a výrazně urychlí jinak velice zdlouhavý proces determinace (což může být výhodné zejména na školních exkurzích, které jsou velmi časově omezené), ale především by mohly žáky motivovat k dalšímu studiu botaniky a zvýšení jejich zájmu o tento předmět.

Klíčová slova: mobilní aplikace pro automatické určování rostlin, botanický klíč, determinace rostlin, školství, výuka biologie

Počet stran: 47

Počet příloh: 2

Jazyk: český

Bibliographical identification

Autor's first name and surname: Bc. Barbora Hasníková

Title of thesis: Application versus Key: comparison of use of the mobile applications and determination keys in biology teaching

Type of thesis: Diploma

Department: Department of Botany, Faculty of Science, Palacky University, Olomouc

Supervisor: RNDr. Michal Hroneš, Ph.D.

The year of presentation: 2023

Abstract:

This Diploma thesis is a follow up to my Bachelor thesis from 2021, where I studied at what level are mobile applications for automated plant identification. In my Bachelor thesis, it was discovered that these mobile applications are a very valuable tool for plant identification, because, at that time, their average success rate exceeded 80%. Because this technology is constantly evolving, we can assume that these applications have already made considerable progress and they are even better now. Therefore, this Diploma thesis is focused on the possible practical use of mobile applications for automated plant identification in education. An experiment was created, which was attended by 51 university students and 54 high school students. Participants were given 6 types of plants, which they were tasked to determine (3 with the help of a mobile application and 3 with the help of simplified botanical key). The aim of this experiment was not only to find out, how successful and quick the test participants are in determining plants using applications, but first and foremost, how will their results differ when they also use classic determination aids for plant identification. The test also included a questionnaire ascertaining the opinion of individual respondents on the use of these two aids. The test participants were 42,1% more successful and 9 minutes and 5 seconds faster in identifying plants using the mobile app than with a botanical key for identification. The reason for such a striking difference is most likely the complexity of the classic identification aids and the number of technical terms they contain, which is also reflected in the answers of many respondents who stated in the questionnaire that they very often did not understand these terms. When determining the preferences of individual test participants, the applications won significantly, with almost 90% of all respondents voting that they preferred working with apps over keys. As the main reason for this, they mostly

mentioned time saving and ease of use of the applications. Based on the results of the experiment and taking into account the positive responses of university and high school students to the use of mobile applications, we can assume that applications for automatic plant identification could be a valuable for teaching biology in secondary and even elementary schools. Almost 90% of the participants stated that they agree with the use of applications, whether in regular biology lessons (50%) or at least on excursions and field exercises (34,62%). Not only will the application make it easier for students to identify plants and significantly speed up the otherwise very lengthy process of determination (which can be especially beneficial on school excursions, which are very limited in time), but above all they could motivate students to further study botany and increase their interest in this subject.

Keywords: mobile application for automated plant identification, botanical key, plant identification, education, teaching biology

Number of pages: 47

Number of appendices: 2

Language: Czech

OBSAH

1	Úvod	1
1.1	Srovnání klasických a moderních pomůcek pro identifikaci rostlin	1
1.1.1	Botanické určovací klíče	1
1.1.2	Mobilní aplikace pro automatické určování rostlin.....	2
1.2	Úspěšnost mobilních aplikací při determinaci rostlin	4
1.3	Mobilní aplikace jako didaktické pomůcky ve výuce biologie	7
2	Cíle práce	9
3	Materiál a metody	10
3.1	Praktické cvičení	10
3.1.1	Výběr vhodné aplikace pro testování	10
3.1.2	Výběr rostlin pro testování	11
3.1.3	Sběr dat	11
3.2	Statistické zpracování dat.....	12
4	Výsledky	13
4.1	Srovnání úspěšnosti a determinačního času při určování rostlin pomocí mobilní aplikace a určovacího klíče	13
4.2	Vyhodnocení dotazníku	16
5	Diskuze	30
5.1	Porovnání mobilních aplikací s určovacím klíčem	30
5.1.1	Průměrná úspěšnost při determinaci rostlin	30
5.1.2	Průměrný determinační čas	32
5.2	Vyhodnocení dotazníku	32
5.3	Využití mobilních aplikací ve výuce biologie.....	34
6	Závěr	36
7	Použitá literatura	37
8	Přílohy	41

1 ÚVOD

Výuka biologie patří neodmyslitelně k všeobecnému vzdělávání na českých školách. Podobně, jako v dalších přírodovědných předmětech, je pro její realizaci nezbytná řada didaktických pomůcek, mezi které bezpochyby patří i pomůcky pro determinaci rostlin a živočichů (Watson & Miller, 2009).

K identifikaci rostlin se na našich školách používají zejména botanické klíče, jejichž zapojení do výuky ovšem v poslední době výrazně upadá (Jeno et al., 2017; Hasníková, 2021), navíc z důvodu rozsáhlého obsahu učiva biologie na základních i středních školách již není dostatek času na podrobné probírání morfologie a anatomie jednotlivých druhů rostlin. To má za následek, že žáci nejsou vybaveni potřebnou odbornou terminologií, což jim výrazně znesnadňuje efektivní využívání klasických pomůcek pro determinaci rostlin, jako jsou právě botanické klíče. Řešením tohoto problému by mohly být aplikace pro automatické určování rostlin (Jeno et al., 2017; Wäldchen & Mäde, 2018).

1.1 Srovnání klasických a moderních pomůcek pro identifikaci rostlin

1.1.1 Botanické určovací klíče

Určovací klíče patří mezi jedny z nejstarších pomůcek používaných pro identifikaci rostlin. První podoby určovacích klíčů pocházejí již ze 3. století př. n. l. z dob Aristotela. V této době ovšem měly pouze roli klasifikační, nikoliv determinační. K determinaci rostlin se klíče začaly používat až ve 2. polovině 18. století, kdy jako první tento typ identifikace použil francouzský přírodovědec Jean-Baptiste Lamarck. Jednalo se o dichotomický typ určovacího klíče (Tomšovic, 1976; Watson & Miller, 2009).

Dichotomický určovací klíč patří mezi nejpoužívanější typy určovacích klíčů vůbec, a to i na českých školách (Tomšovic, 1976; Anđić et al., 2021). Z názvu „dichotomický“ vyplývá, že klíč uživateli poskytuje 2 možnosti volby (např. o typu květenství dané skupiny rostlin). Díky tomu jsou mnohem přehlednější a snazší na používání než třeba klíče polytomické, které těmto možnostem nabízejí víc než dvě. Kvůli tomu jsou velmi nepřehledné a je také mnohem jednodušší udělat při práci s nimi chybu (Tomšovic, 1976; Watson & Miller, 2009).

Princip používání dichotomických klíčů je velmi jednoduchý. Klíč obsahuje vždy dvě alternativy morfologických znaků dané rostliny (např. a) Jehlice jsou ve svazečcích po 3; b) Jehlice jsou ve svazečcích po 2). Uživatel si vybere jednu z nabízených možností, která ho přenesou k další dvojici znaků. Tak postupuje pořád dál, dokud nedojde ke jménu dané rostliny (Tomšovic, 1976; Bonnet et al., 2018; Hasníková, 2021).

Hlavní problém s užíváním botanických klíčů představuje především jejich obsah. Většina určovacích klíčů byla totiž vytvořena profesionálními botaniky pro profesionální botaniky. Obsahují tedy velké množství odborných pojmů především z morfologie a anatomie rostlin, které mohou pro většinu lajků představovat nepřekonatelnou překážku (Jeno et al., 2017; Bonnet et al., 2018; Hasníková, 2021). Značnou nevýhodou některých botanických klíčů, zejména těch, které slouží k určení většího množství skupin, je jejich objem a tím pádem špatná skladnost. Pokud by se šlo například na botanickou exkurzi a každý žák by s sebou musel nést knihu, která mu umožní identifikaci rostlin, které na exkurzi uvidí, tak to není úplně praktické.

Velkými výhodami určovacích klíčů jsou jejich neomylnost a také možnost použití kdekoliv a kdykoliv. Pokud je tedy člověk vybaven odpovídajícími znalostmi, je velmi malá šance, že danou rostlinu určí špatně, a kdyby k tomu přece jen došlo, není problém se v klíči vrátit a zkusit určení znovu (Hasníková, 2021). Toto jsou také hlavní důvody, proč se určovací klíče ještě stále využívají.

1.1.2 Mobilní aplikace pro automatické určování rostlin

Nápad na vytvoření první aplikace pro automatické určování rostlin se zrodil v Americe roku 2003 (Bonnet et al., 2018) a krátce nato byl také zrealizován. První takovouto aplikací byl LeafSnap, který byl původně navržen k určování rostlin na základě fotografií listů. Nedlouho poté začaly vznikat i další mobilní aplikace pro automatické určování rostlin, včetně aplikace PlantNet. Tato francouzská aplikace vznikla necelý rok po aplikaci LeafSnap a znamenala obrovský průlom ve vývoji těchto aplikací. Její obrovskou výhodou totiž bylo, že na rozdíl od LeafSnap byla schopna určovat rostliny nejen na základě fotografií listů, ale také květů, plodů, kůry a celkového habitu rostliny (Bonnet et al. 2015; Hasníková, 2021), což dávalo uživatelům aplikace nejen větší volnost při determinaci rostlin (třeba možnost určovat rostliny v různých ročních obdobích, např. určování stromů v zimě pomocí kůry), ale také byla, pomocí využití většího počtu snímků, zajištěna vyšší úspěšnost aplikace při determinaci (Bonnet et al., 2015; Bonnet & Frame, 2015; Hasníková, 2021). Není proto divu, že se velké množství vývojářů

nechalo touto aplikací inspirovat a velká většina aplikací již pracuje na velmi podobném principu, tedy, že jsou schopny určit rostlinu na základě většího počtu fotografií různých částí dané rostliny (Hasníková, 2021).

Tomu, na jakém principu fungují aplikace pro automatické určování rostlin jsem se detailně věnovala ve své bakalářské práci. Velmi zjednodušeně by se ovšem dalo říct, že každá aplikace má k dispozici tzv. „tréninkovou sadu“. Jedná se v podstatě o soubor dat, se kterými aplikace porovnává fotografie pořízené uživatelem a hledá největší shody. Uživatel pořídí fotografii dané rostliny a tu nahraje do aplikace. Aplikace tento snímek následně porovnává s daty uloženými ve své tréninkové sadě (celý proces trvá pouhých pár vteřin) a následně vygeneruje seznam všech možných určení dané rostliny, který je seřazen tak, že na prvním místě je vždy určení, které se nejvíce shoduje s daty v tréninkové sadě, tedy od nejvíce pravděpodobného po nejméně pravděpodobné. Řada aplikací má dokonce i procentuální ohodnocení každého určení dané rostliny, aby uživatel věděl, na kolik procent si je aplikace svou determinací jistá (Prasad et al., 2011; Bonnet & Frame, 2015; Wäldchen & Mäde, 2018; Jones, 2020; Hasníková, 2021).

I když jsou aplikace v dnešní době již na velmi vysoké úrovni, stále mají řadu nedostatků. Jako první můžeme uvést samotnou správnost určení. V rámci výzkumu ke své bakalářské práci jsem zjistila, že aplikace si sice velmi dobře poradí s rostlinami, které jsou snadno poznatelné, ale u druhů, které už jdou rozeznat hůře (např. trávy a ostřice), mají značný problém. To, zda aplikace rostlinu pozná, nebo ne se odvíjí od již zmiňované tréninkové sady, se kterými aplikace porovnává pořízené snímky. Čím je tato sada větší a kvalitnější, tím je aplikace při determinaci rostlin úspěšnější. Úspěšnost určení také závisí ve velké míře na kvalitě pořízené fotografie (Bonnet et al., 2015; Wäldchen & Mäde, 2018). Fotka musí být ostrá a neměly by se v záběru nacházet jiné druhy rostlin než ta, kterou chceme určit, mohlo by totiž dojít ke zkreslení procesu srovnávání s daty v tréninkové sadě a určení by pak mohlo být chybné (Kebapci et al., 2011; Bonnet et al., 2015; Jones, 2020; Hasníková, 2021). Také neuškodí, když si uživatel aplikace zapne ve svém mobilním telefonu určení polohy. Jedná se o další data navíc, které jsou aplikace schopny porovnávat (Bonnet et al., 2015; Wäldchen & Mäde, 2018) a uživatel se pak alespoň vyhne nesmyslným určením (např. místo borovice černé (*Pinus nigra*), která byla vyfocena v České republice, aplikace tento strom určí jako borovici přímořskou (*Pinus pinaster*), která roste v Americe).

Za nevýhodu aplikací by se dala také považovat nutnost připojení na internet, bez kterého aplikace nemá přístup ke své tréninkové sadě. Tento problém je ovšem velmi

elegantně vyřešen, a to tak, že aplikace mají nejen přístup k fotoaparátu mobilního zařízení, což umožňuje pořizovat snímky rostlin a jejich určení přímo v terénu, ale také ke galerii obrázků. Tato drobná vychytávka umožňuje uživateli určit rostlinu i později, případně opakovaně (Jones, 2020; Hasníková, 2021). Pokud tedy nemá zrovna přístup k internetové síti, stačí, když si pořídí potřebné fotografie a určení pomocí aplikace může provést, až se dostane na internet. Jestli ovšem uživatel potřebuje danou rostlinu určit okamžitě na místě a nemá připojení, tak má smůlu. Potom je to skutečně problém, který je ještě nutno nějak vyřešit. Problém by mohl nastat právě na školních exkurzích, kde všichni žáci třeba nemají neomezená data. V tomto případě je třeba například potřeba vytvořit skupiny žáků tak, aby v každé skupině byla alespoň jedna funkční aplikace (Hasníková, 2021). Oproti tomuto má výhodu právě určovací klíč, který lze použít kdekoliv a nemusí se řešit problémy s připojením.

Obrovskými výhodami mobilních aplikací pro automatické určování rostlin jsou hlavně jejich rychlost a snadné používání (Hasníková, 2021), které jsou právě důvodem, proč jsou tyto aplikace v poslední době tak oblíbené. Nejen, že jsou aplikace schopny do pár sekund určit danou rostlinu, na rozdíl od určovacích klíčů, kdy práce s nimi zabere několik minut i odborníkům, ale také používání aplikací nevyžaduje, aby měl uživatel jakékoliv znalosti z botaniky (Bonnet et al., 2015; Hasníková, 2021). Tohle by ovšem mohlo znamenat problém v případě, že bychom chtěli aplikace zařadit jako didaktické pomůcky v rámci hodin biologie na školách. Nesmíme zapomínat, že aplikace je pouze pomůcka pro urychlení determinace rostlin, ale v žádném případě by neměla nahradit botanické znalosti, které by žáci měli mít (Jeno et al., 2017; Wäldchen & Mäde, 2018; Hasníková, 2021).

1.2 Úspěšnost mobilních aplikací při determinaci rostlin

Mobilní aplikace pro automatické určování rostlin mají velkou budoucnost. Bonnet et al. (2015) se dokonce domnívají, že by časem mohly posloužit k monitorování flóry po celém světě a ke studiu biodiverzity. To podporují také nedávné studie, které jasně ukazují, že se aplikace v determinaci rostlin neustále zlepšují a pomalu, ale jistě se začínají konkurovat znalostem profesionálních botaniků (Jones, 2020; Hasníková, 2021; Pärtel et al., 2021; Hart et al., 2022).

V roce 2020 Jones et al. provedli experiment, na který jsem navazovala ve své bakalářské práci. Výzkumný tým tehdy testoval 9 bezplatných mobilních aplikací pro automatické určování rostlin, a to celkem na 24 rostlinách u kterých bylo pořízeno 38 detailních fotografií různých částí jednotlivých rostlin. Mezi aplikacemi, které použili při testování, byly i aplikace PlantNet a Flora Incognita, které byly použity i účastníky testování v rámci mé diplomové práce. Průměrná úspěšnost všech aplikací tehdy byla pouhých 44%. Pokud bychom se zaměřili pouze na aplikace PlantNet a Flora Incognita, tak se procentuální úspěšnost zvýší, ale ne o moc. PlantNet tehdy dosáhl úspěšnosti 52,1% a Flora Incognita 60,3% (Jones, 2020). Výsledek tohoto testování sice nebyl moc ohromující, ale o to působivější je posun, který aplikace učinily za pouhý rok vývoje.

Z roku 2021 bych ráda zmínila 2 experimenty testující úspěšnost mobilních aplikací pro automatické určování rostlin. První jsem prováděla já v rámci své bakalářské práce a pro srovnání bych ještě vyzdvihla experiment, který provedli Pärtel et al. (Hasníková, 2021; Pärtel et al., 2021).

Cílem mého experimentu bylo otestovat 10 nejpoužívanějších aplikací pro automatické určování rostlin. Součástí testování byly i aplikace PlantNet, LeafSnap a Flora Incognita, které byly použity v současném experimentu). Tyto aplikace byly následně testovány na 120 rostlinách, od kterých bylo pořízeno celkem 202 detailních fotografií (květ, list, plod, habitus). Celková procentuální úspěšnost všech aplikací byla 83,38%, což je obrovský skok (téměř dvojnásobný) v porovnání s experimentem, který prováděl Jones pouhý rok předtím. Pokud se podíváme na úspěšnosti aplikací použitých při testování pro diplomovou práci, tak LeafSnap získal úspěšnost 90,29% (jako jediný překonal úspěšnost 90% a umístil se tak na prvním místě v tabulce), PlantNet měl úspěšnost 87,21% a Flora Incognita dosáhla na 82,29%. Z testování bylo patrné, že aplikace měli problém rozlišit druhy rostlin, které byly zařazeny do skupin „hůře poznatelné“. Důvodem pro takovýto výsledek mohla být buď kvalita pořízených fotografií nebo nedostatek dat v datových sadách jednotlivých aplikací, výsledek je ale i tak velmi impozantní (Hasníková, 2021).

Ve stejném roce proběhlo testování, které provedl Pärtel et al. Ten si jako cílovou aplikaci zvolil Floru Incognitu. Tento experiment je velice zajímavý, protože jeho princip se zcela liší od ostatních, a to tím, že Pärtel et al. zkoumal jednu jedinou aplikaci pro automatické určování rostlin, ale zato na obrovském množství dat. Testy byly provedeny celkem dva. Nejprve aplikaci otestoval na fotografiích, které pocházely z estonské národní databáze biodiverzity. Celkem se jednalo o 1496 fotografií náležící 542 druhům

rostlin. Speciálně byla vybrána databáze fotografií, které nebyly předem určeny pro tyto mobilní aplikace. Cílem bylo zjistit, zda má kvalita fotografií vliv na správnost určení. Druhý test proběhl přímo v terénu, a to v různých prostředích, aby byla zajištěna co největší diverzita. Použito bylo 1703 fotografií, které patřily ke 280 druhům rostlin. V prvním testu dosáhla Flora Incognita úspěšnosti 79,6% a ve druhém dokonce 85,3% (Pärtel et al., 2021). Pokud dáme oba výsledky dohromady, tak je celková úspěšnost této aplikace 82,45%, což se velmi podobá úspěšnosti, které Flora Incognita dosáhla v rámci mého testování ten samý rok (82,29%; Hasníková, 2021). Tyto výsledky odpovídají tomu, že aplikace určila správně rodové i druhové jméno. Součástí tohoto testování bylo ovšem také správné určení alespoň rodového jména, v tomto případě aplikace dosáhla úspěšnosti celkem 89%, a také zařazení rostlin do správné čeledi, v tomto případě byla aplikace úspěšná na obdivuhodných 95%. Z výsledků tohoto experimentu plyne, že na kvalitě fotografií velmi záleží, jelikož rozdíl mezi prvním testem, ve kterém byly použity „nevyhovující“ fotografie z internetové databáze a druhým testem, který byl prováděn přímo v terénu a pro který byly pořizovány fotografie výhradně podle specifických požadavků aplikace, byl 5,7%. Tento test také poukazuje na to, jak se aplikace během jediného roku posunuly. Autoři tohoto experimentu dokonce prohlásili, že i když je zde stále prostor pro zlepšení, tak by se nebáli tuto aplikaci použít v rámci výzkumu a vědecké praxe (Pärtel et al., 2021).

Poslední experiment, který stojí za zmínku, realizovali v roce 2022 Hart et al. a důvod, proč jej zmiňuji je ten, že kromě aplikací PlantNet a LeafSnap, byl při tomto experimentu testován také Seek od iNaturalist (Hart et al., 2022). Tato aplikace byla totiž jednou z aplikací použitých účastníky testování v průběhu mé diplomové práce, jenže jsem ji netestovala v rámci mé bakalářské práce, a tudíž jsou toto jediná data o její účinnosti při identifikaci rostlin, která mám k dispozici (Hasníková, 2021). Hart et al. si za cíl stanovili otestovat úspěšnost 5 aplikací pro automatické určování rostlin, a to na 277 druzích, od kterých pořídili celkem 857 profesionálních fotografií. Celková úspěšnost všech 5 aplikací byla pouhých 69%. Tyto výsledky byly ovšem velmi zkresleny, konkrétně aplikacemi PlantSnap a Google Lens, které dosáhly výrazně nižších výsledků, než zbylé 3 aplikace (PlantNet, LeafSnap a Seek). Když autoři experimentu pominuli tyto dvě „zaostávající“ aplikace, tak celková procentuální úspěšnost aplikací vystoupala na 96%, což už je velmi srovnatelné s výkony profesionálních botaniků (Hart et al., 2022).

1.3 Mobilní aplikace jako didaktické pomůcky ve výuce biologie

Možnostmi zapojení moderních technologií do běžné výuky na školách se již v minulosti zabývala velká řada publikací, jako např. Huang et al. (2010), Koh et al. (2010), Noguera et al. (2013), Schmid et al. (2014), Jenó et al. (2017), Anđić et al. (2021) nebo Iskrenovic-Momcilovic (2023). Cílem všech těchto prací bylo nejen zjistit, jakým způsobem by se daly moderní technologie do výuky na školách zapojit, ale především jaký dopad by to na výuku, a především na žáky mělo. Všichni autoři dospěli k velmi podobným výsledkům, proto jsem se rozhodla dopodrobna rozebrat pouze jednu z nich, konkrétně publikaci od Anđić et al. (2021).

Anđić et al. (2021) v rámci své práce provedli experiment, jehož cílem bylo zjistit, jaký dopad bude mít na vzdělání a motivaci žáků využití klasických dichotomických klíčů v tištěné formě (skupina C) v porovnání s využitím dichotomických klíčů v digitální podobě (skupina E). Tento digitální klíč funguje velmi podobně jako mobilní aplikace pro automatické určování rostlin a byl vytvořen autory speciálně pro účely tohoto testování. Výzkumu se zúčastnilo 140 pečlivě vybraných žáků 8. ročníku základní školy (12-13 let). Žáci byli rozděleni do dvou skupin, kdy jedna skupina pracovala s klasickými klíči a druhá dostala k dispozici klíče digitální, ty jim následně sloužily jako didaktické pomůcky při výuce botaniky.

Výzkum si kladl celkem 3 cíle: 1. srovnat, jakých výsledků dosahují žáci, když pracují s tištěnými klíči a když pracují s klíči digitálními; 2. jaký názor mají žáci na používání jednotlivých pomůcek pro determinaci rostlin; 3. jestli jejich názor odpovídá dosaženým výsledkům (Anđić et al., 2021).

Žáci ve skupině E dosahovali výrazně lepších studijních výsledků oproti žákům ze skupiny C, a to hodiny botaniky probíhaly stejným způsobem, jen s odlišnými didaktickými pomůckami. Nejen, že žáci ze skupiny E byli při identifikaci rostlin rychlejší a mnohem úspěšnější než žáci ze skupiny C, ale také mnohem lépe zvládali komplexnější úkoly, které jim byly v průběhu výuky zadávány. U žáků používajících klíč ve formě aplikace se také projevila větší motivace k učení a k získávání nových poznatků a také jejich ohlasy na využívání této determinační pomůcky byly mnohem pozitivnější než u žáků, kteří používali klíče klasické. V hodnocení následně žáci ze skupiny E uváděli, že práce s digitálními klíči se jim velmi zalíbila hlavně z toho důvodu, že byli více samostatní, práce byla dynamičtější a také zajímavější (Anđić et al., 2021).

Jak již bylo řečeno, těchto výsledků nedosáhli nejen Anđić et al. (2021), ale i jiní autoři, jako např. Schmid et al. (2014) a Jenó et al. (2017), kteří prováděli podobný experiment přímo s mobilními aplikacemi pro automatické určování rostlin. Ve všech případech žáci více preferovali mobilní aplikace, v porovnání s klasickými pomůckami pro determinaci. Zvítězilo jejich jednoduché a rychlé používání a možnost využití mobilu ve výuce, která je pro žáky v dnešní době mnohem atraktivnější, než práce s učebnicí (Huang et al., 2010; Koh et al., 2010; Noguera et al., 2013; Schmid et al., 2014; Jenó et al., 2017; Anđić et al., 2021; Iskrenovic-Momcilovic, 2023).

Zapojení moderních technologií do výuky na školách je velké téma, kterému se v poslední době věnuje stále více autorů. Kromě experimentů typu Anđić et al. (2021), kteří přímo porovnávali moderní a klasické pomůcky ve výuce, byly prováděny i obecnější studie, zaměřující se čistě na využívání moderních technologií v běžné výuce na školách a na to, jaký dopad tyto didaktické pomůcky mohou mít především na vědomosti a psychiku studentů. Touto problematikou se zabývali např. Sharples (2000) a Fridberg et al. (2017). Zkoumali nejen používání mobilních telefonů ve výuce, ale také tabletů, notebooků, iPodů a dalších elektronických zařízení. Testováno bylo několik skupin studentů napříč věkovými kategoriemi, od základních škol až po vysoké školy. Obě studie se shodují na tom, že zařazení moderních technologií do výuky mělo pozitivní dopad na studenty, a to hned z několika hledisek. Studenti dosahovali lepších studijních výsledků (hlavně studenti vysokých škol), zvýšil se jejich zájem o studium, zlepšila se jejich schopnost vyhledávat informace a hodnotit jejich kvalitu, byl zaznamenán také velmi pozitivní dopad na spolupráci mezi studenty, rozvoj kognitivních dovedností a kvalitnější proces učení (studenti chodili lépe připravení do hodin). Pokroku si všimli i samotní účastníci obou experimentů, kteří tento typ výuky hodnotili velice kladně (Sharples, 2000; Fridberg et al., 2017).

Všechny doposud zmiňované studie mají jedno společné: zapojení moderních technologií, ať už se jedná o počítač, iPod nebo mobilní aplikaci pro automatické určování rostlin, vede nejen ke zkvalitnění výuky, ale především se zvyšuje zájem žáků o dané učivo a jejich motivace k dalšímu vzdělávání, což by měla být jedna z hlavních priorit dnešního školství (Sharples, 2000; Huang et al., 2010; Koh et al., 2010; Noguera et al., 2013; Schmid et al., 2014; Fridberg et al., 2017; Jenó et al., 2017; Anđić et al., 2021; Iskrenovic-Momcilovic, 2023).

2 CÍLE PRÁCE

Práce si klade následující cíle: (a) na základě poznatků získaných při tvorbě bakalářské práce vybrat aplikaci pro automatické určování rostlin vhodnou pro výuku, (b) navrhnout praktické cvičení, při kterém bude testováno využití této aplikace při výuce botaniky a zároveň porovnání jejího využití s klasickými pomůckami (určovacím klíčem), (c) sestavit dotazník pro praktické cvičení, (d) následně aplikovat praktické cvičení na vybrané skupiny středoškolských a vysokoškolských studentů, (e) nasbíraná data statisticky vyhodnotit a porovnat s literaturou.

3 MATERIÁL A METODY

3.1 Praktické cvičení

Testování účastníků praktického cvičení probíhalo od 25.4. do 9.5. 2022 a to na katedře Botaniky Přírodovědecké fakulty univerzity Palackého v Olomouci (51 studentů 2. ročníku bakalářského studia), na Slovanském gymnáziu v Olomouci (29 studentů 1. ročníku) a na Reálném gymnáziu a základní škole Otta Wichterleho v Prostějově (25 studentů 1. ročníku).

Cílem praktického cvičení bylo nejen srovnat aplikace pro automatické určování rostlin s klasickými pomůckami na určování rostlin (určovacím klíčem), ale také zjistit, jaký názor mají studenti středních a vysokých škol na používání těchto pomůcek ve výuce biologie, případně jak se tyto názory liší v rámci různých věkových kategorií účastníků testování.

Z časových důvodů byla pro testování vytvořena zkrácená verze určovacího klíče (viz. příloha 1) založená na posledním vydání Klíče ke květeně ČR (Kaplan et al., 2019), ve které se nacházely pouze ty rody rostlin, které měli účastníci za úkol určit. Jednalo se o rod borovice (*Pinus*), rozrazil (*Veronica*), popenec (*Glechoma*) a hluchavka (*Lamium*).

3.1.1 Výběr vhodné aplikace pro testování

Jako nejvhodnější aplikaci pro výuku na českých školách jsem se rozhodla vybrat PlantNet, a to nejen z důvodu, že se při testování úspěšnosti aplikací pro automatické určování rostlin, které jsem prováděla v rámci své bakalářské práce, umístil mezi pěti nejúspěšnějšími aplikacemi, a to s úspěšností 87,21%, ale také měl, jako jedna z mála aplikací, zabudovanou velmi kvalitní češtinu (Hasníková, 2021). Aplikace je též velmi pěkně a přehledně graficky zpracovaná, snadno se používá, a především je bezplatná.

Použití této aplikace při testování bylo ovšem jen doporučeno a účastníci testování si tak mohli zvolit i jinou aplikaci pro automatické určování rostlin v případě, že by již měli zkušenosti s jinou aplikací, na jejíž používání by byli zvyklí. I tak velká většina žáků (94%) použila aplikaci PlantNet. Zbylí účastníci použili aplikace LeafSnap (3,85% žáků; úspěšnost v rámci testování 90,29%; Hasníková, 2021), Seek (0,96% žáků; nebyl testován v rámci mé bakalářské práce) a Flora Incognita (0,96% žáků; úspěšnost v rámci testování 82,29%; Hasníková, 2021).

3.1.2 Výběr rostlin pro testování

Účastníci na začátku testování obdrželi 6 druhů rostlin, které měli za úkol určit, následně 3 druhy určovali za pomoci aplikace a 3 pomocí určovacího klíče. Druhy pro testování byly vybírány s ohledem na to, aby si byly rostliny co nejvíce podobné, aby bylo následně možné výsledky určování pomocí aplikací a pomocí určovacího klíče statisticky srovnávat. Byly vybrány dva druhy rozrazilu, dva druhy borovice a dva zástupci z čeledi hluchavkovitých (viz. Tab. 1).

Tab. 1: Seznam rostlin pro praktické cvičení

Určovací klíč	Aplikace
rozrazil perský (<i>Veronica persica</i>)	rozrazil lesklý (<i>Veronica polita</i>)
borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	borovice černá (<i>Pinus nigra</i>)
hluchavka nachová (<i>Lamium purpureum</i>)	popenec obecný (<i>Glechoma hederacea</i>)

3.1.3 Sběr dat

Účastníci testování zaznamenávali své výsledky určování rostlin do předem připraveného dotazníku (viz. příloha 2). V rámci testování se porovnávala nejen úspěšnost účastníků při práci s jednotlivými pomůckami pro určování rostlin, ale i doba, za kterou se jim podařilo určit všechny tři druhy rostlin pomocí aplikace nebo pomocí klíče.

Aby bylo určení konkrétního druhu rostliny bráno jako správné, muselo být správné rodové i druhové jméno rostliny. V případě, že by účastník napsal správně pouze jméno rodové, ale druhové by již bylo chybné, tak bylo jako chybné vyhodnoceno celé určení. V případě, že účastník za pomoci dané pomůcky na determinaci rostlin určil správně všechny 3 rostliny, byla mu přiřazena 100% úspěšnost při určování, v případě 2 správných určení dostal 66%, v případě 1 správného určení 33% a za špatná všechna 3 určení 0%. Následně byly porovnávány jednotlivé pomůcky mezi sebou.

Ve druhé části dotazníku účastníci odpovídali na otázky týkající se práce s aplikací nebo s určovacím klíčem, např.: „Pomocí jaké pomůcky se ti lépe určovaly rostliny?“, „Jak se ti pracovalo s determinačním klíčem/aplikací?“, „Co se ti nejvíc líbilo/nelíbilo při práci s determinačním klíčem/aplikací?“ (viz. dotazník v příloze 2).

3.2 Statistické zpracování dat

Výsledky testování jednotlivých účastníků byly převedeny do programu MS Excel. Tato data byly poté porovnávána mezi sebou. Porovnávala se jak celková úspěšnost a rychlost všech účastníků při určování vybraných druhů rostlin pomocí jednotlivých pomůcek pro determinaci rostlin, tak i úspěšnost napříč věkovými skupinami, tedy jak se mezi sebou lišily výsledky středoškolských a vysokoškolských studentů. Obdobným způsobem byly vyhodnoceny i odpovědi na jednotlivé otázky v dotazníku.

V Excelu byly také vytvořeny výsečové grafy, týkající se otázek 5, 6, 9 a 10, z důvodu lepší přehlednosti, kvůli dlouhým slovním odpovědím na tyto otázky, které tak nebylo možné zaznamenat ve formě klasických sloupcových grafů.

Statistika byla provedena v programu NCSS 9 (Hintze, 2013). Statisticky významné rozdíly v případech, kdy se porovnávaly dvě skupiny respondentů nebo rozdíly v odpovědích na otázky, které nabývaly dvou stavů, byly testovány pomocí dvouvýběrového a párového t-testu. Rozdíly mezi středoškoláky a vysokoškoláky v odpovědích na víceřadové otázky byly testovány pomocí Pearsona chí-kvadrát testu.

4 VÝSLEDKY

4.1 Srovnání úspěšnosti a determinačního času při určování rostlin pomocí mobilní aplikace a určovacího klíče

Nejprve se zaměříme na celkovou úspěšnost všech účastníků testování a jejich rychlost při determinaci rostlin pomocí klíče i pomocí aplikace, bez ohledu na to, zda se jednalo o středoškolské nebo vysokoškolské studenty.

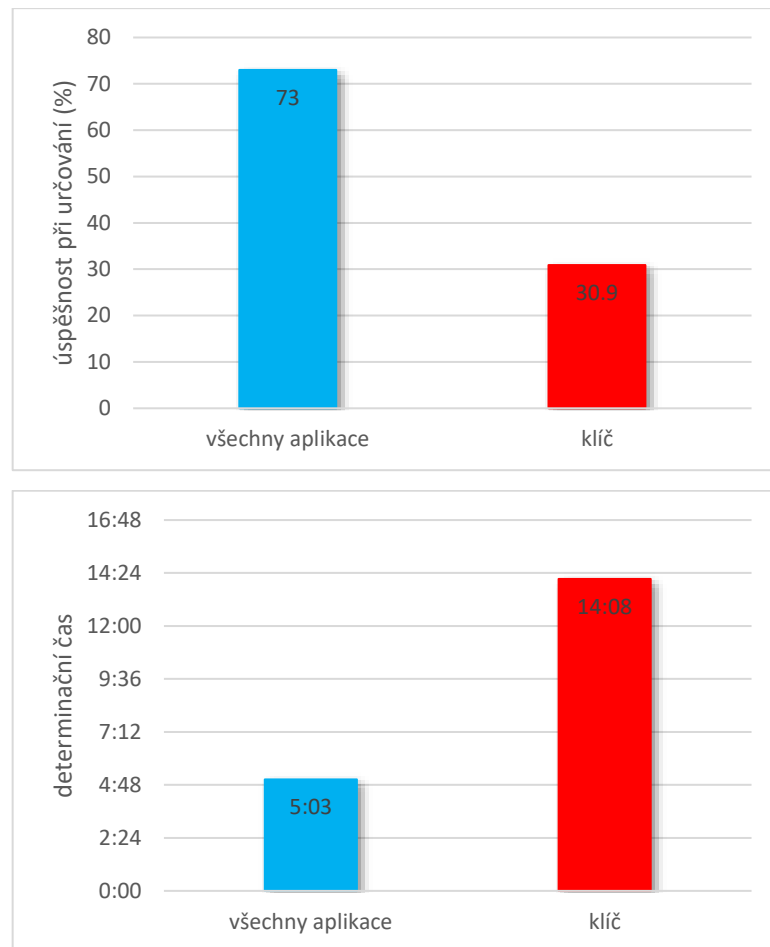
Účastníci testování byli výrazně úspěšnější při determinaci vybraných druhů rostlin, když k určování použili mobilní aplikaci. Průměrná úspěšnost všech účastníků při určování rostlin pomocí mobilní aplikace (bez rozlišení typu aplikace) byla 73,0% a pomocí určovacího klíče 30,9%. Jedná se o signifikantní rozdíl (párový t-test: $T = 10,34$, d.f. = 104, $p < 0,001$). Když bychom se zaměřili pouze na účastníky, kteří pro determinaci použili aplikaci PlantNet, což byla nejpoužívanější aplikace (použilo ji 98 účastníků ze 104), tak se průměrná úspěšnost všech účastníků testování při determinaci rostlin pomocí aplikace nezmění, stále hovoříme o 73,0%. Z těchto výsledků je patrné, že statistický rozdíl mezi aplikací PlantNet a ostatními aplikacemi, které byly použity v rámci testování, je tak malý, že ho můžeme zanedbat a z tohoto důvodu již ve výsledcích nebudeme rozlišovat jednotlivé typy aplikací (Tab. 2; Obr. 1).

Pokud se podíváme na rychlost, s jakou účastníci determinovali dané druhy rostlin, tak zjistíme, že rozdíl mezi aplikací a klíčem je téměř trojnásobný. Průměrná rychlost všech účastníků při práci s aplikací (bez rozlišení typu aplikace) je 5 minut a 3 sekundy, zatímco průměrná rychlost při použití klíče je 14 minut a 8 sekund. Rozdíl je opět vysoce signifikantní (párový t-test: $T = 15,13$, d.f. = 104, $p < 0,001$). Při zaměření pouze na účastníky používající aplikaci PlantNet se průměrný determinační čas zvýší o pouhé 2 sekundy (na 5 minut a 5 sekund), což opět ukazuje, že není třeba rozlišovat jednotlivé typy aplikací použitých při testování (Tab. 2; Obr. 1).

Tab. 2: Průměrná úspěšnost určování a průměrný determinační čas všech účastníků testování (N = 105) při použití mobilních aplikací pro určování rostlin a určovacího klíče.

	všechny aplikace ± S.D.	jen PlantNet ± S.D.	určovací klíč ± S.D.
úspěšnost (%)	73,0 ± 23,4	73,0 ± 23,9	30,9 ± 30,8
čas (min)	05:03 ± 3,3	05:05 ± 3,3	14:08 ± 5,8

*S.D. = směrodatná odchylka



Obr. 1: Sloupcové grafy porovnávající průměrnou úspěšnost (nahore) a průměrný determinační čas (dole) všech účastníků testování (N = 105), při použití mobilní aplikace (bez rozlišení typu aplikace) a určovacího klíče. Směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce (viz. Tab. 2).

Následně se zaměříme na porovnání úspěšnosti a rychlosti jednotlivých skupin účastníků při určování rostlin, tedy jak se od sebe lišily výsledky středoškolských a vysokoškolských studentů.

Úspěšnost žáků středních škol při determinaci rostlin byla pomocí aplikace (bez rozlišení typu aplikace) 73,1%, pomocí klíče 36,8%. Úspěšnost studentů vysokých škol při determinaci rostlin byla pomocí aplikace 72,8%, pomocí klíče 24,6% (Tab. 3; Obr. 2). Úspěšnost určování pomocí aplikace se mezi studenty obou stupňů studia nelišila (dvouvýběrový test: $T = 0,06$, d.f. = 103, $p = 0,954$). Při určování pomocí klíče byli žáci středních škol mírně úspěšnější (dvouvýběrový test: $T = 2,05$, d.f. = 103, $p = 0,043$).

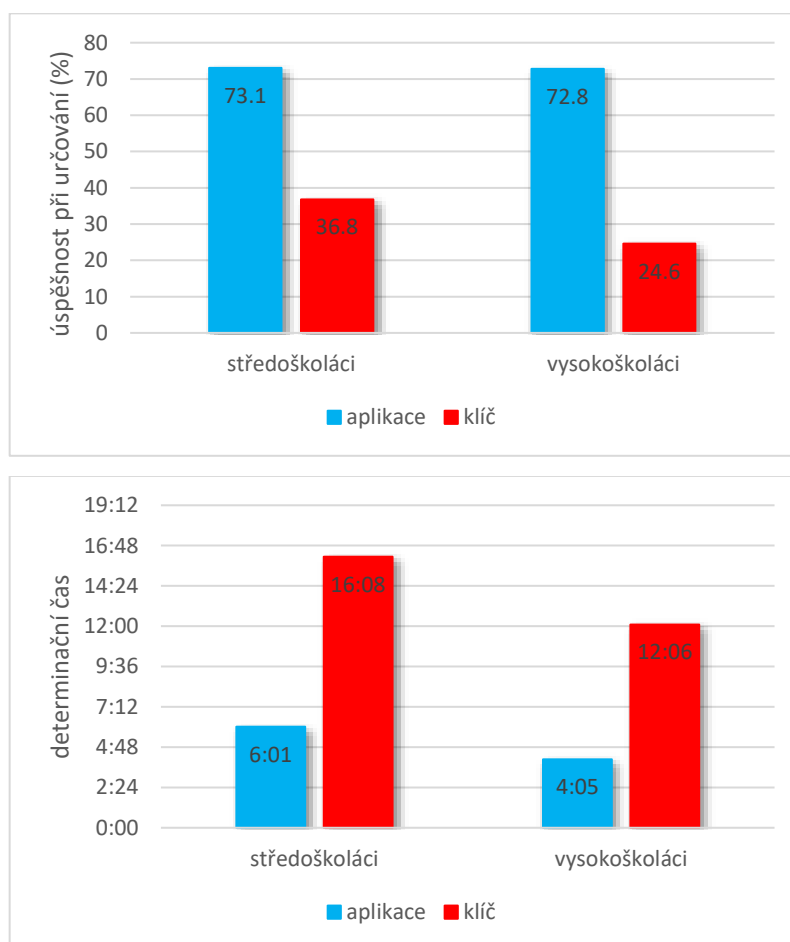
Průměrný determinační čas žáků středních škol byl při práci s aplikací (bez rozlišení typu aplikace) 6 minut a 1 sekunda a při práci s určovacím klíčem 16 minut a 8 sekund. U vysokoškolských studentů se průměrný determinační čas při práci s aplikací snížil na

4 minuty a 5 sekund a při práci s klíčem na 12 minut a 6 sekund (Tab. 3; Obr. 2). Studenti tedy byli v obou případech signifikantně rychlejší (klíč – dvouvýběrový test: $T = 3,89$, d.f. = 103, $p < 0,001$; aplikace – dvouvýběrový test: $T = 2,45$, d.f. = 103, $p = 0,016$).

Tab. 3: Porovnání průměrné úspěšnosti určování a průměrného determinačního času středoškolských a vysokoškolských studentů účastnících se testování (při použití aplikace a určovacího klíče). Žáci středních škol $N = 54$; studenti vysokých škol $N = 51$.

	žáci středních škol \pm S.D.	studenti vysokých škol \pm S.D.
úspěšnost s aplikací (%)	73,1 \pm 23,7	72,8 \pm 23,1
úspěšnost s klíčem (%)	36,8 \pm 33,6	24,6 \pm 26,1
čas s aplikací (min)	06:01 \pm 3,6	04:05 \pm 2,8
čas s klíčem (min)	16:08 \pm 6,5	12:06 \pm 4,1

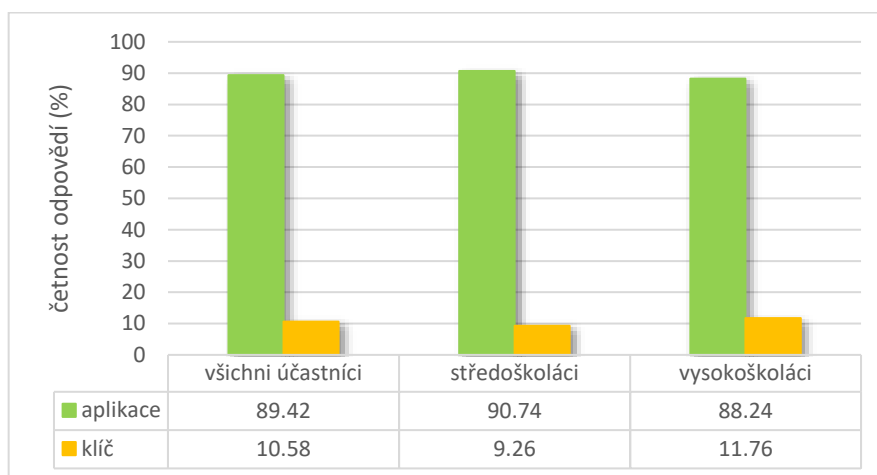
*S.D. = směrodatná odchylka



Obr. 2: Sloupcové grafy porovnávající průměrnou úspěšnost (nahore) a průměrný determinační čas (dole) středoškolských a vysokoškolských studentů při určování rostlin pomocí mobilní aplikace a botanického určovacího klíče. Středoškoláci $N = 54$; vysokoškoláci $N = 51$. Směrodatné odchylky jsou uvedeny v tabulce (viz. Tab. 3).

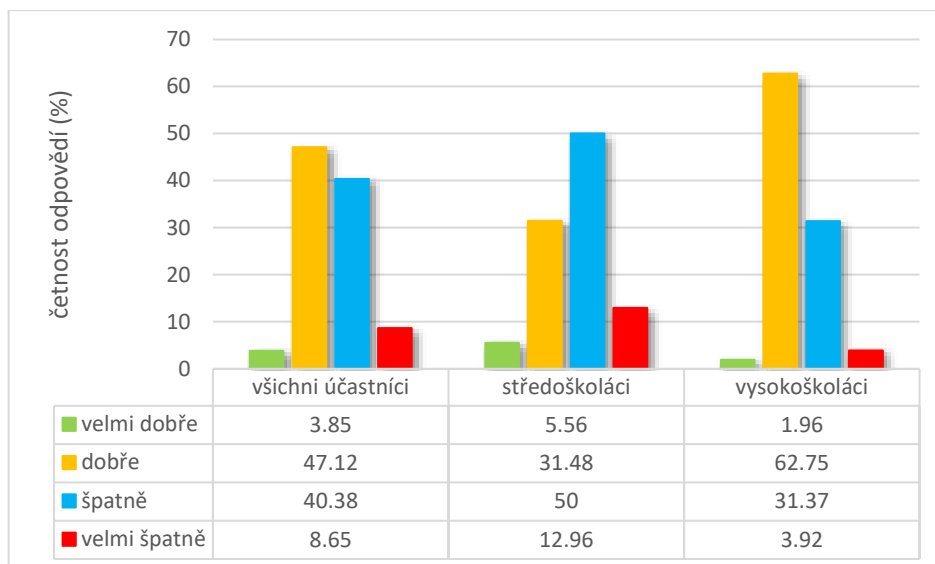
4.2 Vyhodnocení dotazníku

Velká většina respondentů se při odpovědi na otázku č. 3 („Pomocí které pomůcky se ti nejlépe určovaly rostliny?“) shodla na tom, že se jim při určování rostlin lépe pracovalo s mobilní aplikací než s determinačním klíčem (dvouvýběrový t-test: $T = 0,42$, d.f. = 103, $p = 0,679$). Práci s klíčem preferovalo pouhých 10,58% účastníků testování, zbylých 89,42% by si pro další determinaci rostlin zvolilo mobilní aplikaci. Tento většinový názor se nezměnil ani napříč věkovými kategoriemi, kdy 90,74% středoškoláků se lépe pracovalo s mobilní aplikací (pouhých 9,26% dalo přednost práci s klíčem) a stejně tak 88,24% vysokoškoláků (11,76% volilo určovací klíč) (Obr. 3).



Obr. 3: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 3 v dotazníku („Pomocí které pomůcky se ti nejlépe určovaly rostliny?“). Všichni účastníci $N = 105$; středoškoláci $N = 54$; vysokoškoláci $N = 51$.

V otázce č. 4 („Jak se ti pracovalo s determinačním klíčem?“) u respondentů převažoval názor (47,12%), že se jim s determinačním klíčem pracovalo dobře, druhou nejčastější odpovědí na tuto otázku (40,38%) bylo, že se jim s klíčem pracovalo špatně. Dále 8,65% účastníků uvedlo, že se jim s klíčem pracovalo velmi špatně a zbylým 3,85% se pracovalo velmi dobře. Rozdíl nastává i u různých věkových kategorií, kdy u žáků středních škol převažoval názor, že se jim s určovacím klíčem pracovalo špatně, takto odpovědělo 50% respondentů (zbylé odpovědi: 5,56% – velmi dobře; 31,48% – dobře; 12,96% – velmi špatně), zatímco většina vysokoškoláků (62,75%) se shodla na tom, že se jim s klíčem pracovalo dobře (zbylé odpovědi: 1,96% – velmi dobře; 31,37% – špatně; 3,92% – velmi špatně) (Obr. 4). Rozdíly v odpovědích mezi středoškoláky a vysokoškoláky jsou statisticky signifikantní (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 11,11$, d.f. = 3, $p = 0,011$).



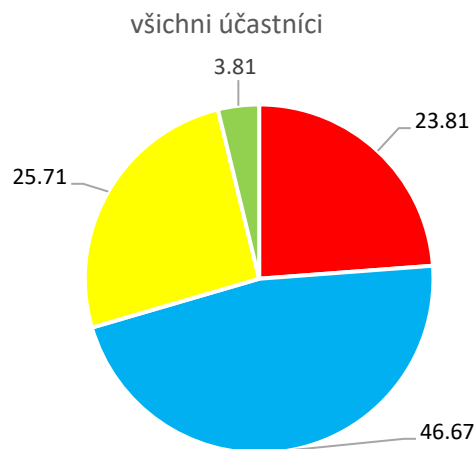
Obr. 4: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 4 v dotazníku („Jak se ti pracovalo s determinačním klíčem?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

V odpovědích na otázku č. 5 („Co se ti nejvíce líbilo na práci s determinačním klíčem“) 46,67% z celkového počtu respondentů odpovědělo, že na práci s botanickým klíčem se jim nejvíce líbila možnost lepšího ověření znalostí z botaniky, v porovnání při použití mobilní aplikace, kde tyto znalosti tak trochu ustupují do pozadí. Dalších 25,71% zvolilo odpověď „nic se mi na tom nelíbilo“, 23,81% se líbila možnost využití determinačního klíče kdekoliv, na rozdíl od mobilních aplikací, které vyžadují přístup k internetu a 3,81% respondentů zvolilo možnost „jiné“. Odpovědi na otázku č. 5 napříč věkovými kategoriemi byly značně ovlivněny předchozí otázkou. Jelikož většině středoškolským studentům se práce s klíčem nelíbila, tak v rámci této otázky převažovala odpověď „nic se mi na tom nelíbilo“, konkrétně takto odpovědělo 42,59% žáků (dále: 33,33% – možnost lépe si ověřit své znalosti z botaniky; 22,22% – možnost využít kdekoliv; 1,85% – jiné). Jako „jiné“ příklad toho, co se jim nejvíce líbilo na práci s klíčem žáci uvedli, že se jim zamlouvalo, že si na určení rostliny musí člověk přijít sám, kdežto, v případě aplikace to udělá mobil za vás. U vysokoškoláků naopak většina odpověděla na předchozí otázku kladně, že se jim s klíčem pracovalo dobře, proto naprostá většina (60,78%) odpověděla na 5. otázku tak, že se jim nejvíce líbil fakt, že si při práci s klíčem ověří své botanické znalosti (dále: 25,49% – možnost využít kdekoliv; 7,84% – nic se mi na tom nelíbilo; 1,85% – jiné). Jako „jiné“ možnosti studenti nejčastěji uváděli, že si byli při použití klíče více jistí svým určením, než když použili mobilní aplikaci a také to, že jim

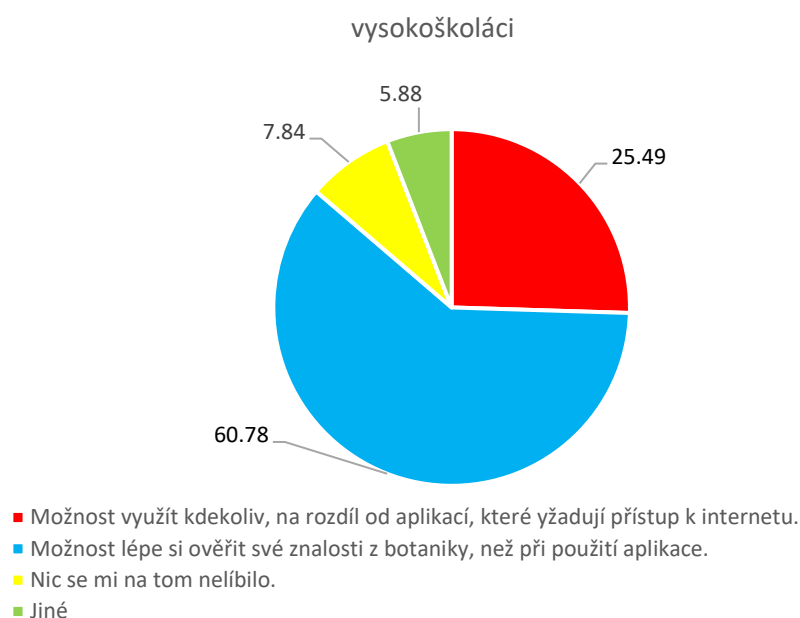
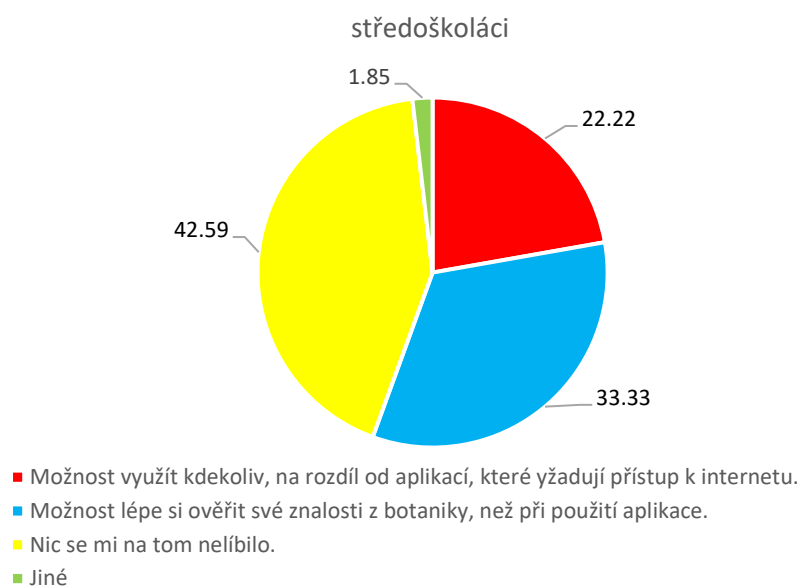
klíč přišel mnohem spolehlivější (Tab. 4; Obr. 5). Rozdíly v odpovědích mezi středoškoláky a vysokoškoláky jsou opět statisticky signifikantní (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 17,79$, d.f. = 3, $p < 0,001$).

Tab. 4: Srovnání odpovědí jednotlivých respondentů na otázku č. 5 (odpověď 1 – Možnost využití kdekoliv, na rozdíl od aplikací, které vyžadují přístup k internetu; odpověď 2 – Možnost lépe si ověřit své znalosti z botaniky, než při použití aplikace; odpověď 3 – Nic se mi na tom nelíbilo; odpověď 4 – Jiné). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

	Co se ti nejvíce LÍBILLO na práci s determinačním klíčem?		
	všichni účastníci	středoškoláci	vysokoškoláci
Odpověď 1 (%)	23,81	22,22	25,49
Odpověď 2 (%)	46,67	33,33	60,78
Odpověď 3 (%)	25,71	42,59	7,84
Odpověď 4 (%)	3,81	1,85	5,88



- Možnost využít kdekoliv, na rozdíl od aplikací, které vyžadují přístup k internetu.
- Možnost lépe si ověřit své znalosti z botaniky, než při použití aplikace.
- Nic se mi na tom nelíbilo.
- Jiné



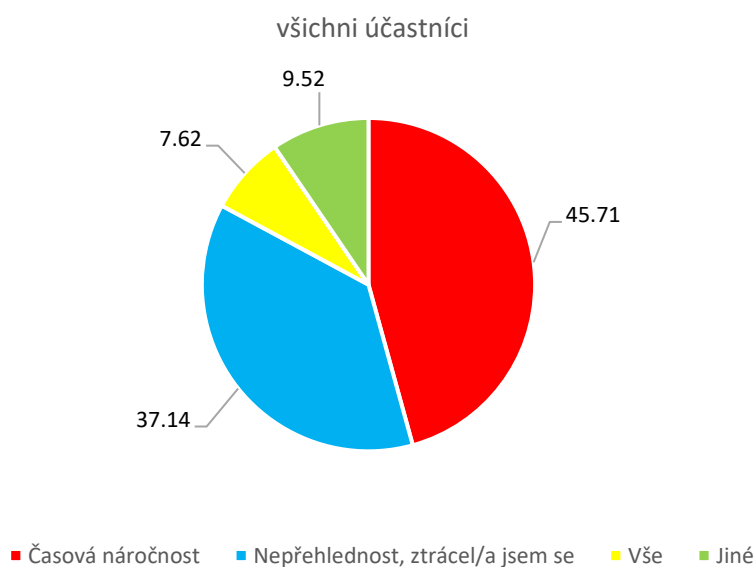
Obr. 5: Výšečové grafy porovnávající četnost odpovědí celkového počtu respondentů a jednotlivých věkových kategorií na otázku č. 5 („Co se ti nejvíce LÍBILLO na práci s determinačním klíčem?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

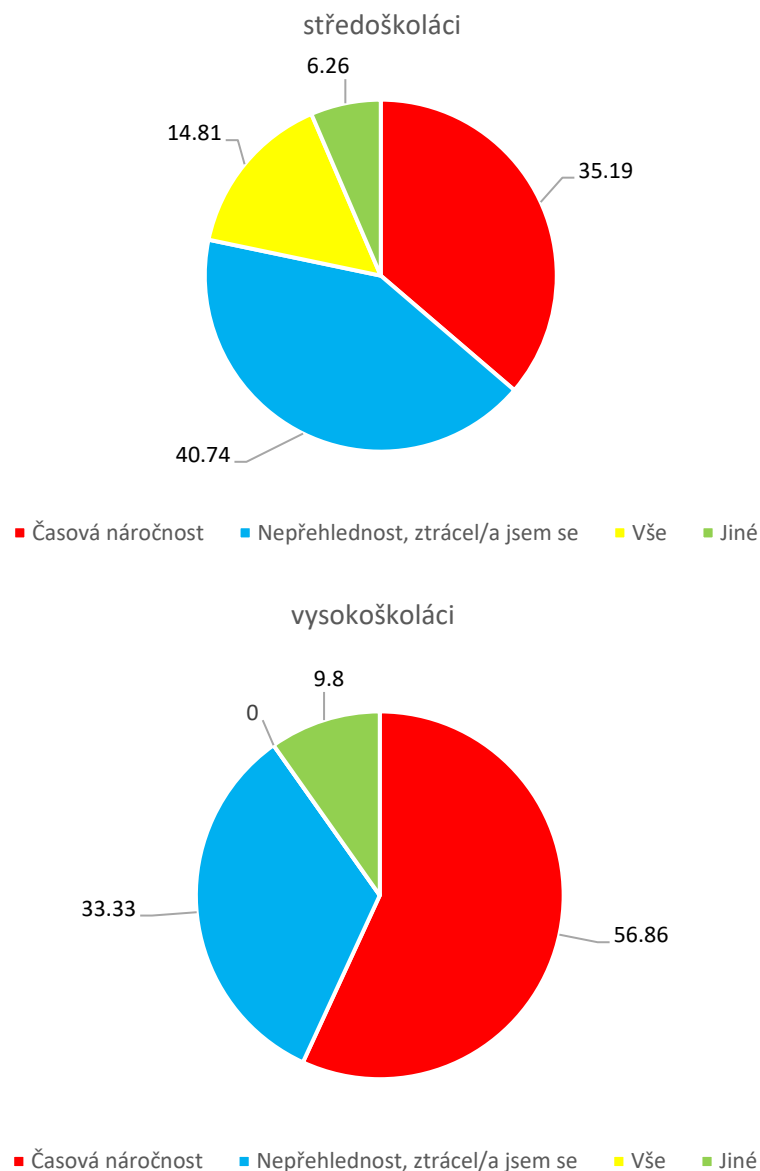
Na otázku č. 6 („Co se ti nejvíce nelíbilo na práci s determinačním klíčem?“) nejvíce respondentů z celkového počtu zúčastněných odpovědělo, že na práci s determinačním klíčem se jim, ze všeho nejvíce, nelíbila časová náročnost (45,71%), dále nepřehlednost (37,14%), 9,52% účastníků vybralo možnost „jiné“ a 7,62% účastníků se na práci s určovacím klíčem nelíbilo vůbec nic. Když se podíváme na porovnání středoškoláků a vysokoškoláků, tak u mladších studentů byla největším negativem nepřehlednost této pomůcky k určování rostlin (40,74%), dále to byla časová náročnost (35,19%), 14,81%

žáků zvolilo možnost „vše“ a zbylých 6,26% zaznačilo odpověď „jiné“, kdy jako nejčastější negativum uvedli množství odborných pojmů, které se v klíči objevují a kterým nerozumí a některým žákům také vadila absence fotografií v klíči. U vysokoškolských studentů jako hlavní nedostatek byla jednoznačně časová náročnost (56,86%), dále nepřehlednost (33,33%) a pár studentů zvolilo i kolonku „jiné“. Důvody, které v tomto případě studenti uvedli byly velké množství odborných pojmů a také fakt, že stačí udělat v postupu jeden chybný krok, který okamžitě znamená špatné určení dané rostliny (Tab. 5; Obr. 6). Stejně jako v předchozích případech jsou rozdíly v odpovědích mezi středoškoláky a vysokoškoláky statisticky signifikantní (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 10,65$, d.f. = 3, p = 0,014).

Tab. 5: Srovnání odpovědí jednotlivých respondentů na otázku č. 6 (odpověď 1 – Časová náročnost; odpověď 2 – Nepřehlednost, ztrácel/a jsem se; odpověď 3 – Vše; odpověď 4 – Jiné). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

	Co se ti nejvíce NELÍBILO na práci s determinačním klíčem?		
	všichni účastníci	středoškoláci	vysokoškoláci
Odpověď 1 (%)	45,71	35,19	56,86
Odpověď 2 (%)	37,14	40,74	33,33
Odpověď 3 (%)	7,62	14,81	0
Odpověď 4 (%)	9,52	6,26	9,8

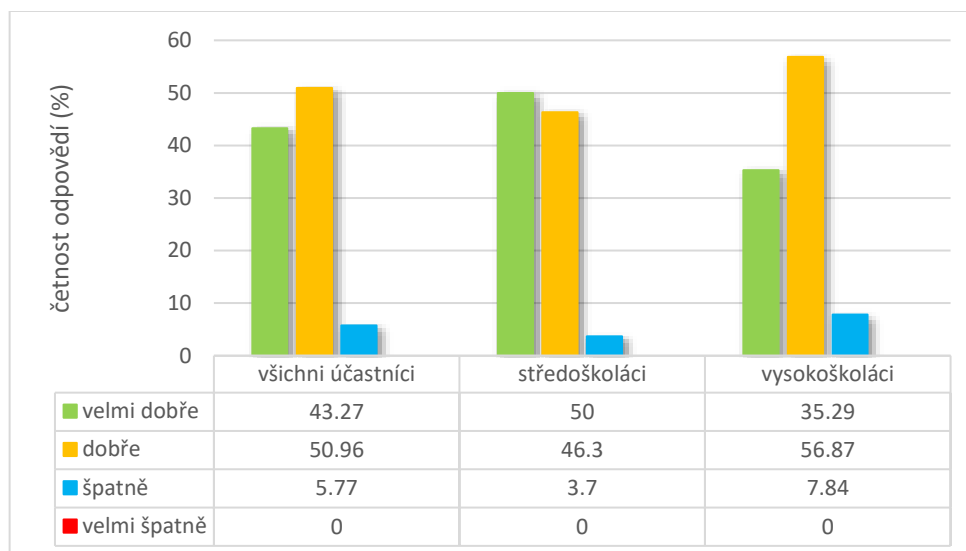




Obr. 6: Výsečové grafy porovnávající četnost odpovědí celkového počtu respondentů a jednotlivých věkových kategorií na otázku č. 6 („Co se ti nejvíce NELÍBILO na práci s determinacním klíčem?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

V odpovědích na 8. otázku („Jak se ti pracovalo s mobilní aplikací?“) se většina respondentů shodla na tom, že se jim s aplikací pracovalo velmi dobře (43,27%) nebo dobře (50,96%), zbylých 5,77% respondentů napsalo, že se jim s aplikací pracovalo špatně, ale nikdo ze zúčastněných nezvolil možnost „velmi špatně“. Přesně 50% žáků středních škol v dotazníku uvedlo, že se jim s aplikací pracovalo velmi dobře, poté 46,30% uvedlo, že se jim s aplikací pracovalo dobře a pouhým 3,70% špatně. U 56,87% vysokoškolských studentů převažoval názor, že se jim s aplikací pracovalo dobře, 35,29%

vybralo možnost „velmi dobře“ a zbylých 7,84% se s aplikací pracovalo špatně (Obr. 7). Středoškoláci a vysokoškoláci se ve svých odpovědích statisticky nelišili (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 2,68$, d.f. = 2, $p = 0,262$).

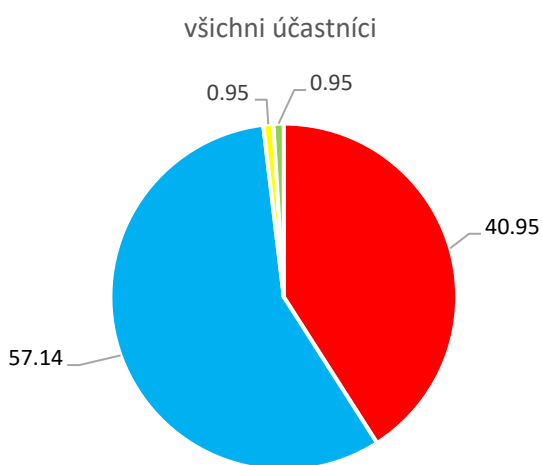


Obr. 7: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 8 v dotazníku („Jak se ti pracovalo s mobilní aplikací?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

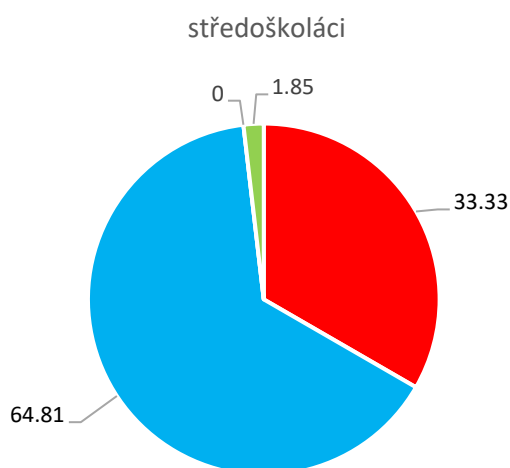
V otázce č. 9 („Co se ti nejvíce líbilo na práci s mobilní aplikací?“) více než polovina (57,14%) účastníků testování odpověděla, že na práci s aplikací se jim nejvíce líbilo její jednoduché používání, druhý největší počet hlasů (40,95%) získala odpověď „velká úspora času“, na zbylé dvě odpovědi, „možnost využití mobilu v hodině“ a „jiné“, odpovědělo v obou případech 0,95% respondentů. U žáků středních škol jednoznačně zvítězila odpověď „jednoduché používání“, kterou zvolilo 64,81% žáků, dále 33,33% vybralo velkou úsporu času a zbylých 1,85% vybralo možnost „jiné“, kdy jako důvod uvedli, že se jim líbilo, jak aplikace nejenže při determinaci dané rostliny uvedla její název, ale také poskytla řadu fotografií, se kterými mohli svou rostlinu porovnat a alespoň do jisté míry si tak ověřit správnost daného určení. U studentů vysokých škol již nejsou výsledky tak jednoznačné, jelikož stejný počet studentů (49,02%) vybralo možnost „velká úspora času“ a „jednoduché používání“. Zbylých 1,96% vybralo odpověď „možnost využití mobilu v hodině“ (Tab. 6; Obr. 8). Středoškoláci a vysokoškoláci na tuto otázku z pohledu statistiky odpovídali podobně (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 4,72$, d.f. = 3, $p = 0,193$).

Tab. 6: Srovnání odpovědí jednotlivých respondentů na otázku č. 9 (odpověď 1 – Velká úspora času; odpověď 2 – Jednoduché používání; odpověď 3 – Možnost využití mobilu v hodině; odpověď 4 – Jiné). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

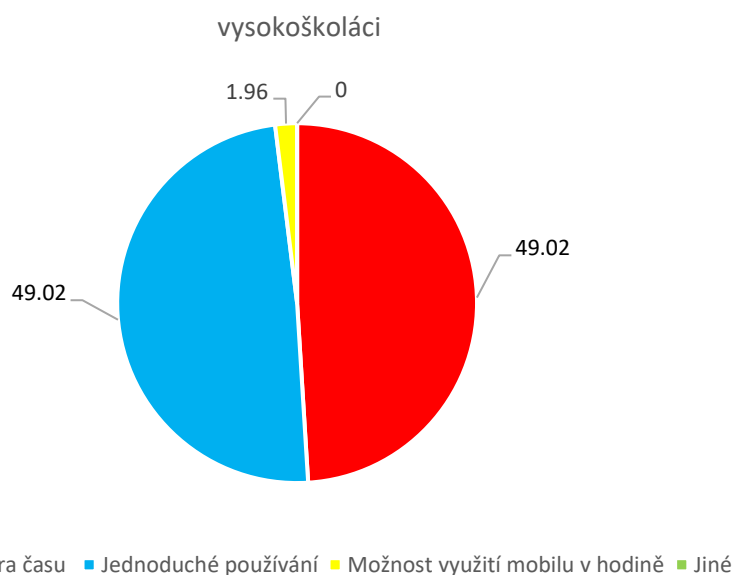
	Co se ti nejvíce LÍBILO na práci s mobilní aplikací?		
	všichni účastníci	středoškoláci	vysokoškoláci
Odpověď 1 (%)	40,95	33,33	49,02
Odpověď 2 (%)	57,14	64,81	49,02
Odpověď 3 (%)	0,95	0	1,96
Odpověď 4 (%)	0,95	1,85	0



■ Velká úspora času ■ Jednoduché používání ■ Možnost využití mobilu v hodině ■ Jiné



■ Velká úspora času ■ Jednoduché používání ■ Možnost využití mobilu v hodině ■ Jiné



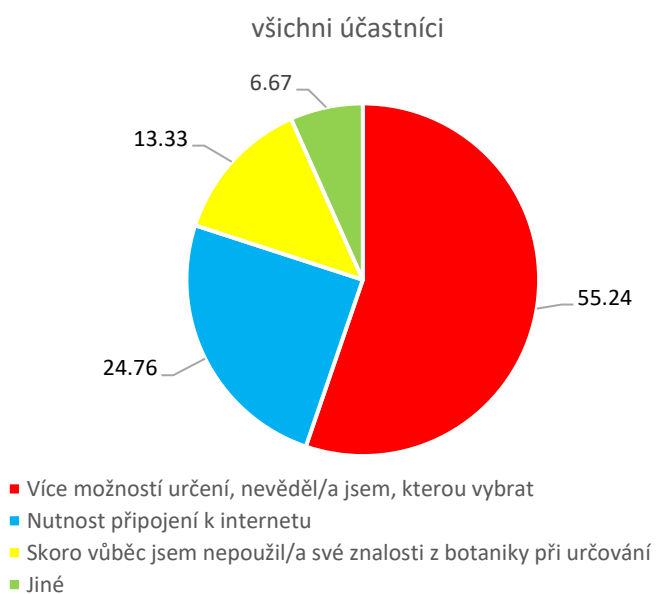
Obr. 8: Výšečové grafy porovnávající četnost odpovědí celkového počtu respondentů a jednotlivých věkových kategorií na otázku č. 9 („Co se ti nejvíce LÍBILLO na práci s mobilní aplikací?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

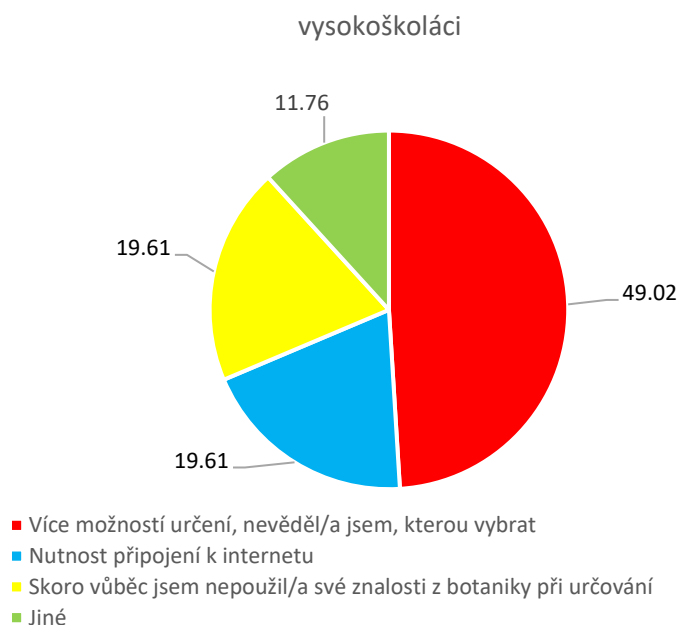
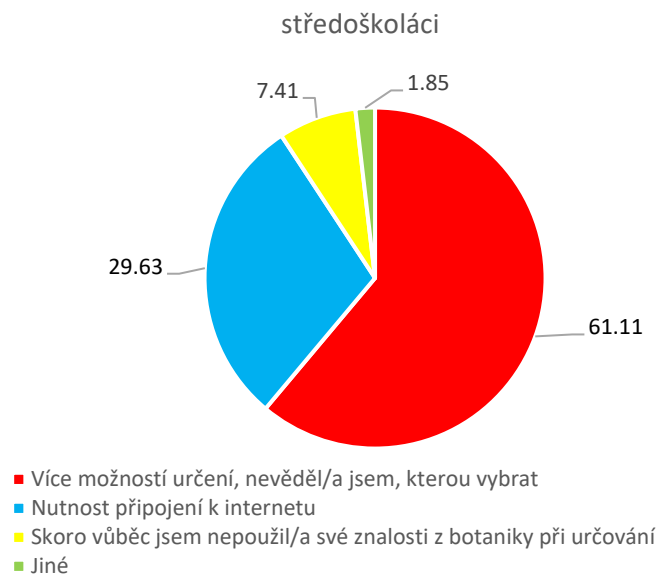
Většina respondentů (55,24%) se v 10. otázce („Co se ti nejvíce nelíbilo na práci s mobilní aplikací?“) shodla na tom, že největším negativem mobilních aplikací je více možností určení, které aplikace nabízí a že ne vždy věděli, kterou z možností vybrat. Dalších 24,76% účastníků uvedlo jako nevýhodu aplikací nutnost připojení k internetu, 13,33% účastníků vadilo, že při determinaci rostlin pomocí mobilní aplikace prakticky nepoužili své znalosti z botaniky a zbylých 6,67% vybralo možnost „jiné“. Toto pořadí jednotlivých odpovědí se shodovalo s tím, jak odpovídali i jednotlivé věkové skupiny, kdy 61,11% žáků středních škol vadilo více možností určení, 29,63% zvolilo „nutnost připojení k internetu“, 7,41% vadilo nevyužití znalostí z botaniky a 1,85% uvedlo vlastní důvod, což v tomto případě bylo převážně určování rostlin pouze na základě fotografií, což by nemuselo fungovat u některých více podobných druhů rostlin. Vysokoškolští studenti také zvolili, jako hlavní nedostatek aplikací, více možností určení, tuto možnost vybralo 49,02% studentů, 19,61% zvolilo „nutnost připojení k internetu“ a stejnému množství studentů (opět 19,61%) vadilo, že při určování nevyužili své vědomosti, na posledním místě 11,76% studentů uvedlo jiné důvody, kdy podobně, jako žákům středních škol jim vadilo, že aplikace pracuje pouze s fotografiemi, dále uvedli, že aplikace v některých případech určila pouze rod dané rostliny, ale nikoliv druh, také, že některá určení byla aplikací málo procentuálně ohodnocena, což indikovalo, že si sama aplikace není určením dané rostliny moc jistá a v neposlední řadě jim vadila nejistota určení pomocí aplikace

(Tab. 7; Obr. 9). Rozdíly v odpovědích mezi středoškoláky a vysokoškoláky jsou statisticky mírně odlišné (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 8,55$, d.f. = 3, $p = 0,036$).

Tab. 7: Srovnání odpovědí jednotlivých respondentů na otázku č. 6 (odpověď 1 – Časová náročnost; odpověď 2 – Nepřehlednost, ztrácel/a jsem se; odpověď 3 – Vše; odpověď 4 – Jiné). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

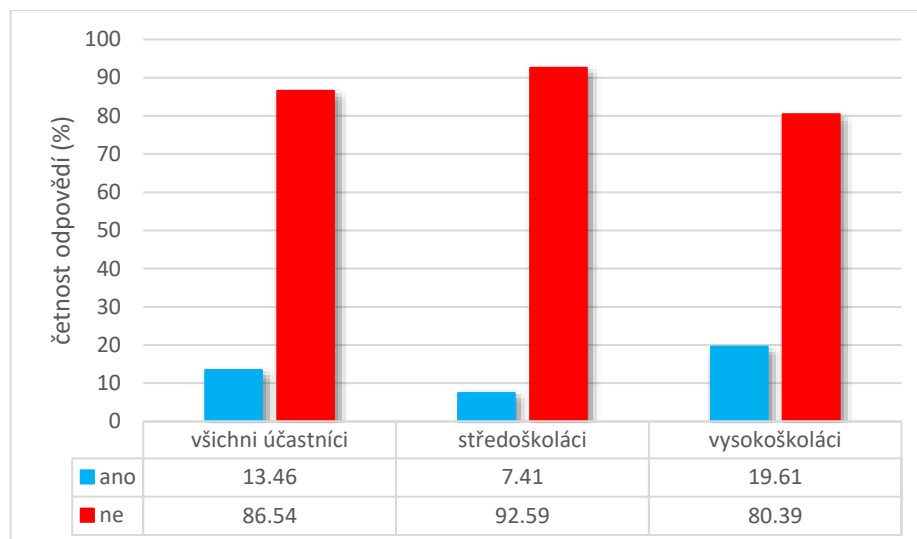
	Co se ti nejvíce NELÍBILO na práci s mobilní aplikací?		
	všichni účastníci	středoškoláci	vysokoškoláci
Odpověď 1 (%)	55,24	61,11	49,02
Odpověď 2 (%)	24,76	29,63	19,61
Odpověď 3 (%)	13,33	7,41	19,61
Odpověď 4 (%)	6,67	1,85	11,76





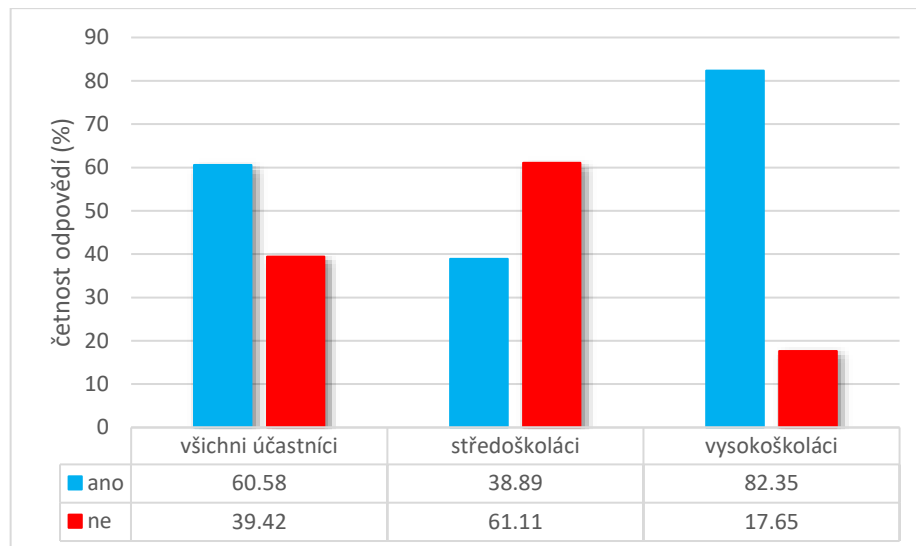
Obr. 9: Výšečové grafy porovnávající četnost odpovědí celkového počtu respondentů a jednotlivých věkových kategorií na otázku č. 10 („Co se ti nejvíce NELÍBILO na práci s mobilní aplikací?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

V rámci otázky č. 11 („Použil/a jsi v průběhu práce s aplikací mobilní telefon i k jinému účelu, než k určování rostlin?“) se 13,46% účastníků z celkového počtu přiznalo, že při práci použili mobilní telefon i k jiným účelům než k práci s aplikací. Jednalo se o 4 středoškoláky (z celkového počtu žáků to činí 7,41%) a o 10 vysokoškoláků (z celkového počtu studentů se jedná o 19,61%) (Obr. 10). Středoškolští a vysokoškolští studenti se statisticky ve své odpovědi nelišili (dvouvýběrový t-test: $T = 1,85$, d.f. = 103, $p = 0,067$).

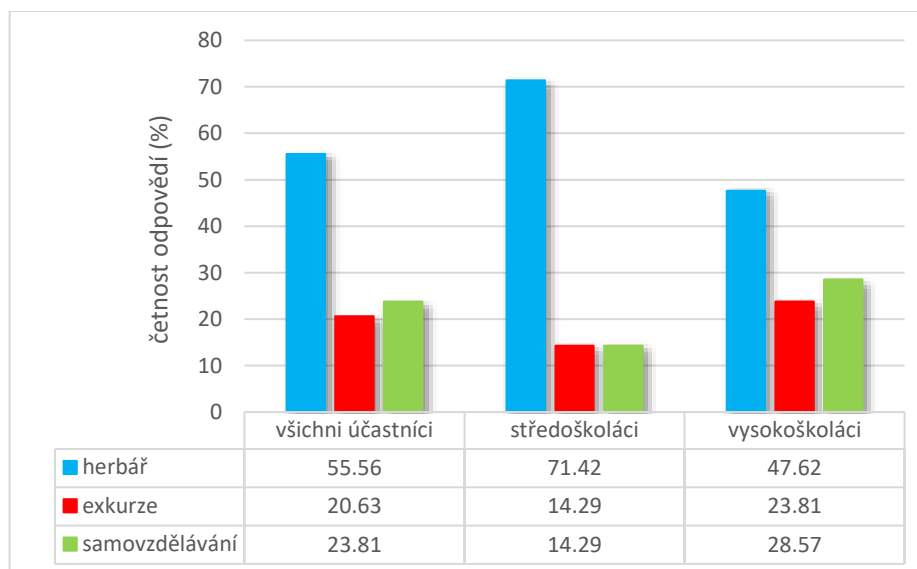


Obr. 10: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 11 v dotazníku („Použil/a jsi v průběhu práce s aplikací mobilní telefon i k jinému účelu, než k určování rostlin?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

Otázky 12. a 13. v dotazníku byly zaměřené na to, zda se účastníci testování již dříve setkali s aplikacemi pro automatické určování rostlin (otázka č. 12) a případně při jaké příležitosti (otázka č. 13). Z celkového množství respondentů 60,58% odpovědělo, že se s aplikacemi už někdy setkalo, z toho více než polovina (55,56%) uvedla, že některou z aplikací pro automatické určování rostlin použili při tvorbě herbáře v rámci studia, dalších 20,63% ji použilo na školní exkurzi a 23,81% v rámci určování rostlin ze zvědavosti, ve svém volném čase. Z celkového množství žáků středních škol se s aplikacemi dříve setkalo pouhých 38,89% (71,42% – herbář; 14,29% – školní exkurze; 14,29% – určování rostlin v rámci samovzdělávání). U vysokoškolských studentů bylo procento zúčastněných, kteří se již s aplikacemi setkali při jiné příležitosti, výrazně vyšší (dvouvýběrový t-test: $T = 5,02$, d.f. = 103, $p < 0,001$). Konkrétně se s aplikacemi už předtím setkalo 82,35% z celkového počtu studentů (47,62% – herbář; 23,81% – školní exkurze; 28,57% – určování rostlin v rámci samovzdělávání) (Obr. 11; Obr. 12).



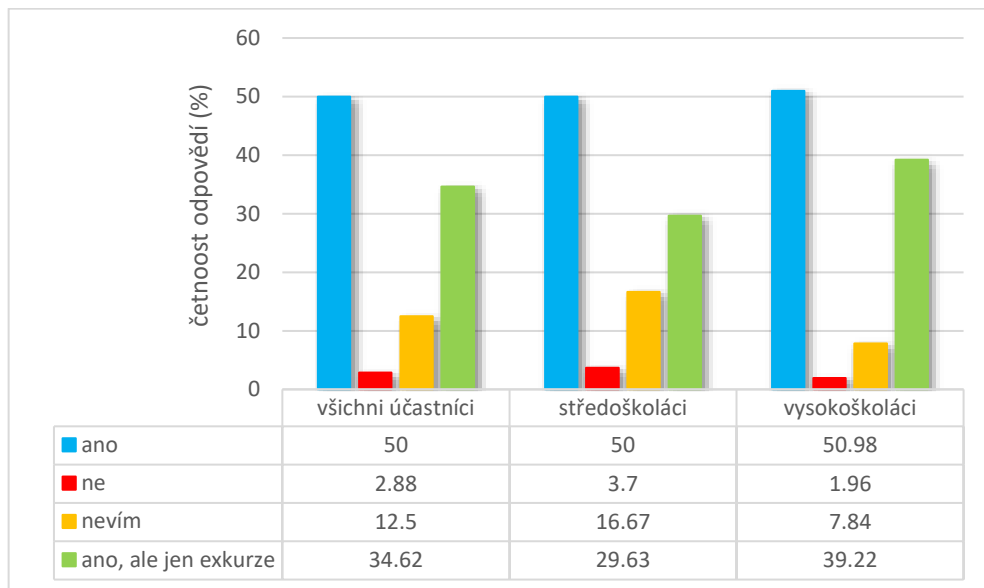
Obr. 11: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 12 v dotazníku („Setkal/a ses již dříve s mobilními aplikacemi pro automatické určování rostlin?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.



Obr. 12: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 13 v dotazníku („Pokud jsi na předchozí otázku odpověděl/a ANO, uveď, při jaké příležitosti?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

V rámci 14. otázky („Myslíš si, že by se mobilní aplikace měly stát součástí běžné výuky biologie na školách?“) 50% respondentů souhlasilo s využíváním mobilních aplikací pro automatické určování rostlin v hodinách biologie, 34,62 % bylo pro jejich využití ve vyučování, ale pouze na školních exkurzích nebo terénních cvičeních, 12,5% odpovědělo „nevím“ a zbylé 2,88% bylo proti zapojení aplikací do výuky. Rozložení odpovědí

v rámci jednotlivých věkových kategorií bylo velmi podobné (Pearsonův chí-kvadrát test: $\chi^2 = 2,64$, d.f. = 3, $p = 0,451$), 50% středoškoláků bylo pro zapojení aplikací do výuky, 29,63% bylo pro pouze v případě školních exkurzí, 16,67% zvolilo možnost „nevím“ a 3,7% bylo proti. U vysokoškoláků je statistika podobná, 50,98% zvolilo odpověď „ano“, 39,22% by zapojilo aplikace do výuky pouze v případě exkurzí, 7,84% bylo nerozhodných a 1,96% odpovědělo „ne“ (Obr. 13).



Obr. 13: Sloupcové grafy a tabulka porovnávají odpovědi účastníků testování na otázku č. 14 v dotazníku („Myslíš si, že by se mobilní aplikace měly stát součástí běžné výuky biologie na školách?“). Všichni účastníci N = 105; středoškoláci N = 54; vysokoškoláci N = 51.

5 DISKUZE

V rámci této diplomové práce byly porovnávány mobilní aplikace pro automatické určování rostlin s klasickými pomůckami pro determinaci rostlin, s cílem zjistit nejen to, jak si aplikace v porovnání s determinačními klíči povedou, ale převážně jak se s těmito pomůckami pracuje středoškolským a vysokoškolským studentům a jaký mají názor na zapojení těchto moderních pomůcek do klasické výuky biologie na českých školách.

Do experimentu bylo zapojeno 54 žáků střední školy a 51 studentů vysoké školy. K determinaci rostlin byly použity aplikace PlantNet, LeafSnap, Seek a Flora Incognita a také zkrácená verze určovacího klíče, speciálně upravená pro účely tohoto experimentu, kde byly vybrány pouze rody rostlin, které měli účastníci testování za úkol určit (viz. příloha 1). Rostliny použité pro testování byly borovice lesní a borovice černá, rozrazil perský a rozrazil lesklý, popenec obecný a hluchavka nachová. Součástí experimentu byl také dotazník, zjišťující názor jednotlivých respondentů na práci s různými pomůckami pro determinaci rostlin.

5.1 Porovnání mobilních aplikací s určovacím klíčem

Výsledky tohoto experimentu se z velké části shodují s těmi, kterých ve svých studiích dosáhli Sharples (2000), Fridberg et al. (2017), Anđić et al. (2021) a další. Nejen, že žáci byli při používání mobilních determinačních pomůcek úspěšnější a rychlejší, ale také je práce s nimi víc bavila.

5.1.1 Průměrná úspěšnost při determinaci rostlin

Rozdíl v průměrné úspěšnosti mezi mobilními aplikacemi a determinačním klíčem při určování rostlin byl více než dvojnásobný, a to ve prospěch mobilních aplikací. Účastníci testování byli, při určování vybraných druhů rostlin pomocí aplikace o 42,1% úspěšnější, než při určování rostlin pomocí klíče, a to byla při testování použita (z časových důvodů) zkrácená verze botanického klíče, která obsahovala pouze konkrétní rody rostlin použitých při testování (viz. příloha 1), takže lze předpokládat, že při použití klasického určovacího klíče by byl rozdíl v úspěšnosti ještě o něco větší.

Tato statistika se nemění ani napříč jednotlivými věkovými kategoriemi, kdy žáci středních škol byli, při použití mobilní aplikace, úspěšnější o 36,8%, než při práci s klíčem a u vysokoškolských studentů byl tento rozdíl dokonce 48,2%, opět ve prospěch mobilních aplikací. Překvapivě byli při určování rostlin úspěšnější žáci středních škol,

a to jak při práci s mobilními aplikacemi, tak i při práci s botanickým klíčem. Při určování rostlin pomocí aplikací byl rozdíl mezi středoškolskými a vysokoškolskými studenty pouhých 0,3%, ale v případě botanického klíče žáci středních škol předčili vysokoškoláky o nečekaných 12,2%.

Pokud bychom porovnali celkovou úspěšnost aplikací použitých v rámci tohoto testování s aplikacemi, které jsem použila v průběhu psaní své bakalářské práce, kde jsem testovala úspěšnost 10 mobilních aplikací pro automatické určování rostlin (Hasníková, 2021), zjistíme, že průměrná úspěšnost vybraných aplikací (PlantNet, LeafSnap a Flora Incognita; Seek nebyl testován v rámci mé bakalářské práce, proto jej nelze použít v tomto porovnání) je nyní výrazně nižší, než jaké byly v průběhu dřívějšího testování, a to o 13,6% (vybrané 3 aplikace měly průměrnou úspěšnost 86,60%, v průběhu testování v mé bakalářské práci, nyní mají úspěšnost 73,0%) (Hasníková, 2021). Lze ale předpokládat, že pro tento rozdíl v úspěšnosti existuje hned několik důvodů: 1. Princip bodování výsledků testování, který jsem použila nyní, se trochu liší od principu bodování, který jsem použila ve své bakalářské práci. V dřívějším testování aplikace dostala určitý počet bodů i v případě, že určila správně alespoň rodové jméno dané rostliny, kdežto nyní musela aplikace určit správně jméno rodové i druhové, aby mohlo být určení konkrétní rostliny považováno za správné (Hasníková, 2021). 2. Správnost určení, jak již dokázali Bonnet et al. (2015), velmi závisí na kvalitě pořízené fotografie. Čím kvalitnější snímek, tím větší pravděpodobnost, že aplikace danou rostlinu určí správně. 3. Některé aplikace (jako např. PlantNet) lépe fungují přímo v terénu, kde pracují i s okolím, ve kterém se daná rostlina nachází (Bonnet et al., 2015). Jelikož účastníci testování určovali předem nasbírané druhy rostlin, které determinovali až ve třídách, tak je možné, že mohlo, v některých případech, dojít k drobnému zkreslení výsledků určování. 4. Kromě kvalitní fotografie závisí správnost určení, z velké části, také na tom, zda má uživatel aplikace ve svém mobilním zařízení zapnutou „polohu“ (Hasníková, 2021). To lze pozorovat i na výsledcích testování, jelikož mezi nejčastější chybné odpovědi např. u borovice černé (*Pinus nigra*), kterou měli účastníci testování za úkol určit pomocí mobilní aplikace, patří borovice přímořská (*Pinus pinaster*) a borovice smolná (*Pinus resinosa*), které se v České republice prakticky nevyskytují. Lze tedy předpokládat, že účastníci, kterým vyšla tato chybná určení, neměli zapnutou „polohu“ ve svém mobilním zařízení, a proto jim aplikace vygenerovala rostlinu, kterou v České republice prakticky nenajdeme. Je v celku možné, že pokud bychom odstranili tyto rozdíly v podmínkách testování, tak by došlo k odstranění, nebo alespoň zmenšení rozdílů ve výsledcích jednotlivých testování.

5.1.2 Průměrný determinační čas

Při porovnání průměrné doby určování rostlin pomocí mobilních aplikací a botanického klíče se vítězem opět stávají aplikace, kdy práce s nimi účastníkům testování průměrně trvala o 9 minut a 5 sekund méně, v porovnání s botanickým klíčem. Opět lze předpokládat, že kdyby nebyla při testování použita zkrácená verze určovacího klíče, tak by byl rozdíl v jednotlivých determinačních časech výrazně vyšší.

Při porovnání jednotlivých věkových kategorií byli tentokrát úspěšnější vysokoškolští studenti, kterým práce s aplikací i s klíčem trvala výrazně kratší dobu, než žákům středních škol. Při práci s aplikacemi byli vysokoškoláci rychlejší o 1 minutu a 6 sekund a při práci s klíčem dokonce o 4 minuty a 2 sekundy. Tento rozdíl byl pravděpodobně způsoben tím, že většina studentů (82,35%) již v minulosti pracovala s aplikacemi pro automatické určování rostlin, ať už v rámci studií nebo ve svém volném čase a také již měli zkušenosti s prací s botanickými klíči, kdežto ze středoškoláků se s aplikacemi dříve setkala pouhých 38,89% a zkušenosti s botanickým klíčem neměl nikdo ze zúčastněných, což vysvětluje, proč jim práce s klíčem trvala tak dlouho.

I když vysokoškolští studenti už dříve pracovali s determinačními klíči a také s jejich pomocí určili jednotlivé druhy rostlin výrazně rychleji než žáci středních škol, tak tomu neodpovídají jejich výsledky testování. Původním předpokladem bylo, že studenti vysoké školy budou úspěšnější a rychlejší při práci s klíčem, oproti středoškolákům, právě díky svým znalostem a dřívějším zkušenostem s touto pomůckou na určování rostlin. Úspěšnější ovšem byli žáci středních škol, a to o překvapujících 12,2%. Důvodem toho může být právě rychlejší determinační čas studentů, který může naznačovat, že někteří z nich práci s klíčem uspěli, a proto mají horší výsledky než žáci středních škol, kteří byli při práci s klíči pečlivější.

5.2 Vyhodnocení dotazníku

Drtivá většina účastníků testování (téměř 90%) preferovala mobilní aplikace pro automatické určování rostlin, oproti klasickým determinačním pomůckám, jako jsou určovací klíče. Tyto výsledky se shodují i s výsledky studií, které prováděli Huang et al. (2010), Koh et al. (2010), Noguera et al. (2013), Schmid et al. (2014), Jenó et al. (2017), Anđić et al. (2021) a Iskrenovic-Momcilovic (2023). Jedním z důvodů může být to, že více než polovina všech respondentů se již dříve s těmito aplikacemi setkala, ať už v průběhu dřívějšího studia (např. při vytváření herbáře nebo na školních exkurzích),

nebo v rámci samovzdělávání, proto byli na jejich používání už zvyklí, na rozdíl od determinacních klíčů, se kterými žádný ze zúčastněných žáků středních škol neměl dřívější zkušenosti. Nemluvě o tom, že práce s aplikacemi je o poznání jednodušší a rychlejší než práce s klíči.

S aplikacemi se většině respondentů pracovalo velmi dobře. Jako velká pozitiva práce s aplikacemi viděli převážně jejich jednoduché používání a výraznou úsporu času, oproti práci s určovacím klíčem. Tato pozitiva mnohonásobně převýšila negativa aplikací, která podle účastníků zahrnují převážně více možností určení a nutnost připojení k internetu. Tato negativa jsou ovšem snadno vyřešitelná. Aplikace sice navrhuje uživateli větší počet určení dané rostliny, tento „seznam“ je však seřazen od nejvíce pravděpodobného určení po to nejméně pravděpodobné (Hasníková, 2021) a díky fotografiím, které aplikace spolu s danou identifikací nabízí, je tento výsledek i snadno ověřitelný. Nutnost připojení k internetu by mohla znamenat větší problém pro některé uživatele aplikace pouze v případě, že danou rostlinu potřebuje určit ihned. Každá aplikace pro automatické určování rostlin má totiž i možnost přístupu do galerie fotografií konkrétního mobilního zařízení (Hasníková, 2021), což uživateli umožňuje pořídit potřebné fotografie dané rostliny v terénu a určit si ji, pomocí aplikace, až v momentě, kdy má přístup k internetu. Při výuce biologie ve třídě navíc tento problém odpadá, protože naprostá většina škol už má připojení k internetu a wifi (Wichová, 2022).

Hodnocení práce s klíčem již ale nebylo u účastníků testování tak jednoznačné, jako tomu bylo v případě aplikací. Většina respondentů se v případě používání klíče pro determinaci rostlin rozdělila na dva tábory. Nejvíce účastníků napsalo, že se jim s determinacním klíčem pracovalo dobře, hned za nimi ovšem následuje skupina, která v dotazníku uvedla, že se jim s klíčem pracovalo špatně. Paradoxem je, že většina vysokoškolských studentů uvedla, že se jim s botanickým klíčem pracovalo dobře, přitom ale měli výrazně horší úspěšnost při determinaci rostlin pomocí této pomůcky než žáci středních škol, kteří uvedli, že se jim s klíčem pracovalo špatně. U většiny účastníků testování (s převahou vysokoškoláků) jako hlavní pozitivum práce s klíčem převažovala možnost využití znalostí z botaniky a také fakt, že botanický klíč lze využít kdekoliv, na rozdíl od aplikací, které vyžadují připojení k internetu. I přes tyto výhody viděla většina respondentů velké množství nevýhod těchto klasických pomůcek pro determinaci rostlin. Mimo to, že velká většina středoškoláků neviděla na práci s klíči žádná pozitiva, což samozřejmě mohlo být způsobeno tím, že s těmito pomůckami nikdy nepracovali, tak za velký nedostatek určovacích klíčů účastníci označili nepřehlednost a časovou náročnost

práce s nimi. Také jak žáci středních škol, tak i vysokoškolští studenti uváděli jako velkou nevýhodu to, že jim přišlo, že neměli dostatečné znalosti z botaniky pro to, aby mohli tyto pomůcky pro determinaci rostlin spolehlivě používat.

5.3 Využití mobilních aplikací ve výuce biologie

Podle odpovědí jednotlivých respondentů na otázky v dotazníku není pochyb o tom, že i když obě pomůcky pro determinaci rostlin mají své plusy i mínusy, tak dle jejich názoru plusy mobilních aplikací na plné čáře předčí plusy a mínusy botanických klíčů. Z tohoto důvodu by většina účastníků testování zapojila mobilní aplikace do běžné výuky biologie na českých školách, nebo alespoň v rámci exkurzí nebo terénních cvičení.

Nesmíme ovšem zapomínat na jedno velké negativum mobilních aplikací, a to je právě ono zařízení, ve kterém je aplikace nainstalovaná (Hasníková, 2021). Mobily můžou být totiž pro některé uživatele lákadlem, jehož vlivem bude ne každý pracovat na zadaném úkolu po celou dobu práce s aplikací (McCoy, 2016; Stephens & Pantoja, 2016; Flanigan & Babchuk, 2022). To dokazují i odpovědi některých účastníků, kteří se přiznali, že v průběhu experimentu použili mobil i k jiným účelům než k práci s aplikací.

Z úvodní kapitoly 1.3 (Mobilní aplikace jako didaktické pomůcky ve výuce biologie), ve které jsem rozebírala studie jako Anđić et al. (2021), Sharples (2000) nebo Fridberg et al. (2017), které se zabývaly tím, jaký vliv na výuku má zapojení moderních technologií, je patrné, že využívání mobilů, notebooků nebo iPodů jako didaktických pomůcek má velmi kladný dopad na vzdělávání žáků. Otázkou ovšem zůstává, jak přesně by se daly do výuky biologie zapojit konkrétně mobilní aplikace pro automatické určování rostlin, aby výuka byla efektivní a aby se žáci při práci s aplikacemi i něco naučili a jen slepě neklikali do telefonu.

Jeden ze způsobů, který by se mohl ve výuce biologie osvědčit, je určování rostlin na školních exkurzích, případně v rámci samostatné práce, například při tvorbě herbáře. Aplikace jsou bezpochyby velmi užitečným identifikačním nástrojem, ale mohou sloužit i jako zdroj informací pro uživatele. Většina aplikací, jako např. PlantNet, LeafSnap a Flora Incognita, má totiž v dnešní době i plno funkcí navíc, které mohou být využity, jako zdroj studijního materiálu pro žáky. Aplikace na základě pořízených fotografií určí zkoumanou rostlinu. Toto určení se ovšem neomezuje pouze na jméno rostliny. Aplikace poskytuje svému uživateli také informace o tom, do jakého rodu a čeledi danou rostlinu řadíme. Dále zde můžeme nalézt informace, jako např. synonyma (pokud rostlina nějaká

má), fenologická data, typ habitu typický pro danou rostlinu, informace o distribuci a zaznamenaných pozorováních rostliny (včetně nadmořské výšky a mapy rozšíření) atd. (Kumar et al., 2012; August, 2019; Mäder et al., 2021). Flora Incognita má ještě navíc tu funkci, že ke každému určení uživateli vygeneruje i krátký popis, charakterizující danou rostlinu (Mäder et al., 2021). Pokud by ovšem tohle žákům nestačilo, nebo by měli jinou aplikaci bez širší charakteristiky dané rostliny a chtěli se o ní dozvědět něco navíc, tak mají možnost otevřít jakýkoliv z internetových odkazů, který každá aplikace k dané rostlině nabízí. Tyto odkazy se liší, podle typu aplikace, nejčastěji jsou zde ovšem zastoupeny Wikipedie nebo Plants of the World Online spravovaný botanicou zahradou v Kew (POWO, 2023), ten je ovšem v angličtině. Také je zde často odkaz na obyčejný Google vyhledávač, kde si žáci mohou zadat libovolnou internetovou adresu (např. databázi Pladias; Chytrý et al., 2021) a na ní si požadované informace dohledat (Kumar et al., 2012; August, 2019; Mäder et al., 2021).

Tyto moderní didaktické pomůcky můžeme také propojit s těmi klasickými. Širší charakteristiku k určeným rostlinám si totiž žáci nemusejí dohledávat pouze na internetu, ale v odborné literatuře nebo rovnou v botanických klíčích (např. Kaplan et al., 2019), které často obsahují i informace o morfologii a anatomii rostlin. Žáci si tedy usnadní práci rychlým určením dané rostliny pomocí aplikace, ta jim poskytne základní údaje (např. název a čeleď) a ve zbytku hodiny pracují s literaturou. Ať už ale žáci pracují s internetem nebo s knihou, v obou případech se učí vyhledávat informace a pracovat s nimi, hodnotit kvalitu a ověřovat správnost nalezených informací, učí se zodpovědnosti a samostatnosti, případně týmové spolupráci. Vždy totiž záleží na tom, jak učitel danou hodinu pojme a jaké metody a formy výuky zvolí.

Chozas et al. (2023) se jasně shodují na tom, že zapojení mobilních aplikací pro automatické určování rostlin do běžné výuky biologie na školách je důležité z jednoho důvodu. Biologická rozmanitost rostlinných druhů vlivem lidské činnosti každým dnem rapidně klesá a široká veřejnost o tom nemá ani ponětí, jelikož zájem o botaniku se z její strany snižuje a ubývá i počet odborníků z tohoto odvětví vědy. Využití mobilních aplikací v hodinách biologie by ovšem mohlo zvýšit zájem žáků a studentů o botaniku, což dokládají i další již zmiňované studie, jako např. Anđić et al. (2021). Atraktivnost využívání těchto moderních pomůcek ve výuce a vyšší zájem žáků o hlubší vzdělání v tomto oboru by tak mohly být prvním krokem pro zapojení společnosti do ochrany biologické rozmanitosti a řešení problémů životního prostředí, které jsou s biodiverzitou úzce spojeny (Chozas et al., 2023).

6 ZÁVĚR

Oba typy pomůcek pro identifikaci rostlin mají své plusy i mínusy. Je ale pravda, že mobilní aplikace jsou v dnešní době již na velmi vysoké úrovni, jak ostatně dokazuje řada studií, byla by proto škoda toho nevyužít. Nesmíme ovšem zapomínat na vzdělání jako takové. Jak jsem již psala ve své bakalářské práci: „*Aplikace by měly být vnímány pouze jako pomůcka pro určování rostlin a jejich používání by nemělo zcela nahradit praktické znalosti studentů.*“ Jako zdroj studijního materiálu může být použita sama aplikace, která svému uživateli ke každému určení poskytne i širší informace k dané rostlině, včetně čeledi, habitu, krátkého popisu, rozšíření atd. Také zde můžeme nalézt internetové odkazy, které žáci mohou využít k získání dalších informací o rostlině. Práci s aplikacemi můžeme kombinovat i s literaturou, která je v mnohých případech důvěryhodnější než řada neověřených internetových stránek.

Z výsledků této práce jasně vyplívá, že studentům na středních a vysokých školách výuka s mobilními aplikacemi vyhovuje a žáci na základních školách by jistě nebyli výjimkou. Práce s aplikacemi je pro studenty jednodušší, rychlejší, efektivnější, dynamičtější a zajímavější než s klasickými pomůckami pro určování rostlin. Žijeme totiž v době moderních technologií a studenti jsou na používání mobilních zařízení mnohem víc zvyklí než na práci s knihou. Proto by školství mělo jít s dobou a zapojit tyto moderní pomůcky pro identifikaci do výuky biologie, aby byla výuka pro žáky více atraktivní a pokud možno je motivovala k dalšímu vzdělávání. A kdo ví, třeba by tento nový přístup mohl některé z žáků motivovat k dalšímu studiu botaniky. Počet profesionálních botaniků se totiž v posledních letech dost snížil a je třeba hledat nové způsoby, jak mladou generaci motivovat k tomu, aby se této krásné vědě více věnovali.

7 POUŽITÁ LITERATURA

Anđić B., Cvjetičanin S., Lavicza Z., Maričić M., Novović T. & Stešević D. (2021): *Mobile and printed dichotomous keys in constructivist learning of biology in primary school*. – *Research in Science & Technological Education* 39: 393–420.

August T. (2019): *plantnet: Automated Plant Identification with PlantNet*. – Royal Botanic Gardens and Domain Trust. [online zdroj: <https://identify.plantnet.org/cs>]. Navštíveno: červenec 2023.

Bonnet P. & Frame D. (2015): *Basics of automated plant identification*. – In: Elliot S., Gale G. & Robertson M. (eds), *Automated forest restoration: Could robots revive rain forests?*, 158–167.

Bonnet P., Goëau H., Hang S., Lasseck M., Sulc M., Malécot V., Jauzein P., Melet J.–C. & You Ch. (2018): *Plant Identification: Experts vs. Machines in the era of deep learning: Deep learning techniques challenge flora experts*. – In: Joly A., Vrochidis S., Karatzas K., Karppinen A. & Bonnet P. (eds), *Multimedia tools and applications for environmental & biodiversity informatics*, 131–149.

Bonnet P., Joly A., Goëau H., Champ J., Vignau Ch., Molino J.–F., Barthélémy D. & Boujemaa N. (2015): *Plant identification: Man vs. Machine: LifeCLEF 2014 plant identification challenge*. – *Multimedia Tools and Applications* 75: 1647–1665.

Flanigan A. E. & Babchuk W. A. (2022): *Digital distraction in the classroom: exploring instructor perceptions and reactions*. – *Teaching in Higher Education*, 27: 352–37.

Fridberg M., Thulin S. & Redfors A. (2017): *Preschool Children's Collaborative Science Learning Scaffolded by Tablets*. – *Research in Science Education* 48: 1007–1026.

Hart A. G., Bosley H., Hooper C. & Perry J. (2023): *Assessing the accuracy of free automated plant identification applications*. – *People and Nature* 5: 10.1002/pan3.10460.

Hasníková B. (2021): *Porovnání účinnosti mobilních aplikací při určování rostlin a jejich využití při výuce biologie*. – Ms. [Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, katedra botaniky, Olomouc, 2021].

Huang Y.-M., Lin Y.-T. & Cheng S.-C. (2010): *Effectiveness of a mobile plant learning system in a science curriculum in Taiwanese elementary education*. – *Computers & Education* 54: 47–58.

Hintze J. (2013): NCSS 9. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA. www.ncss.com.

Chozas S., Nunes A., Serrano H. C., Ascensão F., Tapia S., Máguas C. & Branquinho C. (2023): *Rescuing Botany: using citizen-science and mobile apps in the classroom and beyond*. – *npj Biodiversity* 2: Article number 6.

Chytrý M., Danihelka J., Kaplan Z., Wild J., Holubová D., Novotný P., Řezníčková M., Rohn M., Dřevojan P., Grulich V., Klimešová J., Lepš J., Lososová Z., Pergl J., Sádlo J., Šmarda P., Štěpánková P., Tichý L., Axmanová I., Bartušková A., Blažek P., Chrtek J. Jr., Fischer F. M., Guo W.-Y., Herben T., Janovský Z., Konečná M., Kühn I., Moravcová L., Petřík P., Pierce S., Prach K., Prokešová H., Štech M., Těšitel J., Těšitelová T., Večeřa M., Zelený D. & Pyšek P. (2021): *Pladias Database of the Czech Flora and Vegetation*. – *Preslia* 93: 1–87.

Iskrenovic-Momcilovic O. (2023): *Contribution of using mobile application on botanical fieldwork in primary school*. – *Interactive Learning Environments*, 31: 1186–1198.

Jeno L. M., Grytnes J.-A. & Vandvik V. (2017): *The effect of a mobile-application tool on biology students' motivation and achievement in species identification: A self-determination theory perspective*. – *Computers & Education* 107: 1–12.

Jones H. G. (2020): *What plant is that? Tests of automated image recognition apps for plant identification on plants from the British flora*. – *AoB PLANTS* 12: plaa052.

Kaplan Z., Danihelka J., Chrtek J. jun., Kirschner J., Kubát K., Štech M. & Štěpánek J. (eds) (2019): *Klíč ke květeně České republiky, Ed. 2*. – Academia, Praha.

Kebapci H., Yanikoglu B. & Unal G. (2011): *Plant image retrieval using color, shape and texture features*. – The Computer Journal 54: 1475–1490.

Koh C., Tan H. S., Tan K. C., Fang L., Fong F. M., Kan D., Lye S. L. & Wee M. L. (2010): *Investigating the effect of 3D simulation-based learning on the motivation and performance of engineering students*. – Journal of Engineering Education 99: 237–251.

Kumar N., Belhumeur P. N., Biswas A., Jacobs D. W., Kress W. J., Lopez I. C. & Soares J. V. (2012): *Leafsnap: A Computer Vision System for Automatic Plant Species Identification*. – ECCV 2012: Computer Vision – ECCV 2012, 502–516.

Mäder P., Boho D., Rzanny M., Seeland M., Wittich H. C., Deggelmann A. & Wäldchen J. (2021): *The flora incognita app—interactive plant species identification*. – Methods in Ecology and Evolution 12: 1335–1342.

McCoy B. R. (2016): *Digital Distractions in the Classroom Phase II: Student Classroom Use of Digital Devices for Non-Class Related Purposes*. – Journal of Media Education 7: 5–32.

Noguera J. M., Jiménez J. J. & Osuna-Pérez M. C. (2013): *Development and evaluation of a 3D mobile application for learning manual therapy in the physiotherapy laboratory*. – Computers & Education 69: 96–108.

Pärtel J., Pärtel M. & Wäldchen J. (2021): *Plant image identification application demonstrates high accuracy in Northern Europe*. – AoB PLANTS 13: plab050.

POWO (2023): *Plants of the World Online*. – Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. [online zdroj: <http://www.plantsoftheworldonline.org>]. Navštíveno: červenec 2023.

Prasad S., Kudiri K. M. & Tripathi R. C. (2011): *Relative sub-image based features for leaf recognition using support vector machine*. – In: Jena S. K. & Kumar R. (eds), ICCCS '11: Proceedings of the 2011 International Conference on Communication, Computing & Security, 343–346.

Sharples M. (2000): *The Design of Personal Mobile Technologies for Lifelong Learning*. – *Computers & Education* 34: 177–193.

Schmid R. F., Bernard R. M., Borokhovski E., Tamim R. M., Abrami P. C., Surkes M. A., Wade C. A. & Woods, J. (2014): *The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications*. – *Computers & Education* 72: 271–291.

Stephens K. K. & Pantoja G. E. (2016): *Mobile devices in the classroom: learning motivations predict specific types of multicomputing behaviors*. – *Communication Education*, 65:4, 463-479, DOI: 10.1080/03634523.2016.1164876.

Tomšovic P. (1976): *Určovací klíče a jejich konstrukce*. – *Preslia*, 48: 355–367.

Wäldchen J. & Mäder P. (2018): *Plant species identification using computer vision techniques: A systematic literature review*. – *Archives of Computational Methods in Engineering* 25: 507–543.

Watson S. & Miller T. (2009): *Classification and the Dichotomous Key: Tools for Teaching Identification*. – *Science Teacher* 76: 50–54.

Wichová J. (2022): *Informační technologie ve školách v České republice – 2021*. – Český statistický úřad [online zdroj: <https://www.czso.cz/documents/10180/184967512/062020-22.pdf/52a14572-0fbf-430b-bdf8-7544e349f34a?version=1.0>]. Navštíveno: červenec 2023.

8 PŘÍLOHY

Příloha 1: Zkrácená verze určovacího klíče, která byla použita při testování

Klíč k určení skupin

- 1a Rostliny nebo dřeviny s jehlicovitými listy; květy drobné, v šiřticovitých květenstvích; semeník chybí **1. borovice (*Pinus*)**
- b Rostliny nebo dřeviny s listy širokými, rozloženými do plochy; květy nápadné, v květenstvích různých tvarů; semeník v květech vždy přítomen 2
- 2a Listy střídavé; květenství obvykle protáhlý nebo kompaktní hrozen; koruna jen mírně souměrná, kolovitá **2. rozrazil (*Veronica*)**
- b Listy vstřícné; květenství lichopřeslené; koruna zřetelně souměrná, pyskatá 3
- 3a Lichopřesleny obvykle oddálené; květy modrofialové nebo modré **3. popenec (*Glechoma*)**
- b Lichopřesleny nahlučené, koncové; květy bílé, růžové nebo načervenalé **4. hluchavka (*Lamium*)**

1. *Pinus* L. – borovice

- 1a Jehlice ve svazečcích po 2 nebo 3 2
- b Jehlice ve svazečcích po 5 10
- 2a Jehlice ve svazečcích po 3 3
- b Jehlice ve svazečcích po 2 5
- 3a Jehlice zpravidla 7–12 cm dl.; šišky do 10 cm dl. ***P. rigida* (b. tuhá)**
- b Jehlice zpravidla 12–28 cm dl.; šišky zpravidla 10–20 cm dl. 4
- 4a Letorosty modravě ojiněné; pupeny bez pryskyřice, šupiny na konci ± odstálé; jehlice modrozelené; šišky 14–20(–30) cm dl. ***P. jeffreyi* (b. Jeffreyova)**
- b Letorosty neojiněné; pupeny pryskyřičnaté, šupiny těsně k sobě přitisklé; jehlice žlutozelené; šišky (8–)10–15 cm dl. ***P. ponderosa* (b. těžká)**
- 5a Jehlice více než 8 cm dl. ***P. nigra* (b. černá)**
- b Jehlice většinou do 7 cm dl. 6
- 6a Letorosty vícečláňkové, větvené, pochvy jehlic na bázi hnědé; šišky zakřivené 7
- b Letorosty jednočláňkové, nevětvené, pochvy jehlic černé, šišky nejsou zakřivené (ale mohou být s 1 rovinou souměrnosti) 8
- 7a Jehlice nápadně rozestálé, zakřivené a zprohýbané; šišky většinou po 2, štítek plochý nebo mírně vyklenutý, pupek malý, tupý, bez hrotu ***P. banksiana* (b. Banksova)**
- b Jehlice nejsou rozestálé, zkroucené pouze podél své osy; šišky většinou po 3, štítek hor. šupin jehlancovitě vyklenutý. pupek s dlouhým tenkým lámavým hrotem ***P. contorta* (b. pokroucená)**
- 8a Stromy s mladou borkou červenohnědou, odlupující se v papírovitých útrzcích; jehlice šedozelené, ojiněné jen na ploché straně; šišky stopkaté, ± kuželovité, zralé šedohnědé, nelesklé, se štítky malými, černě neolemovanými ***P. sylvestris* (b. lesní)**
- b Stromy nebo poléhavé až vystoupavé keře s mladou borkou šedohnědou, neodlupující se v papírovitých útrzcích; jehlice oboustranně tmavě zelené, neojiněné; šišky ± přisedlé nebo kratičce stopkaté, ± vejcovité, zralé ± tmavě hnědé, lesklé, štítky velké, ± černé olemované 9
- 9a Stromy s jediným přímým kmenem, šišky s 1 rovinou souměrnosti, na bázi šikmo zploštělé, na vyklenuté straně s bradavičnatě až kuželovitě vystouplými štítky; klíčnicí rostliny se 7 dělohami. Rašelinné lesy přechodných rašelinišť nebo obvodové zóny vrchovišť ***P. rotundata* (b. blatka)**
- b Keře s několika kmeny, poléhavými až vystoupavými; šišky s mnoha rovinami souměrnosti, na bázi zaokrouhlené s plochými štítky (jsou-li šišky s 1 rovinou souměrnosti, viz křížence); klíčnicí rostliny se 3–4 dělohami. Subalpínské a supramontánní polohy, též na vrchovištích montánních poloh ***P. mugo* (b. kleč)**

- 10a (lb) Větvičky tenké, nápadně ohebné; jehlice na okrajích hladké, ostře zašpičatělé; šišky žluté nebo světle hnědé, se šupinami na okrajích až nazpět ohnutými ***P. flexilis* (b. ohebná)**
- b Větvičky často tenké, nikoliv však nápadně ohebné; jehlice na okrajích drsné, na vrcholu tupé nebo přišpičatělé; šišky hnědé, se šupinami kupředu namířenými 11
- 11a Letorosty lysé nebo kratičce chlupaté (pod svazečky jehlic): jehlice tenké, jemné, modrozelené; šišky úzce válcovité, zakřivené, otvírající se, opadavé až po vypadání semen: semena malá, 5–6 mm dl., s dlouhým křídlem ***P. strobilus* (b. vejmutovka)**
- b Letorosty hustě rezavě plstnaté; jehlice tuhé, tmavě zelené; šišky až ± kulovité, neotvírající se, opadavé i se semeny semena velká, 8–10 mm dl., bez křídla ***P. cembra* (b. limba)**

2. *Veronica* L. – rozrazil

- 1a Květenství vrcholová, obvykle hroznovitá až klasovitá, kompaktní nebo rozvolněná (vypadající jako jednotlivé květy v úžlabí listovitých listenů); hor. listy a dol. listeny obvykle velmi podobné 2
- b Květenství postranní, hroznovitá, obvykle převyšující vzrostný vrchol (který je sterilní, pouze olistěný); listy a listeny výrazně odlišné 17
- 2a Lodyhy přímé; listeny v květenství směrem vzhůru se zmenšující, horní vypadající jinak než listy; rostliny vytrvalé nebo jednoleté 3
- b Lodyhy poléhavé, plazivé nebo nanejvýš na konci vystoupavé; listeny v rozvolněném květenství velké, zcela listům podobné, stejné po celé délce květenství; rostliny jednoleté, nejčastěji plevelé, vz. víceleté (a pak u nás nepůvodní) 12
- 3a Vytrvalé byliny s podzemním plazivým oddenkem; listy celokrajné nebo jen velmi mělce vroubkované 4
- b Jednoleté byliny nižších poloh; listy zřetelně vroubkovaně pilovité až dlanitosečné; nejčastěji plevelé nebo rostliny suchých výslunných stanovišť (výjimečně zavlékané rostliny s listy celokrajnými, ale pak rostliny mimo květenství zcela lysé) 6
- 4a Hrozny (5–)10–40květé, prodloužené; koruna modrobílá nebo téměř bělavá; tobolky širší než dlouhé; lodyhy na bázi dl. vystoupavé, vyrůstající ze světlého, bylinného oddenku; od nížin do subalpínského stupně ***V. serpyllifolia* (r. douškolistý)**
- b Hrozny 3–10květé, krátké, strboulovitě stažené; koruna modrá; tobolky delší než široké; lodyhy téměř od báze přímé a vyrůstající z dřevnatého, tmavého oddenku; pouze subalpínský stupeň Krkonoš 5
- 5a Dolní listy stažené v přízemní růžici; květenství i tobolky žláznaté; čnělka 2,5–4,0 mm dl. Krkonoše (Sněžka) ***V. bellidioides* (r. chudobkovitý)**
- b Lodyha rovnoměrně olistěná; květenství i tobolky pouze s nežláznatými chlupy; čnělka 0,5–1,5 mm dl.; kdysi Krkonoše ***V. pumila* (r. nízký)**
- 6a Listy a listeny celistvé, vroubkované, zubaté nebo výjimečně celokrajné 7
- b Horní listy a dol. listeny přenositelné nebo dlanitodílné (dol. listy mohou být celistvé) 9
- 7a Rostliny lysé nebo jen s ojedinělými žláznatými chlupy v květenství; listy kopinaté nebo podlouhlé, na bázi klínovité, celokrajné; koruna bílá; tobolky lysé, čnělka jen 0,2 mm dl., kratší než zářez tobolky; rostliny zřídka zavlékané ***V. peregrina* (r. cizí)**
- b Rostliny chlupaté krcími i žláznatými chlupy; listy vejčité, na bázi srdčité, vroubkované; koruna modrá; tobolky po okraji nebo i na ploše žláznatě chlupaté, čnělka obvykle delší než zářez tobolky; rostliny domácí 8
- 8a Plodní (i květní) stopky nanejvýš zděli kalicha; okraje listů obvykle jemně vroubkované nebo zubaté; čnělka 0,4–0,8 mm dl.; tobolky zploštělé a po okraji ostře (až křídlatě) kýlnaté a žláznatě brvitě ***V. arvensis* (r. rolní)**

- b Plodní (i květní) stopky delší než kalich; okraje listů hrubě vroubkované; čnělka 1–2 mm dl.; tobolky alespoň v dol. části nafouklé a po okraji jen tupě kýlnaté, obvykle žláznaté i na ploše **V. praecox (r. časný)**
- 9a Plodní (a květní) stopky zdéli nebo delší než kalich; tobolky i na ploše žláznatě chlupaté; semena vyduťatá, nezploštělá; lodyhy nevětvené nebo od báze obloukovitě větvené 10
- b Plodní (a květní) stopky kratší než kalich; tobolky na ploše jemně pýřité nežláznatými chlupy; semena plochá; lodyhy nevětvené nebo obvykle s větvemi vzhůru směřujícími 11
- 10a Dolní listeny a hor. listy dlanitě 3–5(–7)dílné; tobolky v obrysu okrouhlé (až širší než dlouhé); semena černá nebo tmavohnědá; koruna tmavě modrá; obvykle polní plevel na nevápnitých půdách **V. triphyllus (r. trojklanný)**
- b Dolní listeny a hor. listy hluboce zubaté až do 1/3 zastříhované (ale ne dlanitě); tobolky delší než široké; semena okrová až hnědavá; koruna světle modrá; vápnomilný druh, častěji v travinných společenstvech **V. praecox (r. časný)**
- 11a Čnělka velmi krátká, 0,4–0,6 mm dl., nepřesahující zářez tobolky; koruna světle modrá; prašníky bělavé; blizna bílá; rostliny v květenství krátce chlupaté, ale jen s vtroušenými žláznatými chlupy; koruna ca 3 mm v průměru; tobolky nanejvýš 3 mm dl **V. verna (r. jarní)**
- b Čnělka 1,0–1,5 mm dl., výrazně přesahující zářez tobolky; koruna tmavě modrá; prašníky tmavě modré; blizna fialová; rostliny v květenství hustě žláznatě chlupaté; koruna ca 5 mm v průměru; tobolky 3,5–4,5 mm dl. **V. dillenii (r. Dilleniův)**
- 12a Listy a listeny 3–7laločné se stř. lalokem obvykle nápadně větším než ostatní; tobolky kulovité, nesmáčkuté; semena téměř kulovitá, s prohlubní uprostřed; rostliny výrazně jarního aspektu (březem–květen) **V. hederifolia (r. břechťanolistý)**
- b Listy a listeny pravidelně vroubkované nebo pilovité; tobolky zploštělé, srdcovitého tvaru; semena obvykle jen mírně vyduťatá; rostliny vegetující téměř po celou vegetační sezónu 13
- 13a Plodní (a květní) stopky 1,5–5,0x delší než podpůrný listen; koruna 8–15 mm v průměru; čnělka 2–4 mm dl., šikmá a často mírně esovitě prohnutá, zářez tobolky svírající pravý až tupý úhel, s rovnými hranami 14
- b Plodní (a květní) stopky 0,4–1,2x delší než podpůrný listen (obvykle poněkud kratší); koruna 5–6(–7) mm v průměru; čnělka až 1,5(–1,8) mm dl., rovná, zářez tobolky srdčitý, svírající ostrý úhel 15
- 14a Plodní stopky 3–5x delší než podpůrný listen; zářez tobolky svírá pravý úhel, tobolka za zralosti není výrazně síťnatě žilkovaná; lodyhy plazivé, nit'ovité, v nodech kořenující; rostliny víceleté; listy a listeny okrouhlé, vroubkované; semena plochá **V. filiformis (r. nitkovitý)**
- b Plodní stopky 1,5–2,5x delší než podpůrný listen; zářez tobolky svírá výrazně tupý úhel, tobolky za zralosti výrazně síťnatě žilkované; lodyhy nekořenující; rostliny jednoleté; listy a listeny šir. vejčité, pilovité; semena vyduťatá **V. persica (r. perský)**
- 15a Tobolky pouze s žláznatými stejně dlouhými chlupy; koruna bílá nebo slabě narůžovělá či namodralá; listy světle zelené až žlutozelené **V. agrestis (r. polní)**
- b Tobolky s delšími řídkými žláznatými chlupy a s krátkými hustými nežláznatými chlupy; korunní cípy (všechny nebo alespoň 3) modré; listy zelené 16
- 16a Kališní cípy vejčité, překrývající se, na vrcholu špičaté, na vnější straně olýsalé; zralé tobolky bez nápadného žilkování, čnělka převyšující zářez tobolky; semena nanejvýš 1,5 mm dl. **V. polita (r. lesklý)**
- b Kališní cípy kopinaté, nepřekrývající se, tupé, na ploše krátce chlupaté a na bázi s výraznými dlouhými vlnatými chlupy; zralé tobolky obvykle s nápadným síťnatým žilkováním, čnělka nepřevyšující zářez tobolky; semena delší než 1,5 mm **V. opaca (r. matný)**

- 17a (lb) Rostliny lysé nebo v květenství a na plodech žláznatě chlupaté, ale vždy bez krycích chlupů; listy zcela lysé, často masité; rostliny vodních a bažinných stanovišť 18
- b Rostliny chlupaté krycími nebo i žláznatými chlupy; listy chlupaté, bylinné (nedužnaté); rostliny většinou suchých nelesních stanovišť nebo rostliny lesní 23
- 18a Hrozny střídavé; tobolky výrazně zploštělé, s křídlatým okrajem, více než 4 mm šir., za zralosti až o 1/2 převyšující kalich; listy obvykle čárkovité **V. scutellata (r. štítkovitý)**
- b Hrozny vstřícné; tobolky jen mírně z boku zploštělé, nafouklé nebo po okraji se zřetelným kýlem, ale nekřídlaté, obvykle užší než 4 mm, za zralosti zděli kalicha; listy širší, kopinaté až vejčité 19
- 19a Všechny nebo alespoň dolní a stř. listy zřetelně řapíkaté, na bázi zaokrouhlené nebo šir. klínovité; lodyha na průřezu oblá, květonosné lodyhy často poléhavé a na nodech kořenující; rostliny nejčastěji v tekoucích vodách 20
- b Všechny listy přisedlé (někdy nejdolejší velmi krátce řapíkaté), na bázi srdčité až poloobjímavé; lodyha na průřezu tupě 4hranná, květonosné lodyhy vždy přímé; rostliny stojatých i tekoucích vod 21
- 20a Čepel listů na bázi zaokrouhlená, zřetelně od řapíku oddělená, obvykle více než 2x delší než široká, masitá; plodní stopky obvykle zděli nebo o málo delší (vz. až 2x) než listeny; tobolky nafouklé (nezploštělé), poněkud širší než dlouhé; lodyha plná; koruna modrá; kališní lístky kopinaté; čnělka delší než 1,6mm **V. beccabunga (r. potoční)**
- b Čepel listů na bázi klínovitá, znenáhla v řapík přecházející, méně než 2x delší než široká, tenká; plodní stopky 2–5x delší než listeny; tobolky výrazně zploštělé, obvykle delší než široké; lodyha dutá; koruna světle růžová; kališní lístky obkopinaté; čnělka kratší než 1,6mm **V. scardica (r. slanistý)**
- 21a Listy úzce kopinaté, nanejvýš 0,8 cm šir., vstřícné nebo v 3četných přeslenech; lodyha plná; hrozny obvykle žláznaté, poměrně husté; tobolky elipsoidní, delší než široké; kalich 2–3 mm dl., výrazně kratší než tobolky; jednoleté, útlé rostliny s tenkou lodyhou, do 30 cm vys. **V. anagalloides (r. bažinný)**
- b Listy šir. kopinaté až úzce vejčité, více než 1 cm šir., vesměs vstřícné; lodyha často dutá; hrozny zpravidla lysé; tobolky v obrysu okrouhlé; kalich za plodu 3–5 mm dl., zděli nebo delší tobolky; rostliny vytrvalé, s relativně tlustou lodyhou, 20–70 cm vys. 22
- 22a Větve květenství, květní a zejména plodní stopky odstávající v ostrém úhlu (do 60°); listeny nitkovité, nanejvýš 1 mm šir., kratší než plodní stopky; kališní cípy delší než tobolky, vzpřímené, k tobočkám přitisklé; hrozny relativně husté; lodyha zelená nebo žlutavě zelená **V. anagallis-aquatica (r. drchničkovitý)**
- b Alespoň dol. větve květenství za plodu, květní a zejména plodní stopky téměř rovnovážně odstálé; listeny čárkovitě kopinaté, 1–3 mm šir., delší než plodní stopky; kališní cípy zděli tobolek, víceméně rozestálé nebo nazpět ohnuté; hrozny relativně řídké; lodyha často červenavě naběhlá **V. catenata (r. pobřežní)**
- 23a Chlupy na lodyze soustředěny do 2 podélných pruhů, jinak lodyhy lysé nebo jen ojedinele chlupaté **V. chamaedrys agg. (okruh r. rezekvítku)**
- b Lodyhy stejnoměrně chlupaté po celém obvodu 24
- 24a Kalich 5četný, se 4 většími a pátým menším (mediánním) lístkem, tobolky obvykle delší než široké 25
- b Kalich 4četný, tobolky obvykle stejně dlouhé jako široké nebo poněkud širší než dlouhé 27
- 25a Rozprostřené rostliny s lodyhami poléhavými, jen květonosné lodyhy v hor. části vystoupavé; květy drobné, koruna 5–8 mm v průměru; tobolky vždy lysé **V. prostrata (r. rozprostřený)**
- b Lodyhy přímé, jen na bázi někdy vystoupavé; koruna 8–18 mm v průměru; tobolky obvykle chlupaté 26

- 26a Listy sterilní části hlavní lodyhy nad postranním květenstvím pilovitě zubaté, obvykle úzce vejčité, podobné listům v ostatní části lodyhy, všechny listy nepodvinuté; koruna 15–18 mm v průměru; rostliny statné, obvykle vyšší než 0,5 m, rostoucí na hlubších půdách (sušší louky a stráně, lesní lemy) **V. teucrium (r. ožankový)**
- b Listy sterilní části hlavní lodyhy většinou úzce kopinaté, podvinuté, celokrajné, listy stří. a dol. části lodyhy odlišné, kopinaté nebo podlouhlé, různě hluboko pilovitě zubaté (až peřenosečné); koruna 8–15 mm v průměru; rostliny nižší, obvykle nanejvýš 0,5 m vys., na mělkých půdách rostoucí (stepní stráně) **V. austriaca (r. rakouský)**
- 27a Lodyhy jen na bázi poléhavé; listy dl. řapíkaté; květní hrozny velmi řídké a chudokvěté (do 9 květů); plodní stopky 2x až vícekrát delší než listeny; tobolky na ploše lysé **V. montana (r. horský)**
- b Lodyhy až pod květenství poléhavé; listy přisedlé až velmi krátce řapíkaté (řapík nanejvýš zdělí 1/5 čepele); květenství hustá, obvykle s více než 9 květy; plodní stopky kratší než listeny; tobolky na ploše žláznaté **V. officinalis (r. lékařský)**

3. *Glechoma* L. – popenec

- 1a Kališní cípy trojúhelníkovité, nanejvýš 2 mm dl., horní 3–5x kratší než kališní trubka; květní stopky 1–2 mm dl.; koruna 1–2 cm dl., modrofialová; lodyhy a listy řídce chlupaté až lysé **G. hederacea (p. obecný)**
- b Kališní cípy úzce trojúhelníkovité, více než 2 mm dl., ca z 1/2 délky kališní trubky; květní stopky 2–4 mm dl.; koruna 2–3 cm dl., světlemodrá až modrofialová; lodyhy a listy ± hustě chlupaté **G. hirsuta (p. chlupatý)**

4. *Lamium* L. – hluchavka

- 1a Korunní trubka prohnutá, ± břichatě rozšířená 2
- b Korunní trubka rovná, břichatě nerozšířená 3
- 2a Koruna růžově purpurová (zřídka bílá); prašníky červenavě hnědé, pyl sytě oranžový **L. maculatum (h. skvrnitá)**
- b Koruna bílá až krémově bílá; prašníky modročerné, pyl světle žlutý **L. album (h. bílá)**
- 3a Kalich 12–20 mm dl.; koruna (25–)30–45 mm dl.; byliny vytrvalé. Pěstovaná a ojedinele zplaňující **L. orvala (h. šalvějová)**
- b Kalich 5–7 mm dl.; koruna 10–20(–23) mm dl.; byliny jednoleté nebo dvouleté 4
- 4a Listeny ledvinité (širší než dlouhé), objímavé, listence chybějí; korunní trubka uvnitř lysá, nitky tyčinek lysé **L. amplexicaule (h. objímavá)**
- b Listeny vejčité (delší než široké), krátce řapíkaté, neobjímavé, listence přítomné; korunní trubka uvnitř s prstencem chlupů, nitky tyčinek chlupaté **L. purpureum (h. nachová)**

Určování rostlin pomocí:

Rostlina č. 1:

Rostlina č. 2:

Rostlina č. 3:

Čas: _____

Určování rostlin pomocí:

Rostlina č. 1:

Rostlina č. 2:

Rostlina č. 3:

Čas: _____

DOTAZNÍK

1. Jakou školu studuješ?

Střední škola

Vysoká škola

2. V jaké jsi třídě/ročníku?

1.

2.

3.

4.

3. Pomocí jaké pomůcky se ti lépe určovaly rostliny?

Botanický klíč

Mobilní aplikace

4. Jak se ti pracovalo s determinačním klíčem?

Velmi dobře

Dobře

Špatně

Velmi špatně

5. Co se ti nejvíc LÍBILLO na práci s determinačním klíčem?

Možnost využití kdekoliv, na rozdíl od aplikací, které vyžadují přístup k internetu

Možnost lépe si ověřit své znalosti z botaniky, než při použití aplikace

Nic se mi na tom nelíbilo

Jiné: _____

6. Co se ti nejvíc NELÍBILLO na práci s determinačním klíčem?

Časová náročnost

Nepřehlednost, ztrácel/a jsem se

Vše

Jiné: _____

7. Jak se jmenovala mobilní aplikace, kterou sis pro určování zvolil/a?

8. Jak se ti pracovalo s mobilní aplikací?

- Velmi dobře
- Dobře
- Špatně
- Velmi špatně

9. Co se ti nejvíc LÍBILO na práci s mobilní aplikací?

- Velká úspora času
- Jednoduché používání
- Možnost využití mobilu v hodině
- Jiné: _____

10. Co se ti nejvíc NELÍBILO na práci s mobilní aplikací?

- Více možností určení, nevěděl/a jsem, kterou vybrat
- Nutnost připojení k internetu
- Skoro vůbec jsem nepoužil/a své znalosti z botaniky při určování
- Jiné: _____

11. Použil/a jsi v průběhu práce s aplikací mobilní telefon i k jinému účelu, než k určování rostlin?

- Ano
- Ne

12. Setkal/a ses již dříve s mobilními aplikacemi pro určování rostlin?

- Ano
- Ne

13. Pokud jsi na předchozí otázku odpověděl/a ANO, uveď, při jaké příležitosti.

14. Myslíš si, že by se mobilní aplikace měly stát součástí běžné výuky biologie na školách?

- Ano
- Ne
- Nevím
- Ano, ale pouze na exkurzích nebo terénních cvičeních