Univerzita Karlova

Pedagogická fakulta

# DISERTAČNÍ PRÁCE

2021 Radka Havlíčková

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra matematiky a didaktiky matematiky

DISERTAČNÍ PRÁCE

# Vliv atraktivity kontextu slovní úlohy na úspěšnost a řešení žáků

The Influence of the Attractiveness of Context of a Mathematical Word Problem on Performance and Solving Processes

Radka Havlíčková

Vedoucí práce: doc. RNDr. Darina Jirotková, Ph.D.

Studijní program: Pedagogika; Studijní obor: Didaktika matematiky

Praha 2021

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma Vliv atraktivity kontextu slovní úlohy na úspěšnost a řešení žáků vypracovala pod vedením vedoucí práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze, 3. února 2021

Radka Havlíčková

Na tomto místě bych chtěla především poděkovat své školitelce doc. Darině Jirotkové za inspirativní vedení a všestrannou podporu během celého studia. Velice děkuji také prof. Nadě Vondrové za uvedení do akademického světa, za odborné příležitosti a čas, který mé práci věnovala. Poděkování patří také dr. Martinu Chválovi za pomoc se statistickým zpracováním kvantitativní části výzkumu.

Děkuji také svým žákům a žačkám ze základní školy Velké Popovice za impulz (nejen) pro tuto práci a studentkám kombinovaného studia Pedagogické fakulty za obětavou pomoc v době uzavření škol, bez níž by podstatná část práce nemohla vzniknout.

Velice děkuji své rodině a blízkým za trpělivost a veškerou podporu.

Radka Havlíčková

## Abstrakt

Disertační práce obrací pozornost k problematice matematických slovních úloh a k žákům mladšího školního věku. Zkušenosti z praxe i výzkumy zabývající se obtížemi žáků s řešením slovních úloh stále hlasitěji upozorňují na to, že rozdíly v úspěšnosti žáků při řešení slovní úlohy nejsou dány pouze rozdílnou kvalitou kognitivních charakteristik žáků, ale že důležitou roli sehrávají také motivační faktory. V disertační práci jsem se proto zaměřila na kontext slovní úlohy jako na potenciální zdroj situačního zaujetí žáků, které může krátkodobě či trvale kvalitu kognitivních funkcí ovlivnit. Využila jsem přitom svého zapojení do širšího kvantitativně orientovaného výzkumu zaměřeného na proměnné ovlivňující obtížnost slovní úlohy a na jeho metodologickém půdorysu zkoumala, jaký vliv mohou mít různé typy kontextů slovních úloh na řešitelský proces a jeho úspěšnost. Sledovaným aspektem kontextu byla atraktivita – zjišťovala jsem, zda jsou žáci úspěšnější v řešení slovních úloh s prvky pohádky, science fiction či humoru, nebo v úlohách s neutrálním kontextem. Žáci 3. až 6. ročníku základní školy (*n* = 2 092) byli na základě zjištěné latentní schopnosti rozděleni do dvou výkonově srovnatelných skupin, z nichž každé byla předložena jedna z variant téže slovní úlohy – s atraktivním nebo neutrálním kontextem. Pro vyhodnocení výsledků tohoto kvantitativního šetření byla použita Item Response Theory, která umožňuje sledovat obtížnost úlohy v závislosti na latentní schopnosti jednotlivých žáků a poskytuje informaci o diskriminační schopnosti úlohy. Získaná data byla zpracována rovněž na kvalitativní úrovni a doplněna o rozhovory s žáky, které měly za úkol objasnit původ rozdílů v úspěšnosti žáků a nahlédnout do mechaniky situačního zaujetí. Míru atraktivity kontextu vytvořených slovních úloh jsem dále ověřovala při rozhovorech a v dotazníkovém šetření. Propojené výsledky kvantitativní a kvalitativní části výzkumu ukazují, že typ kontextu ovlivňuje řešitelský proces, i když ne statisticky významně, a že atraktivní kontexty slovních úloh mohou za určitých podmínek vést u starších žáků (5. ročník) k mírnému zvýšení úspěšnosti řešení. U mladších žáků (3. ročník) se ukázala tendence opačná. Práce přináší četná svědectví o více či méně známých obtížích žáků se slovními úlohami (matematických a jazykových), které jsem zaznamenala při vyhodnocování žákovských řešení. V úvahách nad formulacemi testových úloh ukazuji, jak obtížné je variovat kontext slovní úlohy při zachování ostatních parametrů úlohy a upozorňuji na související nekonzistenci výsledků některých dřívějších výzkumů.

## Klíčová slova

matematická slovní úloha; atraktivita kontextu; situační zájem; úspěšnost; řešitelský proces; chyba; humor v matematice; pohádka v matematice; sci-fi v matematice

## Abstract

This thesis focuses on to word problems and elementary school pupils. Research on mathematical word problems suggests that differences in success are not only due to different levels of pupils' cognitive abilities but that their motivation plays a role, too. Therefore, in this study, I focused on the context of word problem as a potential source of situational interest, which may affect the quality of pupils' cognitive function in the short term or permanently. I used my participation in a broader quantitatively oriented research on variables influencing the difficulty of word problems and using its methodology, I investigated the influence of different types of contexts on pupils' success in solving the problems. The examined aspect of context was attractiveness – the question was whether pupils would be more successful in solving word problems with elements of fairy tale, science fiction or humour than in similar problems with the same structure but with a neutral context. Pupils of the 3rd to 6th grades of primary school ($n$ = 2 092) were divided into two groups of a comparable ability and each was presented with one of the variants – attractive or neutral. To evaluate the results quantitatively, the Item Response Theory was used allowed us to determine the difficulty of the problem depending on the latent abilities of pupils and the problems discrimination. The data was processed also on qualitative level and complemented by interviews with pupils, which aimed to explore the origin of differences in the success rate of pupils and get insight into the mechanics of situational interest. I verified the attractiveness rate of word problem context via interviews and a questionnaire. The aggregated results of quantitative and qualitative parts of the study show that the context type influenced on solving process, although this influence is not statistically significant, and that under certain conditions, the context type can lead to a slight increase in pupil's success rate of older pupils (5th grade). The tendency of success rate was the opposite for younger pupils (3rd grade). This thesis brings numerous evidence of more or less known difficulties (mathematical and linguistical) which I noticed when evaluating pupils' solutions. The thesis also shows that when varying the context, it is difficult to keep the other parameters of the problem without changes, which might influence the complexity of the situational model, and points out inconsistencies in some previous research results.



## Keywords

mathematical word problem; attractiveness of context; situational interest; performance; solving process; error; humour in maths; fairy tales in maths; sci-fi in maths

# Obsah

# 1 Úvod

> Bare problems are found only in school mathematics. The mathematics found in real life is always in context.
>
> Meyer et al., 2001

> Who cares about solving problems about some dumb mice? It's boring! Why can't these problems be about something interesting once in a while?
>
> žák[1]

Myšlenka zabývat se kontextem slovních úloh vykrystalizovala z vlastních zkušeností s výukou matematiky. Jako učitelka na prvním stupni základní školy jsem při přípravě hodin věnovala značné úsilí vymýšlení vlastních slovních úloh, jen málokdy jsem využila úlohy, které nabízela učebnice. Důvod byl prostý – chtěla jsem, aby děti slovní úlohy zaujaly, aby měly chuť se jimi zabývat. Učebnice, které jsme ve škole používali, obsahovaly dle mého soudu takových úloh málo. Mně samotné se nechtělo některé z nich řešit – slovní úlohy s mělkými příběhy o neznámých lidech, kteří dělají nezajímavé věci. Své potřeby jsem vtělovala do vlastních slovních úloh, nebo jsem oživovala úlohy z učebnice, a sledovala reakce dětí. Setkávala jsem se s projevy nadšení, radosti, překvapení, zaujetí. Slovní úlohy vytvářely ve třídě příjemnou atmosféru, slibovaly uvolnění, trochu legrace i vážné diskuse, děti se na ně těšily.[2] Zanedlouho mě začaly spontánně napodobovat – vymýšlely variace na mé úlohy a tvořily úlohy vlastní. A já tak mohla nahlížet do jejich světa, poznávat jejich zájmy a témata a získávat náměty pro další úlohy, sledovat jejich myšlení, způsoby vyjadřování, slovní zásobu, jejich matematické a jazykové schopnosti i nesnáze.

Společně s úspěchy, které jsem s atraktivními slovními úlohami zažívala, přicházely i pochybnosti, a to zejména v okamžicích, kdy kontext úlohy žáky zaujal natolik, že odvedl jejich pozornost od řešení úlohy. Stávalo se to hlavně v úlohách, kde figurovala jejich jména a jiné osobní údaje (koníčky, zážitky, vzájemné vztahy aj.). Namísto řešení úlohy jsme se v diskusích občas zabývali otázkami, zda je Kristian opravdu lepší střelec gólů než Lukáš

[1] Výpověď žáka v průběhu experimentu (Lester, Garofalo, & Kroll, 1989).

[2] Viděno s odstupem času svou roli jistě sehrálo i to, že úlohy bavily jejich učitelku, a také způsob, kterým se s nimi v hodinách pracovalo – dramatizace, kreslení obrázků, diskuse.

a podle čeho se to pozná, zda může Lucka doma chovat velbloudy, aniž by o tom rodiče věděli. To mě opakovaně vedlo k úvahám, do jaké míry jsou takové diskuse nad kontextem užitečné a zda moje snaha zaujmout a získat žáky pro slovní úlohy nebere více, než přináší. Po zběžné rešerši literatury, pročtení databází úloh a vzdělávacích webových portálů jsem zjistila, že ve snaze zatraktivňovat slovní úlohy nejsem osamocená.

Přes velkou pozornost, která je tématu slovních úloh věnována ve výuce matematiky, je řešení slovních úloh považováno, a to žáky i učiteli, za náročné a neoblíbené učivo (Nesher & Teubal, 1975; Verschaffel, De Corte, & Pauwels, 1992; Rendl, Vondrová et al., 2013). Z výzkumu, ze kterého tato disertační práce vychází[3] (Vondrová et al., 2019), mimo jiné vyplynulo, že častou příčinou nezdaru žáků při řešení slovní úlohy je používání povrchových řešitelských strategií. Žáci při řešení úlohy nevnímají situaci, která je v úloze popsána, ale na základě povrchových znaků úlohy rovnou přistupují k tvorbě matematického modelu, který pak často nevede ke správnému řešení. Mohl by atraktivnější kontext překlenout nezájem o významovou složku slovní úlohy? V disertační práci si kladu za cíl zjistit, zda může kontext slovní úlohy skrze zaujetí pozitivně ovlivnit úspěšnost a řešitelské chování žáků, a cestou kvantitativního a kvalitativního výzkumu potvrdit, zamítnout či rozvinout své závěry z amatérského experimentování ve vlastní výuce. Závěry práce by tak mohly podpořit uvědomělejší využívání potenciálu kontextu slovní úlohy v pedagogické praxi a přispět ke komplexnějšímu pohledu na význam slovních úloh.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části – teoretickou a výzkumnou. V teoretické části se nejprve vypořádávám s pojmem *kontext slovní úlohy*, který je často vnímán spíše intuitivně. Snažím se jej uchopit v teoretické i praktické rovině pomocí nalezených definic, i skrze jeho funkci ve slovní úloze a roli, kterou může sehrávat při řešení úlohy ve školní třídě. Na vybraných výzkumech demonstruji různost výzkumných přístupů k tématu a nabízím přehled nejčastěji zkoumaných charakteristik kontextů. Téma disertační práce výrazněji přesahuje do oboru psychologie, v rámci teoretické části proto přináším také základní orientaci v problematice motivace a zejména zaujetí a předkládám závěry několika studií zabývajících se psychologickými jevy zkoumanými v souvislosti s řešením slovních úloh. V závěru teoretické části shrnuji hlavní myšlenky předchozích oddílů a vymezuji pojem *atraktivní kontext*, stanovuji cíle disertační práce a vyslovuji základní očekávání. Výzkumná

[3] Výzkum byl realizován v rámci projektu GA ČR 16-06134S *Slovní úlohy jako klíč k aplikaci a porozumění matematickým pojmům* v letech 2016–2018.

část práce je uvedena kapitolou popisující formování výzkumné strategie a testových úloh. Dále je představena metodologie kombinující kvantitativní a kvalitativní přístupy a popsána každá ze třech částí výzkumu – testování, rozhovory s žáky a žákovský dotazník. Následující kapitola je věnována výsledkům všech částí výzkumu, propojování jejich výstupů a hledání určitých trendů napříč úlohami i skupinami žáků. Disertační práci uzavírám diskusí nalezených zjištění s dosavadními výzkumy, reflektuji omezení výzkumu a naznačuji jeho další možné směřování.

# 2 Teoretická část

V této kapitole nejprve vymezím základní pojmy, představím fáze řešitelského procesu slovní úlohy a uvedu přehled výzkumů sledujících vliv různých charakteristik kontextu slovní úlohy na řešitelský proces žáka. Zvláštní oddíl bude věnován psychologickým aspektům sledované problematiky. Kapitolu uzavře shrnutí závěrů z výzkumů, formulace cílů a výzkumných otázek disertační práce a základní očekávání.

## 2.1 Slovní úloha a kontext slovní úlohy

V centru práce stojí kontext slovní úlohy, proto se i v následujícím výběru různých vymezení pojmu slovní úloha zaměřím především na to, jak je v nich nahlížena právě kontextová složka. Verschaffel, Greer a De Corte (2000, s. ix) vymezují slovní úlohu jako:

> Slovní popis problémových situací obsahující jednu nebo více otázek, na které lze odpovědět pomocí aplikace matematických operací na číselné údaje, které jsou uvedeny v zadání.[4]

Autoři dodávají, že typickou formou slovní úlohy je stručný (zhuštěný) text popisující esenciální prvky určité situace, v níž jsou některé číselné informace explicitně dány a některé ne a s níž je řešitel konfrontován v hodině matematiky. Jeho úkolem je získat číselnou odpověď na položenou otázku, a to explicitně a za výhradního použití číselných údajů, které jsou uvedeny v textu úlohy, nebo jejich vzájemných vztahů, které lze z textu úlohy vyvodit. Za slovní úlohu nepovažují úlohy typu „vypočítej, kolik je 12 bez 8“, nebo „jaké číslo získáš, když vynásobíš 9 a 12,5“. Slovní úloha musí odkazovat ke skutečnému nebo představitelnému kontextu, nikoli pouze ke kalkulaci s čísly (s. ix). V jejich vymezení najdeme kromě poznámky o vazbě na skutečnou nebo představitelnou situaci také zmínku o vztazích mezi údaji, které nejsou explicitně vyjádřeny. Zde, jak se domnívám, sehrává kontext svou roli – jakožto nositel vlastností objektů a vztahů mezi nimi.

Pro srovnání uvedu další vymezení pojmu slovní úloha, a to z pohledu významných českých i zahraničních autorů. Vyjdu z tradičního vymezení Vyšína (1962):

[4] „Verbal description of problem situations wherein one or more questions are raised the answer to which can be obtained by the application of mathematical operations to numerical data available in the problem statement.“ (s. ix)

> Slovními úlohami bývají nazývány úlohy aritmetické nebo algebraické, formulované slovy, nikoliv matematickými symboly, nebo úlohy z praxe, jejichž řešení vyžaduje rozřešení aritmetické nebo algebraické úlohy. (s. 107)

Vyčleňuje tak slovní úlohy z obecnější kategorie matematických úloh, které jsou používány ve výuce matematiky k různým didaktickým účelům, s poukazem na hlavní rozdíl, který spočívá ve formě zadání – slovní vs. symbolické. Zmiňuje rovněž možnou souvislost úlohy s praxí, tedy určitou reálnou situací, která může být zprostředkována právě kontextem. Podobně Kuřina (2011) chápe slovní úlohu, byť obecněji, jako „slovy popsanou situaci z běžného života nebo určité oblasti poznání, v níž hledáme odpověď na položenou otázku“ (s. 65). Zmiňuje explicitně slovo *situace*.

Vondrová et al. (2019) ve svém pojetí slovní úlohy od kontextu dokonce vycházejí. Slovní úlohu vymezují jako problém, který zahrnuje určitý kontext (nematematický, reálný, pseudo-reálný nebo fiktivní), uvnitř něhož jsou dány určité číselné informace a v rámci kterého je položena otázka (otázky), kterou/é mají žáci zodpovědět za použití svých matematických znalostí a „mimoškolních“ zkušeností. Toto vymezení ve srovnání s výše zmíněnými bere v úvahu navíc i žákovu zkušenost mimo školu, tedy zkušenost z reálného života, na kterou může slovní úloha navázat.

Také v pojetí Hejného (2003) je jedním ze dvou požadavků na slovní úlohu vazba na životní zkušenost. Termínem slovní úloha rozumí „matematickou úlohu, která vyžaduje jazykové porozumění a přesah do životní zkušenosti“ (s. 3). Například úloha *Součet dvou čísel je 19 a jejich rozdíl 3. Jaká to jsou čísla?* vyžaduje porozumění slovům (narozdíl od úlohy $5x + 4 = 19$), tedy splňuje první podmínku, ale nelze ji podle tohoto vymezení pokládat za slovní úlohu, protože k jejímu vyřešení nejsou třeba životní zkušenosti, je vázána čistě na svět matematiky. V dalších úvahách Hejného nacházím inspiraci v *anatomickém* způsobu nahlížení na slovní úlohu (s. 3–5). Podle něj je slovní úloha tvořena čtyřmi různými vzájemně se prostupujícími vrstvami. Vrstvou objektů zahrnující osoby, předměty, události aj., o kterých úloha hovoří. Některé z těchto objektů jsou propojeny s číslem; ty jsou pro nás zejména významné, mohou být uvedeny explicitně nebo vyjádřeny nepřímo. Další vrstva představuje vztahy mezi těmito objekty. Zvlášť důležité jsou ty vztahy, které spojují objekt a číslo. Vztahem je ale také kterákoliv další sémantická informace, která z textu úlohy vyplývá, ať již přímo nebo nepřímo. Další vrstvou je vrstva příběhu či situace, která vytváří v mysli člověka základní představu o úloze a přináší výzvu, která navodí a orientuje řešitelský proces. Poslední vrstvou je vrstva matematického modelu, do které se přesouváme převedením příběhu či situace do jazyka znaků. V této vrstvě podle Hejného dochází k procesu řešení pomocí rovnice, tabulky, obrázku apod.

Pro účely své práce se přikláním k následujícímu vymezení:

> Slovní úloha je matematický problém sdělený slovní formou v podobě textu nebo ústního sdělení, který vyžaduje jazykové porozumění. Přináší informace (obvykle i kvantitativní) o určitých objektech, jejich vlastnostech a vzájemných vztazích. Popisuje reálnou či smyšlenou situaci, čerpá z životní zkušenosti. Klade otázku nebo otázky, které lze na základě těchto informací (explicitně zmíněných nebo vyvozených) a životních zkušeností zodpovědět za použití principů logiky a matematických znalostí.

### 2.1.1 Kontext slovní úlohy

S jednotným vymezením pojmu *kontext slovní úlohy* se v odborné literatuře nesetkáme. Bývá označován různými termíny (tématický obsah úlohy, „cover story“, situace, „setting“ úlohy, nematematická složka apod.), často je chápán intuitivně a jako samozřejmá součást slovní úlohy. Vyskytuje se také jako součást širšího pojmu tzv. *učení se v kontextu* (Boaler, 1993; Meyer, Dekker, & Querelle, 2001), nebo je popisován skrze svou funkci ve slovní úloze, jak bylo patrné v ukázkách vymezení slovní úlohy v předchozím oddílu. Borasi(ová) (1986) stručně vymezuje kontext jako situaci, v níž je zasazen určitý problém a poskytuje řešiteli informace, které mu jej umožňují vyřešit. Ve vymezení slovní úlohy Verschaffela et al. (2000) je kontext vyjádřen jako *slovní popis problémových situací* a *vazba úlohy na skutečnou nebo představitelnou situaci* a dále poznámkou o *vztazích, které lze z textu vyvodit*. U Vyšína (1962) je kontext připomínán poukázáním na *praxi*, u Vondrové et al. (2019) jej zahrnuje slovo *problém* a odkaz na potřebu použití *mimoškolních zkušeností*. V Hejného (2003) rozdělení slovní úlohy do čtyř vrstev by kontext patřil zejména do vrstvy *příběhu či situace*, ale týkal by se i objektů a vztahů mezi nimi, tedy by spadal do všech vrstev kromě vrstvy matematického modelu.

Pojem kontext slovní úlohy přiblížím pomocí následujícího příkladu dvou úloh:

Úloha 1: Jeníček s Mařenkou snědli dohromady tři jablka. Kolik snědl Jeníček a kolik Mařenka?

Úloha 2: Slepice Zorka a Majda snesly dohromady tři vajíčka. Kolik snesla Zorka a kolik Majda?

Úloha 1 je o dětech a jablcích, popisuje situaci, která je dobře známá, představitelná. Jména dětí mohou evokovat pohádku O perníkové chaloupce. Úloha 2 má odlišný kontext, je o slepicích a vajíčkách. Také jména slepic mohou vyvolat dojem, že se jedná o část nějaké pohádky. Narozdíl od první úlohy však zde popisovaná situace nemusí vycházet z přímé životní zkušenosti řešitele. Úkol je u obou úloh stejný, je třeba rozdělit tři objekty na dvě části.[5] Zatímco první úloha a životní zkušenosti vedou řešitele k úvaze rozkrojit jablko na poloviny a podělit Jeníčka a Mařenku spravedlivě, v druhém případě naopak životní zkušenosti vedou k jinému dělení, neboť slepice snáší pouze celá vajíčka, řešitel tak bude pravděpodobně uvažovat o jiném dělení než v první úloze. Tato informace nebyla v textu úlohy explicitně zmíněna, text obou úloh je i z hlediska jazykové stavby velmi podobný. Rozdíl je ve vlastnostech objektů, které máme rozdělit. A nositelem informací o takových vlastnostech je právě kontext. Stačila by drobná změna kontextu a řešení úloh by se mohlo převrátit – jablka by padala ze dvou různých jabloní a úkolem řešitele by bylo zjistit kolik jablek spadlo ze kterého stromu, a Jeníček s Mařenkou by se pro změnu dělili o vajíčka uvařená natvrdo. Na ukázkách úloh je zjevné, že řešení úlohy může díky odlišnému kontextu vyžadovat jiné myšlenkové operace, a přes zjevnou podobnost matematických struktur dokonce vést k různým výsledkům.

Vymezení pojmu kontext slovní úlohy osciluje mezi významy slov *situace*, *příběh*, *zkušenost*, *informace*, *vztah* či *vazba*. Kontext slovní úlohy můžeme vnímat také jako složku slovní úlohy, kterou je třeba při řešení oddělit od složky matematické, jíž lze formulovat jazykem čísel a symbolů a na niž lze uplatnit logické postupy a získat odpověď na položenou otázku. V návaznosti na výše zmíněná vymezení pojmu slovní úloha budu kontext slovní úlohy chápat jako situaci, do které je zasazen určitý matematický problém; jako nematematickou složku slovní úlohy, která je nositelem informací o určitých objektech a vztazích mezi nimi a navazuje na skutečnosti, které nemusí být explicitně vyjádřeny, ale jsou dostupné ve zkušenostech řešitele. Kontext slovní úlohy může tvořit i stručnou dějovou linku nebo nabývat podoby krátkého příběhu.

[5] Obě úlohy mají více řešení.

V literatuře jsou popsány různé typy kontextů a různé způsoby jejich třídění. Pro představu zde uvedu rozdělení kontextů dle PISA[6] (OECD, 2010) a několik dalších typů kontextů, kterým je v literatuře věnována pozornost. Podrobněji budou rozvedeny v následujících oddílech. PISA používá pro své testování čtyři okruhy kontextů: personální (týkající se každodenních aktivit, osobních zkušeností řešitele), vzdělávací a profesní (používá situace, které jsou spíše uměle utvořeny s konkrétním výukovým záměrem), veřejný (týkající se každodenní interakce s okolním prostředím) a vědecký (sem patří čistě matematické problémy nebo problémy z vědeckého světa). Autoři testů PISA jsou přesvědčeni, že typ kontextu má vliv na výkon žáka, proto si je při tvorbě testů pečlivě hlídají. Snaží se tím mj. vyhnout nežádoucím jevům souvisejícím s kulturní příslušností testovaných žáků.

Další typy kontextů krystalizují na pozadí výzkumů zabývajících se různými aspekty kontextu, např. jeho vztahem k realitě (kontexty reálné, pseudoreálné, fantazijní) nebo blízkosti jednomu či druhému pohlaví (kontexty typicky dívčí, typicky chlapecké). Značná pozornost je věnována známým, zažitým či naopak neznámým kontextům (např. vědeckým), dále kontextům personalizovaným (v nichž figurují jména nebo situace spojené s osobnostmi samotných řešitelů) a kontextům čerpajícím z různých oblastí zájmů – sport, svět zvířat, módy apod.

Jiné rozdělení kontextů nabízí Vondrová et al. (2019), a to z hlediska lingvistiky do tří vrstev – *slovní*, *situační* a *zkušenostní* (s. 17): „lingvisticky se rozlišuje bezprostřední kontext slovní (např. mezivětné odkazování deiktickými slovy), kontext situační (určuje v diskurzu referenční hodnotu indexů já, ty, tady, teď a výrazů od nich odvozených) a kontext zkušenostní (zásoba znalostí a zkušeností, o nichž produktor předpokládá, že ji s ním příjemce sdílí)."

Pro úplnost dodejme, že kontext nemusí být zprostředkován pouze textem, ale i obrázkem, tabulkou, grafem či nějakou činností – hrou, aktivitou, simulací (Meyer et al., 2001). A jde-li o text, roli může hrát i způsob jeho zprostředkování žákům – psaný text, přednes, dramatizace apod.

[6] PISA (Programme for International Student Assesment) je mezinárodní šetření v oblasti měření výsledků vzdělávání, které je zaměřeno na zjišťování úrovně gramotností patnáctiletých žáků.

### 2.1.2 Role kontextu ve slovních úlohách

Jedním z prvních kroků při řešení slovní úlohy obvykle bývá abstrahování čísel z textu slovní úlohy, tedy oddělení „nepodstatného" kontextu od matematické struktury úlohy (viz oddíl 2.2.6). K čemu tedy kontext ve slovní úloze slouží? Vyjdeme-li z obecného významu slovních úloh, jak jej vnímají různí autoři a organizace zabývající se vzděláváním, ukáže se, že zdrojem očekávaných přínosů je často právě kontext. Podle NCTM[7] (2000) mají slovní úlohy zaujímat centrální pozici v kurikulu matematiky pro 1. stupeň základního vzdělávání (*elementary school*). Hlavním argumentem je provazování školního vzdělání s životem mimo školu. Také Greer, Verschaffel a De Corte (2002) vidí poslání slovních úloh v tom, že přinášejí realitu do hodin matematiky, vytvářejí příležitosti pro učení a nácvik řešení problémů, a to bez reálné hrozby nepříjemností, které by mohly přinést situace při konfrontaci v reálném světě. Podrobněji popisují dva hlavní důvody. Kromě zmíněného procvičování či nacvičování řešení problémů (kterým je zároveň reprezentována či demonstrována hlavní role matematiky – aplikace na skutečné fyzikální a společenské jevy) je to také získání dobrého nástroje na uvažování o matematických strukturách.

Přestože funkce propojení školního a reálného světa skrze slovní úlohy mezi argumenty dominuje, setkáme se v odborné literatuře i s explicitně vyjádřenými názory, že východiskem pro slovní úlohy by neměly být pouze reálné kontexty, ale rovněž problémy nereálné nebo čistě matematického charakteru. Hlavním argumentem jednoho ze zastánců tohoto pojetí (Toom, 1999) je, že tyto matematické slovní úlohy mohou žákům zprostředkovat narozdíl od reálných problémů i složitější matematické koncepty či struktury, a efektivněji tak přispět k rozvoji abstraktního uvažování, a to bez potřeby náročné odborné terminologie. Toom poukazuje na to, že takzvané *real-world problems* – úlohy ze života často nejsou a ani nemohou být skutečným obrazem reality, která je příliš komplexní a plná zbytečností (s. 38), a tedy ani nácvik jejich řešení nevede k požadovanému zlepšení matematických kompetencí.

Boaler(ová) (1993) dospívá v zamyšlení nad významem *učení se v kontextu* (tedy v širším pojetí významu slova kontext) ke třem základním funkcím: (1) kontexty vybavují žáky znalostí známých metafor (*familiar metaphors*), díky nimž je pak učení pro žáky pochopitelnější, (2) motivují a podporují zájem žáků o učivo (obohacují ho, přivádějí

[7] National Council of Teachers of Mathematics – v současnosti největší světová organizace zabývající se výukou matematiky, sídlící v USA a Kanadě.

k životu) a (3) díky demonstraci souvislostí mezi úlohami ze školní matematiky a skutečnými reálnými problémy umožňují transfer matematických vědomostí. Také Meyer et al. (2001) poukazují na motivační aspekt kontextu – kontext jako „háček“ k upoutání pozornosti žáků, jejich vtažení do problému a vytvoření potřeby najít odpověď na položenou otázku. Podle nich lze také využívat úlohy s kontextem jako příležitost k uplatnění již získaných dovedností v matematice (což je specifické zejména pro přístup českých učitelů ke slovním úlohám – viz níže) a jako zdroj nových matematických poznání a objevů řešitelských strategií. Kontext slovních úloh může také fungovat jako kotva k zapamatování řešení určitých typů problémů (slovních úloh) a na základě uvědomování si podobností a odlišností kontextů dokonce k odhalování hlubších strukturálních charakteristik matematických problémů (izomorfismus úloh[8]).

V prostředí českého školství narazíme na podobné formulace argumentů pro zařazení slovních úloh do školního kurikula. Divíšek et al. (1989) například spatřovali hlavní poslání slovních úloh v rozvoji schopnosti formulovat reálný nebo slovně vyjádřený problém matematicky, tzv. matematizovat (s. 123). Nejde přitom o to, aby se žák naučil formulovat a řešit všechny problémy kolem sebe, ale aby byl vybaven „účelnou pracovní metodou, která mu řešení problému usnadní“. Podobnou roli by mohla mít transformace výsledku získaného matematickou cestou zpět do kontextu dané situace, která je také součástí řešení slovní úlohy (Novotná, 2000). Blažková, Matoušková a Vaňurová (2002) v souvislosti se slovními úlohami zdůrazňují jejich didaktický potenciál, např. že slovní úlohy mohou sloužit k hlubšímu porozumění matematickým pojmům, upevňovat početní návyky a při správném použití mohou mít dokonce značný výchovný dosah (který autorky dále nespecifikují). Podle Odvárka et al. (1990) mohou být slovní úlohy také prostředkem poznávání různých oblastí lidské činnosti a problémů, které je smysluplné v určitých oblastech řešit. Navzdory některým pozdějším šetřením (Jirotková & Kloboučková, 2013), ve kterých učitelé zmiňovali, že i kvůli slovním úlohám je matematika mezi žáky neoblíbená,[9] Odvárko et al. (1990) také uvádějí, že slovní úlohy mohou být zdrojem zvyšování motivace žáků a rozvíjení jejich zájmu učit se matematiku.

[8] Úlohy jsou tzv. izomorfní, když jsou shodné po odstranění sémantické složky, tedy takové, které mají shodnou (matematickou) strukturu (všechny vztahy mezi objekty platné v jedné struktuře jsou platné i ve druhé struktuře), ačkoliv povrchově se mohou značně lišit. (Hejný, 2014, s. 151)

[9] Ve výzkumu (Rendl, Vondrová et al., 2013) někteří učitelé uváděli, že slovní úlohy přispívají k neoblíbenosti matematiky jako předmětu.

Čeští učitelé nejčastěji označují slovní úlohy jako nástroj k procvičování naučené látky a jako příležitost k uplatnění získaných dovedností v matematice (Jirotková & Kloboučková, 2013), čímž připisují kontextu spíše vedlejší roli. Že jsou tak kontexty slovních úloh v našem prostředí vnímány, prozrazuje struktura některých učebnic matematiky, které jsou koncipovány tak, že např. za kapitolou osvětlující postup při odčítání desetinných čísel je zařazeno několik jednoduchých slovních úloh, ve kterých je zapotřebí použít právě tuto operaci. Hlavním smyslem práce s takovými slovními úlohami je pak spíše procvičení a upevnění konkrétního postupu než sledování výše zmiňovaných přínosů.

### 2.1.3 Proces řešení slovní úlohy a povrchové strategie řešení

Proces řešení slovní úlohy rozdělují různí autoři do různých fází (např. Reusser, 1990; Novotná, 2000; Hejný, 2003). První fáze obvykle spočívá ve zpracování, interpretaci textu, porozumění v jazykové rovině (vytvoření sémantického modelu úlohy). Ve druhé fázi dochází k porozumění popisované situace, a to skrze uvědomění si zahrnutých objektů a jejich vlastností a vzájemných vztahů. V této fázi se rozbíhá řešitelský proces (vytváří se *situační model* úlohy). Třetí fází je tzv. matematizace (vytváření matematického modelu úlohy) neboli převedení situace do jazyka matematiky (rovnice, schématu, výpočtu, řešitelského obrázku aj.). Následuje fáze výpočtu, tedy aplikace matematických pravidel a postupů. Proces uzavírá interpretace nalezeného (číselného) výsledku ve vztahu k položené otázce či situaci a tvorba slovní odpovědi, která dává tomuto výsledku význam. Schopnost řešit matematickou slovní úlohu může být u žáků oslabena v kterékoliv jmenované fázi. Protože se v této práci zabývám kontextem slovní úlohy čili vrstvou situace, podstatná je zejména druhá fáze řešitelského procesu – tvorba situačního modelu.

Z našeho výzkumu (Vondrová et al., 2019) vyplynulo, že častou příčinou nezdaru při řešení slovní úlohy je, že si žáci z nějakého důvodu nevytváří *situační model* úlohy, ale přikročí rovnou k modelu matematickému. Ten se opírá například jen o izolované části textu (typicky o čísla a k nim přidružená slova signalizující početní operaci), nezachycuje vztahy mezi objekty, jejich důležité vlastnosti apod. Takové řešitelské chování označujeme jako používání *povrchové strategie* (Palm, 2008).

Příčiny vedoucí žáky k vynechání fáze tvorby situačního modelu jsou předmětem mnoha starších i novějších výzkumů. Ukazuje se, že žáci často chápou školní matematiku v odtržení od reálného světa, při řešení úloh nebo obecně matematických problémů například nepoužívají zkušenosti získané mimo školu, což má pak za následek problémy spojené s pochopením slovního zadání úloh, jejich řešením i s interpretací získaného výsledku. Greer (1997) upozorňuje na určitou tendenci dětí vnímat situace popsané ve slovních úlohách v odtržení od reality. Připisuje to třídní kultuře, jakési zvyklosti, která je ve třídě budována dlouhodoběji a na které má podíl zejména učitel. Tímto jevem se zabývali také Silver, Shapiro, & Deutsch (1993), kteří hovoří o *lack of sense making*, a Schoenfeld (1991) a Verschaffel et al. (2000), kteří popisují *suspension of sense making*. Podle Schoenfelda dochází u žáků k přesvědčení, že vykonávání mechanických kalkulací je důležitější než uvažování o smyslu jejich matematického jednání. Obě studie také naznačují, že neúspěch žáků nemusí být nutně dán jejich kognitivním deficitem, ale tím, jak je obecně nastavena *kultura slovních úloh*.

Absence situačního modelu v řešitelském procesu může mít zdroj také v úloze samotné – je-li pro řešitele např. nepřiměřeně náročná, může dojít k zahlcení jeho pracovní paměti či kognitivnímu přetížení (Sweller, 2010), kterému žák uniká sáhnutím k protetické strategii. Příčinou může být také zautomatizovaný přístup žáků k řešení slovních úloh stejného typu, nebo jejich nezájem o tuto činnost. Další možné příčiny povrchových strategií popisuje také Vondrová (2020), která zmiňuje možný dopad didaktických přístupů učitelů – např. učení se strategii signálních slov, stereotypnost úloh nabízených učebnicemi, a psychologické příčiny – naučená bezmocnost či nízká sebedůvěra žáka ve vlastní schopnost řešit slovní úlohy. Vliv psychologických aspektů na řešení slovní úlohy popisuje také Pongsakdi(ová) et al. (2019), kteří ukazují, že řešitelský proces ovlivňuje přesvědčení (beliefs) žáků o slovních úlohách, např. že úlohy, které se používají ve škole, mají vždy smysl, jsou řešitelné, mají právě jedno správné řešení, žáci věří, že učitelem ukázané strategie, třeba vyhledání klíčových slov, nebo dříve vyřešené podobné úlohy jim pomohou úlohu vyřešit, i když jí nerozumí. Na vliv tohoto tzv. didaktického kontraktu[10] (Brousseau, 1997; Sarrazy & Novotná, 2013) na řešení slovních úloh poukazuje ve své studii Palm (2008) – žáci předpokládají, že k úspěšnému řešení úlohy stačí údaje, které obsahuje její zadání, že věci, o nichž se úloha explicitně nezmiňuje, se nemají při řešení používat, že školní matematika nemusí být konzistentní

[10] Didaktický kontrakt je nevyslovenou dohodou mezi učitelem a žákem či žáky. Je v pozadí prakticky jakékoliv pedagogické činnosti a vychází najevo až v okamžiku, kdy dojde k jeho porušení, a to z jedné či druhé strany. V rámci slovních úloh např. bývá častým implicitním pravidlem – nevyslovenou dohodou, že učitel předkládá žákům úlohu, která má řešení. Žáci tak nepředpokládají, že by úloha mohla být neřešitelná, a přizpůsobují tomu své jednání – např. opakovaně hledají chybu ve svém postupu, ačkoliv jsou si jisti, že nechybili.

s realitou mimo školu. Vysledoval ale také, že určité typy kontextů zvyšují tendenci žáků překračovat didaktický kontrakt i stanovená pravidla pro řešení úloh.

## 2.2 Související výzkumy: kontext slovní úlohy

Zájem o problematiku slovních úloh je intenzivní a dlouhodobý. Jednou z příčin tohoto zájmu může být skutečnost, že žáci mají se slovními úlohami dlouhodobě potíže (Nesher & Teubal, 1975; Verschaffel et al., 1992; Rendl, Vondrová et al., 2013). Výzkumy zabývající se těmito obtížemi hledají jejich původ mj. v různých překážkách, které staví do cesty k úspěšnému řešení samy úlohy. Velká pozornost je věnována například jazykové formulaci úlohy, matematickému obsahu, vztahu úlohy k realitě, pořadí informací v zadání aj. (Hembree, 1992; Verschaffel & De Corte, 1993; Nesher, Hershkovitz, & Novotná, 2003; Daroczy et al., 2015; Pongsakdi et al., 2020). Kontext slovní úlohy patří mezi méně zkoumané parametry (charakteristiky) slovních úloh, jeho vliv nebyl dostatečně prozkoumán a podložen (Beswick, 2011). Podle PISA (2010) a Boaler(ové) (1993) je míra vlivu kontextu obecně podceňována a školami ignorována. PISA v roce 2010 upozorňovala, že problematika kontextu potřebuje další výzkum, protože dosud získané poznatky jsou nepřesvědčivé v tom smyslu, že neukazují, jaké kontexty jsou pro žáky dobré (s. 28).

Pokud je nám známo, tak poslední metaanalýzu výzkumů zabývajících se vlivem různých charakteristik kontextu slovních úloh na výkon žáků provedl Hembree v roce 1992. Více než 40 studií rozdělil do několika kategorií postihujících určitý aspekt kontextu: abstraktní vs. konkrétní (používající symbolické, nehmotné vs. konkrétní a reálné objekty či situace), faktické vs. hypotetické (jednoduše popisující vs. uvažující o možných změnách „jestliže-pak“), familiární vs. nefamiliární (ležící ve zkušenostech žáka vs. mimo jeho zkušenosti), imaginativní vs. běžné (s použitím fantazie či neobvyklých okolností vs. pouze běžných okolností), personalizované vs. nepersonalizované (využívající či nevyužívající personální charakteristiky řešitele) a preferované vs. nepreferované (korespondující či nekorespondující se zájmy žáky). Všechny zahrnuté výzkumy byly založené na podobné bázi – porovnávaly úspěšnost žáků při řešení dvou variant jedné úlohy, které měly shodnou matematickou strukturu, ale odlišný kontext. Výsledky metaanalýzy (s podrobnostmi o počtech a věku sledovaných žáků) ukazuje přehledně tabulka na obrázku 2.1. Jednoznačné a statisticky významné rozdíly byly nalezeny pouze u dvojice kontextů familiární vs. nefamiliární, a to ve prospěch familiárních kontextů. Na hranici statistické významnosti pak k lepším výsledkům vedly kontexty imaginativní (fantazijní) než běžné a konkrétní v porovnání s abstraktními. V ostatních sledovaných dvojicích se rozdíly neukázaly. Některým z těchto aspektů kontextu se budu věnovat v následujících oddílech podrobněji, neboť mají souvislost s *atraktivitou* kontextu, která je v centru mé pozornosti.

Table 13
*Mean Relational Effects Between Conditions of Problem Context and Measures of Problem-Solving Performance*

| | Description of data set | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Conditions compared | Number of studies[a] | Total *n* | Grade levels | Mean *ES* | Confidence interval (99%) |
| Abstract vs. concrete | 9 (9, 0) | 2536 | 4–12 | –0.14* | (–0.24, –0.04) |
| Factual vs. hypothetical | 9 (9, 0) | 2616 | 4–12 | 0.02 | (–0.08, 0.12) |
| Familiar vs. unfamiliar | 4 (4, 0) | 1608 | 5–6, 12 | 0.40* | (0.27, 0.53) |
| Imaginative vs. ordinary | 11 (11, 0) | 4308 | 5–9 | 0.17* | (0.09, 0.25) |
| Personalized vs. impersonal | 6 (6, 0) | 579 | 4, 6 | 0.04 | (–0.18, 0.26) |
| Preferred vs. nonpreferred | 5 (5, 0) | 256 | 9, P | –0.04 | (–0.37, 0.29) |

[a]The number outside the parentheses is the total number of studies. The first number inside the parentheses is the number of studies with standard problems; the second is the number of studies with nonstandard problems.
*$p < .01$.

**Obr. 2.1:** Výsledky metaanalýzy výzkumů kontextů slovních úloh (Hembree, 1992, s. 258)

### 2.2.1 Kontext slovní úlohy a realita

Značný počet studií zabývajících se kontextem slovních úloh hledá odpověď na otázku, zda se zlepší schopnost žáků řešit slovní úlohy, když se jim nabídnou v kontextech, které odrážejí jejich zkušenosti z každodenního života. Tento trend je patrný nejen v oblasti slovních úloh, jedná se o celkový přístup k výuce matematiky.[11] V souvislosti s aspektem reálnosti kontextu slovních úloh autoři různých studií používají různá označení (a jak se následně ukáže i rozdílné významy): *reálné kontexty, realistické kontexty, úlohy ze života* či *autentické úlohy.* Cooper a Dunne (1999, s. 84) např. definují realistické úlohy jako ty, v nichž figurují osoby nebo objekty z každodenní reality. Van den Heuvel-Panhuizen(ová) a Drijvers (2014) chápou reálné kontexty v širším slova smyslu jako takové, které jsou pro žáky představitelné, s nimiž mohou reálně operovat ve své mysli. Se stejným argumentem označují jako autentické kontexty De Bock et al. (2003) například i takové, které čerpají námět z fantazijního, tedy nereálného světa. Ulovec (2018) upozorňuje, že mnohé z kontextů či

[11] Jeden z hlavních proudů tohoto pojetí školní matematiky představuje koncepce výuky RME – Realistic Mathematics Education. Jedná se o doménově specifickou teorii výuky matematiky, jejímž charakteristickým rysem je výrazná pozice realistických situací v procesu učení. Tyto situace slouží jako východisko pro různé matematické koncepty, nástroje a metody práce a vytvářejí prostředí, v němž mohou žáci používat své matematické znalosti. Ty pozvolna nabývají na formálnosti a obecnosti a stávají se méně závislými na specifických kontextech. Více na stránkách organizace (https://rme.org.uk).

úloh, které jsou autory studií a učebních materiálů považovány za reálné, ve skutečnosti reálné nejsou, neboť např. nepracují s reálnými informacemi. Pozitivní motivační efekt mohou mít podle něj ty reálné kontexty, které nejen obsahují reálná nebo alespoň realistická data, ale také relevantní otázku, jejíž zodpovězení je v reálném životě smysluplné.

Podle některých autorů mohou vést úlohy s kontextem z reálného života k lepším žákovským výsledkům v důsledku snazší představitelnosti řešeného problému i větší motivace (Bottge, 1999; Verschaffel et al., 2000; Cooper & Harries, 2002). Pozitivní efekt autentického, resp. reálnějšího kontextu např. vysledovali na malém vzorku žáků 6. ročníku DeFranco a Curcio (1997). Původní „učebnicovou" úlohu o cizincích seniorech, které je třeba přepravit autobusy s určitou kapacitou, přeformulovali do podoby bližší reálné situaci – žáci měli objednat minibusy na přepravení jejich vlastní školní třídy na školní párty. Podstatou řešení úlohy bylo dělení se zbytkem a jeho správná interpretace (je třeba objednat jeden autobus navíc, i když nebude plně obsazen). Ukázalo se, že se žáci při řešení autentické varianty úlohy byli schopni vypořádat se zbytkem po dělení lépe než při řešení méně autentické úlohy, v níž nedokázali výsledek dělení interpretovat tak, aby v kontextu úlohy dával smysl. V autentické úloze nabízeli žáci vedle správného i různá alternativní řešení, jak docílit přemístění všech osob, pouštěli do svého řešení zkušenosti z reálného života.

Výsledky některých dalších studií však nejsou tak jednoznačné, např. metaanalýza (Gersten et al., 2008) ukázala, že při výuce založené na reálných kontextech se sice výkony žáků zlepšují, ale jen u úloh určitého typu. Přehled studií (Verschaffel et al., 2000) naznačuje, že žáci mají problém přenést svoje znalosti z reálného světa do řešení slovní úloh. De Bock et al. (2003) ukázali, že vyšší autenticita kontextu úlohy může dokonce negativně ovlivňovat výkon žáků. Zkoumali vliv autenticity kontextu na úspěšnost žáků 13–16letých ($n = 313$) při řešení proporčních a neproporčních úloh[12] geometrické povahy. Předpokládali, že bohatý a atraktivní kontext čerpající námět z příběhů o Gulliverových cestách (viz dále oddíl 2.2.3) pomůže žákům s představou situace, a navede je tak ke správným logicko-

[12] Jako proporční úlohy jsou označovány takové, které mají multiplikativní strukturu a vyznačují se tím, že objekty v úloze jsou svázány určitým poměrem. Neproporční úlohy mohou navenek působit jako proporční, ale mají např. aditivní strukturu, nebo jejich objekty nejsou vázány poměrem.
Příklad proporční úlohy: Stonožky Věrka a Františka vyráží na výlet. Začaly se obouvat ve stejnou chvíli, ale Františka se obouvá rychleji. Za tutéž dobu, za kterou Věrka obuje 5 bot, obuje Františka 10 bot. Kolik bot má na sobě Františka, jestliže Věrka právě obula patnáctou botu?
Příklad neproporční úlohy: Stonožky Věrka a Františka vyráží na výlet. Obouvají se obě stejně rychle, ale Františka začala dřív. V okamžiku, kdy měla Věrka obutých 5 bot, Františka už jich měla 10. Kolik bot má na sobě Františka, jestliže Věrka právě obula patnáctou botu? (Vondrová et al., 2019, s. 285)

matematickým úvahám a volbě správné řešitelské strategie (zejména u obtížnějších neproporčních úloh). Výsledky byly překvapivé. Žáci byli statisticky významně úspěšnější ve variantách úloh bez autentického kontextu. Značné rozdíly se ukázaly také v použitých řešitelských strategiích. Zatímco úspěšní řešitelé úloh bez autentického kontextu nejčastěji používali strategii založenou na nalezení a použití vhodného matematického vzorce – formální strategie (66 %), úspěšní žáci autentických úloh vycházeli nejčastěji z obecného principu, používali neformální strategie založené na logických úvahách (81 %). Součástí výzkumu byl dotazník mapující zaujetí žáků úlohami (viz také oddíl 2.3.1), jejich víru ve správnost svého řešení apod. Ukázalo se, že žáky s úlohami s autentickým kontextem ve srovnání s druhou skupinou žáků řešení úloh více bavilo, test považovali za snadný a věřili, že úlohy vyřešili správně. Překvapivě ale uváděli, že video (příběh Gullivera) si při řešení spíše nevybavovali a nemají pocit, že by jim pomohlo najít správné řešení. V úvahách autorů výzkumu o negativním vlivu na úspěšnost, který autentický kontext úloh vyvolal, nabízejí několik hypotetických vysvětlení, např. že úlohy bez autentického kontextu jsou podobnější úlohám běžně řešeným v hodinách matematiky, a tudíž je žáci vnímají jako známé, blízké (familiární, viz odd. 2.2.2), což se pak odráží i v jejich řešení. Dalším důvodem by mohl být negativní efekt zaujetí kontextem, který vypozorovala při své studii také Boaler(ová) (1994). Žáci mohli být emocionálně zaujati příběhem/námětem Gulliverových cest natolik, že to odvedlo jejich pozornost od matematické podstaty úlohy a způsobilo neúspěch při řešení.

Pozitivní efekt autenticity kontextu naopak zaznamenal u žáků 5. ročníku ($n$ = 161) Palm (2008), podobně jako (Verschaffel, De Corte, & Lasure, 1994; Yoshida, Verschaffel, & De Corte, 1997), jejichž slovní úlohy ve svém výzkumu replikoval. V úlohách s autentičtějším kontextem zaznamenal v odpovědích žáků významně více realistických odpovědí (51 %) než v úlohách méně autentických (33 %). Nejčastější příčinou nerealistických odpovědí, jak ukázaly rozhovory s žáky, bylo používání povrchových řešitelských strategií, v nichž se žáci více soustřeďují na zadaná čísla a kalkulaci než na pochopení situace, kterou úloha popisuje. Jako další zdroje tendence k nerealistickým odpovědím Palm uvádí přesvědčení žáků, že výsledky slovních úloh nemusí korespondovat s realitou, že všechny slovní úlohy zadané v hodině matematiky musí mít nějaké řešení a že toto řešení pro ně musí být dosažitelné, nebo např. že má podobu jednoho čísla (viz oddíl 2.1.3).

V našem prostředí se vazbou mezi schopností řešit slovní úlohu a osobními zkušenostmi z reálného života zabývá Smetáčková (2017). Ve výzkumu s žáky 4.–9. ročníku (*n* = 1 383) potvrdila pozitivní korelaci mezi osobní zkušeností v určité doméně (nakupování, mezilidské vztahy, sport, doprava apod.) a úspěšností při řešení slovní úlohy čerpající námět z této domény, ačkoliv pouze u některých věkových skupin. Poukazuje na důležitost a smysluplnost zkoumat tuto problematiku v těsném sepětí s osobními zkušenostmi žáků.

Nejen žáci často chápou školní matematiku v odtržení od reálného světa a při řešení úloh nebo obecně matematických problémů nepoužívají zkušenosti získané mimo školu. Některé studie upozorňují, že také budoucí učitelé mívají podobné problémy s řešením slovních úloh v závislosti na kontextu. Verschaffel, De Corte a Borghart (1997) například objevili mezi budoucími učiteli 1. stupně (*n* = 332) silnou tendenci nepouštět do řešitelského procesu zkušenosti z běžného života, což má pak za následek problémy spojené s pochopením slovního zadání úloh, jejich řešením i s interpretací získaného výsledku.

### 2.2.2 Familiárnost kontextu slovní úlohy

Jako familiární (známé) kontexty se v literatuře označují kontexty, které jsou v dosahu zkušeností řešitele-žáka. Nefamiliární (neznámé) jsou jejich opakem. Hembreeho (1992) metaanalýza ukazuje, že familiární kontexty vedly ve čtyřech takto zaměřených výzkumech (5. a 6. ročníky a 12. ročníky, *n* = 1 608) k výrazně většímu počtu úspěšných řešení než kontexty, které byly žákům neznámé nebo méně známé.

Familiárností kontextu se v nedávné studii zabývaly také Vondrová a Novotná (2017). Srovnávaly úspěšnost, řešitelské strategie a chyby v závislosti na míře známosti kontextu a uspořádání informací v zadání úlohy. Žákům šestých ročníků (*n* = 353) rozdělených do čtyř stejně matematicky a jazykově zdatných skupin předložily čtyři varianty slovní úlohy, v níž byly variovány oba tyto parametry – výchozí varianta obsahovala známý kontext a standardní uspořádání informací, druhá se od první lišila v pořadí informací, kontext měla stejný. Třetí varianta měla naopak nefamiliární kontext, ale standardní uspořádání informací, a čtvrtá se od výchozí lišila v obou sledovaných parametrech. Matematická struktura úloh i další parametry jako délka textu, velikost a povaha čísel aj. byly zachovány. Familiární kontext se týkal skládání puzzle, kde se očekávalo, že má většina žáků osobní zkušenost, nefamiliární byl z prostředí chemické laboratoře, týkal se výroby léčiva. Zatímco pořadí informací v textu mělo statisticky významný vliv na úspěšnost žáků, kontext nehrál tak významnou roli. V první dvojici úloh, lišících se pouze kontextem, byly úlohy o skládání puzzle výrazněji úspěšnější, v druhé dvojici tomu bylo právě naopak, i když s menším rozdílem. Tedy předpokládaný rozdíl mezi kontexty byl pravděpodobně nějak závislý na druhém sledovaném parametru. Důvodem mohlo být, jak zmiňují autorky, skutečnost, že i nefamiliární kontext byl v tomto případě pro žáky poměrně dobře představitelný, či svou roli sehrálo to, že všechny čtyři varianty úlohy měly vysokou úspěšnost, a naopak nízkou diferenciační schopnost, tedy špatně rozlišovaly mezi žáky řešitelsky slabými a silnými.

Naproti tomu ve výzkumu Haghverdiho (2012) se familiarizování kontextu ukázalo jako účinná strategie pro zvýšení úspěšnosti žáků 4. ročníku ($n = 80$) při řešení tří základních typů slovních úloh (*combine*, *compare* a *change problems*). Všichni žáci dostali k řešení nejprve soubor 6 nefamiliárních úloh,[13] poté byli náhodně rozděleni na čtyři skupiny, z nichž kontrolní skupina dostala stejný test a zbylé tři obměněný. Jedna z těchto skupin dostala test sestávající z familiárních variant původních úloh[14] (struktura i řešení úlohy zůstaly beze změn), druhá skupina obdržela explicitněji vyjádřené varianty týchž nefamiliárních úloh[15] a poslední skupina úlohy, které byly jak familiarizované, tak explicitněji převyprávěné. Výsledky ukázaly jasný pozitivní efekt obou způsobů úpravy úlohy (i jejich kombinace) na úspěšnost žáků v řešení sledovaných úloh.

Další podnětný výzkum, který v této kategorii zmíním, uskutečnili Solaz-Portolés a Caballer Alonso (2015). Objektem jejich zájmu byli budoucí učitelé žáků prvního stupně ($n = 66$), u kterých zjišťovali, zda mají stejné obtíže jako žáci 1. stupně španělských základních škol. Podobně jako ve výše popsané studii sledovali současně dva parametry – jedním byla známost kontextu, druhým komplexnost struktury úlohy. Zároveň zjišťovali, jak jsou studenti schopni používat analogii při řešení problémů a jak to souvisí se sledovanými parametry. Kromě řešení úlohy byla požadována také písemná reflexe studentů. Měli porovnat obtížnost předložených úloh a popsat či vybrat z nabídky použitelnou strategii řešení. Autoři došli k závěru, že testovaní studenti, kteří nemají problém s pochopením složitější struktury úlohy, použitím analogie dosahují při řešení úloh stejných výsledků v obou kontextech. Naproti tomu studenti, kteří jsou v rozpoznávání struktury a schopnosti

[13] Např.: „The temperature in Ardebil is 10 degrees lower than Tehran. The temperature in Arak is 4 degrees more than Ardebil. The temperature in Tehran is 15 C. What is the temperature in Arak?“

[14] Např.: „Ali's score in mathematics exam is 10 grades lower than the literature exam, and in geography exam it is 4 grades better than the mathematics' one. Ali gets score 15 in the literature exam. What is his score in the geography exam?“

[15] Např.: „The temperature in Tehran is 15 C. The temperature in Tehran is 10 degrees more than Ardebil. The weather in Tehran is warmer than Ardabil. The temperature in Ardabil is 4 degrees lower than Arak. What is the temperature in Arak?“

používat analogii slabí, jsou výrazně úspěšnější v úlohách se známým kontextem a často selhávají v kontextu neznámém. Příčiny spatřují autoři v tom, že studenti jsou neznámým kontextem demotivovaní, úloha se jim jeví nepřístupná a neuchopitelná. Naopak schopnost porozumět strukturám úloh umožňuje studentům řešit i úlohy, které přesahují rámec jejich běžných zkušeností, neboť lépe chápou také vztahy mezi kontextem úlohy a její strukturou.

### 2.2.3 Fantasy a sci-fi kontexty slovních úloh

Hembreeho metaanalýza (1992) zařazuje tuto charakteristiku kontextu do skupiny kontextů *imaginativních* v protikladu ke kontextům *běžným*. Za imaginativní považuje Hembree takové kontexty, které využívají fantazie nebo neobvyklých okolností, více je však nespecifikuje. Z metaanalýzy celkem 11 studií (5.–9. ročník, *n* = 4 308) vyplývá, že imaginativní kontexty vedou žáky k mírně lepším výkonům, ačkoli na hranici statistické významnosti. Novějších výzkumů, které by se věnovaly fantasy či sci-fi kontextům slovních úloh, není mnoho. Často je tato tematika spojena s prostředím počítačových her a programů zaměřených na výuku matematiky (např. Garris, Ahlers, & Driskell, 2002; Asgari & Kaufman, 2004). V následujícím textu představím detailněji dva výzkumy, které se mi jeví jako relevantní a inspirující.

Wiest(ová) (1998) zjišťovala preference žáků 4. a 6. ročníků (*n* = 273) týkající se typu kontextu. Předložila jim čtyři slovní úlohy, které se lišily pouze kontextem, dvě byly z reálného světa – jedna ze světa dětí a druhá ze světa dospělých, druhé dvě byly fantazijní, nerealistické – jedna pouze lehce, druhá výrazněji. Ukázalo se, že nejméně preferována (statisticky významně) byla mezi žáky úloha ze světa dospělých. Preference ostatních typů byly zhruba vyrovnané, lehce ve prospěch fantasy kontextů. Autorka dále zjišťovala vliv těchto kontextů na úspěšnost žáků při řešení. Zde se velké rozdíly neukázaly. Zajímavé byly komentáře žáků získané v kvalitativní části výzkumu, ve kterých například popisovali, že kontext úlohy má vliv na jejich zaujetí a způsob řešení, že některé úlohy řešili s větším úsilím, protože byly zajímavé nebo humorné, že se snažili více, když se jim úloha líbila, nebo naopak jim to „špatně myslelo“, když se jim úloha nelíbila. Někteří naopak zmiňovali, že na kontextu úlohy nezáleží, nebo poukazovali na jeho negativní efekt – zajímavý kontext odvedl jejich pozornost od řešení. Někteří žáci mluvili též o nudě, kterou v nich určité kontexty vyvolávají, či o nepřiměřenosti úloh vzhledem k věku. Jeden z žáků například v rámci rozhovoru popsal, že jinak přistupuje ke kontextu, který jej nezaujal (pohádkový kontext pro malé děti). Podle jeho slov text úlohy nečte celý, ale pouze vybere nezbytné údaje, zatímco když je kontext zajímavý (například inspirován sci-fi), tak si úlohu s chutí přečte celou (s. 11, 12).

Cordova(ová) a Lepper (1996) naprogramovali jednoduchou počítačovou hru, v níž hráči (žáci 4. a 5. ročníku, $n = 72$) plnili určité matematické úkoly, jako je řešení úloh, provádění početních operací, úprava výrazů se závorkami apod., aby dosáhli určitého cíle ve hře. Tuto hru vytvořili v několika základních variantách různě kombinujících tři parametry – kontextualizace, personalizace, možnost volby. Takže například jedna z variant hry byla personalizovaná s prvky fantasy bez možnosti volby, jiná generická fantasy s možností volby atd. Kontrolní varianta hry byla bez kontextu, bez personalizace a bez možnosti volby. Kontextualizace spočívala v dodání kontextu jinak bezkontextovým úlohám, ve stylizaci matematických úkolů (i grafické) a v dodání kontextu celé hře skrze úvodní slovo, které objasňuje fiktivní naléhavou situaci ohrožení planety Země mimozemšťany a nedostatkem zdrojů energie.[16] Personalizace spočívala v použití osobních údajů konkrétních žáků, které byly zakomponovány do průvodních textů (podrobnosti v následujícím oddílu 2.2.4). Žáci, kteří měli variantu s možností volby, dostali při hře příležitost pojmenovat si svou vesmírnou loď, vybrat si ikonu vesmírné lodi, která ukazuje jejich postup hrou, nebo třeba vymyslet jméno nepřátelské mimozemské planety apod. Žákům byla varianta hry přidělena náhodně. Po odehrání hry (kterému předcházelo seznámení s ovládáním hry a pretest zjišťující stav souvisejících dovedností žáků před intervencí) dostali žáci s odstupem několika týdnů test zaměřený na úkoly, které byly součástí hry (tentokrát všichni bez jakékoliv kontextualizace). Sledován byl jednak posun oproti pretestu, tedy úspěšnost při řešení matematických úloh, a jednak motivační charakteristiky skrze rozhovor (závěry jsou popsány v oddílu 2.3.2) a jejich vzájemné korelace. Ukázalo se, že přítomnost kontextualizace (skrze fantasy) měla výrazný a jednoznačný pozitivní vliv jak na nabývání a posilování sledovaných dovedností v matematice, tak na motivaci, hloubku a délku zaujetí úkolem. Kontextualizace pozitivně ovlivnila též vnímání vlastní kompetentnosti žáků (žáci se pouštěli do obtížnějších úloh). Přestože výzkum není primárně orientován na kontexty slovních úloh, je unikátní a inspirující propracovaností metodologie a precizním přístupem, a jako jeden z mála usiluje o zachycení vlivu určitého parametru matematického úkolu na úspěšnost či motivaci po dlouhodobější intervenci, nikoliv po jednorázovém experimentu.[17]

[16] Autoři dokonce vytvořili dva typy fantasy kontextů – druhý se týkal plavby za pokladem na opuštěném ostrově.
[17] Žáci se s hrou setkávali opakovaně po 3 až 4 týdny.

### 2.2.4 Personalizace kontextu slovní úlohy

Značný počet studií se zaměřuje na působení tzv. personalizace kontextu slovní úlohy. Některé z nich byly popsány v rámci předchozích oddílů (Cordova & Lepper, 1996; Palm, 2008). Podstatou personalizace je přiblížení se konkrétnímu žákovi-řešiteli nebo skupině žáků-řešitelů, a to například prostřednictvím pojmenování postav vystupujících v úloze po žákovi či zobrazením situací, událostí, objektů, motivů, které jsou pro konkrétního žáka specifické, přitažlivé či zrovna aktuální. Personalizovaný kontext může podle Wiest(ové) (1998) silněji motivovat, dávat žákům větší smysl a umožňovat jim potřebné sblížení s úlohou. V roce 2004 se v jejím výzkumu sledujícím právě tento parametr kontextu slovní úlohy žádné statisticky významné rozdíly neukázaly (Bates & Wiest, 2004). Ačkoliv žáci se slabšími čtenářskými schopnostmi vykazovali lehce vyšší skóre v personalizovaných kontextech, u středně a vysoce zdatných čtenářů byla tendence opačná. Také již zmiňovaná Hembreeho (1992) metaanalýza šesti výzkumů zaměřených na personální a impersonální kontexty u žáků 4. a 6. ročníku ($n$ = 579) neukazuje očekávaný efekt personalizace. Mnohé výzkumy jej však naopak prokazují.

López(ová) a Sullivan (1992) ve své studii vymezili tři stupně kontextů z hlediska personalizace: individualizované, skupinově individualizované a nepersonalizované. Zaměřili se na žáky 7. ročníků ($n$ = 123) a podle jejich životopisných údajů sestavili několik jednokrokových a dvoukrokových úloh. Analýza ukázala výrazný pozitivní vliv personalizovaných (individualizovaných i skupinově individualizovaných) úloh na míru zaujetí úlohou a významně větší úspěšnost při řešení dvoukrokových úloh. U jednokrokových úloh nebyl vliv tak významný, žáci dosahovali podobných výsledků jak v personalizovaných, tak nepersonalizovaných kontextech. Skupinově individualizované kontexty (zohledňující zájmy, charakteristiky určité skupiny) přitom neměly takovou sílu jako kontexty směrované na konkrétního řešitele. Zdá se tedy, že podobně jako familiárnost kontextu (oddíl 2.2.2) i personalizace hraje větší roli v komplexnějších úlohách.

Personalizace byla jednou ze sledovaných proměnných v již zmiňovaném výzkumu Cordova(ové) a Leppera (1996) (viz předchozí oddíl 2.2.3). Při tvorbě personalizovaných variant matematické hry byli autoři velmi důkladní. Před výzkumem od žáků získali osobní informace, jako například jména nejlepších kamarádů, datum narození, jejich přezdívku, oblíbené hračky a jídla apod., a pro každého žáka individuálně naprogramovali matematickou hru, do které tyto informace citlivě zakomponovali.[18] V některých variantách byla personalizace hry podpořena ještě možností žáků zvolit si určité detaily hry. Stejně jako kontextualizace měla i personalizace jednoznačný pozitivní vliv na všechny sledované proměnné – dovednosti v matematice, motivaci, hloubku a délku zaujetí úkoly i vnímání vlastní kompetentnosti.

### 2.2.5 Společensko-kulturní a genderové aspekty kontextu slovní úlohy

O tom, zda kontexty matematických problémů ovlivňují stejně děvčata i chlapce, také nepanuje mezi autory výzkumů shoda (Zohar & Gershikov, 2008). Zohar(ová) a Gershikov(ová) (2008) se zaměřily na genderové stereotypy ve slovních úlohách. Sestavily tři typy úloh, se stereotypně chlapeckým, stereotypně dívčím a genderově neutrálním kontextem. Děti ve věku 5 až 11 let ($n$ = 523) rozdělily do třech věkových skupin (1., 2.–4., 5.–6. ročníky) a porovnávaly úspěšnost chlapců a děvčat napříč všemi věkovými skupinami i všemi variantami kontextů. Výsledky ukázaly, že dívky byly ovlivněny kontexty výrazně více než chlapci, kteří napříč všemi věkovými kategoriemi podávali vyrovnaný výkon ve všech sledovaných kontextech. V neutrálním kontextu dosahovala obě pohlaví srovnatelných výsledků ve všech věkových skupinách, dívky byly lehce úspěšnější. V chlapeckých kontextech byli výrazně lepší chlapci, a to ve všech sledovaných věkových kategoriích (i když se rozdíl s rostoucím věkem snižoval). V dívčích kontextech vstupoval do hry věk. Zatímco v 1. ročnících byly dívky lehce úspěšnější než chlapci, v druhé kategorii se tento rozdíl ještě zmenšil a v 5. – 6. ročnících došlo dokonce k obrácení poměru, tedy chlapci byli v dívčích kontextech významně úspěšnější než děvčata. Vysvětlení hledají autorky výzkumu v kombinaci afektivních a kognitivních faktorů. Dívky v příslušném věku mají o dívčí kontexty zvýšený zájem a věnují tak velkou pozornost detailům na úkor hlubších komponent úlohy, což může mít za následek snížení kognitivní výkonnosti.

[18] *Nepersonalizovaná verze průvodního textu*: It's July 28, 2088. Planet Earth is facing the worst energy crisis in history. As Commander of the U.S. Space Fleet, your mission—and that of your crew—is to travel 3 trillion miles to Planet Ektar in search of titanium, a highly powerful source of energy. All necessary supplies are being loaded into the spaceship's cargo compartment. Best of luck in your journey, Commander.

*Personalizovaná verze průvodního textu*: It's [the child's birthday], 2088. Planet Earth is facing the worst energy crisis in history. As Commander of the U.S. Space Fleet, your mission—and that of your crew—Mission Specialists ______, ______, and ______ [three of the child's closest friends] is to travel 3 trillion miles to Planet Ektar in search of titanium, a highly powerful source of energy. All necessary supplies, including _______, _______, and ______ [names of the child's favorite foods and/or toys] are being loaded into the spaceship's cargo compartment. Best of luck in your journey, Commander [child's nickname].

K jiným závěrům dospěli Murphy(ová) a Ross (1990), kteří zjistili, že žáci 8. ročníku ($n$ = 252) a zejména chlapci výrazně preferují kontexty, ve kterých vystupuje „v hlavní roli“ postava se shodným pohlavím, a že dívky jsou v řešení „chlapeckých úloh“ úspěšnější než chlapci v řešení „dívčích úloh“. Významné rozdíly založené na socioekonomickém zázemí žáků zjištěny nebyly. Na děti z venkova však měl kontext větší vliv. Když dostaly úlohu s preferovanou postavou, dosahovaly lepších výsledků než žáci z příměstské školy u úloh s preferovaným kontextem.

V našem prostředí se problematice genderu a kulturních stereotypů věnuje Moraová (2018; Moraová & Novotná, 2013). Ve své disertační práci (2018) předkládá podrobnou analýzu „kulturního obsahu“ vybraných učebnic matematiky (tzn. jak je v nich reprezentována „každodennost“) a poukazuje na problematiku kulturních a genderových stereotypů, které jsou učebnicemi podporovány. V kvalitativní studii (Moraová & Novotná, 2013) autorky zajímalo, jak kulturně a genderově nestandardní či nestereotypní kontexty slovních úloh ovlivňují žáky 6. ročníku ($n$ = 42). Pozornost zaměřily na potenciální změnu postoje žáků ke slovní úloze, na ovlivnění výběru řešitelské strategie a postupu a úspěšnosti řešení. Studie ukázala jen drobné rozdíly v úspěšnosti a zvolených strategiích, větší rozdíl se ukázal mezi skupinami žáků, konkrétně mezi dvěma zapojenými třídami. Jedna ze tříd byla v nestereotypních úlohách výrazněji úspěšnější a zároveň projevovala větší potřebu kontexty úloh komentovat. To mohlo být dáno specifickým složením tříd (jednalo se o první ročník víceletého gymnázia vs. 6. ročník běžné základní školy), ale také rozdílnými přístupy učitelů ke slovním úlohám, respektive kulturou slovních úloh, kterou ve svých třídách pěstují. Za zmínku stojí také jev, který autorky evidovaly v druhé části výzkumu spočívající ve výzvě žáků, aby po určité době (3 dny) napsali, co si z řešení úloh pamatují. Někteří žáci ve snaze reprodukovat text úlohy přeformulovali nestereotypní úlohy do stereotypní podoby.[19] Také zde se ukázaly rozdíly mezi třídami – zatímco žáci základní školy častěji poukazovali na kontext, žáci víceletého gymnázia častěji popisovali strukturální, matematické charakteristiky úlohy, např. jakou operací se měly řešit, zda bylo zapotřebí převodu jednotek apod., a méně se vyjadřovali ke kontextu úloh.

Nejnovější prací obracející pozornost ke kulturnímu aspektu kontextu slovních úloh je diplomová práce Spurové (2020). Na obdobně velkém vzorku žáků 9. ročníku ($n$ = 37)

[19] Tyto výsledky připomínají závěry Verschaffela et al. (1994), kteří podobné tendence zaznamenali u žáků snažících se převyprávět úlohy jazykově nekonzistentní (s antisignálem).

ukázala, že kulturně nestereotypní kontexty slovní úlohy jsou pro žáky celkově mírně obtížnější (ačkoliv v jedné dvojici se rozdíl neukázal) a stráví jejich řešením v průměru více času. U některých žáků se odlišný kontext u jinak stejné úlohy projevil ve změně legendy (ačkoliv připouští, že důvody mohly být i jiné). Následné rozhovory s žáky ve skupinách prozradily větší zaujetí úlohami s kulturně odlišnými kontexty, žákům přišly zajímavé a často právě díky kontextu náročnější. Jednoznačně pozitivně se projevil vliv odlišného kontextu na zapamatovatelnost, která byla ověřována po týdnu – úlohy popisující situace z jiných kulturních prostředí utkvěly v paměti více než úlohy z našeho kulturního prostředí.

### 2.2.6 Paradigmatický a narativní přístup k slovním úlohám ve vyučování

Problematikou práce učitelů s kontexty úloh se zabývala ve své studii Chapman(ová) (2006). Součástí výzkumu byly jednak rozhovory s učiteli základní a střední školy ($n = 14$) a jednak přímá pozorování jejich výuky. Analýzu získaného materiálu založila na Brunerově teorii *paradigmatického a narativního módu vědění* (Bruner, 1985) a ve výuce učitelů tyto dva přístupy našla.

*Paradigmaticky* orientovaný pohled na slovní úlohy vnímá kontext jako překážku v cestě k matematice, k vyřešení problému, jako nepříjemnost, která odvádí pozornost od matematiky, zanáší ji nadbytečnými a nepodstatnými informacemi, jako něco, co nemá žádný význam pro řešení problému. Paradigmaticky orientovaný učitel vede žáky k ignoraci nebo eliminaci těchto informací. Počáteční krok při řešení úlohy spočívá obvykle v dekontextualizaci (mechanickou cestou pomocí fragmentování kontextu na soubor slov, frází a vět a vyjádření pomocí matematické reprezentace) či odosobnění situace popsané v úloze. Učitel se zaměřuje na vyhledávání faktů (čísel, slov a frází), jejich vazeb a odhalování matematické struktury úlohy, které jsou na kontextu nezávislé, a následné hledání či vytváření vhodného modelu pro řešení problému. Tuto skutečnost před žáky zdůrazňuje a podněcuje jejich citlivost vůči změnám v kontextu (drobnými obměnami, např. jmen aktérů, počítanými objekty, a následným kladením otázek, zda se něco změnilo) a procvičuje ji (např. za použití izomorfních úloh). Postoj paradigmaticky orientovaného učitele vychází z přesvědčení, že podstatou matematiky je právě tento odosobněný pohled na řešený problém (s. 129).

*Narativní* pohled staví do centra důležitost afektivní role, kterou kontext plní. Ukazuje žákům lidskou tvář matematiky a dovoluje jim vybudovat užší propojení mezi vlastním světem a světem matematiky, což se zpětně podle Chapman(ové) odráží na hlubším zaujetí a větší pozornosti, kterou jsou žáci ochotní matematice věnovat. Není to jen matematika, ale je to součást jejich života, rezonující s jejich zkušenostmi. Kontexty by proto měly být smysluplné, zajímavé, relevantní, měly by reflektovat osobní zkušenosti žáků, ať již reálné či imaginární, a být v nějakém smyslu užitečné pro jejich budoucnost. Žáci mají mít možnost se k úlohám vyjádřit, hledat jejich různé interpretace, projevit zvědavost i zpochybňovat jejich význam a smysl. Silným společníkem učitelů při „výuce" slovních úloh je proto třídní diskuse. Hlavním smyslem kontextu je dle tohoto přístupu vytváření vazeb na osobní zkušenosti.

Chapman(ová) (2006) dále popisuje konkrétní postupy/scénáře, kterých se učitelé s paradigmaticky či narativně orientovaným postojem drží při „výuce" slovních úloh. V rámci každého přístupu popisuje Chapman(ová) několik hladin a rozlišuje jejich hloubku z hlediska přínosnosti pro žáky. Závěrem studie je, že oba přístupy byly mezi 14 sledovanými učiteli zaznamenány, a to nejčastěji v kombinacích. Paradigmatický přístup převládal. Učitelé nižšího stupně (1.–6. ročník) silněji tíhnou k narativnímu způsobu přístupu ke kontextům slovních úloh, zatímco učitelé vyššího stupně a středních škol (6.–12. ročník) k paradigmatickému. Podle autorky studie jsou oba přístupy žádoucí, ovšem zdůrazňuje, že podstatná je hloubka zvolených postupů/scénářů. To u paradigmatického přístupu znamená, že se od žáků vyžaduje interpretace kontextu a také jeho vyhodnocení z hlediska relevance. V případě narativního přístupu je ceněnou hloubkou vedení žáků k uvědomění, že i když si kontext/text vyložili v souladu se svými zkušenostmi, neznamená to automaticky, že je toto uvažování relevantní vzhledem k získání matematického řešení. Spojení obou těchto přístupů (jejich hlubokých variant) se autorce jeví v souladu se současnými tendencemi ve vzdělávání (s. 228).

## 2.3 Psychologické aspekty ovlivňující schopnost řešit slovní úlohu

Studie zabývající se schopnostmi žáků řešit slovní úlohy se častěji zaměřují na oblast kognitivních a metakognitivních dovedností, méně často na emočně-motivační aspekt (DeBellis & Goldin, 2006; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2014). Odhalování souvislostí mezi kontextem slovní úlohy a motivací bývá tak spíše vedlejším produktem takových výzkumů (Beswick, 2011). Mají podobu drobné zmínky či samozřejmého předpokladu, že motivace ovlivňuje výkon, bez odkazu na odpovídající teorii či výzkum. Nalezneme tak například tvrzení, že kontext, který vzbudí v řešiteli zájem, jej může motivovat k vyvinutí většího úsilí při řešení úlohy, neboť jej vybaví větší rezistencí vůči nezdaru (Murphy & Ross, 1990;

Boaler, 1993). V našem prostředí upozorňuje na radost, jakožto projev vnitřní motivace a hybnou sílu další práce, a její pozitivní vliv na intelektuální práci žáků v obecné rovině např. Hejný (např. 2014, s. 44, 92). Možnou příčinou tohoto opatrného zájmu o problematiku může být skutečnost, kterou připomínají Rheinberg, Man a Mareš (2001) – přestože se obecně předpokládá, že vyšší motivace působí na výkon příznivě, a mnohé výzkumy existenci takového vlivu prokazují, není ještě uspokojivě objasněno, jak přesně proces motivace funguje, jak ovlivňuje učení či učební výkony. Dalším z důvodů může být přesvědčení, že matematika je narozdíl od humanitních oborů či umění vnímána jako racionální věda, ve které emoce nehrají roli (DeBellis & Goldin, 2006).

V posledních dvou dekádách je psychologickému pohledu věnována větší pozornost. Výzkumy vnímají řešení slovní úlohy jako komplexní činnost, kterou nelze posuzovat pouze jako výslednici kognitivních schopností žáků, ale do které zasahují další mechanismy jako přesvědčení (beliefs), emoce, motivace a které je třeba zkoumat v celistvosti (McLeod & Adams, 1989; Renninger, Ewen, & Lasher, 2002; Duric & Harackiewicz, 2007; Tzohar-Rozen & Kramarski, 2014; Schukajlov et al., 2017, Pongsakdi et al., 2019).

### 2.3.1 Motivace, zájem a zaujetí

Problematika motivace je velmi obsáhlá, proto se v tomto oddíle omezím na základní vymezení pojmu motivace a přesunu pozornost na složku motivace, která se bezprostředně dotýká předmětu mé práce, a to je situační zájem.

> Motivace je proces, v němž se utváří vnitřní determinace cíle, síly a trvání chování. To jsou základní parametry motivace chování, jehož průběh a způsob vyjádřený určitým vzorcem je determinován kognitivními procesy. V tomto smyslu je motivace jednou ze složek psychické regulace činnosti: zajišťuje fungování učení a paměti, aktivizuje kognitivní a motorické systémy k utváření účelných vzorců chování zaměřených na dosahování určitých cílů, tj. podněcuje k chování, které udržuje dynamický růst osobnosti a její vnitřní rovnováhu. (Nakonečný, 2014, s. 20)

Zájem je definován jako jedna z motivačních proměnných ovlivňujících chování člověka, která je závislá na obsahu (objektech, událostech, myšlenkách), mobilizuje pozornost, energizuje a reguluje jeho chování, vzbuzuje snahu a emoce, a sehrává tak významnou roli při učení a vývoji člověka (Hidi & Renninger, 2006; Pavelková & Dvořáková, 2015). Jedná se o získanou dispozici (tzn. není vrozena), která existuje obvykle pouze po určitou dobu a která je spouštěna vnějšími podněty. Odborná literatura rozlišuje obvykle dva základní typy zájmu – zájem individuální a zájem situační (např. Hidi, 2000; Rheinberg et al., 2001; Schraw & Lehman, 2001). Někteří autoři se zmiňují o třetím typu – aktuálním zájmu (např. Pavelková & Dvořáková, 2015).

*Individuální zájem* se projevuje např. ve formě koníčku, jedná se zpravidla o dlouhodobější zájem o určitou oblast, které se jedinec věnuje rád, má potřebu jí porozumět. *Situační zájem* vzniká obvykle náhle a spontánně a mívá pomíjivý charakter, je popisován jako přitažlivost určité činnosti či úkolu pro jedince. Původcem této přitažlivosti může být potenciální zisk z činnosti nebo charakteristiky úlohy (např. instrukce k úkolu, přitažlivost textu). Mezi zdroje situačního zájmu patří např. novost, originalita, výzva nebo radost (Chen, Darst, & Pangrazi, 2001). Situační zájem může vzbudit ale i činnost, která se potkává s individuálním zájmem jedince. Narozdíl od individuálního zájmu, který je záležitostí pro jedince specifické oblasti, situačního zájmu lze dosáhnout v libovolném tématu (Kmínková & Pavelková, 2011). Situační zájem slouží zejména k upoutání pozornosti, individuální zájem je důležitý pro její udržení. I krátkodobý situační zájem se může s časem rozvinout v dlouhodobý zájem individuální (Krapp, 2002; Hidi & Renninger, 2006). Navzdory deklarované krátkodobosti situačního zájmu může jeho podnícení spustit proces končící hlubší proměnou motivační struktury žáka. *Aktuální zájem* (nebo také *cílová orientace*) je popisován jako motivační činitel, který je důsledkem snahy dosáhnout nějakého aktuálního cíle (např. dostat se na střední školu). Je tedy rovněž dočasný a iniciovaný vnějšími podněty, vybuzuje jedince ke zvýšené aktivitě v určité oblasti po určitou omezenou dobu před dosažením cíle.

*Zaujetí* chápeme jako stav vyvolaný a podmíněný jak krátkodobými, tak dlouhodobými motivačními aspekty (tzn. individuálním, situačním i aktuálním zájmem, výkonovou motivací, vnímanou osobní zdatností v předmětu, postojem k předmětu, vnímáním důležitosti úkolu aj.), ze kterého žák čerpá benefity v podobě zlepšení kognitivních funkcí (viz níže). Podle Schrawa a Lehmana (2001) výzkumy v této oblasti přinášejí přesvědčivé důkazy o tom, že zaujetí pozitivně ovlivňuje učení. Může například zvyšovat kognitivní funkce, udržovat pozornost žáka při řešení úkolu, posilovat jeho vytrvalost a rezistenci vůči nezdarům, vyvolávat radost, podporovat zapamatování aj. (Hidi, 2000).

Plnění úkolů, u nichž si žák uvědomuje kladné důsledky, ale které se nepotkávají s jeho zájmy, vyžaduje zapojení vůle, prožívá jej jako namáhavé a méně radostné než plnění úkolů, které rezonují s jeho individuálními zájmy (Rheinberg et al., 2001). Kromě individuálních zájmů a potřeb je možné oslovovat *univerzální lidské potřeby* (zvědavost, autonomie – potřeba samostatného myšlení, potřeba odporovat apod.), jejichž výhodou je, že je lze k motivování využít u většiny jedinců bez hrozby opačného efektu, který je naopak běžný při snaze plošně motivovat skrze zájmy spadající do kategorie individuální; zájmy stejně starých žáků se totiž mohou značně lišit (Krapp, 1998, cit. in Rheinberg et al., 2001).

### 2.3.2 Související výzkumy: situační zájem

Protože se mi nepodařilo dohledat výzkumy zaměřené přímo na vliv situačního zájmu či zaujetí na úspěšnost žáků při řešení matematické slovní úlohy, v následujícím výběru výzkumů se zaměřím na ty, které lze z hlediska této práce považovat za relevantní. Některé byly již zmíněny v předchozích oddílech.

Výzkum již prokázal, že situační zájem má jedinečné krátkodobé i dlouhodobé účinky na učení se v oblasti matematiky, čtení a dějepisu (Renninger, Hidi, & Krapp, 1992, cit. in Chen, Darst, & Pangrazi, 2001). Chen, Darst a Pangrazi (2001) se proto zaměřili na zdroje, které situační zájem vyvolávají. Porovnávali, jaký vliv mají obvykle deklarované zdroje situačního zájmu – novost, výzva, upoutání pozornosti, příležitost objevovat, prožívaná radost.[20] Podle jejich zjištění je situační zájem nejtěsněji spojen s *prožívanou radostí*, která se navíc zdá být mediátorem mezi situačním zájmem a zbylými čtyřmi zdroji (tedy například zdroj v podobě *výzvy* nemá přímou souvislost se vznikem situačního zájmu, ale způsobuje *radost*, která následně vyvolává situační zájem). *Novost* se překvapivě ukázala jako slabý přímý zdroj situačního zájmu, ale společně s *příležitostí objevovat* je nejsilnějšími zdroji pro zažívání *radosti*.

V již zmiňovaném výzkumu v prostředí matematické počítačové hry (Cordova & Lepper, 1996) (oddíly 2.2.3 a 2.2.4) autoři sledovali, kromě vlivu na úspěšnost v řešení, jak se sledované charakteristiky zadání úkolů (kontextualizace, personalizace, možnost volby) projeví v motivační rovině. Žáci se měli vyjádřit, jak moc se jim hra líbila, zda by chtěli hru hrát i po škole, jak užitečná jim připadala z hlediska učení se matematice a jak silně by ji doporučili svým kamarádům. Také v tomto směru měly výsledky jednoznačnou tendenci. Nejvíce se hra líbila žákům, kteří pracovali s kontextualizovanou a personalizovanou verzí hry s možností volby, nejméně naopak žákům s verzí bez všech těchto charakteristik. Konzistentně se totéž ukázalo také v otázce zájmu žáků věnovat se hře ve svém volném čase

[20] Novelty, challenge, attention demand, exploration intention, and instant enjoyment.

a doporučení hry kamarádům. Statisticky významně vyšší zaujetí žáků pro řešení úkolů se projevilo rovněž v zájmu o obtížnější varianty úkolů během hry, v používání komplexnějších řešení úloh a ve vyšší míře strategického uvažování.

Pilotní studie Kmínkové a Pavelkové (2011) se zaměřovala na vliv vybraných motivačních faktorů (postoj k předmětu, prožitek flow,[21] situační zájem, výkonová motivace aj.) na zaujetí matematickým úkolem u žáků 9. ročníku (*n* = 22). Výsledky pilotní studie založené na dotaznících potvrdily existenci určité motivační a výkonové konstelace u žáků, kteří nejsou zaujatí úkolem – tito žáci nemají matematiku v oblibě, zároveň ji považují za obtížnou a myslí si, že pro ni nemají nadání. Úkoly v matematice prožívají jako nudné, nezajímavé, nechtějí jim věnovat pozornost a jsou v nich zároveň neúspěšní. Autorky také naznačují, že pro tyto žáky není obtížnost úkolu určující: nemotivovaní žáci s negativním postojem k předmětu „nejsou zaujati školními úkoly, ať jsou jakékoliv obtížnosti“ (s. 438). Studie podle jejich slov také ukázala, že vysledování motivačních faktorů, které rozhodují o situační motivaci, a otázka „obtížnosti úkolu a motivačního podmínění úspěšnosti v úkolu“, jsou komplikované a že jejich zkoumání v budoucnu je žádoucí a smysluplné.

Tauchmanová (roz. Kmínková, 2014) se v rámci návazného výzkumu mapujícího různé motivační faktory působící ve školní úkolové situaci, zajímala mj. o souvislost úspěšnosti žáků při řešení matematické úlohy a zaujetí úlohou. Vzhledem k tomu, že většina žáků (8. a 9. ročníku, *n* = 146) předloženými úkoly zaujata nebyla, jsou závěry diskutabilní, nicméně žádný výrazný rozdíl v úspěšnosti mezi žáky zaujatými a nezaujatými se neukázal (úspěšnost se pohybovala ve všech případech kolem 50 %). Jako určující pro zaujetí se projevily zejména emoční indikátory (pozitivní prožitek situace, vazba mezi zaujetím úkolem a chutí začít na něm pracovat), souvislost mezi kognitivními indikátory a zaujetím nalezena nebyla (žáci, kteří se cítí v matematice zdatní, mají dobrý prospěch, v řešení úlohy se cítí jisti, nemusí být úkolem zaujati). Zajímavé jsou z pohledu tématu této práce výsledky, ke kterým autorka dospěla v otázce úspěšnosti žáků při řešení dvou různých typů úloh. Jeden z nich totiž odpovídá mému pojetí atraktivní úlohy (viz oddíl 3.2), označuje je jako úlohy *zajímavé* (podle jejího vymezení jde o slovní úlohy s aktuálním, přitažlivým kontextem). Do kontrastu dala úlohy označované jako *klasické*. Zde se ovšem nejednalo o slovní úlohy, ale

[21] Flow prožitek či zážitek je spojení hlubokého zaujetí prací či činností, velkého nasazení a pociťovanou silnou spokojeností při vykonávání určité činnosti, nevyžaduje vnější podporu (Kmínková & Pavelková, 2011, s. 435). Vychází z tzv. flow motivace.

o úlohy bez kontextu (neslovní),[22] tedy výsledky nejsou porovnatelné s budoucími výsledky této práce. Z jejího šetření však vyplývá, že lehce úspěšnější byli žáci (s výjimkou několika tříd jedné školy) při řešení úloh *klasických*, tedy neslovních. Domnívám se, že zde sehrála větší roli skutečnost, že v jednom případě se jednalo o úlohy slovní, v nichž žáci museli nejprve vytvořit matematický model situace a pak teprve provést potřebný výpočet, zatímco druhý typ úloh byl již v podstatě sám matematickým modelem určeným k provedení výpočtu, tedy kognitivně jednodušším úkolem.

V téže práci přináší Tauchmanová (2014) také zajímavou evidenci o tom, jak učitelé českých škol vnímají různé motivační aspekty ve výuce matematiky (postoje k matematice, výkonovou motivaci, strach z matematiky, obtížnost předmětu, využitelnost v životě aj.). Učitelé měli v rozhovoru vyjádřit, které oblasti v matematice dělají žákům problémy, a přiblížit způsoby, jimiž je překonávají.[23] V rámci toho se často dotýkali právě situačního zájmu a jeho vnímaného vlivu na zaujetí žáků. Zmiňovali tak například, že pro upoutání pozornosti dobře slouží zařazení nových a zajímavých úloh a úkolů, takových, které překračují stereotyp, jsou vtipné, mají potenciál žáky překvapit.[24]

Humor a jeho vliv na motivaci potažmo výkon či obecně učení žáků je tématem, které má v odborné literatuře v poslední době rovněž své místo (např. Wanzer, Frymier, & Irwin, 2010; Ford et al., 2012). Zaujmout žáky 6. ročníku ($n$ = 148) skrze humorné zadání matematického úkolu se pokoušeli ve svém experimentu Van Dooren et al. (2019). Zjišťovali, zda humorný kontext může zvýšit četnost realistických reakcí žáků na úlohy, které realistické uvažovaní vyžadují.[25] Výsledek byl pozitivní. U tří ze čtyř úloh se ukázalo, že žáci při řešení humorných variant úloh uvažovali realističtěji a zapojovali své mimoškolní znalosti statisticky významně častěji než žáci, kteří řešili varianty klasické. Vlivem humorného zadání matematické slovní úlohy na situační zaujetí studentů vysokých škol

[22] *Zajímavá úloha*: Petr si zabouchl dveře od bytu, a proto mu nezbylo nic jiného než vylézt do otevřeného okna svého pokoje po žebříku. Okno je ve výšce 4,3 m a před domem je záhon růží šířky 2 m. Petr nechtěl záhonek zničit, chtěl tedy žebřík opřít až před záhonem. Jaký nejkratší žebřík mohl použít, aby dosáhl až k oknu?
*Klasická úloha*: Vypočítejte přeponu pravoúhlého trojúhelníku, znáte-li délky jeho odvěsen: 4,3 cm a 2 cm.
[23] Podrobné výsledky tohoto šetření přináší také monografie (Rendl, Vondrová et al., 2013).
[24] Ukázky vypovědí učitelů (Tauchmanová, 2014): „Dát jim fakt zajímavý úlohy, aby měli chuť to vyřešit. … Tak to automaticky zabírá. (s. 125); „Jsou to takový logický úlohy trošku … a není to ten dril, je to něco zajímavějšího, jiného“ (s. 127); „Obecně je to spíše o tom, že oni mají rádi změnu. Když něco dělají moc dlouho, přestane je to bavit.“ (s. 126).
[25] Příklad úlohy vyžadující realistické uvažování: Calvin a Inge chodí do stejné školy. Calvin bydlí 17 km od školy a Inge 21 km od školy. Jak daleko od sebe Calvin a Inge bydlí? (vlastní překlad, Van Dooren et al., 2019)

(*n* = 359 + 172) se zabývaly Matarazzo(ová), Durik(ová) a Delaney(ová) (2010). Zvažovaly také, do jaké míry se na zaujetí podílí individuální zájem, konkrétně zájem o matematiku. Ukázalo se, že humor vyvolává různé efekty u různých skupin studentů. Na studenty s nízkým zájmem o matematiku měly humorné kontexty větší vliv než na studenty, kteří byli před řešením úkolů pro matematiku již zaujati; u nich se efekt ukázal dokonce lehce protichůdný – humorné kontexty snižovaly jejich zájem.

Jaké jsou tedy představy žáků o ideální slovní úloze? Tuto otázku položila žákům 9. ročníku v rámci bakalářské práce Neudörflová (2013). Žáci byli požádáni, aby popsali, jaké charakteristiky by měla mít úloha z matematiky, aby se jim dobře vypracovávala a aby jí věnovali úsilí. Zde je ukázka vybraných autentických výpovědí: *musí mě to nějak zaujmout, jinak se moc neučím, protože mě to nebaví*; *měl by být vtipný, zajímavý*; *asi by měl být nějak zajímavý, a ne furt o tom stejném, třeba i z normálního života a ne ty „učebnicové" typy příkladů*; *je asi jasné, že se víc „vžiju" do příkladu, který je aspoň trochu o něčem, co mě zajímá*; *musí být pro mě zajímavý!*; *měl by mě už podle zadání zajímat jeho výsledek a neměl by být moc lehký, jinak by mě nebavilo ho počítat*; *musel by být lehký o dobrém tématu*. Požadavek zajímavosti byl mezi třemi nejčastěji tematizovanými charakteristikami úlohy společně s obtížností a praktičností či užitečností.

## 2.4 Shrnutí závěrů z výzkumů, východiska pro současný výzkum

### 2.4.1 Shrnutí závěrů z výzkumů

Problematice slovních úloh je věnována široká pozornost u nás i v zahraničí. Přestože je kontext slovní úlohy jedním z méně zkoumaných parametrů slovní úlohy, najdeme řadu převážně zahraničních výzkumů zabývajících se vlivem jeho různých aspektů (personalizace, realističnost, familiárnost aj.) na úspěšnost žáků při řešení i na jejich zaujetí úlohou. I když jsou výsledky některých studií ve vzájemném rozporu (Hembree, 1992; López & Sullivan, 1992; Wiest, 1998; De Bock et al., 2003; Zohar & Gershikov, 2008; Palm, 2008; Vondrová & Novotná, 2017), převážná většina z nich se shoduje v závěru, že změna kontextu vede či může vést ke změně řešitelského chování žáků. Do řešení slovních úloh s realistickým, personalizovaným či humorným kontextem žáci např. častěji zapojují zkušenosti z běžného života (Van Dooren et al., 2019), některé úlohy s fantasy kontextem dokážou žáky zaujmout více než úlohy z reálného světa a vzbudit chuť začít úlohu řešit či zvýšit řešitelské sebevědomí (Wiest, 1998; Cordova & Lepper, 1996), některé kontexty mají pozitivní vliv na zapamatovatelnost úlohy (Spurová, 2020). Efekt kontextu se projevuje v různých věkových skupinách, od mladších žáků (1. stupeň ZŠ), přes žáky 2. stupně ZŠ až po studenty vysokých škol (Hembree, 1992; De Bock et al., 2003; Matarazzo et al., 2010). Zdá se také, že silněji ovlivňuje žáky či studenty s nízkou matematickou kompetencí či horším postojem k matematice jako školnímu předmětu (Matarazzo et al., 2010). Některé výzkumy ukazují, že jinak může tentýž kontext působit na dívky a jinak na chlapce či na starší a mladší žáky (Zohar & Gershikov, 2008), nebo dokonce žáky dvou různých tříd jedné školy (Moraová & Novotná, 2013). V souvislosti s tímto jevem je zkoumána „kultura slovních úloh" ve třídě pěstovaná učiteli a vliv různých stereotypů spojených se slovními úlohami (De Bock et al., 2003; Chapman, 2006; Palm, 2008; Moraová, 2018).

Jako problematická se ve výzkumu vlivu kontextů slovních úloh ukazuje neustálená terminologie klasifikující určité typy kontextů (viz diskutované kategorie reálný vs. realistický vs. autentický vs. personalizovaný kontext) a různost metodologických přístupů. Často např. výzkumy přidělovaly varianty úloh žákům náhodně (např. Cordova & Lepper, 1996), zatímco jiné se snažily o výkonově vyrovnané skupiny. Někdy se efekt kontextu projevil až za určitých podmínek, např. u komplexnějších (vícekrokových) úloh (López & Sullivan, 1992), anebo se naopak neprojevil kvůli vlivu jiného parametru úlohy nebo např. vysoké celkové úspěšnosti žáků při řešení úlohy (Vondrová & Novotná, 2017). Výsledky experimentů se ukazují jako citlivé na výběr a formulaci konkrétních testových úloh.

Orientace v psychologické literatuře přesměrovala mou pozornost od širokého pojmu motivace k tzv. situačnímu zájmu či zaujetí, o jehož vyvolání skrze atraktivní kontexty úloh budu usilovat. Základní teorie motivace i některé zmiňované výzkumy potvrzují, že podobná snaha se setkává s pozitivními výsledky (Cordova & Lepper, 1996; Nakonečný, 2014) – jedinci zaujatí určitým úkolem např. soustřeďují více pozornosti na jeho řešení, jsou vytrvalejší a mají větší rezistenci vůči nezdarům, lépe využívají své kognitivní kapacity, a mají tak vyšší šanci, že úkol úspěšně splní.

Zdrojem situačního zájmu, který vzniká často bezprostředně a rychle, jsou vnější podněty. Ačkoliv má obvykle krátkodobé trvání, může se rozvinout v zájem individuální s trvalejším efektem a významně zasáhnout i do motivační struktury jedince (Krapp, 2002). Abychom mohli vůbec uvažovat o motivačním efektu kontextu slovní úlohy, musí být splněna základní podmínka smysluplnosti a přiměřenosti úlohy pro jednotlivce, bude-li pro žáka úloha příliš snadná, nebo naopak obtížná, motivace může být nízká bez ohledu na kontext (Man & Mareš, 2005). Také je třeba mít na paměti, že zájmy žáků, byť stejného věku, se mohou značně lišit a že na stejné podněty mohou reagovat odlišným způsobem, někdy dokonce opačným, než byl očekáván (De Bock et al., 2003). Ke vzbuzení situačního zaujetí větší skupiny jedinců je proto výhodné odkazovat se na obecné a univerzální nikoliv individuální a specifické zájmy. Do motivačního procesu vstupuje navíc řada dalších proměnných, jako je obecný postoj žáka k matematice, jeho přesvědčení o vlastních schopnostech v matematice a další.

Výzkumy v této oblasti jsou relativně mladé a podle některých autorů velmi aktuální (OECD, 2010; Beswick, 2011; Kmínková & Pavelková, 2011). Ukazují, že vhodné zadání úkolu může vyvolat zvýšení zájmu žáků, které v učení přináší určité benefity (skrze motivační mechaniku). Na této myšlence stavím předpoklad, který stojí v jádru mé práce: vhodný kontext slovní úlohy může zprostředkovat zvýšení zájmu (či překlenout nezájem) žáků o text úlohy, podpořit chuť pustit se do úkolu, pomoci udržet pozornost a snahu vytvořit si správný situační model úlohy, který je obvykle předpokladem k nalezení správného řešení. Jako stěžejní přitom nevnímám dovedení žáka ke správnému výsledku úlohy, ale v souladu s (Rheinberg et al., 2001) navození zážitku hlubokého zaujetí prací a vzbuzení dlouhodobého zájmu o řešení slovních úloh.

### 2.4.2 Cíle práce a výzkumné otázky

Zahraniční výzkumy popsané v teoretické části potvrzují vliv různých aspektů kontextu slovní úlohy na úspěšnost žáků při jejím řešení. Ve své práci se zaměřím na aspekt *atraktivity kontextu* (oddíl 3.2). Hlavním cílem práce je zjistit, zda atraktivita kontextu ovlivňuje řešitelský proces a jeho úspěšnost u žáků 3.–6. ročníku základní školy. Pomocí kombinace kvantitativních a kvalitativních výzkumných metod porovnám úspěšnost žáků při řešení atraktivních vs. neutrálních úloh, řešitelské strategie a chyby provázející řešitelský proces. Zaměřím se na to, jak oba typy kontextu působí na skupiny žáků s různou mírou schopnosti v matematice (dále *latentní schopnosti*, viz oddíl 3.4.1) a jak ovlivňují diskriminační schopnost úlohy (jak rozlišují mezi žáky s nízkou a vysokou latentní schopností). Druhým hlavním cílem výzkumu je zjistit, které z vytvořených kontextů (atraktivní vs. neutrální) žáci příslušeného věku preferují a jaké charakteristiky kontextů slovních úloh žáky k této preferenci vedou.

Na základě prostudované literatury a pilotní studie i osobní zkušenosti očekávám, že úlohy s atraktivním kontextem budou mít celkově větší procento úspěšných řešitelů než úlohy s neutrálním kontextem. Dále předpokládám, že rozdíl v úspěšnosti řešení atraktivní a neutrální varianty bude vyšší u žáků se střední a vyšší latentní schopností, a naopak menší u žáků s nižší latentní schopností – tedy že tito žáci budou podobně úspěšní při řešení atraktivní i neutrální varianty úlohy. U neutrálních úloh by žáci mohli častěji sahat k povrchovým strategiím, a naopak atraktivní úlohy by mohly vést k vyššímu počtu chyb numerických či tzv. z nepozornosti (chybně opsané číslo ze zadání). Úlohy s atraktivními kontexty by mohly vzbuzovat větší zájem žáků, a tedy přimět k řešení (alespoň částečnému) vyšší procento žáků ve srovnání s úlohami s neutrálním kontextem. V otázce preference kontextu očekávám rozdíly ve prospěch kontextově atraktivních úloh. Důvodem pro volbu atraktivního kontextu by mohl být příběh, vtip, blízkost námětu, originalita či subjektivně vnímaná obtížnost úlohy. Důvodem pro neutrální kontext by mohla být známost a tradičnost kontextu, specifická averze vůči párové atraktivní variantě úlohy (např. nemám ráda lichožrouty), větší blízkost neutrálního námětu, a také subjektivně vnímaná obtížnost úlohy. Další, specifická očekávání vztahující se k jednotlivým úlohám budou uvedena v oddílu 3.3.2 v závěru popisu každé z nich.

Pro výzkumnou část práce jsem si stanovila následující výzkumné otázky:

RQ1. Jaký vliv má atraktivita kontextu slovní úlohy na řešitelský proces a úspěšnost žáků s různou mírou latentní schopnosti při jejím řešení?

RQ2. Které kontexty slovních úloh (atraktivní vs. neutrální) žáci preferují a jaké charakteristiky kontextů slovních úloh žáky k této preferenci vedou?

V rámci RQ1 jsem stanovila následující hypotézu:

$H_1$: Žáci řešící variantu úlohy s atraktivním kontextem jsou při řešení úspěšnější než žáci řešící neutrální variantu úlohy.

# 3 Metodologie výzkumu

V této části nejprve objasním východiska zvolené výzkumné strategie, vymezím pojmy atraktivní a neutrální kontext a postupně představím jednotlivé části výzkumu z hlediska použitých úloh, zapojených účastníků výzkumu a způsobu získávání, zpracování, analýzy a interpretace dat.

## 3.1 Výzkumná strategie

Disertační práce vznikala na půdorysu rozsáhlejšího výzkumného projektu[26] zaměřeného na zjišťování vlivu různých parametrů slovních úloh na úspěšnost žáků při jejich řešení, jehož jsem se jako spoluřešitelka a koordinátorka testování žáků 1. stupně účastnila. Využila jsem příležitosti získat data pro kvantitativní i kvalitativní šetření a konzultovat své téma s odborníky v oblasti matematiky, českého jazyka, psychologie a statistiky, kteří byli součástí řešitelského týmu. Propojení disertační práce s výzkumným projektem přinášelo i určitá omezení (viz kapitola 5), s nimiž bylo nutné se metodologicky vypořádat. Výsledná metodologie disertační práce je tak určitým kompromisem mezi ideální a realizovatelnou formou.

Výzkum sestává ze tří vzájemně se doplňujících částí – testování, rozhovorů a dotazníku. V části *testování* zjistím pomocí testování většího souboru žáků ($n$ > 100 pro jednu dvojici úloh), zda se typ kontextu odrazí v úspěšnosti žáků při řešení konkrétních slovních úloh. Vyhodnocení testů bude jak kvantitativní (porovnání počtu úspěšných a neúspěšných řešení, frekvence specifických chyb a řešitelských postupů), tak kvalitativní (sledování a popis chyb a postupů). Dále budu skrze polostrukturované *rozhovory* ($n$ > 20 pro jednu dvojici úloh) ověřovat své interpretace žákovských řešení získané analýzou dat z testování a hledat zdroje chyb a neporozumění způsobujících neúspěch při řešení. Analýza žákovských řešení z testování i rozhovory s žáky mají za úkol odhalit, na základě četnosti a typu chyb a řešitelských postupů, co způsobilo případnou vyšší nebo nižší úspěšnost varianty úlohy a zda lze za příčinu označit typ kontextu. Rozhovory poslouží též pro objasnění motivačního aspektu kontextu úlohy. Žáci budou v rámci rozhovoru dotazováni na úlohu, která je zaujala

[26] Výzkum byl realizován v rámci projektu GA ČR 16-06134S *Slovní úlohy jako klíč k aplikaci a porozumění matematickým pojmům* v letech 2016–2018.

a proč. Výzkum bude doplněn dotazníkem zjišťujícím preference žáků z hlediska jednotlivých kontextů v testování použitých úloh ($n$ > 50 pro jednu dvojici úloh).

## 3.2 Atraktivita kontextu

Jako úlohy s *atraktivním kontextem* budeme označovat takové, které mají potenciál žáka zaujmout. Mohou být založené na známém příběhu či pohádce, nebo vytvářet příběh nový. Vystupující objekty či postavy mohou být smyšlené, nereálné, stejně jako v pohádkách. Zvířatům mohou být připisovány lidské vlastnosti, lidem nadlidské schopnosti. Stejně jako v pohádkách v nich nepředkládáme příběh jako pravdivý a nepožadujeme po čtenáři, aby věřil v jeho skutečnost. Řešitel úlohy, stejně jako čtenář pohádky zde přistupuje na jakousi nevyslovenou dohodu a nabízenou fikci přijímá.[27] *Kontextově atraktivní úlohy*, zkráceně *atraktivní*, mohou vycházet i z každodenní reality, ovšem s patrnou snahou vzbudit řešitelovu zvědavost, přitáhnout jeho pozornost či vyvolat silnou potřebu úlohu vyřešit. Prostředkem může být např. humor, personalizace, nečekané vyústění popisované situace či aktuálnost nebo naléhavost tématu. Za atraktivní úlohu budeme považovat takovou, která splňuje alespoň jedno z následujících kritérií: námět úlohy je pro žáka aktuální, čerpá svůj námět v pohádce či příběhu, vyskytují se v ní nereálné objekty, postavy či situace, rozporuje běžnou lidskou zkušenost (např. porušuje fyzikální zákony), obsahuje vtip, překvapivý moment.

Úlohy s *neutrálním kontextem* popisují více či méně reálné situace z každodenního života dětí či dospělých. Neoperují s nereálnými objekty, postavami ani situacemi, jsou v souladu s lidskou zkušeností, nerozporují např. fyzikální zákony, a nemají zároveň výrazné ambice žáka zaujmout – překvapit, potěšit, provokovat, rozesmát nebo se mu jinak přiblížit.

Rozlišení *neutrálních* a *atraktivních kontextů* úloh je do značné míry subjektivní záležitostí. Co je pro někoho humorné, může jinému připadat nezajímavé nebo třeba i urážlivé. Pro můj výzkum je potřeba nalézt dvojici úloh, které se liší ideálně pouze kontextem. Na následující ukázce přiblížím mechaniku tvorby (či výběru) takových dvojic úloh.

[27] Tedy například v úloze „Kouzelný prsten dovede splnit tři přání. Kolik prstenů by potřebovala naše třída, aby se každému z nás splnilo alespoň jedno přání?“ neočekáváme odpověď: „Ani jeden, protože kouzelné prsteny neexistují.“, přestože je to v určitém ohledu odpověď správná, neboť je racionální.

Ukázka potenciální *kontextově neutrální* úlohy:

> Honza Tichý má o 19 autíček více než jeho kamarád Roman. Honzův bratr Lukáš má o 16 autíček méně než Roman. Kdo z chlapců má nejvíce autíček?

Ukázka potenciální *kontextově atraktivní* úlohy:

> Červené Karkulce trvá cesta k babičce o 19 minut více než vlkovi. Myslivci trvá cesta k babičce o 16 minut méně než vlkovi. Komu trvá cesta k babičce nejdéle?

Úlohy by měly mít především stejnou matematickou strukturu, to v praxi znamená, že se řeší stejným výpočtem (úvahou), obsahují stejný počet objektů (např. postav), mezi kterými jsou stejné vazby (z hlediska matematiky). Tuto podmínku naše dvojice úloh splňuje. Jedná se o dvě relace uspořádání a úkolem řešitele je tyto relace složit (*O* = objekt):

$$O_1 > O_2 \text{ a } O_3 < O_2$$

$$pak\ O_1 > O_2 > O_3$$

Tyto úlohy mají i další shodné vlastnosti, jako je délka textu, velikost a typ použitých čísel. V jejich formulacích se ovšem skrývají určité odlišnosti, které mohou mít vliv na jejich náročnost z pohledu žáka. V první úloze čísla představují počet, tedy množství měřitelné na kusy (autíčka), zatímco v druhém případě jde o čísla jako veličiny, tedy množství měřitelné pomocí určité jednotky (minuty). To bývá pro žáky zpravidla těžší, například při modelování. Zatímco v první úloze je situace statická a objekty se dají nahradit předměty (víčka, kamínky) nebo vizualizovat (puntíky, čárky), v druhé úloze je situace dynamická, mění se v čase, je pomíjivá a pro žáky bývá obvykle těžké ji znázornit. Druhým rozdílem je výskyt nadbytečných informací. V první úloze bychom mohli vynechat celou řadu slov, aniž by se změnil její význam či obsah:

> Honza ~~Tichý~~ má o 19 autíček více než ~~jeho kamarád~~ Roman. ~~Honzův bratr~~ Lukáš má o 16 autíček méně než Roman. Kdo z chlapců má nejvíce autíček?

Navíc úloha obsahuje slovní spojení *Honzův bratr Lukáš*, které by některým žákům mohlo komplikovat porozumění. V úloze o Karkulce takový výraz nemáme, ale máme tam zase navíc jednu postavu (babičku). Přestože je to postava pasivní, mohla by také nějakým způsobem vstoupit do úvah při řešení. Co se týká nadbytečných údajů, pak z textu by se beze změny významu dalo vypustit jediné slovo – *červená*.[28] Postava babičky by se dala za určitých okolností vypustit také, ale vytratil by se s ní i podstatný příběhotvorný prvek.

Poslední poznámka se týká výběru kontextu, který z úlohy dělá úlohu atraktivní – pohádka o Červené Karkulce. Zde si musíme položit otázku, zda je tato pohádka pro současné děti atraktivní. Neměli bychom přitom spoléhat jenom na intuici nebo vycházet z vlastních zkušeností z dětství. Při tvorbě úloh bude nutné zorientovat se v tom, co současné děti považují za zajímavé. Nabízí se několik možností: jednou z nich je inspirace žákovskou tvorbou úloh, pozorování konkrétních žáků ve školní třídě, dále je možné hledat odpovědi v literatuře zabývající se např. nejčtenější dětskou literaturou, oblíbenými hrami, filmy, mimoškolními zájmy současných dětí.

## 3.3 Volba a analýza testových úloh

Pro potřeby testování a následně i dalších částí výzkumu bylo zapotřebí vytvořit dvojici úloh ve dvou různých kontextech (*atraktivním* a *neutrálním*), které se, pokud možno, neliší v jiných parametrech, jako je matematická struktura úlohy, velikost použitých čísel, pořadí informací, počet a složitost vět a souvětí, typ otázky aj. Snahou bylo vytvořit úlohy různým způsobem atraktivní, zařadila jsem proto úlohy s tradičním i netradičním pohádkovým námětem, úlohy personalizované, úlohy s překvapivým či humorným námětem či s prvky science fiction. Úlohy cílily na mladší i starší žáky 1. stupně základní školy. Některé typy kontextů byly záměrně zařazeny do 3. i 5. ročníku (pohádkový, personalizovaný), aby bylo možné sledovat efekt určitých aspektů kontextů v souvislosti s věkem (jak naznačují některé z výše zmíněných výzkumů). Není-li uvedeno jinak, jedná se o vlastní autorské úlohy; atraktivní variantu úlohy Hvězdné impérium navrhla jazyková sekce řešitelského týmu výzkumného projektu GA ČR.

### 3.3.1 Pilotní testování

Text každé úlohy, kterou jsem navrhla pro tuto práci, byl diskutován a upravován řešitelským týmem stejně jako všechny ostatní úlohy použité ve zmíněném projektu GA ČR. Každá z úloh byla také pilotována s žáky příslušného věku formou polostrukturovaných rozhovorů, ty probíhaly před každou vlnou testování, tedy v rozmezí září 2017 až duben 2018, s žáky, kteří se následného testování neúčastnili (z jiných škol). Žákům 3.–5. ročníku

[28] Dalo by se zvažovat i vypuštění „k babičce“, ale to by úloha mohla ztratit na jednoznačnosti.

($n$ = 23) byla obvykle předložena dvojice úloh na samostatných lístcích (v atraktivním a neutrálním kontextu), následně byli vyzváni k přečtení obou a výběru jedné z nich. Vybranou úlohu poté řešili a komentovali dle potřeby při řešení nebo po řešení. Pilotní studie sloužila nejen k ověření srozumitelnosti a řešitelnosti úlohy pro žáky určitého věku, ale také jako průzkum vhodné strategie pro zjišťování preferencí kontextů. Instrukce týkající se výběru byla různě variována, žáci tak měli např. zvolit úlohu, kterou by v následující chvíli řešili raději, nebo vybrat úlohu do plánované učebnice matematiky s ujištěním, že jde pouze o výběr, nikoliv její následné řešení (aby volba nebyla ovlivněna obavami z řešení).[29] Další testovanou strategií bylo přímé dotazování na preferenci (opět různými způsoby – která úloha se jim *líbí*, která je *zaujala*, která je *lepší* apod.), následně byl zjišťován důvod jejich volby. Rozhovory byly zaznamenávány (na audio či videozáznam) a podrobeny analýze. Poznatky z pilotní studie byly využity v diskusi řešitelského týmu nad úpravami formulací testových úloh a ke stanovení očekávání.

Různé způsoby zjišťování preferencí úloh odhalily některé skutečnosti, které usměrnily výběr vhodné výzkumné strategie (v rámci daných podmínek). Několik rozhovorů potvrdilo, že preferenci může ovlivnit obava z řešení úlohy (žáci argumentovali, že zvolená úloha jim přišla snadnější). Při volbě úlohy do učebnice, kde byli zbaveni břemene řešení, se zase ukázalo, že mají tendenci volit takové úlohy, na které jsou z učebnic zvyklí (při objasnění volby např. explicitně zmínili, že se jim líbí více ta atraktivní, ale protože je netypická, doporučili by do učebnice raději tu druhou). Dalším upozorněním byla občasná nekonzistence v názorech či postojích některých žáků, jak ukazují úryvky z rozhovoru s Jonášem. Tazatelkou byla autorka práce.

> Tazatelka: Která si myslíš, že by byla lepší použít do té učebnice?
>
> Jonáš: Podle mě tahle.
>
> T: A proč bys ji vybral?
>
> J: Protože mi to přijde takový víc jako smyslný než tohlento.
>
> T: A v čem je tahle nesmyslná?
>
> J: Protože lichožrouti neexistujou.
>
> T: (smích) A znáš je?
>
> J: (kýve souhlasně hlavou) Já jsem viděl ten film.

[29] Vybranou úlohu žáci následně skutečně neřešili, předložena jim byla jiná úloha určená k pilotnímu testu, nebo další dvojice úloh k porovnání kontextů se stejnou instrukcí.

T: A líbil se ti, nebo se ti nelíbil?

J: Líbil, ale zvolil bych spíš tuhle.

T: Dobře. A můžu ti dát ještě jednu dvojici úloh? (Jonáš souhlasí, dostává další dvojici na lístečcích)

J: Tuhle bych zvolil.

T: Karkulku bys zvolil? Proč Karkulku? V čem ti přijde lepší?

J: No, protože tahlenta je jenom o autíčkách, což by teda nebavilo podle mě víc ty holky, jenom kluky by to spíš bavilo.

T: A kdyby sis ty měl vybrat jednu z těch úloh, co se líbí tobě, tak si vybereš tu Karkulku taky, nebo ty autíčka?

J: (téměř okamžitě) Já radši tu Karkulku, protože já, mě autíčka moc nebavěj.

Jako významné se ukázalo rovněž pořadí, ve kterém žáci úlohy čtou.

Tazatelka: Kdybys měl jednu z nich vybrat, která by to byla?

Filip: (okamžitě ukazuje na vybranou úlohu – autíčka)

T: Proč by sis ji vybral?

F: Protože se mi, protože jsem ji četl jako druhou.

T: Protože jsi ji četl jako druhou. To je zajímavý důvod. Co to znamená? Jak si to mám vyložit?

F: (okamžitě) Jako že si ji víc pamatuju.

Také se (očekávatelně) ukázalo, že kategorie „líbí se mi" je poměrně široká a že bude potřeba zjišťovat přesněji důvody preference, analyzovat je a kategorizovat.

Alena: (při čtení úlohy s lichožroutem se upřímně rozesměje, pak ale bez zaváhání zvolí úlohu o nakupování rohlíků) Asi tudlectu.

T: Proč se ti víc líbí?

A: (okamžitě) Protože mi přijde taková jakoby víc, že bych víc jakoby to mohla zažít, že by se mi něco takovýho stalo, kdybych šla nakupovat.

T: Hm, rozumím. A tady u té úlohy (ukazuje na úlohu s lichožrouty) ses usmála, proč ses usmála?

A: (pousměje se) Protože, tady bylo vtipný, že tady je čtyři ponožky sežere vyhládlý lichožrout, tak jsem se u toho zasmála.

T: A ty znáš lichožrouty?

A: Jojo, já jsem četla knížku i…

T: Jo? A přesto by sis vybrala teda tuhle úlohu.

Áňa: Jo.

T: Že ti přijde jako lepší?

Áňa: (dává najevo souhlas)

T: Hezčí?

Áňa: Jo.

Pilotní rozhovory přinesly také cenné zkušenosti s vedením rozhovoru (jaké otázky pokládat, nepokládat, jak je formulovat pro žáky srozumitelným způsobem, jak navodit příjemnou a bezpečnou atmosféru aj.). Rozhovory byly z těchto důvodů doslovně přepsány a reflektovány. Usměrňující zkušeností byla také reakce některých žáků na přítomnost kamery (změna obvyklého chování, projevy trémy, málomluvnost nebo naopak výřečnost až exhibice). Zkušenosti z pilotního testování ovlivnily finální podobu a průběh rozhovorů i koncepci a formulaci položek v dotazníku.

### 3.3.2 Popis a analýza úloh[30]

V úloze 3A Lichožrouti I (viz níže) je proti sobě postaven neutrální kontext o pletení ponožek a atraktivní kontext čerpající námět z oblíbené[31] autorské pohádky Lichožrouti (Šrut & Mikínová, 2008). Úloha je složenou slovní úlohou, ve které je zapotřebí provést dva výpočty v závislém pořadí ($28 : 4 = 7$ a $7 \cdot 3 = 21$) a která vyžaduje dvě odpovědi. V obou jejích variantách je pro nekomplikovanost zadání zamlčen předpoklad, že lichožrout žere/paní Horká plete každou ponožku stejnou rychlostí.[32] Míru podobnosti obou variant považuji za velmi vysokou – úlohy mají stejnou matematickou strukturu, shodně formulované otázky, dokonce stejný počet slov. Jediný potenciální rozdíl kromě kontextu může být v takzvaném signálu, který dávají použitá slovesa. Zatímco ve variantě 3An může sloveso „uplete“ signalizovat operaci sčítání (ponožky přibývají), ve variantě 3Aa sloveso „sežere“ naopak operaci odčítání (ponožky ubývají).[33]

[30] Úlohy budou označeny názvem (např. Lichožrouti, Princezna a draci apod.) nebo kódem (např. 3A, 5B), jednotlivé varianty atraktivní vs. neutrální úloh pak pomocí kódů, např. 3An, 5Ba atd., v nichž první číslo znamená ročník, jemuž je úloha primárně určena, velké písmeno odlišuje jednotlivé úlohy v rámci jednoho ročníku a malé písmeno určuje, o kterou variantu se jedná: a – atraktivní, n – neutrální.

[31] Kniha získala v roce 2009 ocenění Magnesia Litera za nejlepší knihu pro děti a mládež (https://www.magnesia-litera.cz/kategorie/kniha-pro-deti-a-mladez/). V žebříčku Československé bibliografické databáze je v první čtyřicítce v kategorii *Top právě čtené knihy* (https://www.cbdb.cz/zebricek-top-prave-ctene-knihy-4-detske). V roce 2016 byla dokonce zfilmována.

[32] S podobným zjednodušením se v učebnicích matematiky a sbírkách úloh setkáváme běžně.

[33] Ačkoliv zde by mohlo záležet na perspektivě čtenáře/řešitele, protože si může představit situaci i jako *přibývání* ponožek v žaludku lichožrouta.

**Atraktivní varianta (3Aa)**: *Čtyři ponožky sežere vyhládlý lichožrout za 28 minut. Za jak dlouho sežere jednu ponožku? Kolik času by potřeboval na tři ponožky?*

**Neutrální varianta (3An)**: *Čtyři ponožky uplete paní Horká za 28 minut. Za jak dlouho uplete jednu ponožku? Kolik času by potřebovala na tři ponožky?*

Úloha 3B Moje třída je jednoduchá slovní úloha vyžadující pouze operaci sčítání (13 + 8 + 1 = 22). Podobně jako v předchozí úloze, i zde je zamlčen předpoklad, že Tomáš, resp. řešitel úlohy osobně, je žákem této třídy, a je tedy zapotřebí to z textu vyvodit a k počtu ostatních žáků jej přičíst.[34] Atraktivita kontextu je zde založena na personalizaci, tedy přiblížení kontextu žákovi skrze zapojení jeho vlastní osoby. Očekávám, že ve variantě 3Ba se díky personalizovanému kontextu budou žáci silněji identifikovat s popsanou situací a do celkového počtu dětí ve třídě častěji započítají svou osobu, zatímco na osobu Tomáše budou častěji zapomínat.[35]

**Atraktivní varianta (3Ba)**: *Kolik dětí je ve tvé třídě, když 13 dětí je vyšších než ty a 8 dětí menších než ty?*

**Neutrální varianta (3Bn)**: *Kolik dětí je v Tomášově třídě, když 13 dětí je vyšších než Tomáš a 8 dětí menších než Tomáš?*

Dvojice variant úlohy 3C Housenky je inspirována úlohou s netradičním námětem z učebnice pro 3. ročník,[36] k níž byla vytvořena varianta neutrální. Jedná se o úlohu vyžadující dělení se zbytkem, v níž známe dělence, dělitele i neúplný podíl a hledáme zbytek (27 : 6 = 4 zb. 3). K výsledku může vést více správných postupů,[37] řešení je minimálně dvoukrokové (zjištění počtu rozdaných bonbonů/sezobnutých housenek 6 · 4 = 24; vypočítání rozdílu mezi tímto počtem a celkovým počtem bonbonů/housenek 27 − 24 = 3). Číslo 4 je v textu napsáno slovem. V případě této úlohy si změna kontextu vyžádala větší úpravy v jazykové rovině: aby byly varianty stejně jazykově explicitní a měly přibližně stejný počet slov (31 vs. 32), byla v atraktivní variantě přidána jedna věta navíc (vyznačena

[34] Ve variantě atraktivní (3Ba) je pozice řešitele pravděpodobně zřejmější (je žákem této třídy), u Tomáše to nemusí být tak jednoznačné (může být například učitelem nebo jinou dospělou osobou). Naproti tomu skutečnost, že je menší než většina dětí ve třídě, naznačuje, že se také jedná o žáka. V důsledku by obě varianty teoreticky připouštěly dvě možná řešení.

[35] Pro některé žáky by však také mohlo být matoucí, že počet žáků v této hypotetické třídě neodpovídá počtu žáků v jejich vlastní třídě, či že oni sami jsou ve své třídě nejvyšší/nejmenší.

[36] Matýskova matematika 8, str. 45, Nová škola, Brno. Jedná se o učebnici s podtitulem „Učebnice podporující čtenářské dovednosti“, zakládá si na aplikaci čtení s porozuměním.

[37] Např. první krok 6 + 6 + 6 + 6 = 24, druhý krok 27 − 24 = 3.

podtrhnutím). Další později odhalené rozdíly na úrovni objektů a vztahů mezi nimi podrobněji rozeberu společně s výsledky.

**Atraktivní varianta (3Ca)**: *Čtyři ptáci spatřili, jak úrodu na zahradě ničí 27 housenek, a na hodující housenky zaútočili. Všichni ptáci byli úspěšní. Každý sezobl 6 housenek. Zbylé housenky zkameněly hrůzou. Kolik housenek zkamenělo hrůzou?*

**Neutrální varianta (3Cn)**: *Čtyři děti dostaly od maminky pytlík, kde bylo 27 bonbonů, a rozhodly se spravedlivě si je rozdělit. Každé z dětí si vzalo 6 bonbonů. Zbylé bonbony vrátily mamince. Kolik bonbonů vrátily mamince?*

Také atraktivní varianta úlohy 3D Princezna a draci byla inspirována učebnicí,[38] neutrální varianta byla vytvořena na jejím půdorysu. Atraktivita je založena na přítomnosti typických pohádkových motivů (draci, princezna), neutrální varianta je ve srovnání s ní výrazně statická a neživotná. Řešení úlohy spočívá mj. ve výběru relevantních údajů (obsahuje nadbytečné informace),[39] vyžaduje součet dvou součinů ($3 \cdot 5 + 2 \cdot 7$). Varianty jsou si vzájemně do velké míry podobné, drobné rozdíly najdeme v povaze objektů: oči se obvykle vyskytují v páru, zatímco odpovídající objekt – mince tuto vlastnost nemají. Mince se ale naopak snadno dají zaměnit za jednotky měny (např. koruny).[40] Při analýze žákovských řešení bude nutné se na tento aspekt zaměřit.[41]

**Atraktivní varianta (3Da)**: *Princeznu Zuběnu přilétli požádat o ruku dva draci. Drak Strašlivák měl 3 hlavy a na každé z nich měl 5 očí a tlamu s 8 zuby. Drak Zákeřňák měl 2 hlavy a na každé z nich měl 7 očí a tlamu s 16 zuby. Kolik dračích očí se na princeznu koukalo?*

**Neutrální varianta (3Dn)**: *Ve skříni visely dva kabáty. Černý kabát měl 3 kapsy a v každé z nich bylo 5 mincí a balíček s 8 kapesníky. Modrý kabát měl 2 kapsy*

[38] Matýskova matematika pro 3. ročník, 7. díl, s. 51, nakladatelství Nová škola (2014, dostupné z https://www.matyskova-matematika.cz/, cit. 31. 1. 2020). Jedná se o učebnici s podtitulem „Učebnice podporující čtenářské dovednosti“, zakládá si na aplikaci čtení s porozuměním.

[39] Výzkumy (např. Hembree, 1992; Vondrová et al., 2019) potvrzují, že přítomnost nadbytečných numerických údajů ovlivňuje úspěšnost žáků při řešení úlohy.

[40] Odpověď na otázku „Kolik *korun* bylo v obou kabátech?“ by pak nemusela být stejná jako odpověď na původní otázku.

[41] Druhý významný rozdíl se skrývá v otázce, toho jsme si ale při zadávání úlohy nevšimli. Diskutován bude v rámci výsledků a analýz řešitelských postupů a chyb.

*a v každé z nich bylo 7 mincí a balíček s 16 kapesníky. Kolik mincí bylo v obou kabátech?*

Pro další úlohu 4A Superschopnosti byla inspirací úloha z matematické soutěže Matematický klokan.[42] Ta byla upravena tak, aby byla řešitelná pro žáky 4. ročníku. Atraktivní varianta vznikla podobně jako úloha 3B prostřednictvím personalizace. Úloha má kombinatorický charakter, vyžaduje rozklad čísla 25 na co nejmenší počet sčítanců z dané množiny čísel (2, 3, 6). Lze ji řešit různými způsoby; žáci na ni pravděpodobně nebudou mít naučený algoritmus. Optimální řešení se dá najít např. postupným odečítáním nejdelšího 6metrového skoku od 25 m ($25 - 6 - 6 - 6 = 7$) až k dosažení minima, které lze rozdělit na skoky 2 a 3metrové. K zapotřebí je pak udělat ještě další krok, a to sečíst počet skoků, výsledkem je tedy číslo 6. Varianty se kromě kontextu liší jen minimálně. Atraktivní varianta je o jednu větu delší (vstupní souvětí), celkový počet slov je však téměř shodný (55 vs. 53). Rozdílnou představu by mohl vyvolat most (linka) vs. mýtina (plocha). Slovo mýtina by pro některé žáky mohlo být hůře představitelné (narozdíl od mostu, se kterým mají pravděpodobně více zkušeností), jeho význam by však měli znát z vyjmenovaných slov.

**Atraktivní varianta (4Aa)**: *Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec mostu, který je od tebe vzdálený 25 metrů?*

**Neutrální varianta (4An)**: *Když se klokan Skippy odrazí levou nohou, skočí do dálky 2 metry. Když se odrazí pravou nohou, skočí 3 metry. Když se odrazí oběma naráz, skočí dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musí Skippy udělat, aby se dostal přesně na druhý okraj mýtiny, který je od něj vzdálený 25 metrů?*

V úloze 5A Lichožrouti II proti sobě stanul neutrální kontext o sušení prádla a opět kontext čerpající z autorské pohádky Lichožrouti. Tentokrát bylo využito „faktu“, že lichožrouti nemají rádi vodu, při formulaci textu úlohy byl opět napodoben styl autora. Jedná se o složenou slovní úlohu, v níž je zapotřebí provést po řadě operaci dělení

[42] „Jestliže se klokan Jumpy odrazí levou nohou, tak skočí 2 m. Jestliže se odrazí pravou nohou, tak skočí 4 m. Jestliže se odrazí oběma nohama, tak skočí 7 m. Určete nejmenší počet skoků, které musí Jumpy udělat, aby překonal vzdálenost právě 1 000 m.“ Matematický klokan z roku 2006, kategorie Kadet (viz https://matematickyklokan.net/phocadownload/sborniky/sbornik_klokan_2006.pdf, s. 31, cit. 18. 1. 2021).

(5 h 30 min : 2 = 2 h 45 min) a operaci odčítání (2 h 45 min − 20 min = 2 h 25 min). Prvnímu nebo druhému kroku může ještě předcházet převod čísla zadaného v hodinách na minuty.

> **Atraktivní varianta (5Aa)**: *Je známo, že lichožrouti nemají rádi vodu (hrozně dlouho schnou a neradi se ždímají). Proto se jí velkým obloukem vyhýbají. Takový namočený lichožrout schne bez ždímání pět a půl hodiny. Když se před sušením vyždímá, uschne za poloviční dobu. A když má to štěstí a najde místo u topení, zkrátí dobu sušení ještě o 20 minut. Za jak dlouho uschne lichožrout, když se před sušením vyždímá a najde místo u topení?*

> **Neutrální varianta (5An)**: *Je známo, že barevné prádlo na slunci rychleji bledne (barvy ztrácejí sytost). Proto se často věší do stínu. Mokré prádlo schne bez ždímání pět a půl hodiny. Když se před sušením vyždímá, uschne za poloviční dobu. A když je pověsíme na sluníčko, zkrátí se doba sušení ještě o 20 minut. Za jak dlouho uschne prádlo, když se před sušením vyždímá a pověsí se na sluníčko?*

Úloha 5B Hvězdné impérium čerpá z žánru science fiction. Atraktivní kontext je inspirován vesmírnou bitvou[43] (dal by se označit za chlapecký), kontext neutrální varianty čerpá z běžné reality oslavy narozenin (kontext by mohl být bližší děvčatům). Struktura úlohy je aditivní, přičemž její řešení vyžaduje několik na sobě závislých kroků: první 9 + 4 = 13, druhý 9 + 13 = 22, třetí 9 + 13 + 22 + 11 = 55. Přestože snahou bylo zachovat s výjimkou kontextu další parametry úlohy stejné, k některým rozdílům jsme se nakonec uchýlili. Tyto rozdíly budu diskutovat společně s výsledky. Předpokládám, že variantu 5Ba se sci-fi kontextem budou častěji řešit chlapci než děvčata a budou v řešení úspěšnější.

> **Atraktivní varianta (5Ba)**: *Na mateřskou loď Hvězdného impéria zaútočila armáda nepřátelských stíhacích faunů. Hvězdné impérium nasadilo do obrany všechny obranné jednotky. Korvety zasáhly celkem 9 faunů, fregatě se podařilo zneškodnit ještě o 4 fauny více. Bitevní křižník zlikvidoval tolik faunů, kolik zneškodnily korvety a fregata dohromady. Mateřská loď se útoku ubránila, zbylých 11 stíhacích faunů se stáhlo zpět na svou základnu. Kolik stíhacích faunů bylo v rámci této válečné mise vysláno na likvidaci mateřské lodi Hvězdného impéria?*

[43] Terminologie použitá v textu úlohy je převzata z českého překladu karetní a PC hry Star Realms (autoři hry: Kastle & Dougherty, 2014).

**Neutrální varianta (5Bn)**: *Trojčata Nela, Bela a Lea chodily každá do jiné třídy, ale oslavu svých narozenin se rozhodly uspořádat společně. Nela pozvala 9 nejlepších kamarádek ze své třídy. Bela ze své třídy pozvala ještě o 4 kamarádky více. Lea pozvala skoro všechny děti ze své třídy a ještě holky z gymnastiky, což bylo celkem tolik lidí, kolik pozvala Nela a Bela dohromady. Pozvánku na oslavu dostalo také všech 11 členů jejich rodiny. Kolik lidí celkem bylo na narozeninovou oslavu pozváno?*

Poslední úloha 5C Robin Prchal je jednoduchou slovní úlohou o pohybu. Varianta s atraktivním kontextem byla inspirována humornou slovní úlohou o chlapci Robinovi, který utíká před výpraskem,[44] varianta s neutrálním kontextem byla vytvořena za použití objektů typických pro úlohy o pohybu (cyklista a traktor). Úlohu lze na úrovni 5. ročníku řešit např. vypočítáním časů příjezdu obou objektů do cílového místa a jejich porovnání, dále pomocí obrázku nebo kombinací obojího; úloha je číselně přívětivá, lze ji vyřešit vhledem, úvahou. Narozdíl od předchozích úloha nevyžaduje číselnou odpověď, žáci mají odpovědět ano/ne. Aby se eliminovalo tipování, požaduje úloha po žácích zdůvodnění jejich odpovědi. Očekávám obecně nižší úspěšnost u obou variant úlohy, neboť se žáci s úlohami o pohybu nemuseli v 5. ročníku ještě setkat. Atraktivní varianta 5Ca této úlohy má potenciál oslovit univerzální lidské potřeby (viz oddíl 2.3.1), mohla by tedy vést k většímu rozdílu v úspěšnosti v řešení obou variant.

**Atraktivní varianta (5Ca)**: *Ve dvě hodiny přišel Robin Prchal ze školy, položil na stůl oznámení o ředitelské důtce a začal prchat. Prchal rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později si oznámení přečetl jeho otec, zrudl, nasedl na tříkolku a začal syna stíhat rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne se Robin schovat u spolužačky Zatloukalové, která bydlí 5 kilometrů od Prchalových, dříve, než ho dožene otec? Svou odpověď zdůvodni.*

**Neutrální varianta (5Cn)**: *Ve dvě hodiny vyjel traktor naložený senem po silnici z Adamova do Beranova. Jel rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později vyrazil z Adamova po stejné silnici cyklista rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne*

[44] Text původní úlohy: „Robin přišel v 10 hodin ze školy, položil na stůl vysvědčení a počal prchat směrem na jihozápad rychlostí 10 km/h. O 2 hodiny později si vysvědčení přečetl otec, nasedl na trojkolku a začal syna stíhat rychlostí 20 km/h. Za jak dlouho a jak daleko od domu dostane syn výprask (nebo pochvalu)?“ (https://2zskolin.cz/wp-content/uploads/2019/02/plus06_zadani.pdf)

*traktor dojet do Beranova, který je vzdálený 5 kilometrů, dříve, než ho dožene cyklista? Svou odpověď zdůvodni.*

## 3.4 Výzkumné nástroje a účastníci výzkumu

Okruh účastníků i způsob získávání a zpracování dat se lišil pro jednotlivé části výzkumu (testování, rozhovory, dotazník), proto je každá z částí popsána zvlášť. V úvodu každého oddílu jsou formulovány hlavní cíle příslušné části výzkumu, dále je popsán výzkumný vzorek, zvolená výzkumná metoda a způsob zpracování a analýzy dat. Na závěr je uvedena forma prezentace dat a výstupů analýz v části Výsledky.

### 3.4.1 Testování

Hlavním cílem testování bylo zjistit, zda se typ kontextu úlohy projeví v *úspěšnosti* žáků při jejím řešení. Posloužilo ke sběru dat kvantitativních (pro porovnání obtížnosti a diskriminační schopnosti úloh) i kvalitativních (pro analýzu řešitelských strategií a chyb). Pozornost budu věnovat nejen úspěšnosti, ale zaměřím se detailně na řešitelské strategie a zejména chyby, které se vyskytují častěji nebo výhradně v jedné z variant. S oporou o rozhovory s žáky (viz oddíl 3.4.2) se budu zajímat o jejich původ.

**Účastníci testování a průběh získávání dat**

Účastníky testování byli žáci 3. až 6. ročníku šesti pražských základních škol, které byly vybrány v rámci projektu GA ČR na základě následujících kritérií: zájem celé školy o spolupráci (testovány byly všechny třídy v ročnících), velikost školy (alespoň dvě paralelní třídy v každém ročníku), standardní vzdělávací program (škola bez specializace na jazyky, přírodní vědy aj.), spádovost školy (škola s žáky s různým socio-ekonomickým zázemím a s maximálně 2 % žáků mluvících odlišným mateřským jazykem[45]). Testování se účastnili všichni žáci daného ročníku, nebyl dělán žádný další výběr ($n$ = 2 092). Žáci byli na základě vstupního testu z českého jazyka a matematiky (ukázka v příloze 1) a později i na základě výsledků testů předchozích vln testování [46] rozděleni do dvou výkonově srovnatelných skupin, přičemž bylo zohledněno též kritérium zastoupení žáků s diagnostikovanou SPU a s odlišným mateřským jazykem. Přehled škol s počty žáků je v příloze 2.

[45] Což odpovídá celostátnímu průměru.
[46] Výzkum měl celkem 4 vlny testování v jedné čtveřici škol a 2 vlny testování ve dvojici jiných škol.

Testování probíhalo od října 2017 do dubna 2018 v rámci běžné výuky za asistence třídních učitelů pod vedením členů řešitelského týmu výše zmíněného projektu či poučených spolupracovníků. Zkoumané úlohy s atraktivním nebo neutrálním kontextem byly zařazeny do testových sešitů společně s dalšími třemi až pěti úlohami testujícími jiné parametry, pořadí úloh přitom bylo variováno (ukázka testového sešitu v příloze 3). Testovaní žáci řešili vždy jednu nebo druhou variantu příslušné úlohy. Žáci byli jednotně instruováni [47] a povzbuzeni ke snaze o nejlepší výkon, zároveň ale nestresováni hrozbou známky nebo jiného hodnocení. V rámci testování byli požádáni o zápis postupů svých řešení a případné komentáře k úlohám, se kterými si nevědí rady. Nebylo povoleno používat kalkulačky a gumovat. Na vyřešení testu měli žáci 45 minut, většinou ale stihli test odevzdat před uplynutím tohoto limitu (za 15–30 minut). O průběhu testovaní v každé třídě byl zadavatelem testu sepsán protokol, v němž se mj. evidovaly všechny otázky žáků během testování i doslovné odpovědi zadavatele.[48] Zadavatel měl též za úkol hlídat s pomocí třídního učitele dobré pracovní klima (kázeň) a zabraňovat žákům v opisování.

### Latentní schopnost žáků

Latentní schopnost žáků (resp. kognitivní úroveň žáků projevující se ve znalostech a dovednostech v matematice a českém jazyce) byla vypočítána na základě vstupních testů z matematiky[49] a českého jazyka, z průběžných výsledků jednotlivých vln testování v rámci projektu a známek na posledním vysvědčení z matematiky a českého jazyka (bližší popis viz Vondrová et al., 2019, s. 50–51; 59–63). Rozsah latentní schopnosti žáka $\Theta$ byl stanoven na $-3 < \Theta < 3$, kde hodnoty kolem nuly představují žáka s průměrnou latentní schopností, hodnoty blížící se k 3 žáka s vyšší latentní schopností a hodnoty blížící se k $-3$ žáka s nižší latentní schopností. Pro potřeby souhrnného vyhodnocení vlivu kontextu na úspěšnost žáků s různou úrovní latentní schopnosti (odd. 4.3) byl rozsah latentní schopnosti žáka s nízkou latentní schopností stanoven na $-3 < \Theta < -1$, se střední na $-1 < \Theta < 1$ a s vysokou na $1 < \Theta < 3$ (viz barevné oblasti na obr. 3.1).

---

[47] Instrukce k testu byly následující: Děkujeme, že se účastníš našeho testování. Pro tvé učitele i pro nás je důležité vědět, co žákům v matematice jde a co ne. Pomůže to i tvůrcům učebnic. Úlohy řeš bez použití kalkulačky. Zapisuj i postup řešení a nezapomeň na slovní odpověď. Pokud se ti řešení nevejde na tento papír, požádej učitele o další. Úlohy řeš v libovolném pořadí. Pokud uděláš chybu, negumuj, jen škrtni chybné řešení jednou čarou. Nezapomeň otočit papír na druhou stranu, kde jsou další úlohy. Nepoužívej gumovací pero.

[48] Způsob vhodné (a napříč třídami konzistentní) reakce na předpokládané dotazy žáků byl rovněž součástí poučení zadavatelů.

[49] Vstupní test z matematiky pro 1. stupeň navrhla autorka.

**Zpracování a analýza dat: kvantitativní část**

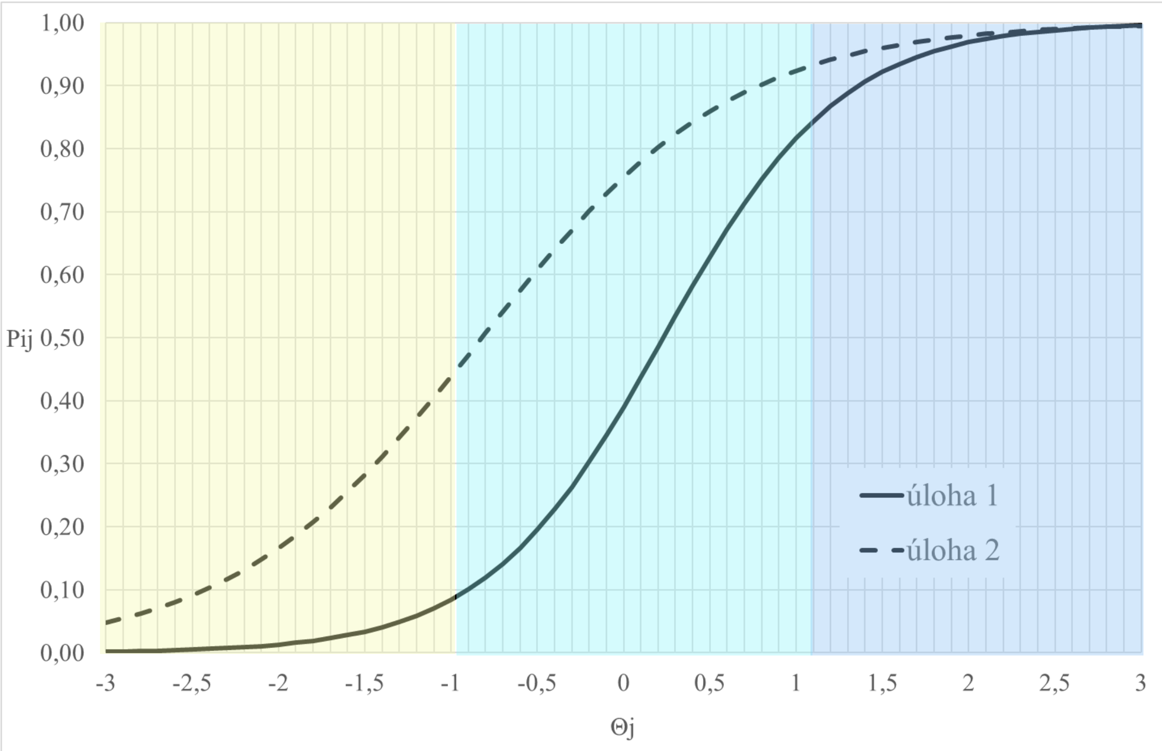
Pro vyhodnocení úspěšnosti řešení úloh jsme v rámci výzkumného projektu (viz oddíl 3.1) zvolili čtyřstupňové hodnocení: 0 bodů za neřešenou úlohu nebo za chybný výsledek bez náznaku správného výpočtu, 1 bod za částečně správné řešení či krok vedoucí dobrým směrem, 2 body za správné řešení s drobnou chybou (numerickou nebo způsobenou přehlédnutím), 3 body za správné řešení.[50] Body byly zapisovány do tabulky společně s dalšími informacemi potřebnými pro kvalitativní analýzu žákovských řešení. Hodnotitelé (proškolení studenti PedF UK a řešitelé projektu) postupovali při bodování podle společného manuálu (ukázka v příloze 4), v případě úloh použitých v této práci bylo hodnocení provedeno nezávisle znovu autorkou tohoto textu a porovnáno s předchozím hodnocením. Bodové hodnocení bylo následně převedeno do dichotomického skórování: hodnocení 0 bodů a 1 bod jako 0 bodů, hodnocení 2 body a 3 body jako 1 bod. Za správná řešení tak byla považována i řešení s numerickou chybou, neboť ta nesouvisí se správností porozumění úloze.

Na základě bodového zisku byla za použití klasické teorie testů spočítána relativní četnost výskytu bodů (0, 1, 2, 3) a vypočítána průměrná úspěšnost $P = \frac{\bar{x}}{max}$ (kde $\bar{x}$ znamená průměrný počet bodů v úloze a *max* dosažitelné maximum). Pro hlubší analýzu statistických charakteristik úloh (obtížnost a diskriminace) byl použit dvouparametrický logistický model Item Response Theory[51] (Lord, 1980): $P_{ij} = \frac{1}{1+e^{-a_i(\theta_j - b_i)}}$, kde $P_{ij}$ představuje pravděpodobnost, se kterou žák $j$ s latentní schopností $\Theta_j$ vyřeší správně úlohu $i$. Parametr $a_i$ charakterizuje diskriminační schopnost úlohy a $b_i$ její obtížnost. Diskriminace se promítá do chyby v určení obtížnosti úlohy (s. e. ($b$)). Oba parametry úlohy ($a_i$, $b_i$) jsou navázány na klíčovou proměnnou – *latentní schopnost žáka* (viz výše). Obtížnost úlohy (parametr $b$) se

[50] U úlohy 5C dostalo žákovské řešení 3 body, pokud kromě správné odpovědi („ano, stihne") obsahovalo i záznam výpočtu nebo zdůvodnění. Dva body získalo řešení s logicky správným zaznamenaným postupem či zdůvodněním, ale chybným závěrem („nestihne, dorazí nastejno") zapříčiněným numerickou chybou nebo menší chybou v úvaze. Jeden bod získalo a) řešení obsahující správnou odpověď, ale nedostatečné, chybné nebo žádné zdůvodnění, b) řešení obsahující chybnou odpověď („nestihne, dorazí nastejno"), ale nějaký postupový krok dobrým směrem. Za chybné odpovědi („nestihne, dorazí nastejno") s nesprávným nebo žádným zdůvodněním bylo 0 bodů. Aby byla zajištěna větší objektivita při posuzování správnosti argumentů u této úlohy, žákovská řešení vyhodnocovali dva na sobě nezávislí hodnotitelé, shoda byla téměř stoprocentní. Za dostatečné argumenty byly považovány například: „Robin/traktor dorazí o 5 minut dříve než otec/cyklista", „Robin/traktor potřebuje na překonání vzdálenosti 30 minut, otec/cyklista 20 minut, ale vyráží s 15minutovým zpožděním" apod.

[51] Statistické vyhodnocení dat pomocí Item Response Theory provedl člen řešitelského týmu projektu GA ČR Martin Chvál.

nachází na stejném kontinuu jako latentní schopnost žáka – čím vyšší je jeho hodnota, tím obtížnější úloha pro žáky je. Tyto parametry úlohy lze vyjádřit grafem (obr. 3.1). Tedy např. z grafů na obrázku 3.1 lze vyčíst, že žák s latentní schopností −2 má vyšší pravděpodobnost (cca 15 %), že správně vyřeší úlohu 2, a téměř nulovou pravděpodobnost, že vyřeší úlohu 1. Žák s latentní schopností +2 má téměř 100 % pravděpodobnost na vyřešení obou úloh. Z umístění křivky lze vyčíst parametr $b_i$ (obtížnost) – čím více je křivka posunutá ve vodorovném směru doprava, tím větší je obtížnost úlohy, kterou představuje. Diskriminace úlohy (parametr $a_i$) je čitelná ze sklonu křivky – čím strmější je křivka, tím lepší diskriminační schopnost úloha má. Tedy např. úloha 1 na obrázku 3.1 je obtížnější a má zároveň lepší diskriminační schopnost než úloha 2, jejíž křivka je pozvolnější a umístěna více vlevo.




**Obr. 3.1:** Ukázka grafické prezentace výsledků IRT pro dvě úlohy; barevně jsou vyznačeny oblasti žáků s nízkou latentní schopností ( ), střední latentní schopností ( ) a vysokou latentní schopností ( )

Statistické výsledky budou prezentovány formou tabulky a grafu. Tabulka obsahuje informace o průměrné úspěšnosti žáků v úlohách (kolik procent žáků z uvedeného počtu danou variantu úlohy vyřešilo správně, nebo správně s numerickou chybou, tedy za 3 nebo 2 body), dále o rozdílech v diskriminaci a obtížnosti mezi jednotlivými variantami úlohy $|a_i - a_j|$ a $|b_i - b_j|$ a dosaženou hladinu významnosti testů ($p$). Testována je platnost nulové hypotézy $H_0$ – žáci jsou stejně nebo méně úspěšní při řešení atraktivní varianty úlohy – proti alternativní hypotéze $H_1$ (odd. 2.4.2). Je-li dosažená hladina *p* menší než 0,05, je výsledek statisticky významný. V případech, kdy je *p* větší než 0,05, ale menší než 0,1, lze předpokládat, že při větším vzorku žáků by rozdíl mohl dosáhnout statistické významnosti, takový rozdíl bude považován za věcný.[52]

**Zpracování a analýza dat: kvalitativní část**

Východiskem pro kvalitativní část výzkumu byla písemná žákovská řešení. Před vyhodnocováním testových sešitů byly pro každou úlohu vytipovány očekávatelné řešitelské postupy a chyby. Postupy byly dále rozloženy do jednotlivých kroků a pojmenovány (viz příloha 4). Hodnotitelé na základě podrobného manuálu zaznamenávali do tabulky k řešení každého žáka výskyt těchto postupových kroků a chyb, společně s dalšími jevy provázejícími řešení (např. přítomnost a typ legendy, použití tabulky, přítomnost odpovědi aj.). Striktně oddělovány byly strategie či chyby s nejasným nebo nejednoznačným původem a pro následnou analýzu nebyly použity. Vyskytla-li se v řešení žáka chyba nebo řešitelská strategie neodpovídající žádné položce v manuálu, byla označena jako *jiná* a po vyhodnocení všech příslušných testů a zjištění její frekvence buď přidána do manuálu a zpětně dohledána a označena ve všech žákovských řešeních, nebo ponechána a analyzována zvlášť v rámci kategorie *jiná*. K tomu sloužila další kolonka v tabulce, která evidovala číselný výsledek úlohy, k němuž žák dospěl (pro rychlou orientaci a vzájemné porovnávání řešení se stejnými chybnými výsledky, a tedy potenciálně stejnými chybnými postupy), a stručný záznam jeho řešitelského postupu. Při nejasnostech byly žákovské práce (jejich skeny) konzultovány alespoň dvěma hodnotiteli. Také v tomto případě bylo hodnocení a evidence strategií a chyb provedeno kompletně dvakrát (nejprve proškoleným studentem či členem řešitelského týmu a později autorkou tohoto textu).

Před vlastní kvalitativní analýzou byla provedena frekvenční analýza nalezených chyb a řešitelských postupů, pozornost byla věnovaná jak chybám s vysokým, tak s nízkým, nebo dokonce ojedinělým výskytem.[53] Následný rozbor chyb a postupů se v této fázi zakládal pouze na písemných řešeních žáků. Tyto interpretace byly snahou o rekonstrukci

[52] „Věcná významnost výsledku znamená, že naměřený rozdíl či zjištěná souvislost je důležitá pro vědecké poznání či praktické účely. Narozdíl od statistické významnosti, která zjišťuje, zda nalezený výsledek je zobecnitelný (tj. zda není způsobený náhodou ovlivňující výběr jednotek či experimentálních podmínek), nám věcná významnost sděluje, zda o výsledku má vůbec smysl hovořit a zda má praktické důsledky (vč. důsledků pro vědu samotnou).“ (Soukup, 2013, s. 127).

[53] Občas tato řešení poukázala na zajímavý jev nebo přispěla k objasnění řešení jiných žáků.

pravděpodobného procesu řešení úlohy žákem[54] a poskytly východisko pro další fázi výzkumu spočívající v rozhovorech s žáky, jejichž cílem bylo objasnit podstatu a příčinu identifikovaných jevů. Výsledky analýzy chyb, případně řešitelských postupů, budou prezentovány tabulkou (kde bude uvedena absolutní nebo relativní četnost výskytu), popisem a ukázkou žákovských prací (jména žáků budou změněna, informace o pohlaví zachována).

### 3.4.2 Rozhovory

Rozhovory s žáky měly tři hlavní cíle: zpřesnit či ověřit správnost vlastní interpretace písemných žákovských řešení získaných v testování (řešitelské strategie a chyby), dále zmapovat kvalitu porozumění textu úloh v jazykové a situační rovině (chápání významu některých slov či slovních spojení, chápání kontextu úlohy) a získat hlubší vhled do charakteristik úloh ovlivňujících zaujetí žáků slovní úlohou.

**Účastníci rozhovorů a průběh získávání dat**

Rozhovorů se zúčastnili žáci 3. a 5. ročníku pěti různých základních škol (*n* = 67). Jednalo se o tři pražské školy (dvě velké školy spádové, jednu menší školu) a o dvě středně velké školy v bezprostřední blízkosti Prahy. Všechny školy mají standardní vzdělávací program a jsou bez zaměření. Rozhovory se uskutečnily v březnu a červnu 2020, účastnili se jich vždy všichni přítomní žáci, přičemž složení žáků bylo v některých školách ovlivněno aktuální situací (výuka v době realizace některých rozhovorů probíhala kvůli omezenému provozu škol částečně distanční formou, proto byly některé třídy málopočetné a co do složení specifické – podrobnosti viz tab. 3.1). Některé rozhovory probíhaly mimo budovu školy (na školní zahradě nebo ve veřejném parku). Všechny rozhovory prováděla autorka, jeden rozhovor trval přibližně 5–12 minut. Rozhovory byly zaznamenávány na diktafon nebo písemně při rozhovoru či bezprostředně po něm.

Rozhovory byly realizovány krátce po vyplnění testového sešitu (podobného jako při testování v kvantitativní části výzkumu – ukázka v příloze 3) sestávajícího ze čtyř vybraných úloh (oddíl 3.3.2), max. 80 minut po jeho vyplnění. Písemné řešení úloh posloužilo jako východisko pro rozhovor při sledování výše zmíněných cílů. Test byl zadán v rámci každého ročníku ve čtyřech různých variantách (schéma viz. tab. 3.2) všem žákům najednou.

[54] Analyzovány byly i škrtnuté či gumované části řešení a další projevy naznačující potenciální průběh řešitelského procesu (například podtrhávání či kroužkování v textu úlohy, náčrtky, ilustrace aj.).

Podobně jako při testování byli žáci seznámeni s cílem výzkumu (zjistit, jak děti jejich věku řeší slovní úlohy a s čím mají při řešení problém) a ujištěni o absenci negativních následků v podobě hodnocení či zveřejnění. Byli rovněž požádáni, aby se pokusili vyřešit úlohy, jak nejlépe dovedou, aby zaznamenali postup či se pokusili vyjádřit, co jim v úspěšném řešení brání. Každá varianta testu obsahovala dvě úlohy s atraktivním a dvě úlohy s neutrálním kontextem, pořadí úloh bylo variováno (viz tab. 3.2).

**Tab. 3.1:** Přehled a charakteristika zapojených škol a účastníků rozhovorů

| škola | popis | roč. | *N* | dívky | chlapci | OMJ | PO1 PO2 | poznámka |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| škola A | menší škola v širším centru Prahy | 3. | **14** | 10 | 4 | 0 | 0 | kompletní třída, 2 žáci nepřítomni |
| škola B | velká spádová sídlištní škola na periférii Prahy | 3. | **9** | 4 | 5 | 1 | 0 | skupina je složena z žáků různých třetích tříd |
| škola C | středně velká spádová škola nedaleko Prahy | 3. | **9** | 4 | 5 | 0 | 3 | většina žáků jsou slabší žáci, kteří nezvládají online výuku v době uzavření škol |
| škola C | středně velká spádová škola nedaleko Prahy | 5. | **7** | 4 | 3 | 0 | 0 | skupina je složena z žáků různých pátých tříd |
| škola D | velká spádová sídlištní škola na periférii Prahy | 5. | **14** | 7 | 7 | 2 | 1 | nekompletní třída, žáci jsou dle učitelky reprezentativním vzorkem celé třídy |
| škola E | středně velká spádová škola nedaleko Prahy | 5. | **14** | 6 | 8 | 1 | 1 | kompletní třída, 6 žáků nepřítomno |

* OMJ – počet žáků s odlišným mateřským jazykem; PO1, PO2 – počet žáků s 1. nebo 2. stupněm podpůrných opatření.

**Tab. 3.2:** Ukázka variant testu pro 3. ročník

| | Test A-I | Test A-II | Test B-I | Test B-II |
|---|---|---|---|---|
| varianta úlohy | 3Aa | 3Dn | 3Da | 3An |
| | 3Bn | 3Ca | 3Cn | 3Ba |
| | 3Ca | 3Bn | 3Ba | 3Cn |
| | 3Dn | 3Aa | 3An | 3Da |

Diagram na obrázku 3.2 ukazuje plánovanou strukturu rozhovoru a formulaci základních otázek. Ty byly tvořeny se snahou o neutralitu a minimalizaci vnucování určité odpovědi respondentovi.[55] Otázky se týkaly znalostí, vnímání a názorů (Patton, 1990, cit. in Hendl, 2005, s. 167–168). Při nedorozumění byla otázka přeformulována nebo doplněna

[55] To se ukázalo jako poměrně náročné.

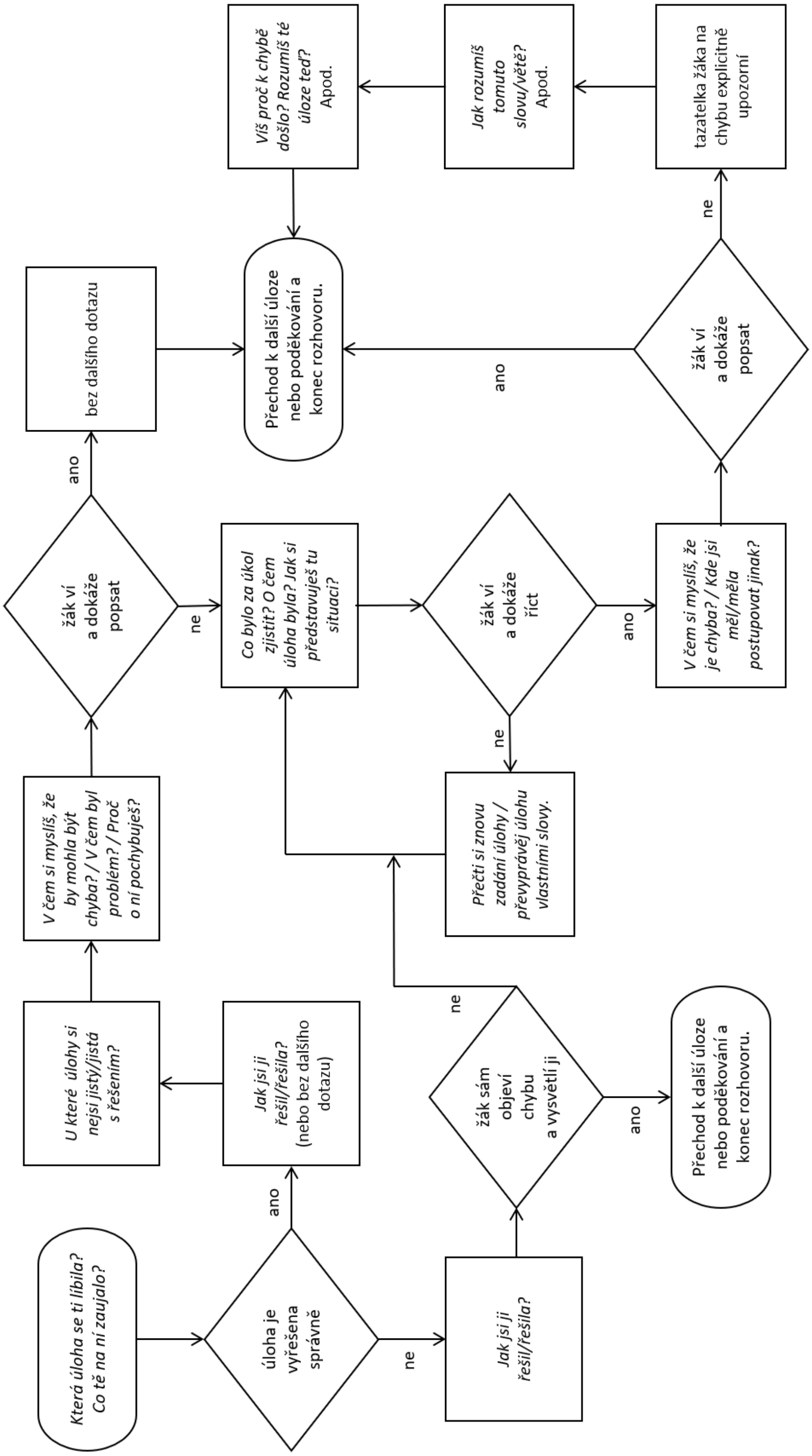
vysvětlující poznámkou. Podobně byly předem zvažovány reakce na možné odpovědi dotazovaných, zejména vědomá korekce reakce na neočekávanou, překvapující odpověď žáka, dále znemožnění dotazovanému z reakce vyčíst, co chce tazatelka slyšet, případně v jeho reakci najít potvrzení své odpovědi. Z pochopitelných důvodů nebyla struktura a forma otázek a reakcí vždy dodržena (neočekávané chyby, reakce žáků, rušivé elementy v okolí, vypadnutí tazatelky z role aj.).

Rozhovory byly polostrukturované, sestavené z otevřených i uzavřených otázek (viz níže), s prvky stimulovaného vzpomínání (Hendl, 2005, s. 188), při němž žák na základě svého písemného záznamu řešení rekapituluje a reflektuje svůj řešitelský postup. Někdy byla využita též technika myšlení nahlas (tamtéž, s. 187), a to v situacích, kdy žák plně pochopil úlohu až během rozhovoru a řešil ji na místě. Rozhovory byly vedeny s vědomou snahou vzbudit a udržet důvěru dotazovaného, k čemuž napomohla struktura dotazování i formulace otázek a povaha reakcí na jejich odpovědi. Rozhovor začal otázkou na úlohu, která řešitele zaujala, poté se zaměřil na úlohy, které se dotazovanému nepodařilo vyřešit. Některé otázky byly formulovány předem, protože vycházely z výstupů kvalitativního vyhodnocení testování, jiné vznikly na místě v reakci na aktuální průběh rozhovoru. Žáci měli na odpověď dostatek času, byli povzbuzováni při popisu svých těžkostí s porozuměním a řešením úloh (např. ujištěním, že jejich odpověď velmi pomohla v porozumění problému, nebo vyjádřením pochopení pro formulační nesnáze, které žáci zažívali).

### Zpracování a analýza dat

Testové sešity s úlohami, které měli žáci vyřešit před rozhovory, byly vyhodnoceny a obodovány stejným způsobem jako při testování v kvantitativní části výzkumu (3 body za správně vyřešenou úlohu, 2 body za správné řešení s numerickou chybou, 1 bod za částečně správné řešení, 0 bodů za neřešenou úlohu nebo chybné řešení). Průměrná úspěšnost žáků v řešení dané úlohy byla spočítána stejným způsobem jako v testování.[56] Body sloužily zejména pro rychlé uspořádání a porovnání řešení žáků a také pro představu o výkonech žáků.

[56] $P = \frac{\bar{x}}{max}$ (kde $\bar{x}$ znamená průměrný počet bodů v úloze a $max$ dosažitelné maximum).




**Obr. 3.2:** Diagram zachycující přibližný průběh rozhovoru a formulaci otázek

Každý rozhovor byl přepsán do písemného protokolu nejpozději jeden den po jeho realizaci. Jednalo se o selektivní protokoly evidující ty části rozhovorů, které by mohly pomoci interpretovat či objasnit sledované jevy (chyby, řešitelské strategie, komentáře vztahující se ke kontextu úlohy), vpisovány do nich byly též poznámky vzniklé při rozhovoru zachycující např. výrazné neverbální projevy žáků, emoce apod. Přepisy byly uspořádány do tabulky umožňující změnu řazení částí rozhovorů dle různých identifikátorů, např. dle chyby, kterou žák udělal, dle preferované úlohy, počtu bodů aj. Pozornost byla věnována nejen jevům, které se objevily v testování, ale také jevům novým, které vyvstaly při rozhovoru. Poznatky z rozhovorů poslouží v oddílech věnovaných výsledkům úloh k objasnění nebo částečnému objasnění, doplnění a interpretaci identifikovaných jevů. Uváděny budou pro ilustraci autentické části rozhovorů formou odsazení textu (delší úryvky rozhovoru) nebo kurzívou v textu (kratší úryvky), obecná čeština v promluvách žáků i tazatelky bude zachována. Jména žáků budou změněna, informace o pohlaví zachována.

### 3.4.3 Dotazník

Cílem dotazníku bylo zjistit, které kontexty žáci sledovaného věku preferují, zda atraktivní, nebo neutrální (kvantitativní šetření), a zmapovat, jakými důvody svou volbu argumentují (kvalitativní šetření). Dotazník byl tedy zaměřen na zjištění mínění a motivů žáků (Chráska, 2016, s. 163). Značná pozornost byla v rámci pilotní studie věnována formulaci klíčové položky (viz oddíl 3.3.1). Vyzkoušeno bylo více možností, z nichž se jako nejvhodnější ukázala nejpřímější formulace „která úloha se ti více líbí?“ a výzva ke zdůvodnění „co se ti na úloze líbilo?“[57] Ty tvořily jádrové položky dotazníku. Dotazník byl dvakrát pilotován, podruhé v upravené podobě na základě připomínek pilotních respondentů (čtyři žáci příslušného věku, šest studentů doktorského studia a vedoucí práce).

**Účastníci dotazníkového šetření a průběh získávání dat**

Dotazník byl distribuován online prostřednictvím oslovených učitelů pražských i mimopražských základních škol a studentů učitelství, kteří byli v době uzavření škol v online kontaktu se svou třídou. Minoritní část respondentů tvoří také rodinní příslušníci těchto učitelů a studentů. Respondenty jsou žáci 2.–6. ročníků ($n$ = 111), cílovými skupinami byli žáci 3. a 5. ročníků, přehled a charakteristika je uvedena v tabulce 3.3. Dotazník byl anonymní. Vyplňován byl žáky v domácím prostředí (obvykle jako součást online výuky

[57] Podobně formulovala otázku Tauchmanová (2014), která zjišťovala situační zájem žáků 8. a 9. ročníku (*zaujal tě tento úkol?*).

realizované zmíněnými učiteli), u mladších žáků s dopomocí rodičů. Dotazník nebyl volně přístupný, ale nelze vyloučit, že se dostal mimo kontrolovaný okruh respondentů. Sběr odpovědí probíhal v období březen až červen 2020.

**Tab. 3.3:** Přehled a charakteristika respondentů dotazníku

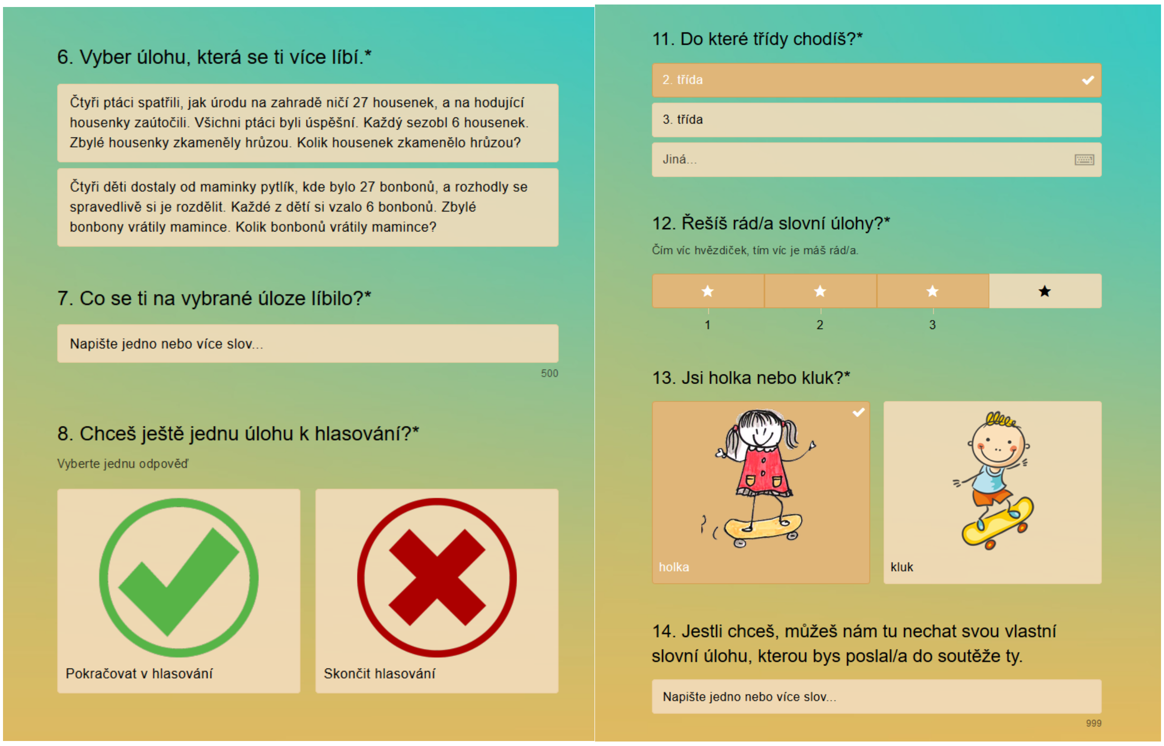
| verze dotazníku | roč. | ***N*** | dívky | chlapci |
|---|---|---|---|---|
| pro 3. ročník | 2. | **10** | 7 | 3 |
| | 3. | **39** | 24 | 15 |
| pro 5. ročník | 4. | **9** | 5 | 4 |
| | 5. | **42** | 21 | 21 |
| | 6. | **11** | 5 | 6 |

### Charakteristika dotazníku

Dotazník je složen z úvodního slova, závěrečného poděkování a dvou hlavních bloků: (1) volba preferovaných variant úloh a její zdůvodnění, (2) základní informace o respondentovi (ročník, pohlaví, míra obliby řešení slovních úloh).[58] Snahou bylo, aby byl dotazník co nejstručnější a uživatelský přívětivý. Úvodní slovo uvádí respondenty do kontextu dotazníku – prosba o pomoc při hlasování o nejlepší slovní úlohu.[59] V prvním bloku mají respondenti označit úlohu, která se jim více líbí (uzavřená položka), na výběr mají vždy ze dvou variant jedné úlohy (viz oddíl 3.3.2), a následně uvést důvody své volby (otevřená položka). Tato položka je povinná a slouží též jako kontrolní, částečně totiž ověřuje, zda předchozí úkon – volba preferované úlohy nebyla náhodná. Dotazník obsahuje celkem čtyři takové volby (čtyři dvojice úloh), po druhé a třetí volbě má respondent možnost se rozhodnout, zda chce v hlasování pokračovat, nebo skončit (ukázka na obr. 3.3 vlevo). Tyto položky fungují jako filtrační, mají za úkol eliminovat odpovědi respondentů, kteří již o dotazování nemají zájem (Chráska, 2016, s. 160). Do druhého bloku, zjišťujícího demografické údaje, je zařazena jedna škálová položka („Řešíš rád/a slovní úlohy?“). Zvolena byla čtyřstupňová grafická posuzovací škála (viz obr. 3.3 vpravo), symbol hvězdičky běžně používaný při hodnocení může napomoci orientaci na škále. Čtyři stupně byly zvoleny proto, aby se respondenti přimkli k jednomu či druhému pólu a nevyhýbali se

[58] Dotazy na demografické údaje o respondentovi je doporučováno zařazovat na konec dotazníku (Chráska, 2016, s. 159).
[59] Text úvodního slova (v dotazníku rozepsán do více řádků): „Ahoj holky a kluci, přidejte se do našeho hlasování o nejlepší slovní úlohy. Jaké slovní úlohy se vám líbí a chtěli byste je řešit v hodině matematiky? Hlasujte! Děkujeme, třída 3. B a jejich učitelka Radka“.

odpovědi volbou prostřední možnosti. Dotazník je uzavřen dobrovolnou výzvou k tvorbě vlastní slovní úlohy, ta v rámci této práce vyhodnocována nebude.




**Obr. 3.3:** Ukázka prvního bloku dotazníku, kde se respondent rozhoduje o pokračování v dotazníku (vlevo), a poslední stránka dotazníku zjišťující demografické údaje (vpravo)

Vytvořeny byly celkem čtyři verze, dvě verze 3-I a 3-II pro mladší žáky (2. a 3. ročník; obsahují úlohy 3A, 3B, 3C, 3D) a dvě verze pro starší žáky (4.–6. ročník; obsahují úlohy 4A, 5A, 5B, 5C). Verze se liší pořadím úloh, a to jak v rámci dvojice variant, tak v rámci celého dotazníku (přehledně viz tab. 3.4), což by mělo eliminovat vliv umístění úlohy na odpovědi respondentů. Každá dvojice posuzovaných úloh byla na samostatné stránce dotazníku. Dotazník umožňoval návrat k předchozím odpovědím a jejich změnu.

**Tab. 3.4:** Ukázka variant dotazníku pro 3. ročník

| | Dotazník 3-I | Dotazník 3-II |
|---|---|---|
| položka 1 | 3Aa | 3Da |
| | 3An | 3Dn |
| položka 2 | 3Bn | 3Cn |
| | 3Ba | 3Ca |
| položka 3 | 3Ca | 3Ba |
| | 3Cn | 3Bn |
| položka 4 | 3Dn | 3An |
| | 3Da | 3Aa |

**Zpracování a analýza dat**

Dotazník byl vytvořen na platformě pro tvorbu dotazníků Survio,[60] která zároveň poskytla podklady pro kvantitativní i kvalitativní vyhodnocení ve formě souboru všech odpovědí. Kvantitativní vyhodnocení dotazníku spočívalo ve frekvenční analýze odpovědí na jednotlivé položky dotazníku. Pro relativně nízký počet žáků jej však lze vnímat spíše jako orientační.

Před kvalitativním vyhodnocením dotazníku byla vytipována očekávaná zdůvodnění preference kontextů a roztříděna do klasifikačních tříd. Ty byly při vyhodnocování jednotlivých odpovědí upravovány a doplňovány. Zejména ve zdůvodněních starších žáků se objevovaly kvalitativně nové odpovědi, proto byly přidány další čtyři kategorie. Kompletní přehled zdůvodnění s ukázkami žákovských odpovědí je uveden v tabulce 3.5. Někteří žáci uváděli více důvodů zároveň, evidována byla všechna zdůvodnění.

Kategorie pro jednotlivé úlohy se mírně lišily (v závislosti na typu kontextu, formulaci úlohy aj.), jádrové kategorie tvoří zdůvodnění poukazující na *příběh* úlohy (na konkrétní objekt, který je součástí příběhu, nebo na situaci), na *osobní vazbu* mezi respondentem a úlohou, dále zdůvodnění *obtížností* úlohy s dvěma podkategoriemi (obtížnost jako odrazující aspekt, obtížnost jako motivující aspekt). Další kategorie byla vyhrazena pro zdůvodnění *obecného charakteru* (zábavnost, vtipnost, originalita, reálnost aj.) a zdůvodnění *nejednoznačná*, připouštějící více interpretací. Také je nutné vzít v úvahu formulační zkreslení – žáci mohli použít pro vyjádření zamýšleného významu slovo, které má ve skutečnosti jiný význam.[61] Při interpretaci jsem se tedy soustředila na věcná a konkrétní vyjádření. V ilustracích využitých v oddílu věnovaném výsledkům budu uvádět také doslovná vyjádření žáků (psáno kurzívou).

[60] Dostupné na odkazu www.survio.com.

[61] To se ukázalo při pilotních rozhovorech (odd. 3.3.1), v nichž žák například použil vyjádření *úloha je smyslná*, při upřesnění ovšem vyšlo najevo, že chtěl vyjádřit *smysluplná* (ve významu *lze se z ní poučit*, *má smysl ji řešit*, *je reálná*) nebo dokonce *srozumitelná* (té druhé úloze nerozumí).

**Tab. 3.5:** Kategorie zdůvodnění preferencí kontextů s ukázkami žákovských výpovědí

| **kategorie** | | **ukázky žákovských výpovědí** |
|---|---|---|
| příběh | objekt | *líbí se mi, protože je tam lichožrout; bonbony; Hvězdná loď* |
| | situace/děj | *sežrali je ptáci; líbí se mi, že holky slaví společně; je to příběh* |
| osobní vazba | | *miluju lichožrouty; připadám si jako superhrdina; taky chodím na gymnastiku* |
| obtížnost | odrazující | *byla jednodušší; jde to lehce spočítat* |
| | motivující | *dobrý nápad – trošku těžší* |
| obtížnost specifikovaná* | délka textu | *je kratší; není tak dlouhá* |
| | srozumitelnost | *šla víc pochopit, je to zřetelnější; nejsou tu slova, kterým nerozumím* |
| | představitelnost | *svoji třídu si umím představit; umím si to představit* |
| obecná charakteristika | nespecifikovaná | *byla hezká; je lepší* |
| | zábavná | *bavila mě víc* |
| | zajímavá | *zajímavější; zajímavé zadání* |
| | nová/originální | *lichožrouti jsou zábavní a hned tak se nevidí; více nenormální; ještě nikdy jsem neviděla úlohu z filmu* |
| | reálná* | *že je opravdická; že se to může stát* |
| | vtipná | *byla srandovní; legrační jména; vtipná* |
| | jiná | *že to bylo takový tajemný, jak se to odehrává ve skříni; akční* |
| jazyk | | *trojčata Nela, Bela, Lea, protože se to rýmuje; Prchal prchá* |
| antipatie | | *první je nuda, druhá je lepší; nebyla tak strašidelná; TY je lepší než někdo* |
| nespecifikované | „líbí se mi“ | *líbí se mi to víc; byla dobrá; ani nevim, prostě byl dobrej* |
| neurčité, jednoznačné | | *nevím* |

* Objevilo se pouze u žáků 5. a 6. ročníku.

# 4 Výsledky výzkumu

## 4.1 Preference kontextů

V této části budou představeny výsledky týkající se preference kontextů *atraktivních* vs. *neutrálních* získané na základě vyhodnocení dotazníku a rozhovorů. Zvlášť budou vyhodnoceny úlohy pro mladší žáky (3A, 3B, 3C, 3D) a zvlášť pro starší žáky (4A, 5A, 5B, 5C). Nejprve budou uvedeny výsledky frekvenční analýzy dotazníku společně s klasifikací žákovských zdůvodnění, které budou následně konfrontovány s výstupy z rozhovorů s žáky.

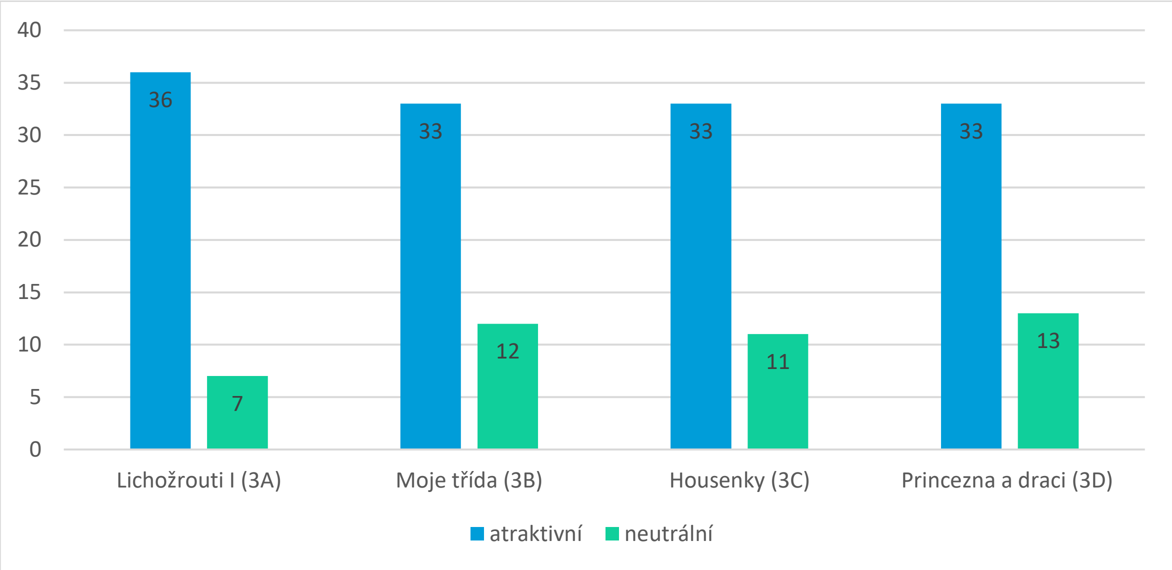
### 4.1.1 Preference mladších žáků

Dotazník vyplnilo celkem 49 žáků (31 dívek, 18 chlapců) převážně 3. ročníku (10 žáků 2. ročníku, 39 žáků 3. ročníku), dva dotazníky byly vyřazeny.[62] Medián času stráveného vyplňováním dotazníku je cca 6,5 minuty,[63] dotazník byl vyplňován převážně v odpoledních hodinách. Osm žáků se rozhodlo ukončit vyplňování po prvních dvou úlohách, 2 žáci po třech úlohách ze čtyř. Průměrné ohodnocení svého vztahu k řešení slovních úloh (odpověď na otázku „Řešíš rád/a slovní úlohy?“) bylo na škále 1–4 blíže ke kladnému vztahu (průměrná hodnota 2,8). Graf na obrázku 4.1 shrnuje výsledky hlasování o preferovaném kontextu. Jak je patrné, ve všech sledovaných dvojicích výrazně převládala preference kontextů atraktivních.

Nejčastější vyjádření vysvětlující preferenci atraktivní varianty úlohy 3A Lichožrouti I (oddíl 3.3.2) (36 žáků) byly z kategorie příběh – objekt, příběh – situace (např. *líbil se mi lichožrout a jak rychle jedl*).[64] Časté bylo také vyjádření osobní vazby (*miluju lichožrouty*; *poslouchám lichožrouty na spaní*) a obecné charakteristiky úlohy (*protože je to srandovní*; *vtipná akční*). Žáci preferující neutrální kontext (7 žáků) v polovině případů argumentovali obtížností, a to v obou směrech (*šla víc pochopit*; *bylo to těší než lichožrout*). Objevila se také osobní vazba a reflexe aktuálního tématu (*mám ráda babičky*; *mě se líbyla úloha 2, protože moje babička taky šije a i dokonce roušky*). Zajímavé je, že slovo babička se v textu vůbec nevyskytuje. Při rozhovorech s žáky tuto úlohu (respektive její atraktivní variantu)

[62] Jednalo se o jeden dotazník žáka 5. ročníku a jeden dotazník dospělé osoby, zřejmě osloveného učitele.
[63] V mediánu nejsou započítány dva dotazníky, které respondenti odeslali po více než třech hodinách, pravděpodobně v důsledku opomenutí.
[64] Text psaný kurzívou je doslovným přepisem odpovědí žáků, včetně gramatických a jiných odchylek. Doplněna byla v některých případech pouze diakritická znaménka (pro větší srozumitelnost).

zvolili v konkurenci ostatních úloh (tzn. 3B, 3C, 3D) tři žáci, přičemž jedna z žákyň ocenila zajímavost kontextu navzdory tomu, že o lichožroutech předtím nikdy neslyšela (v rozhovoru o úloze je označovala synonymem ponožkožrouti).




**Obr. 4.1:** Preference kontextů – mladší žáci

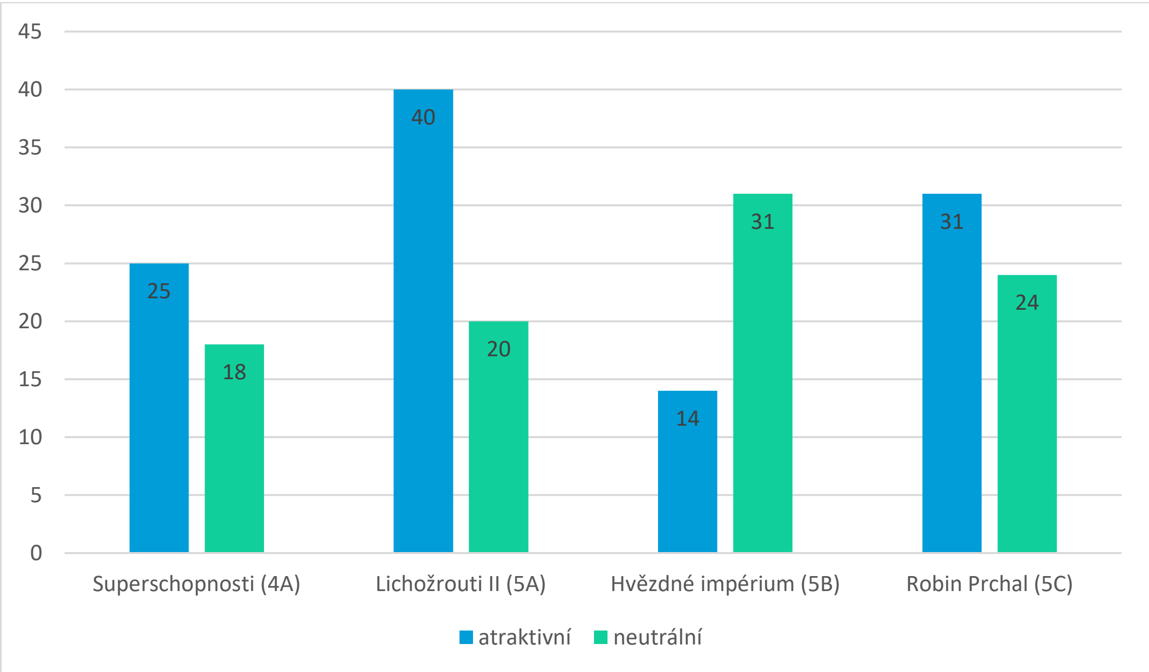
Nejfrekventovanějším důvodem pro volbu atraktivní varianty úlohy 3B Moje třída (oddíl 3.3.2) byla očekávaně osobní vazba. Z 33 žáků, kteří hlasovali pro tuto variantu, jich 22 odpovědělo ve smyslu *líbí se mi víc, protože je o mně* (*jsem tam já*; *ty je lepší než někdo* apod.). Objevily se také odpovědi, které naznačují, že se žáci s úlohou konfrontovali (*líbilo se mi*, *že bych mohl být větší než spolužáci*; *já jsem nejmenší a v úloze větší*). Tři žáci přímo zmínili, že je snadnější na řešení nebo představu, vysvětlení ostatních byla nejednoznačná nebo obecná (*je lepší; měse líbila protože je dobrá*). Jeden z žáků napsal, že se mu moc nelíbí ani jedna z variant, a druhý místo vysvětlení preference napsal, že si všiml, že úlohy jsou skoro stejné. Opačnou variantu volili žáci (12) zejména kvůli jménu či osobě Tomáše (*protože je o Tomášovi*; *že to není o mně, ale o Tomášovi* apod.), objevily se tam i osobní důvody (*můj strejda se jmenuje Tomáš*; *Tomáš je kamarád*). Dvěma žákům se varianta s neutrálním kontextem zdála *lehčí*, *lepšeji vysvětlená*. V rozhovorech byla tato úloha vybírána poměrně často (v 7 případech), důvodem byla kromě jednoho případu (*nejlehčí a nejzábavnější*) obtížnost jako motivující prvek (*je těžší, musel jsem přemýšlet*; *protože je zákeřná*; *protože mi přišlo, že by to zvládnul jenom ten, kdo by si řekl, že ještě JÁ*).

V úloze 3C Housenky (oddíl 3.3.2) byl nejčastějším důvodem volby atraktivního kontextu (33 žáků) argument spadající do kategorie příběh (*jak housenky zkameněly*; *protože je* *o zvířátkách*), často se objevovaly také obecné charakteristiky (*byla srandovní*; *zadání je napínavé*; *je modernější a pro starší povahy*). Jeden z žáků vysvětloval svou volbu poukázáním na nezdravost bonbonů pro dětské zuby, a naopak prospěšnost ptáků na zahradách. Preference neutrálního kontextu (11 žáků) byla nejčastěji vysvětlována rovněž příběhem (*jak si rozdělili bombony*; *protože jsou tam sladkosti*), po jednom případě se objevila preference na základě menší obtížnosti (*byla jednoduchá*) a antipatie k opačné variantě (*housenky mě štvou v Matýskově matematice, už to pro mě není nové*). V rozhovorech atraktivní variantu s housenkami nikdo z žáků neoznačil, naopak třem žákům byla v porovnání s ostatními testovými úlohami sympatická varianta neutrální s bonbony (*protože to pro mě bylo lehký*; *protože se rozdělili a každej si vzal 6 bonbonů*).

Podobně jako v předchozích úlohách i v úloze 3D Princezna a draci (odd. 3.3.2) (33 žáků) dominovalo odůvodnění příběhem, resp. pohádkou (*úloha je jako pohádka*; *Zuběnka*; *líbili se mi draci a jak koukaly očima na princeznu*). Tři žáci se vyjádřili ve smyslu, že úlohu s princeznou si *uměli představit*, *zněla lehčeji* a narozdíl od úlohy s kabáty *dávala smysl*. Zajímavé byly argumenty v kategorii obecná charakteristika u této varianty (*srandovní*; *nenormální*; *že je strašidelná*; *první je nuda, druhá je lepší*). O nudě se zmiňuje v souvislosti s neutrálním kontextem ještě další žák (*první mě nebavila číst*), od tří dalších žáků se ale naopak dozvídáme, že je úloha s kabáty zaujala tím, že je realistická (*že je to z opravdického* světa) a že není narozdíl od druhé strašidelná. Našel se také žák, ve kterém vzbudila větší zájem představa kabátů ve skříni (*že to bylo takový tajemný, jak se to odehrává ve skříni*). Dalšími důvody pro neutrální variantu (celkem volilo 13 žáků) byla přítomnost mincí (peněz) a jejich počítání. Ostatní argumenty směřovaly k obtížnosti, resp. srozumitelnosti a orientaci v zadání (*v úloze s draky bylo až moc věcí*; *víc jsem si to uvědomovala než zuby*; *byla pochopitelná*). Úloha, v obou variantách, byla často volena jako nejlepší z testového sešitu v rámci rozhovorů (ve srovnání s ostatními úlohami 3A, 3B, 3C). Třem žákům se líbila varianta s princeznou, důvodem byla ve všech případech přítomnost draků (*mě se líbila ta s těma očima, já mám ráda totiž draky*). Čtyři žáci argumentovali obtížností, jeden uvedl, že pro něj byla úloha s kabáty nejlepší, protože byla lehká, ostatní žáci naopak ocenili, že pro ně byla výzvou (*protože nejdřív jsem to nechápala, takže to bylo docela bez srandy, ale pak jsem to pochopila, protože jsem to četla Káje, a pak jsem to už začala chápat*; *musel jsem hodně přemejšlet, to se mi líbí, protože to nemusí být tak lehký, že bysem to tam napsal a bylo by to správně*; *že tam byly kapesníky navíc, že mě trochu zmátly ty kapesníky*).

### 4.1.2 Preference starších žáků

Dotazník vyplnilo celkem 62 žáků (31 dívek, 31 chlapců), z nichž většina byli žáci 5. ročníku (42). Dotazník byl vyplňován převážně v dopoledních a v brzkých odpoledních hodinách. Medián času stráveného vyplňováním dotazníku je cca 7 minut, více času mu věnovali žáci, kteří v rámci poslední položky formulovali svou vlastní úlohu (kolem 20 minut). 19 žáků se rozhodlo ukončit vyplňování po prvních dvou úlohách (většina z nich vyplňovala variantu dotazníku 5-I), dalších 7 žáků po třech úlohách ze čtyř. Graf na obrázku 4.2 shrnuje výsledky hlasování o preferovaném kontextu. V případě starších žáků nebyly výsledky tak jednoznačné jako u mladších žáků. S výrazným náskokem byla preferovaná pouze atraktivní varianta úlohy 5A Lichožrouti II a neutrální varianta úlohy 5B Hvězdné impérium. V ostatních dvou dvojicích je rozdíl menší s mírně vyšší preferencí atraktivních kontextů.




**Obr. 4.2:** Preference kontextů – starší žáci

Podobně jako v personalizované variantě úlohy pro mladší žáky převažoval i v případě atraktivního kontextu úlohy 4A Superschopnosti (oddíl 3.3.2) argument poukazující na osobní vazbu (*že ta úloha byla o mě*; *mám superschopnosti, to je super*; *že bych skákala 6 m wooow*; *je to zvláštní a připadám si jako superhrdina*). Z odpovědí v dotazníku se tedy zdá, že někteří žáci personalizaci přijali. Dva žáci explicitně zmínili, že si ji dovedou lépe představit (*protože si to jde lépe představit*). Ostatní žáci se vyjádřili v obecné rovině, nebo jako důvod volby uvedli jen slovo superschopnosti či nadpřirozené schopnosti. Neutrální variantu s klokanem Skippym volili žáci nejčastěji s odůvodněním, že je to úloha o zvířeti (*je tam zvíře*; *je o zvířeti a né o metrech*; *mám ráda úlohy o zvířatech*). Dva žáci ocenili, že narozdíl od atraktivní varianty je tato z reálného světa (*je to více reálné*). Objevil se také komentář, že je úloha více přehledná a smysluplná, ovšem bez další specifikace. V rozhovorech s žáky byla jedna či druhá varianta této úlohy relativně často volena jako nejlepší z celého testového sešitu (5krát neutrální, 4krát atraktivní), tedy v konkurenci s některou variantou úloh 5A, 5B, 5C, důvodem byla dle výpovědí žáků její nižší obtížnost a srozumitelnost (*dávala mi smysl, rozuměl jsem jí, byla lehká*; *bylo to snadný, dávala mi smysl, že bych jí mohla vypočítat*; *přišla mi logická, věděla jsem, jak to řešit*). Jednomu žákovi přišla neobvyklá (atraktivní varianta), a proto se mu líbila, druhého *bavilo řešit ji*. Na dotaz, zda si žáci představili sami sebe, jak skáčou, odpověděli všichni dotazovaní záporně (*Představil sis, že skáčeš? Proběhla ti ta představa hlavou? – Ne. Vůbec to tam neproběhlo.*).

Variantu úlohy s Lichožrouty II 5Aa (oddíl 3.3.2) upřednostňovali žáci nejčastěji s odkazem na osobní vazbu nebo zaujetí tématem (*mám rád pohádky, proto se mi líbí*; *je o knížce, která je dobrá a líbí se mi*; *JE TO O LICHOŽROUTECH!*; *protože lichožrouti jedí moje ponožky*). Také se objevovaly výroky vyjadřující vliv kontextu na představu situace (*viděl jsem lichožrouty a umím si to lépe představit*; *sice nevím jak vypadá lichožrout ale představuji si ho jako želvu kříženou s lenochodem, ale prostě dokážu si to líp představit*; *je zábavnější a více se v ní vyznám*; *zábavnější, pro pochopení jednouší*). Četné komentáře narážely na vtipnost a zábavnost či originalitu úlohy (*ještě nikdy jsem neviděla úlohu z filmu*; *vtipné a pravdivé*; *líbí se mi jak je napsaná zábavně*). U varianty úlohy 5An o prádle zaznívaly častěji argumenty o realističnosti a praktičnosti úlohy (*je to podle pravdy*; *dalo ti to nějakou radu*; *protože mi příde víc normální*). Dále zmiňovali jako důvod volby, že je kratší a jednodušší na řešení (*jde to lehce zpočítat a je smysluplná ta druhá mi docela zamotala hlavu*). Několik žáků explicitně zmínilo, že je zaujala skutečnost, že barevné prádlo na slunci rychleji bledne. Stejný argument vyslovil také jeden z žáků při rozhovorech (*jestli je to vážně pravda, tak je to velmi zajímavý, že barevné prádlo bledne rychleji, přišlo mi hodně zajímavý – ne že by mě to bavilo, ale že jsem se z toho něco dozvěděl*). Ostatní žáci v rozhovorech argumentovali svůj výběr neutrální varianty její snadností ve srovnání s ostatními úlohami v testovém sešitě. Na snadné řešení naráželi také ti, co volili variantu atraktivní (*mě hodně zaujala s tím časem, bylo tam rychlý počítání, ale bylo celkem dost akcí a nebylo to těžký, s hodně číslama*; *zábavný a bylo jednoduchý se k tomu dostat, ale zároveň se toho muselo hodně počítat*).

Naopak jako příjemnou početní výzvu označil úlohu s lichožrouty jeden z žáků (*mě bavila, jak byla těžší*).

Preferovanou variantou v úloze Hvězdné impérium (oddíl 3.3.2) byla neutrální o oslavě narozenin. Vysvětlení žáků často vycházela z porovnání s variantou atraktivní (*neni to válečné*; *líbí se mi prostě víc protože neznám Hvězdného impéria*), nejčastěji s narážkou na porozumění (*rozumím každému slovu*; *první možnost nechápu*; *nejsou tady slova kterým nerozumím na rozdíl od první úlohy*; *lépe by se mi počítala* apod.). Ojedinělé nebyly ani osobní vazby na kontext (*mám ráda organisování oslav*; *taky chodím na gymnastiku*) a zaujetí jazykem (*trojčata Nela, Bela, Lea protože se to rýmuje*; *legrační jména*). Žáci volící kontext inspirovaný sci-fi byli zaujati, dle jejich slov, zejména příběhem – objektem nebo situací (*Hvězdná loď*; *že na ní zaútočila armáda*) a projevovali též osobní vazbu (*mám rád hvězdné války*; *STAR WARS!!!*). Někteří žáci explicitně uváděli, že je úloha *více přehledná* nebo lepší na představu (*druhá úloha, protože si to lépe představím a mám rád cokoliv „hvězdného“*). Dále zmiňovali originalitu, akčnost a zajímavost zadání, což zaznělo také v rozhovorech (*nejlepší byli fauni, mám rád takový ty akční věci*). Jeden z žáků, který rovněž přirovnal úlohu k filmu Star Wars, po dotazu vyjasnil, že přesně neví, co jsou fauni, fregaty a korvety (*možná nějaký děla asi, nevim*), ale že mu to při řešení nevadilo. Výběr neutrálního kontextu oslavy narozenin odůvodňovali dotazovaní žáci nejvíce snadným řešením. Ve dvou případech hrála roli zjevně osobní vazba (*nachází se tam něco, co mám ráda*; *já jsem taky dělala oslavu*).

Humorná varianta úlohy 5C Robin Prchal (oddíl 3.3.2) byla nejčastěji volena, dle komentářů žáků, právě kvůli humornosti (*úloha je vtipnější a zábavnější*; *že je celkem vtipná*; *její vtipnost*; *tady jsem se na smál* apod.). Někteří žáci oceňovali, že je reálná a poučná (*je to ze života, legrační*; *je super, že je o škole*; *bral bych tuto úlohu, aby se z toho děti poučili že se to dělat nemá*), či jazykovou hříčku (*Prchal prchá! :)*). Ostatní, co ji volili, poukazovali na příběh, buď obecně (*má nějaký příběh*; *úlohy jsou si podobné ale 1 je zajímavější a má příběh*), nebo na konkrétní situaci (*nejvíc se mi líbilo že tatínek jel na čtyřkolce*; *měl dudku takže profesionál*; *že Robinův táta jel na tříkolce*). Jeden z žáků místo zdůvodnění své volby úlohu vyřešil. Opačnou variantu volili žáci zejména s vysvětlením, které se týkalo její nižší náročnosti (*méně textu*; *pro mě byla lépe napsaná a kratší*; *příde mi to jednodužší*; *lepší pro představivost*; *lépe se mi čte*; *zdá se mi srozumitelnější – rychle jsem jí pochopila*), a zmiňovali též objekty úlohy (*protože tam byl traktor*; *že to je o městech*; *traktor!*). Dvakrát se objevila i volba z určité antipatie k atraktivní variantě (*nebyla praštěná*; *druhá úloha neni poučná ale na opak*). Při rozhovorech pouze tři žáci označili jednu či druhou variantu této úlohy za nejlepší z testového sešitu. Často ji komentovali již během vyplňování testového sešitu nebo spontánně na začátku rozhovoru či při diskusi jiné úlohy, chtěli vědět, zda je jejich závěr správný. Že byla úloha náročná, potvrzuje i komentář jedné žákyně (*nejvíc se mi líbila tahle, i když byla těžká, protože tam bylo hodně děje, já ráda čtu knížky, líbili se mi i ty fauni*). Druhým důvodem byla již zmiňovaná vtipnost úlohy. Odůvodnění žáka, který zvolil variantu s traktorem, mělo dva zdroje, osobní vazbu a zaujetí řešením (*zaujal mě ten traktor, mě totiž baví počítání kilometrů v hodině, když jsem byl menší, tak jsem vždycky počítal, jak dlouho ještě pojedu k babičce*).

## 4.2 Úspěšnost řešení

Výsledky jsou uspořádány následovně: v rámci každé úlohy je nejprve uvedena kvantitativní analýza (úspěšnost žáků, diskriminace a obtížnost obou variant úlohy), následuje kvalitativní analýza chyb a řešitelských postupů s ukázkami žákovských prací. Ve většině případů bude uvedena i četnost těchto jevů, která pomůže dokreslit představu o síle vlivu kontextu na řešitelský proces. Dále budou vysledované řešitelské postupy, chyby a další jevy diskutovány ve světle rozhovorů s žáky. V některých případech je v souvislosti s nalezenými jevy provedena doplňující analýza textu obou variant úlohy. Vyhodnocení každé úlohy uzavírá stručné shrnutí reflektující očekávání. Poslední oddíl této kapitoly nabízí průřezovou analýzu testovaných úloh z hlediska vybraných jevů (diskriminace, obtížnost pro jednotlivé výkonnostní skupiny žáků, zájem žáků úlohu řešit).

### 4.2.1 Úloha 3A: Lichožrouti I

**Atraktivní varianta (3Aa)**: *Čtyři ponožky sežere vyhládlý lichožrout za 28 minut. Za jak dlouho sežere jednu ponožku? Kolik času by potřeboval na tři ponožky?*

**Neutrální varianta (3An)**: *Čtyři ponožky uplete paní Horká za 28 minut. Za jak dlouho uplete jednu ponožku? Kolik času by potřebovala na tři ponožky?*

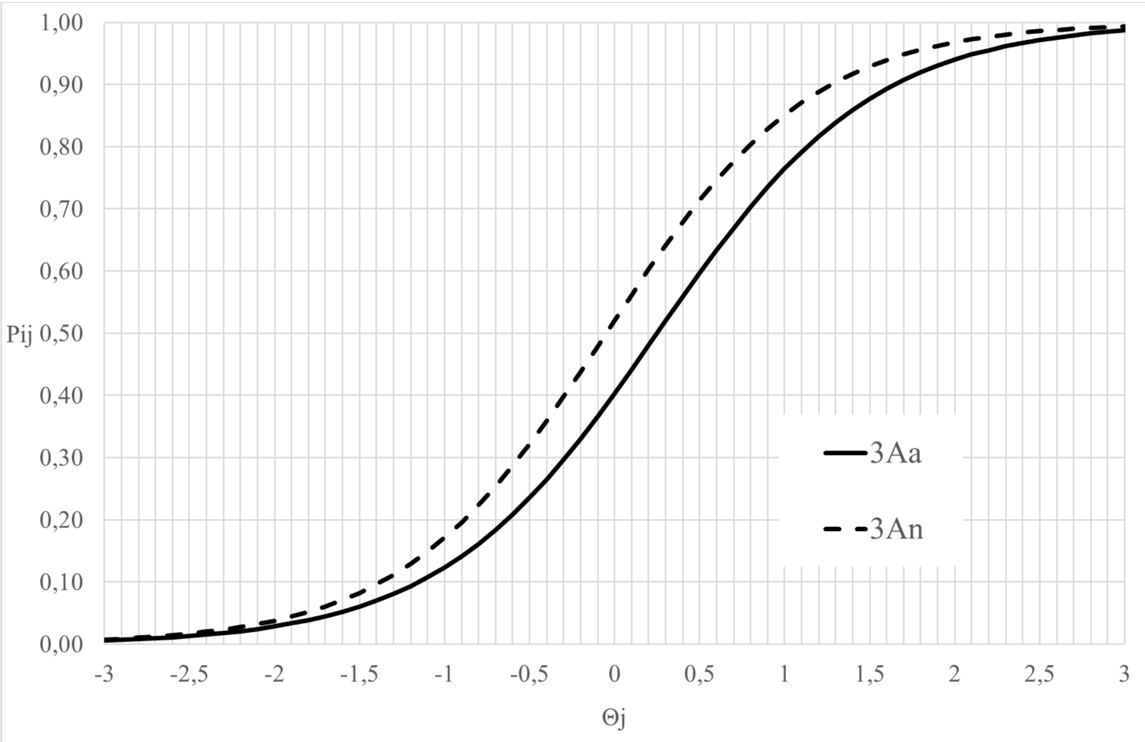
Výsledky v tabulce 4.1 ukazují, že žáci řešící variantu s atraktivním kontextem byli méně úspěšní než žáci s variantou neutrální. Rozdíly sice nejsou statisticky významné, ale lze je označit za věcné. Obě varianty dobře diskriminují, úloha byla pro žáky daného věku srozumitelná a přiměřeně náročná (průměrná úspěšnost 47 %). Z grafů na obrázku 4.3 lze vyčíst, že úspěšnější byli ve variantě 3An zejména žáci se střední a vyšší latentní schopností

(−1 < Θ < 1,5), v úspěšnosti žáků s nižší latentní schopností se rozdíl v kontextu neprojevil (v obou variantách měli tito žáci nízkou úspěšnost).

**Tab. 4.1:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 3A (3. ročník)

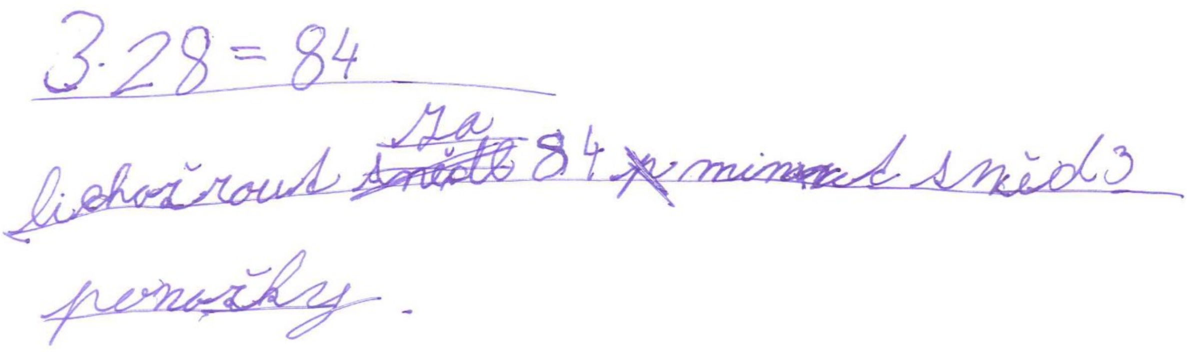
| varianta | *N* | úspěšnost | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 180 | 44 % | 1,57 | 0,35 | 0,25 | 0,12 | 0,09 (0,899) | 0,3 (0,078) |
| neutrální | 171 | 51 % | 1,66 | 0,62 | −0,05 | 0,12 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.




**Obr. 4.3:** IRT grafy pro varianty úlohy 3A (3. ročník)

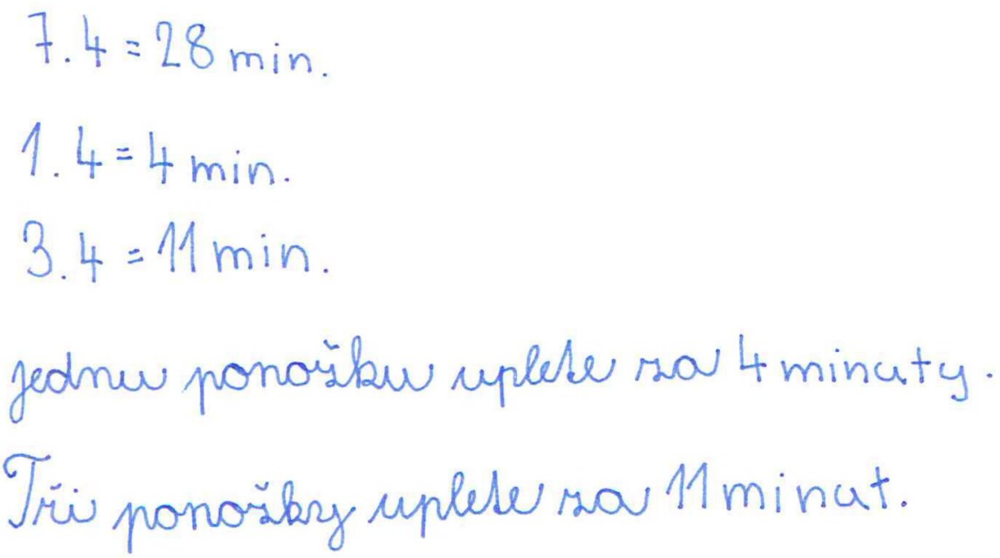
Z hlediska používaných řešitelských postupů a chyb byla úloha velmi pestrá (přehled chyb a jejich relativní četnost ukazuje tab. 4.2 níže). Nejčastěji se stávalo, že žáci zakončili svůj výpočet odpovědí na první otázku a druhé se již nevěnovali (ch1). Často také naopak vynechávali první krok (tedy zjištění potřebného času na jednu ponožku) a pracovali pouze s druhou otázkou, čímž docházeli k chybným výsledkům (ch2). Ze škrtnutých výpočtů v testových sešitech lze vyčíst, že se žáci nezřídka pokoušeli získat výsledek vydělením 28 : 3, což pravděpodobně v důsledku nesoudělnosti obou čísel opustili. Potvrzuje to mj. také záznam v jednom z protokolů: žák se ptal, zda šije každou ponožku stejně rychle a jestli je to přesně 28 minut a ne třeba 28,5 minuty. Specifický druh této chyby (ch3) ukazuje řešení Přemysla (obr. 4.4), který si nevypočítal čas potřebný na jednu ponožku (jako by přehlédl informaci, že se jedná o čtyři ponožky), ale rovnou násobil třemi. Tato chyba nebyla ojedinělá, proto je v tabulce chyb vyhodnocena zvlášť. Za pozornost stojí také přeškrtnutá část Přemyslovy odpovědi – původně chtěl napsat, že lichožrout *snědl 84 ponožek* (tedy nikoliv za 84 minut). Podobné odpovědi, kde žáci zaměňovali jednotky času a ponožky, jsem zaznamenala u více žáků (např. „za 7 minut uplete 21 ponožek“, „každý dostal 3 a sežere 1 za 6 minut“, „za 3 minuty potřebuje 7 minut a za 1 ponožku potřebuje 1 minutu“ aj.).



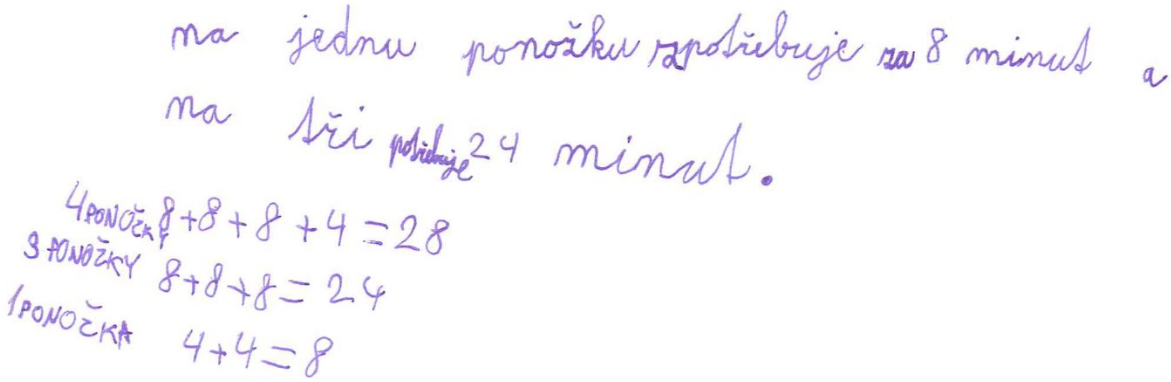

**Obr. 4.4:** Řešení Přemysla (varianta 3Aa)

Tato záměna (ponožek a minut) se projevovala i na číselné úrovni, v rámci výpočtu druhého kroku 7 · 3 = 21 (ch4). To je vidět například na řešení Libuše (obr. 4.5). Číslo 7 získané v prvním kroku (7 · 4 = 28) nepřejímá do následujícího výpočtu, ale používá číslo 4, které již logicky správně násobí číslem 1 a pak 3 (s numerickou chybou). Zajímavý, ale nikoliv neobvyklý, je také způsob, jímž Libuše hledá podíl 28 : 4. Ona i mnozí další žáci hledali podíl pomocí součinu, opakovaného sčítání či odčítání (které je patrné např. i v řešení Ludmily, obr. 4.6), rozkladem 28 na poloviny a čtvrtiny, experimentální cestou nebo i graficky (viz řešení Bořivoje, obr. 4.7). Domnívám se, že numerická náročnost tohoto kroku je spoluzodpovědná právě za Libušinu (potažmo Ludmilinu i Bořivojovu) chybu – při hledání vhodných čísel do součinu se jí ztratila informace o tom, které číslo představuje ponožky a které minuty. Tento postupový krok zřejmě vyžadoval větší příděl energie, která pak chyběla v dalších krocích. O tom, že dělení bylo pro mnohé žáky náročné, svědčí také množství numerických chyb právě v tomto kroku.[65]

[65] Testování probíhalo v prosinci, žáci byli relativně čerstvými žáky 3. ročníku, a tedy je možné, že násobilku čtyř ještě neměli dostatečně zažitou.



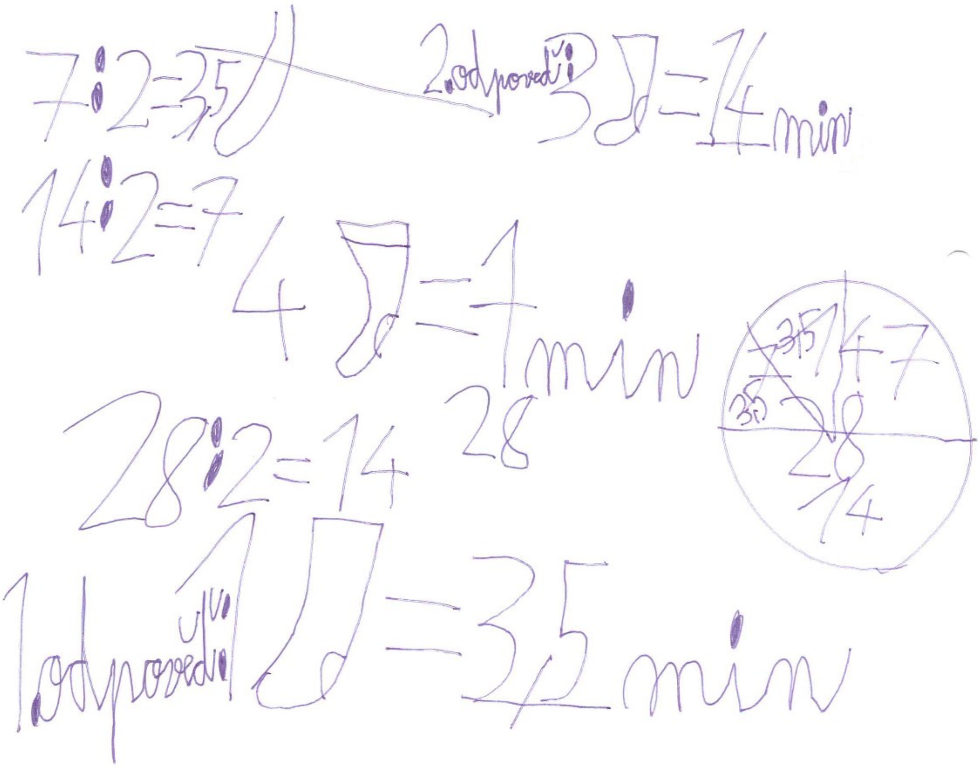

**Obr. 4.5:** Řešení Libuše (varianta 3An)



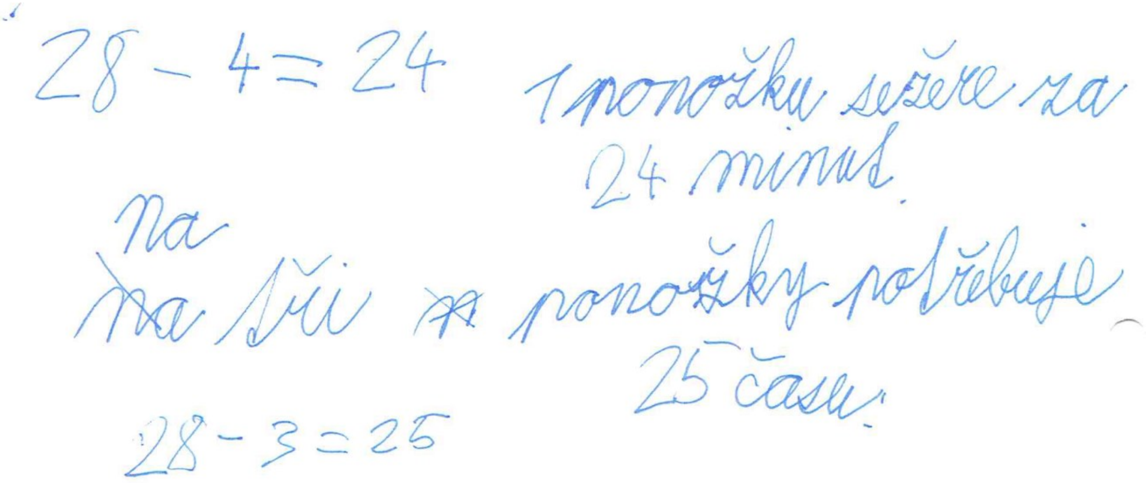

**Obr. 4.6:** Řešení Ludmily (varianta 3An)

Poslední chybou s vyšším výskytem bylo aditivní chápání situace (ch5), které je dobře patrné z řešení Jaroslavy (obr. 4.8). Odpověď 24 se objevovala často – žáci místo dělení čtyřmi odčítali čtyři, domnívaje se, že získají čas potřebný na jednu ponožku, a podobně, byť jinou logikou, získávali i čas na tři ponožky (28 − 3 = 25).

U pěti žáků jsem zaznamenala, že s ponožkami pracují jako s *páry* ponožek. V jejich postupech figuruje násobení nebo dělení dvěma. Další chyby shrnuté pod označením jiné (ch7) se nevyskytovaly více než dvakrát. Mnohé záznamy řešitelských postupů neumožňovaly určit původ dalších chyb (ch8), žáci uváděli pouze výsledky, nebo používali čísla, která nebyla uvedena v zadání úlohy a nebylo zjevné, jak je získali.




**Obr. 4.7:** Řešení Bořivoje (varianta 3An)



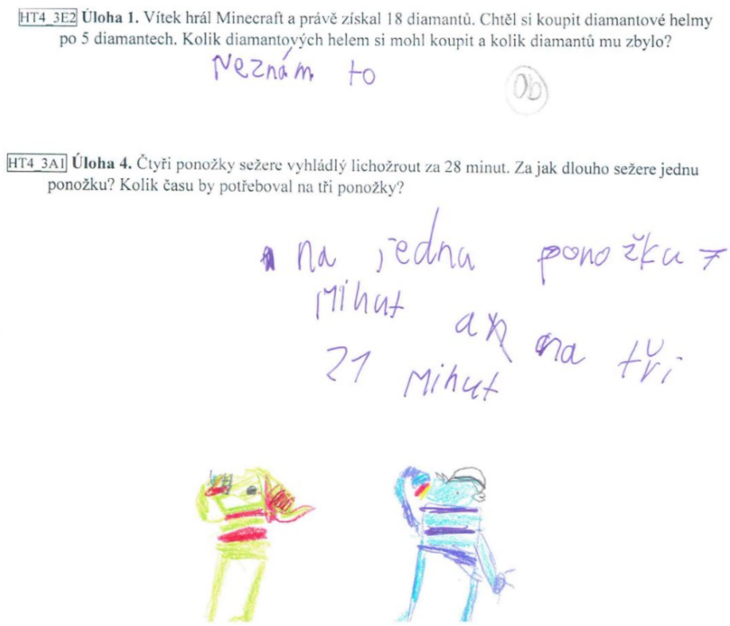

**Obr. 4.8:** Řešení Jaroslavy (varianta 3An)

Sledovala jsem také reakce na kontext, zejména žákovské ilustrace a doprovodné komentáře či chyby, které by naznačovaly míru obeznámenosti s literární předlohou. Našla jsem např. použití synonyma pro označení lichožrouta (licháč), které podle mého názoru naznačuje, že si je žák dobře vědom, o co jde, a nemá obavy použít synonymum. Objevovaly se ale naopak i zkomoleniny (lichožlou), které by mohly poukazovat na neznalost příběhu. Zajímavá je také nápadně častá záměna slovesa *sežere* za *sní* v odpovědích žáků (celkem 18 žáků), jako by slovo sežere považovali za nevhodné do odpovědi. Ilustrace jsem zaznamenala zejména u úlohy s lichožroutem, ale nebyly tak časté, jak jsem předpokládala. Obrázky se objevovaly i u druhé varianty. O vyšší motivaci vzbuzené kontextem lze mluvit např. u Vojtěcha (obr. 4.9), v jehož řešení byl patrný kontrast v přístupu k úloze, jejíž kontext soudě podle přesné ilustrace zná (lichožrouti – úloha je vyřešena a doplněna pečlivou ilustrací), a naopak jejíž kontext dle svých slov nezná (Minecraft).[66] Přesný opak ukazuje pracovní list Jaromíra (obr. 4.10), který naopak větší pozornost věnoval úloze s Minecraftem.

**Tab. 4.2:** Porovnání relativní četnosti výskytu chyb v obou variantách úlohy 3A (3. ročník)

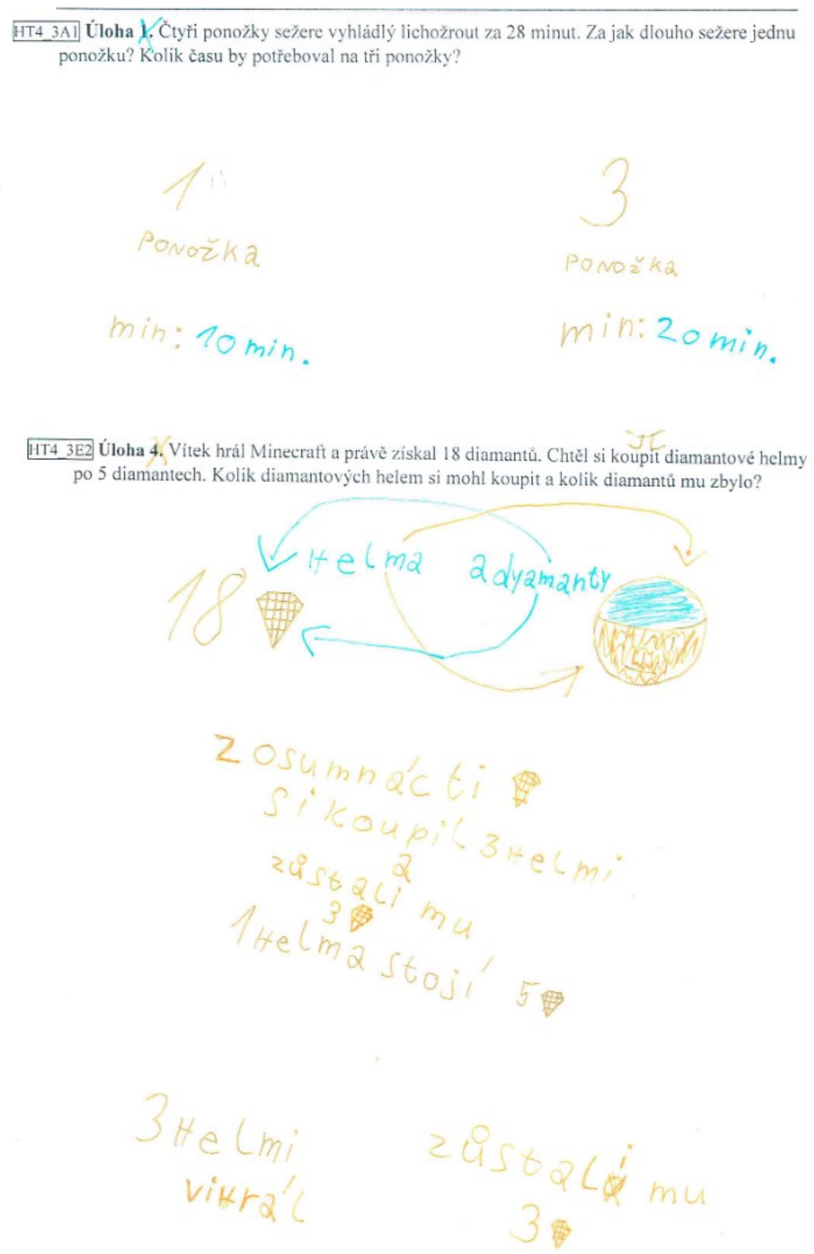
| popis chyby | | varianta | atraktivní | neutrální |
|---|---|---|---|---|
| | | *N* | 180 | 171 |
| ch1 | odpověď pouze na první otázku | | 16 % | 13 % |
| ch2 | odpověď pouze na druhou otázku | | 9 % | 9 % |
| ch3 | 28 · 3 nebo 28 : 3 | | 5 % | 2 % |
| ch4 | záměna dělitele a podílu | | 6 % | 7 % |
| ch5 | chápáno jako aditivní struktura | | 7 % | 3 % |
| ch6 | čtyři vs. čtvery | | 1 % | 2 % |
| ch7 | jiná | | 6 % | 4 % |
| ch8 | nelze určit, postup chybí nebo je nejasný | | 8 % | 12 % |

Pozn.: Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádím výskyt všech chyb.




**Obr. 4.9:** Řešení Vojtěcha (varianta 3Aa)

[66] Tato úloha nebyla součástí mé práce, ale byla zadána ve stejném testu. Sledovala jinou charakteristiku kontextu (*zkušenostní* kontext). Její vyhodnocení je k dispozici (Vondrová et al., 2019, s. 74–76).




**Obr. 4.10:** Řešení Jaromíra (varianta 3Aa)

Rozhovory s žáky ukázaly další možná problematická místa obou variant úlohy. Zajímavé a nečekané byly obtíže způsobené chybným přečtením některých slov. Například v úloze o pletení ponožek žák přečetl *za jak DLOUHOU uplete ponožku* (místo *za jak DLOUHO*) a v následujícím rozhovoru, kdy vysvětloval své řešení 28 + 4 = 31, bylo patrné, že situaci popisované v úloze nerozumí. V atraktivní variantě dělalo několika dětem problém přečíst slovo *vyhládlý*. V jednom případě to dokonce znemožnilo žákovi úlohu vyřešit, neboť si slovo přečetl jako sloveso (resp. zkomoleninu nějakého slovesa, kterou se mi bohužel nepodařilo zachytit, podruhé slovo zopakoval jinak), a věta mu tak nedávala smysl. Teprve když jsem mu slovo pomohla přečíst, význam věty pochopil a úlohu dořešil bez obtíží. Poměrně často žáci komolili také jméno paní Horké, a to jak v testování, tak při rozhovorech, nazývali ji paní Horskou nebo Horákovou. Jedna z dívek při hlasitém čtení přeformulovala celou úlohu o lichožroutech do množného čísla.

Také v rozhovorech bylo nejčastější chybou vynechání/přehlédnutí jedné z otázek. V takových případech jsem žáky vyzývala, aby mi úlohu převyprávěli, nebo vysvětlili, co měli zjišťovat, případně aby přečetli celý text úlohy, a sledovala jsem, zda a kdy si to uvědomí. Někdy jsem musela explicitně poukázat na druhou otázku a většinou pak pro ně nebyl problém najít odpověď. Na dotaz, proč otázku vynechali, odpovídali ve smyslu, že si jí nevšimli, nebo že na ni zapomněli.

Stejně jako v testování se i v rozhovorech objevily závažnější chyby v porozumění úloze, zejména ve vnímání její struktury jako aditivní (ch5). Při rozhovoru se Světlanou vyšlo najevo, že její chápání situace v úloze 3An jako aditivní je natolik pevné, že po upozornění na nekonzistenci v jejích odpovědích, upravila řešení na jiné chybné, ale opět aditivní.

Tazatelka: (čte Světlanino řešení včetně odpovědí) Teď potřebuju vysvětlit tohle: 28 − 1 je 27 a tady máš najednou 25. Jak jsi přišla na tu 25?

Světlana: No, když potřebuje uplést tři, tak odebereme 1, tak bych měla 28, a když potřebujeme 3, tak odebereme 3.

T: (chápavé hm) Jak si představuješ tu situaci? Vidíš tu paní, jak sedí a plete ty ponožky? Máš to v hlavě?

S: Nee (kroutí hlavou).

T: Hm, takže máš 28 − 1… A v čem si myslíš, že by mohla teda být ta chyba? Ty jsi říkala, že o té úloze pochybuješ.

S: Tady v tom zápisu (ukazuje na legendu).

T: Aha, ten výpočet si myslíš, že je dobře, ale chyba je v tom zápisu. No, zápis nás teď nemusí trápit, důležitý je výpočet a odpověď. (pauza) Tady je zajímavý, že jedna ponožka jí trvá 27 minut a tři ponožky, kterých je víc, jenom 25 minut, že jako tři ponožky zvládne za kratší čas než jednu ponožku, je to možný takhle?

S: (přemýšlí) No, to nejde, mmm, mně tam totiž chybí plus, aby to bylo plus 1. (přemýšlí) Jo, takže tady musí být plus (ukazuje na výpočet 28 −1).

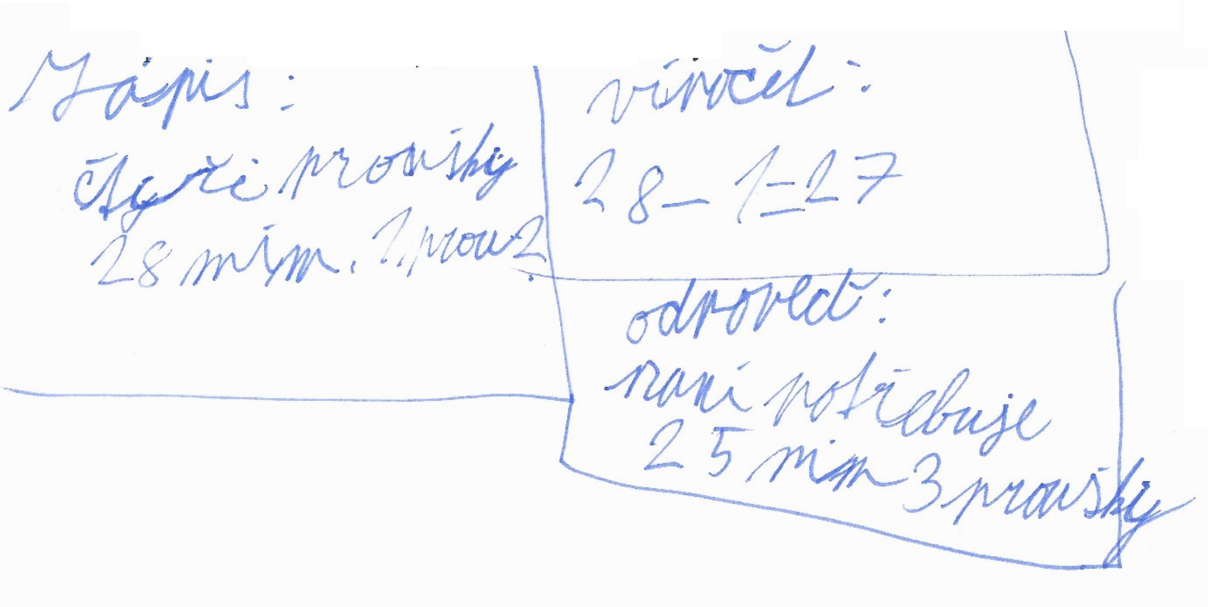
T: Aha, 28 plus 1, to je 29, a tady?

S: 28 plus 3

T: Jo, to je 31. A teď už by to sedělo?

S: Jo!

Až po rozhovoru jsem si všimla, že v zápisu a odpovědi místo ponožek píše *proužky* (obr. 4.11). Její představa o situaci tak mohla být deformována právě touto chybou ve čtení.




**Obr. 4.11:** Řešení Světlany (varianta 3An)

Podobně, jen s opačným vyústěním, proběhl rozhovor s Miladou, která rovněž zůstala u aditivní struktury.

Tazatelka: (čte Miladino řešení včetně odpovědi) *29 času na tři ponožky*. Hm. Proč jsi udělala 28 plus 1?

Milada: Tady měl 28 minut (ukazuje do zadání), tak potřebuje o jednu minutu víc.

T: Hm, proč o jednu minutu víc?

M: Aby sežral víc ponožek?

T: Přečti mi to zadání.

M: (čte zadání, má problém přečíst slovo *vyhládlý*) Jó! 27!

T: Proč 27?

M: Protože tady měl tři a tady měl čtyři (myslí ponožky).

T: Aha, takže by potřeboval míň času?

M: Mhm.

Zajímavá situace nastala také v rozhovoru s Václavem, který vynechal první krok (zjištění času na jednu ponožku) a rovnou násobil 28 · 3 (ch3). Předpokládala jsem, že když jej přiměji zamyslet se nad vynechanou otázkou, uvědomí si chybu ve své úvaze a výpočet opraví. Se situací se však vypořádal nečekaným způsobem, argumentoval totiž kontextem.

> Tazatelka: (čte Václavovo řešení a odpověď) *28 krát 3*, aha, ty jsi počítal, kolik sežere za tři minuty. Tahle úloha měla dvě otázky. Za jak dlouho sežere jednu ponožku?
>
> Václav: Aha! (skáče do řeči)
>
> T: Dokázal bys na ni teď odpovědět?
>
> V: No, tak když čtyři ponožky sežere za 28 minut, tak jednu ponožku 28 děleno 1?
>
> T: Hm, 28 děleno 1, to je kolik?
>
> V: To si musím vypočítat na prstech, já neumím moc dělení.
>
> T: Já ti to vydělím, je to 28.
>
> V: Aha. (přemýšlí)
>
> T: Je možné, aby jednu ponožku sežral za 28 minut?
>
> V: Ne.
>
> T: Proč ne?
>
> V: Nebo jo! Protože, tady (ukazuje do textu), je vyhládlý!

Často jsem se při rozhovorech nad touto úlohou setkávala s nejistotou, zda je druhý krok udělán správně. Tři žákyně a dva žáci, přestože krok udělali správně (28 − 7 nebo 7 + 7 + 7), sami od sebe zmínili, že tímto krokem si nejsou jisti. Na otázku, co by tam podle nich mohlo být, řekli shodně, že možná spíše 28 : 3.

**Shrnutí:** Kvantitativní IRT analýza výsledků testování ukázala, že žáci byli mírně úspěšnější při řešení neutrální varianty. Rozdíly nebyly statisticky významné, ale lze je považovat za věcné (při větším vzorku žáků by se mohly jako statisticky významné projevit), hypotézu $H_0$ tak nelze zamítnout. Při kvalitativní analýze chyb a řešitelských postupů nebyla odhalena žádná anomálie, u obou variant úlohy se vyskytovaly v žákovských řešeních tytéž chyby a s podobnou frekvencí, přičemž v atraktivní variantě obvykle častěji, ačkoliv rozdíl nikdy nebyl větší než 5 procentních bodů. Nejfrekventovanější chybou bylo opomenutí druhého kroku, tedy zjištění odpovědi na druhou otázku, což lze označit spíše za chybu způsobenou nedostatkem pozornosti než chybou z neporozumění. Z rozhovorů vyplynulo, že žáci mohli mít v atraktivní variantě problém s pochopením slova *vyhládlý*, které zřejmě není v aktivní slovní zásobě všech žáků příslušného věku. Při doplňující analýze textů obou variant úlohy nebyly nalezeny žádné další okolnosti, které by mohly způsobit rozdíly v úspěšnosti žáků. Pouze odpověď jednoho z žáků (*1 ponožka sežere 7 minut*) upozorňuje na potenciálně možné dvojí chápání slova *sežere*, které se hovorově používá v souvislosti s časem (např. „sežralo to hodně času“). V neutrální variantě mohlo sehrát podobnou roli slovo *dlouho*, které v kontextu pletení ponožek a při nepozorném čtení mohlo svést k jinému chápání úlohy. V průzkumu preferencí kontextu se atraktivní varianta úlohy ukázala jako jednoznačně upřednostňovaná, a to zejména kvůli příběhu. Neutrální varianta také získala nějaké preferenční hlasy poukazující na nižší obtížnost či osobní zkušenost. Zdá se tedy, že v tomto případě sehrál atraktivní kontext negativní roli.

### 4.2.2 Úloha 3B: Moje třída

**Atraktivní varianta (3Ba)**: *Kolik dětí je ve tvé třídě, když 13 dětí je vyšších než ty a 8 dětí menších než ty?*

**Neutrální varianta (3Bn)**: *Kolik dětí je v Tomášově třídě, když 13 dětí je vyšších než Tomáš a 8 dětí menších než Tomáš?*

Tabulka 4.3 a grafy na obrázku 4.12 ukazují, že personalizace kontextu v naší úloze neměla očekávaný efekt. Zcela správně nebo pouze s numerickou chybou vyřešilo obě varianty srovnatelné procento žáků. Drobné rozdíly se ukazují v úspěšnosti žáků s nižší až střední latentní schopností, kteří dosahovali mírně lepších výsledků ve variantě s Tomášem 3Bn než ve variantě personalizované 3Ba, rozdíly však nejsou statisticky významné.

**Tab. 4.3:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 3B (3. ročník)

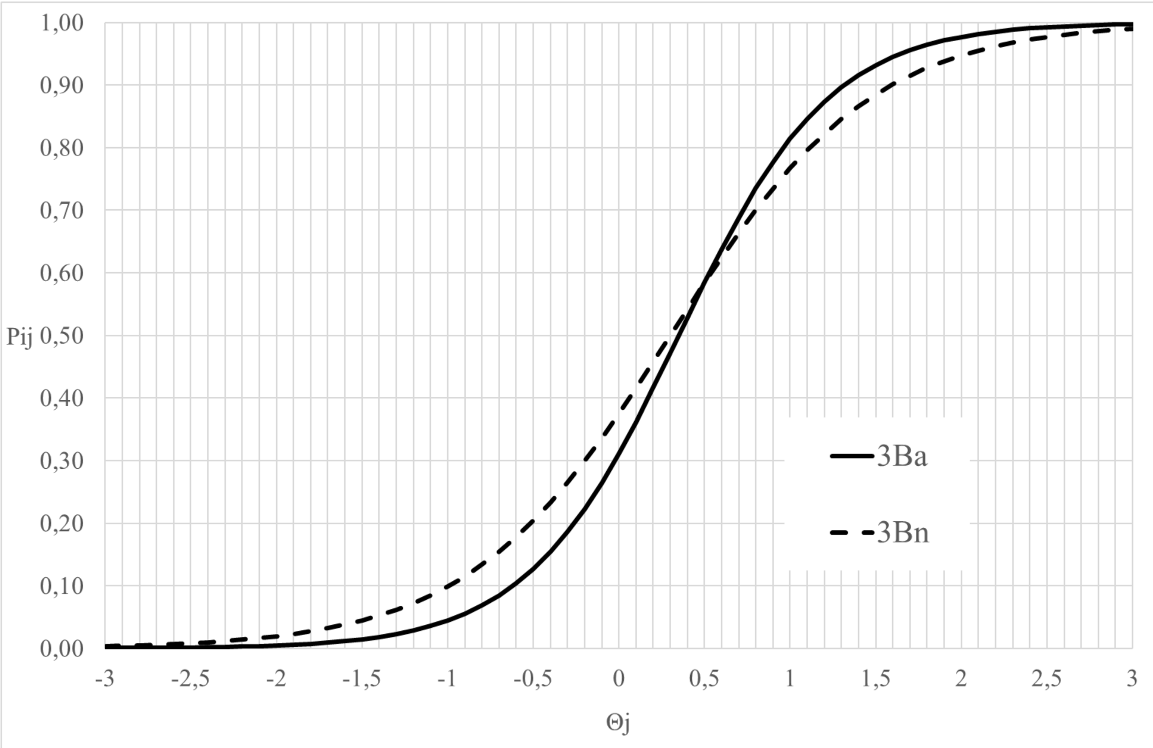
| varianta | *N* | úspěšnost | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 182 | 40 % | 2,27 | 0,96 | 0,35 | 0,11 | 0,57 (0,594) | 0,05 (0,769) |
| neutrální | 181 | 41 % | 1,70 | 0,47 | 0,30 | 0,13 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.

**Tab. 4.4:** Porovnání relativní četnosti výskytu chyb v obou variantách úlohy 3B (3. ročník)

| popis chyby | | kontext | atraktivní | neutrální |
|---|---|---|---|---|
| | | *N* | 182 | 181 |
| ch1 | pouze 13 + 8 | | 38 % | 41 % |
| ch2 | antisignál 13 − 8 | | 5 % | 4 % |
| ch3 | odpověď na jinou otázku | | 4 % | 4 % |
| ch4 | jiná | | 4 % | 3 % |
| ch5 | nelze určit, postup chybí nebo je nejasný | | 2 % | 1 % |

* Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádím výskyt všech chyb.

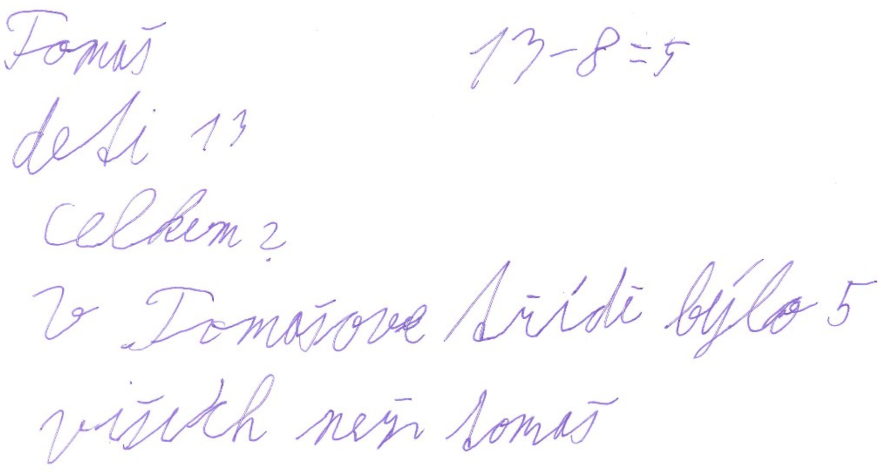



**Obr. 4.12:** IRT grafy pro varianty úlohy 3B (3. ročník)

Dle očekávání nejčastější chybou bylo, že žáci nepřičetli osobu Tomáše, resp. osobu čtenáře, k celkovému počtu dětí ve třídě, dělo se tak pro mě překvapivě v obou variantách úlohy stejně často (ch1 v tab. 4.4). Výraznější rozdíly nebyly zaznamenány ani ve frekvenci dalších chyb.

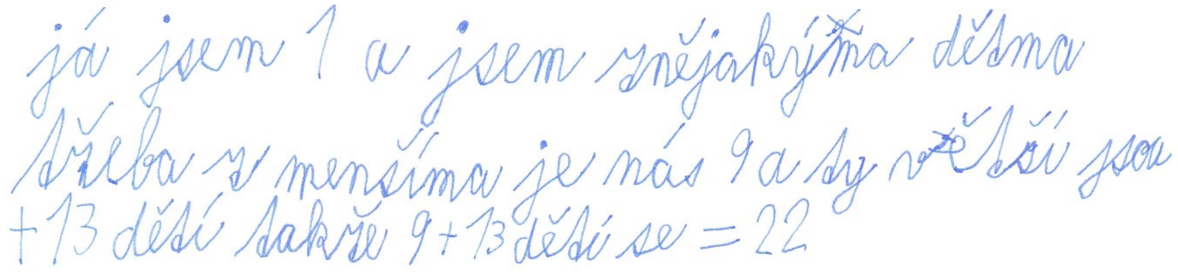
Chyba způsobená antisignálem[67] se dala očekávat, v textu figurují slova *menší* a *větší*, která při povrchovém čtení mohou pro některé žáky představovat signál k odčítání nebo sčítání. U některých dětí jsem zaznamenala také odpověď na jinou otázku, jak je patrné například v řešení Alana (obr. 4.13), který nehledá celkový počet dětí (ačkoliv do legendy si to napsal), ale počet dětí vyšších než Tomáš.

[67] Tzv. signálem můžeme označit část zadání slovní úlohy, která vyvolává představu určité početní operace. Je-li tato operace v protikladu k operaci, kterou je třeba pro řešení úlohy použít, označujeme takový výraz antisignál. V naší literatuře jsou úlohy s touto charakteristikou popisovány jako úlohy s *antisignálem* nebo *proti toku času* (např. Hejný, 2014; Vondrová et al., 2019), v zahraniční literatuře jako *inconsistent languge problems* (např. Lewis & Mayer, 1987).




**Obr. 4.13:** Řešení Alana (varianta 3Bn)

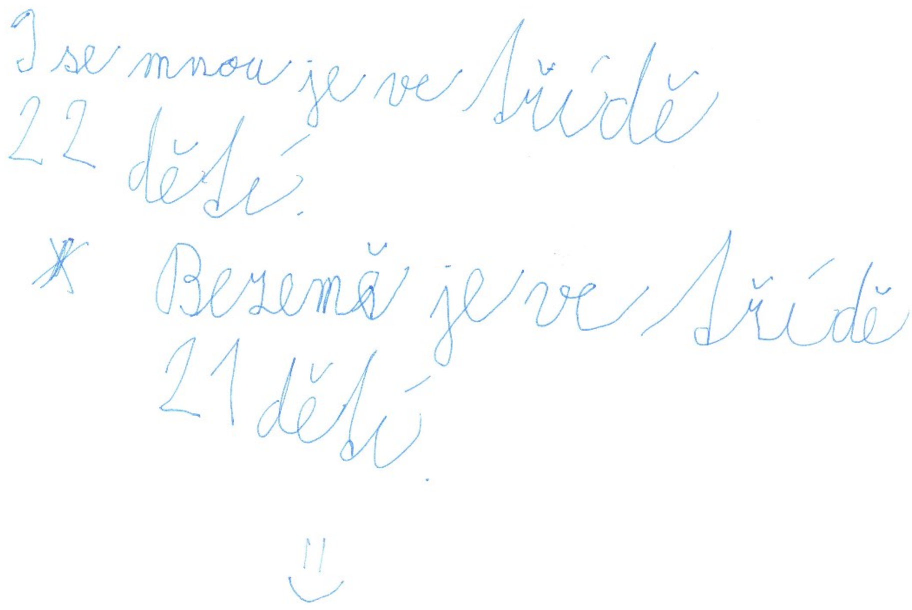
Při analýze řešení mě také zajímalo, jak žáci reagují na personalizaci. Našla jsem 20 řešení atraktivní varianty, ve kterých je slovo „já“ integrováno přímo do výpočtu, odpovědi či komentáře (jako např. u Oskara, obr. 4.14).




**Obr. 4.14:** Řešení Oskara (varianta 3Ba)

Vzhledem ke dvojímu možnému chápání této úlohy[68] jsem se zaměřila na přítomnost projevů, které by nasvědčovaly tomu, že žáci vnímají Tomáše nebo sebe jako osobu stojící mimo třídu. Našla jsem 9 řešení (v obou variantách celkem) s vyjádřením „Tomáš *má* ve třídě 21 dětí“ nebo „*Mám* ve třídě 21 dětí“, které toto vnímání naznačují. Výjimkou nebyli ani žáci zvažující obě možnosti (např. Elen, obr. 4.15).

[68] Tomáš, resp. osoba řešitele, může ale nemusí být součástí této třídy.




**Obr. 4.15:** Řešení Elen (varianta 3Ba)

V rozhovorech s žáky jsem se zaměřila zejména na vnímání postavy Tomáše. Ti, co došli k výsledku 22 (tedy započítali jeho osobu mezi žáky), na mou otázku: *Kdo je Tomáš, dítě nebo dospělý?* odpověděli, že Tomáš je dítě, kluk nebo žák. Stejně však odpovídali i ti žáci, kteří došli k výsledku 21, tedy ti, kteří Tomáše mezi děti nezapočítali. Za správností svého výpočtu si však stáli, jako například Olga.

Tazatelka: Kdo myslíš, že je Tomáš?

Olga: Nějaký kluk.

T: A je z té třídy?

O: Asi… jo, jo je!

T: Tedy je z té třídy. (čtu doslovně zadání úlohy) Takže dohromady jich je tam tedy 21? O: Jo, 21.

Někdy si to žáci naopak uvědomili hned při položení otázky, jako např. Erik.

Tazatelka: Kdo je Tomáš? Žák, nebo učitel?

Erik: Aha, 22!

T: Proč 22?

E: Protože Tomáš je žák.

T: Jak víš, že je žák?

E: Nemůže být učitel, protože to tam není napsaný, že je učitel.

Výjimkou byl pouze jeden žák, který bez váhání označil Tomáše za učitele této třídy. Také u atraktivní varianty žáci při psaní testu nebo následném rozhovoru vyjadřovali nejistotu, zda mají nebo nemají svou osobu započítat (T: *U které úlohy máš pochybnosti, že jsi ji vyřešil správně?* Ž: *U toho JÁ. Protože je tam napsáno ve TVÉ, tak ještě já, a ještě ty ostatní, tak nevim, jestli tam patří tadyta jednička.*). V podobných případech jsem žáky vyzvala, aby si to představili na své třídě, aby mi např. řekli, jestli je u nich ve třídě někdo menší, nebo větší než oni, a vzápětí, kolik jich je ve třídě. Většina z nich pak projevovala větší jistotu ve svém řešení.

Rozhovory částečně objasnily také druhou nejfrekventovanější chybu v testování (ch2; 13 – 8 = 5), ukázalo se, že příčinou nemusel být antisignál, ale jiné chápání celé úlohy, viz rozhovor s Kevinem (obr. 4.16) a Oliverem.

Tazatelka: (rekapituluje výpočet a odpověď) *13 − 8 = 5, Tomášový třídě je 5*. Kdo je Tomáš? Dítě, nebo dospělý?

Kevin: Dítě?

T: Jsi si tím jistý? Proč si myslíš, že je dítě?

K: Protože chodí do třídy?

T: A tady píšeš, že je v Tomášově třídě 5, proč jsi to počítal zrovna 13 − 8?

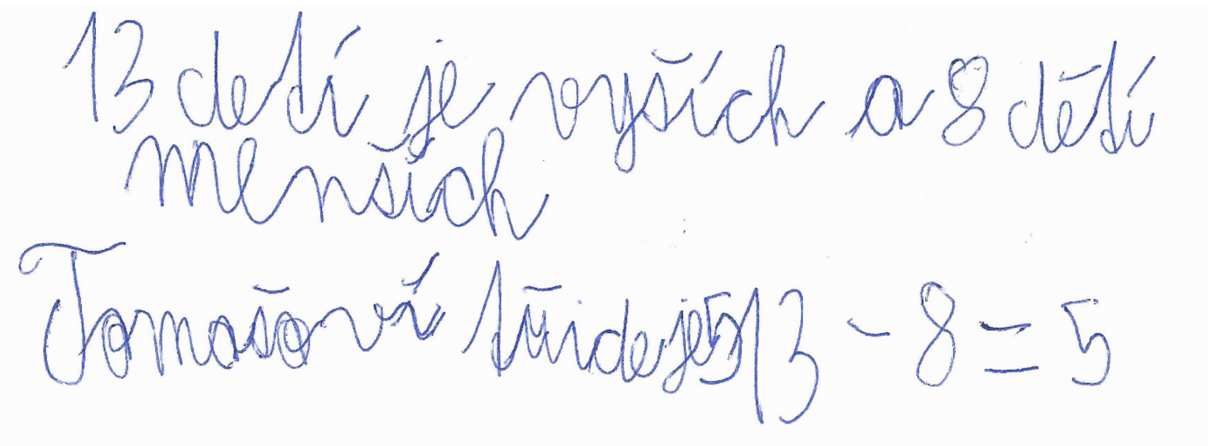
K: (přemýšlí) Protože 13 dětí je ve vyšší třídě a těch 8 je v těch menších.

T: Hm! (chápavě)

K: Osm dětí je ve větší třídě, protože 5 je menší než 8.

T: Aha, takže v Tomášově třídě je tedy 5 dětí. A jsou tedy menší, nebo větší než Tomáš?

K: Menší! (rozhodně, přesvědčeně)




**Obr. 4.16:** Řešení Kevina (varianta 3Bn)

Tazatelka: (rekapituluje zápis a výpočet, odpověď Oliver neuvedl) Co bylo úkolem zjistit?

Oliver: Že kolik je malých dětí ve třídě.

T: Takže jsi to odečetl, a tím jsi dostal 5.

O: Hm, a z těch 13 byly 8 jakože malých, takže 13 − 8, mm, jsem to takhle dal.

T: A odpověď je tedy?

O: Mm, ve třídě bylo 8 dětí malých a 5 dětí velkých.

Dalším zajímavým jevem v tomto ohledu byl dotaz žákyně, které se úlohu nedařilo vyřešit, ačkoliv se dlouho snažila. Z rozhovoru vyplynulo, že problém má s chápáním kategorie vyšší a menší, které si vyložila jako *starší* a menší, a úloha ji proto nedávala smysl. Po vyjasnění významu slova *vyšší* úlohu vypočítala. Podobně se s kategoriemi potýkal jeden z žáků, který se snažil Tomáše zařadit do jedné či druhé (*já právě nevím, jestli je [Tomáš] vyšší nebo menší*).

Také u této úlohy jsem při rozhovorech objevila chybu, která by mohla být didaktického původu. Žáci měli problém s identifikací otázky, a to zřejmě kvůli vzdálenosti klíčového slova „kolik“ na úplném začátku úlohy od otazníku (*Co mám na tom jako vypočítat? Když tam není otázka.* Ukazuje na konec textu úlohy a rozčileně čte následující pasáž s intonací, jako by se jednalo o samostatnou větu/otázku: *Osm dětí menších než Tomáš?*). Problém s otázkou, formulací odpovědi a uvažováním o kategoriích vyšší/menší měla také Gerda.

Tazatelka: (čte dopověď žákyně) *Stejně vysokých dětí je 21.* Tam pochybuješ o čem, o zápisu?

Gerda: O tom výpočtu a odpovědi.

T: A proč by to nemohlo být takhle?

G: No, tu odpověď si myslím, že jakože, o tom výpočtu si nemyslím, ale o tý odpovědi

T: (čtu odpověď nahlas) Hm, a jaká byla ta otázka?

G: Mm, kolik dětí je ve tvé třídě… (čte celou úlohu až do konce)

T: A ty odpovídáš *stejně vysokých dětí je 21.* Jak se ti to zdá, ta odpověď, patří k té otázce?

G: Mm, moc ne.

T: A v čem by se ta odpověď lišila od té otázky?

G: V dvacetjedničce, mm v tom *dětí je*.

T: Takže kdybys tu odpověď měla předělat, jak bys ji řekla?

G: Mm, 21 dětí je vyšších jako já.

T: (opakuje odpověď a zastavuje se na slově vyšších)

G: (opravuje) Stejně vysokých jako já!

Gerda se tak rozhovorem dostala k odpovědi, s níž rozhovor začínal. Úloha formulovaná jednou větou, respektive jednou otázkou byla pro ni zjevně obtížná. Další žákyně, Ida, pochybovala o svém řešení kvůli tomu, že v legendě použila slovo, které nebylo součástí zadání. [69]

Tazatelka: Kde myslíš, že máš chybu?

Ida: Že tam bylo jako menších a vyšší, a vůbec tam nebylo *dohromady*. Tak jsem to nepochopila. Nevěděla jsem, co mám napsat k tomu otazníku (ukazuje na legendu).

T: A myslíš si, že to máš vyřešené dobře? (její výsledek byl 21)

I: Myslím že ne.

T: Proč?

I: Protože jsem si tam přidělala to *dohromady*.

Zajímavý jev se ukázal v řešení jedné žákyně, která se pokoušela výsledek získat dělením 13 : 8. Přivolala si pomoc, protože nevěděla, jak získaný výsledek (1 zb. 5) použít v odpovědi. V rozhovoru vyšlo najevo, že na základě předchozích úloh (tato byla zařazena jako poslední) usoudila, že jsou všechny úlohy na dělení se zbytkem, a proto i zde dělila, ačkoliv jí to v odpovědi nedávalo smysl.[70]

**Shrnutí:** Testování neukázalo mezi variantami žádné věcné rozdíly z hlediska úspěšnosti žáků při řešení, hypotézu $H_0$ nelze zamítnout. Atraktivní varianta se mírně lépe dařila žákům s vyšší latentní schopností, a naopak neutrální varianta se lépe dařila žákům se střední až nižší latentní schopností, rozdíly jsou ale zanedbatelné. Ani analýza chyb a řešitelských postupů neukázala, že by měl rozdíl v kontextu vliv na úspěšnost žáků, frekvenci či charakter chyb. K očekávané a nejfrekventovanější chybě (nepřičtení osoby Tomáše či čtenáře úlohy)

---

[69] To se objevovalo zejména v jedné třídě u více dětí a v různých úlohách. Několikrát během řešení úloh se mě žáci ptali, jak to mají zapsat. Když jsem se jich zeptala, zda by to dokázali vyřešit bez zápisu/legendy, jen najít odpověď na otázku, odpověděli kladně, případně hned řekli výsledek. Jejich legendy byly napříč třídou velmi podobné – obsahově i graficky.

[70] Bylo to zrovna aktuálně a intenzivně procvičované téma v dané třídě. V den, kdy byl dělán rozhovor, dělení se zbytkem několik žáků ve třídě individuálně procvičovalo v početnících.

docházelo v obou variantách stejně často. Rozhovory potvrdily, že ačkoli žáci Tomáše či sebe vnímali jako součást popisované třídy, bylo jim zatěžko přičíst k součtu 13 + 8 ještě jedničku, která nebyla explicitně součástí zadání, a ani personalizace v tomto případě nepomohla. Předpokládaný efekt atraktivity personalizovaného kontextu se tedy nepotvrdil. Tento efekt mohl být oslaben také skutečností, že úloha je na první pohled pro žáky 3. ročníku poměrně snadná, což mohlo ovlivnit jejich řešitelské chování – úlohu vyhodnotili jako aditivní, numericky nenáročnou úlohu „o dvou číslech“, které není třeba věnovat zvláštní pozornost. Úloha ukázala problémy s vnímáním kategorií, resp. slov označujících kategorie vyšší, nižší, větší, menší, mladší, starší apod. Problém měli žáci také s nestandardně formulovanou úlohou sestávající z jedné věty – otázku žáci hledali v blízkosti otazníku, což odpovídá formě často používané ve školních slovních úlohách. Potíže nastaly také při psaní legendy, kterou mnozí žáci vnímají jako nezbytné východisko pro celý následující řešitelský proces. Někteří žáci jsou zřejmě zvyklí na určitou strukturu úlohy, klíčová slova (*kolik*, *dohromady*), které dokážou naučeným postupem zaznamenat do legendy,[71] ale nejsou schopni si poradit s nestandardní strukturou úlohy a od řešení je to odradí. Z hlediska preferencí převažovala jednoznačně atraktivní varianta této úlohy, důvodem byla právě personalizace. Také v rozhovorech úlohu žáci často označovali za nejlepší z celého pracovního listu (jednu či druhou variantu), oceňovali přítomnost skrytého údaje a nutnost zamyslet se nad řešením.

### 4.2.3 Úloha 3C: Housenky

**Atraktivní varianta (3Ca)**: *Čtyři ptáci spatřili, jak úrodu na zahradě ničí 27 housenek, a na hodující housenky zaútočili. <u>Všichni ptáci byli úspěšní</u>. Každý sezobl 6 housenek. Zbylé housenky zkameněly hrůzou. Kolik housenek zkamenělo hrůzou?*

**Neutrální varianta (3Cn)**: *Čtyři děti dostaly od maminky pytlík, kde bylo 27 bonbonů, a rozhodly se spravedlivě si je rozdělit. Každé z dětí si vzalo 6 bonbonů. Zbylé bonbony vrátily mamince. Kolik bonbonů vrátily mamince?*

Úloha měla nízký počet řešitelů ve srovnání s předchozími úlohami. Po vyhodnocení se navíc ukázaly rozdíly v zadání jako zásadní, proto se rozšíření vzorku již nekonalo. Uvedu zde proto pouze průměrnou úspěšnost a bodové zisky (tab. 4.5) a dále se zaměřím na

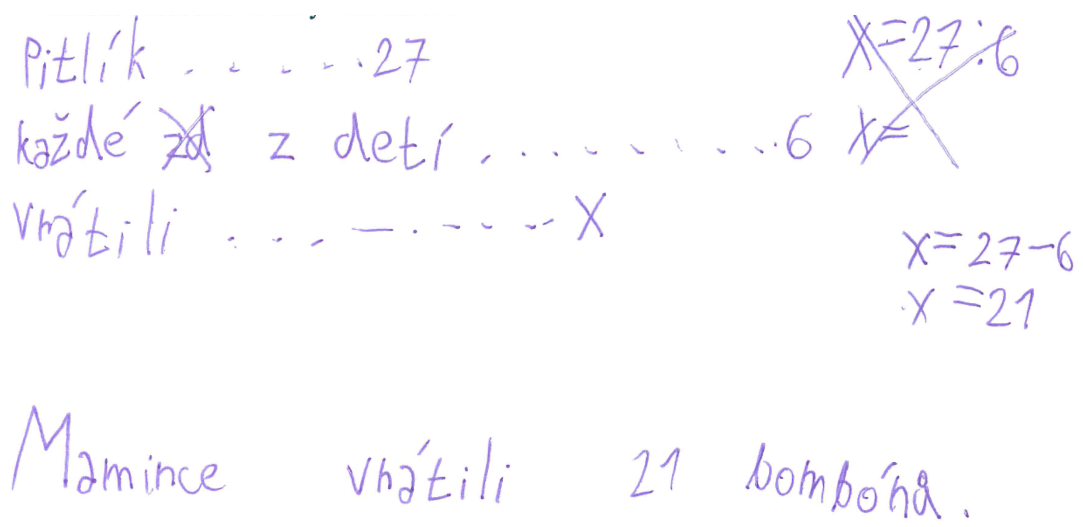
[71] Což prozrazuje také skutečnost, že v rámci jedné třídy jsou legendy často velmi podobné – obsahově i graficky.

kvalitativní analýzu, neboť na řešeních žáků lze dobře demonstrovat, jak se rozdíly v zadání úloh projevily na řešitelském chování žáků.

**Tab. 4.5:** Rozložení bodového zisku (absolutní četnost) a průměrná úspěšnost ve variantách úlohy 3C (3. roč.)

| | *N* | počet bodů | | | | úspěšnost |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| atraktivní | 42 | 17 | 1 | 3 | 21 | 57 % |
| neutrální | 47 | 19 | 8 | 0 | 20 | 43 % |

Nejčastějším chybným řešením bylo 27 − 6 = 21 (15 žáků ve variantě 3Ca, 17 žáků v 3Cn[72]), jak je vidět např. na řešení Ester (obr. 4.17). V pravém horním rohu je patrný náznak správného řešení (27 : 6), pravděpodobně si však Ester neuměla poradit s dělením se zbytkem, a tak zvolila jinou možnou operaci, která vyjadřuje ubývání – odčítání. Číslo 4 ve výpočtu vůbec nefiguruje, není ani v legendě. Také dalších 7 žáků napříč variantami zkoušelo jít nejprve touto cestou (27 : 6 nebo 27 : 4), ale stejně jako Ester je pravděpodobně zastavil neúplný podíl a nakonec sáhli k odčítání.

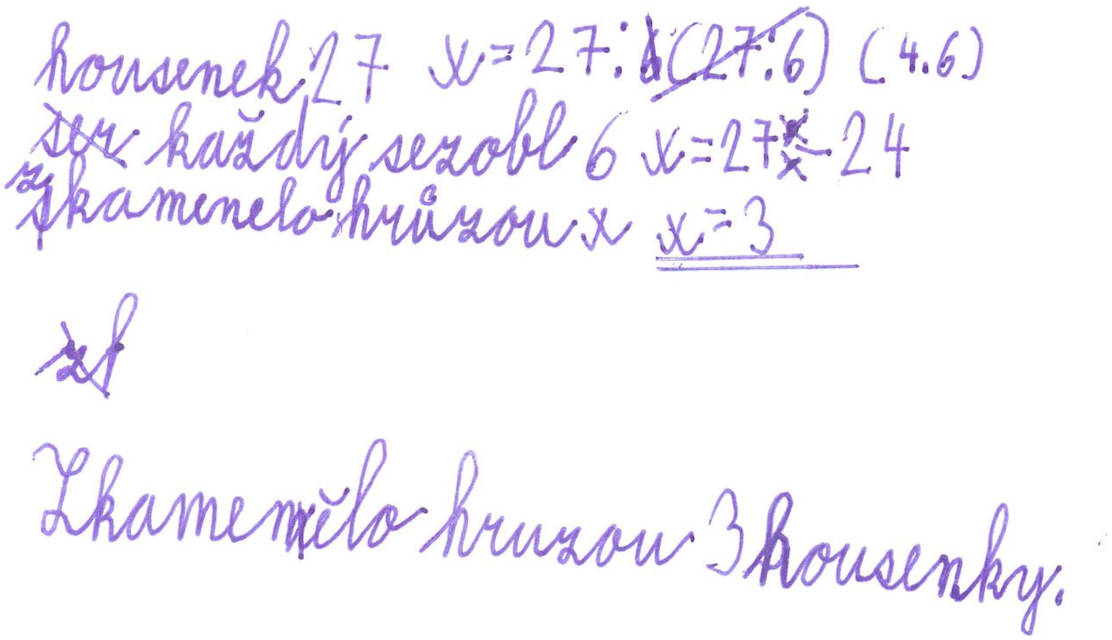



**Obr. 4.17:** Řešení Ester (varianta 3Cn)

Domnívám se, že chyba může být také důsledkem použití povrchové strategie. Čísla 27 a 6 jsou v textu snadno rozpoznatelná, zatímco číslo 4 je napsáno slovy (a hned na začátku úlohy) a v textu zaniká. V bezprostřední blízkosti čísla 6 se navíc nachází slovo *sezobnout*, resp. *vzít*, které signalizuje úbytek. Josefíně (obr. 4.18), která si vytvořila stejnou legendu jako Ester, se na několikátý pokus podařilo vyjádřit situační model úlohy správným matematickým modelem (nejprve zřejmě 27 : 6, pak 27 : (27 : 6) a následně 27 : (4 · 6)).

72 Což je shodně 36 % ze všech žáků řešících příslušnou variantu.

V kategorii jiných chyb není žádná, která by měla ve srovnání s ostatními vyšší frekvenci. Z hlediska potenciální rozdílnosti kontextů je zajímavá chyba, která nastala pouze ve variantě neutrální (ve dvou případech). Žáci od 27 odečetli 6 + 6, tedy jako by se bonbony měly rozdělit mezi dvě děti, nikoliv čtyři.




**Obr. 4.18:** Řešení Josefíny (varianta 3Ca)

Doplňková analýza textů obou variant úlohy ukázala na další možné rozdíly. Neutrální varianta úlohy obsahuje sloveso *rozdělit* (*rozhodly se spravedlivě si je rozdělit*), které může řešitele navádět k použití konkrétní početní operace (dělení). Ve variantě s atraktivním kontextem je na stejném místě použito sloveso *zaútočit* (*na hodující housenky zaútočili*), které je z hlediska odkazu na určitou početní operaci neutrální. Rozdíl v použitých slovesech by se tak mohl projevit ve volbě řešitelské strategie, respektive v prvním kroku, a potenciálně i v úspěšnosti řešení. Analýza řešitelských postupů žáků ukázala (tab. 4.6), že u neutrální varianty o rozdělování bonbonů skutečně více žáků úspěšně použilo nebo zkoušelo použít v prvním kroku dělení. Totéž lze ovšem říci o odčítání, které také používali více žáci řešící neutrální variantu. Výraznější rozdíly jsou v četnosti třetí strategie, v níž byl výsledek prvního kroku získán násobením 4 · 6 = 24 (patrné v řešení Josefíny, obr. 4.18). Tu častěji volili žáci s atraktivní variantou úlohy. Pokud tedy lze soudit na základě malého vzorku žáků, zdá se, že kontext a jazykové ustrojení úlohy měly vliv na volbu řešitelské strategie.

**Tab. 4.6:** Absolutní a relativní četnost použitých řešitelských postupů ve variantách úlohy 3C (3. ročník)

| | *N* | dělením | odčítáním | násobením |
|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 42 | 8 (19 %) | 16 (38 %) | 20 (48 %) |
| neutrální | 47 | 12 (26 %) | 24 (51 %) | 14 (30 %) |

* V tabulce jsou zaznamenány veškeré pokusy o vyřešení, tedy i škrtnuté nedokončené výpočty.

Z rozhovorů s žáky vyšly najevo některé další možné příčiny nejfrekventovanější chyby (27 − 6). V rozhovoru s Martou se ukázalo, že problém může být v přehlédnutí nebo neporozumění zájmenu *každý*. Ačkoliv úlohu dokázala převyprávět vlastními slovy a byla explicitně upozorněna na přítomnost tohoto zájmena, své řešení 27 − 6 = 21 nakonec ponechala.

Tazatelka: (rekapituluje výpočet a odpověď: 27 – 6 = 21, *21 housenek zkamenilo*) Převyprávíš mi tu úlohu?

Marta: (nejprve text čte, po přerušení a upozornění, že jej má převyprávět, začne vzpomínat na přesné formulace, po dalším upozornění již používá vlastní slova) No, takže byla nějaká úroda, tam byly třeba brambory, mrkve, a tam lezly housenky a přiletěli ptáci, a pak snědli, vzali si nějaký housenky, vzali si 6 housenek a ostatní zkamenili, takhle si to nějak představuju.

T: A co se mělo vypočítat?

M: Kolik housenek sebrali a kolik zkamenilo, nebo kolik housenek zkamenilo.

T: Hm, a kolik housenek ptáci sebrali?

M: Šest.

T: Těch ptáků bylo kolik?

M: Čtyři.

T: A sebrali 6 housenek. Sebrali všichni ptáci dohromady 6 housenek, anebo každý sebral 6 housenek?

M: Každý?

T: Je to tam někde napsaný, že KAŽDÝ z těch ptáků?

M: Mm, ne. (čte text nahlas) Není to tam napsaný.

T: (ukazuje do zadání na slovo *každý*)

M: (smích) Jo! Každý z nich sezobl.

T: Když to teď víš, změnila bys nějak ten svůj výpočet? Nebo je to takhle správně?

M: Asi bych ho změnila, mm, 27 housenek mínus teda těch 6 housenek, mm, to se rovná, 27 − 6 je 21. Mm, asi bych nezměnila.

Podobně reagovali na otázku i další žáci s touto chybou v řešení. Ukázalo se, že někteří volili operaci odčítání, i když tušili nebo věděli, že operace dělení by byla vhodnější, jako například Cyril, který úlohu sám označil jako pravděpodobně chybně vyřešenou.

Tazatelka: U které úlohy si nejsi jistý řešením?

Cyril: Ta se žížalákama.

T: Kde se vzalo 21, dokážeš si vzpomenout?

C: No, já jsem odečítal.

T: Jo jasně! 27 − 6, aha, a nevíš, jestli odečítání bylo to správný.[73]

C: Nevim.

T: A co by to mohlo být jiného než odečítání?

C: (hned) Dělení.

T: Dělení, to cítíš dobře. A proč jsi nedělil?

C: Protože to je moc náročný.

T: Hm, a jak rozumíš té úloze, co bylo potřeba spočítat?

C: (hned) Kolik jich zkamenělo.

T: A co se tam dělo v té úloze?

C: Čtyři ptáci snědli šest housenek.

T: (skáče do řeči) Všichni čtyři snědli 6 housenek dohromady?

C: Ano.

T: Z těch 27?

C: No, ano.

Očekávatelný problém se objevil v řešení dvou žáků, kteří správně dělili 27 : 6, avšak výsledek 4 zb. 3 nedokázali interpretovat a použít v odpovědi (*zbylých housenek je (4 zb. 3)*), o čemž svědčí i následující rozhovor s Veronikou.

Veronika: Pochybuju u týhle.

Tazatelka: Proč myslíš, že by tam mohla být chyba?

V: Protože jak jsem napsala tu odpověď se zbytkem je 3, tak si myslim, že je to chyba.

T: A co ti na tom přijde špatně, dovedeš to pojmenovat?

V: (nereaguje)

[73] Jsem si vědoma toho, že v tomto rozhovoru jsem žáka otázkami nevhodně směřovala nabídkou odpovědi. V dalších rozhovorech jsem se snažila podobným věcem předcházet.

T: Co to vlastně bylo za otázku? (čte otázku) A ty odpovídáš: *zbylých housenek je 4 zbytek 3*. Mě by zajímalo, jestli jsou ty housenky tedy čtyři, nebo tři.

V: Asi čtyři.

T: Hm, proč myslíš? O čem byla ta úloha?

V: (Veronika správně popisuje.) A já jsem vypočítala 27 : 6 = 4 (zb. 3)

T: Takže 27 je co za číslo?

V: 27 to jsou ty housenky

T: A těch 6 je co? (ukazuje do výpočtu)

V: Kolik uzobli.

T: Ano, kolik uzobl každý ten pták. A potom tedy to 4 je co?

V: (přemýšlí) Výsledek?

T: Jasně, je to výsledek toho příkladu. A zbytek 3 je taky výsledek?

V: (přemýšlí) Hmm. (nejistě)

T: Takže zbylých housenek je kolik? Zbyly tam 4, nebo 3 teda?

V: Čtyři?

Teprve když jsme k úloze společně nakreslili obrázek, si Veronika uvědomila, že 3 je to hledané číslo, a projevila radost z toho, že již rozumí. Dále se několikrát objevil výpočet 27 + 6 = 33, zřejmě v důsledku povrchového chápání úlohy (T: *Proč jsi zvolila sčítání?* Ž: *Protože tam neni třeba krát menší nebo krát větší a tak.*) A konečně jeden z žáků odhalil možný původ čísla dvě (viz výše postup 27 − 6 − 6 = 15), úloha byla v testovém sešitě zařazena v těchto případech jako druhá a označena jako *Úloha 2*, a následoval text začínající *Čtyři děti dostaly.* Při dotazu, kde vzal žák informaci o počtu dětí, ukázal na dvojku u označení úlohy. Při pohledu do testového sešitu předkládaného v rámci testování byla tato úloha v některých verzích rovněž označena jako Úloha 2.

**Shrnutí:** Vliv kontextu úlohy na úspěšnost žáků, chyby či strategie při řešení nelze spolehlivě vyčíst, neboť vzorek žáků nebyl reprezentativní, hypotézu $H_1$ tak nebylo možné přijmout ani zamítnout. U obou variant úlohy se objevovaly stejné nejfrekventovanější chyby. Analýza řešitelských strategií naznačila, že neutrální varianta úlohy byla častěji řešena dělením a odčítáním, atraktivní varianta násobením. Možnou příčinou je formulace zadání úlohy, resp. povaha použitých sloves (rozdělit, sezobnout). Také v rozhovorech se ukázalo, že volba početní operace či postupu může být ovlivněna přítomností či nepřítomností určitých signálních slov, nebo schopností žáka tyto operace provádět (odčítání je jednodušší než dělení). Problém měli žáci s interpretací výsledku neúplného podílu, tedy posledním krokem řešitelského procesu, kterým se řešitel vrací od matematického modelu zpět do kontextu úlohy. Porovnání řešitelských strategií a doplňková analýza textu ukázaly, že odlišnost obou variant úlohy spočívá nejen v kontextu, ale i v jazykově-matematické rovině. Varianta s housenkami byla pro žáky oslovené v dotazníku jednoznačně atraktivnější, poukazovali zejména na vtipnost a originalitu. Neutrální varianta našla své příznivce mezi žáky, kteří oceňují nenáročnost úlohy a známou situaci.

### 4.2.4 Úloha 3D: Princezna a draci

**Atraktivní varianta (3Da)**: *Princeznu Zuběnu přilétli požádat o ruku dva draci. Drak Strašlivák měl 3 hlavy a na každé z nich měl 5 očí a tlamu s 8 zuby. Drak Zákeřňák měl 2 hlavy a na každé z nich měl 7 očí a tlamu s 16 zuby. Kolik dračích očí se na princeznu koukalo?*

**Neutrální varianta (3Dn)**: *Ve skříni visely dva kabáty. Černý kabát měl 3 kapsy a v každé z nich bylo 5 mincí a balíček s 8 kapesníky. Modrý kabát měl 2 kapsy a v každé z nich bylo 7 mincí a balíček s 16 kapesníky. Kolik mincí bylo v obou kabátech?*

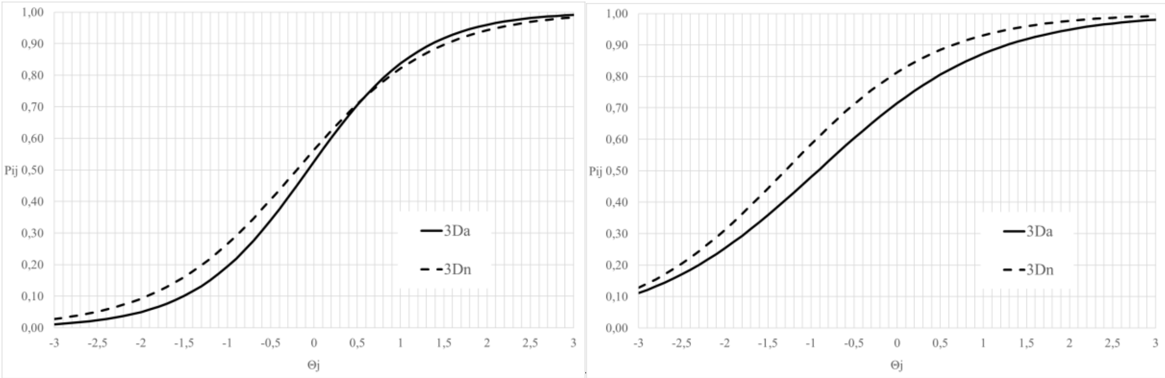
Obě varianty úlohy byly pro žáky podobně obtížné (tab. 4.7), atraktivní varianta byla lehce obtížnější pro žáky s nižší latentní schopností. Rozdíly mezi variantami nedosahují statistické významnosti. Obě varianty také podobně diskriminovaly (obr. 4.19 vlevo).

**Tab. 4.7:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 3D (3. ročník)

| varianta | $N$ | úspěšnost | $a$ | s. e. ($a$) | $b$ | s. e. ($b$) | rozdíly hodnot diskriminace $a$* | rozdíly hodnot obtížnosti $b$* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 177 | 54 % | 1,53 | 0,37 | −0,07 | 0,13 | 0,26 (0,586) | 0,13 (0,513) |
| neutrální | 174 | 56 % | 1,27 | 0,30 | −0,20 | 0,15 | | |

*V závorce jsou hodnoty $p$.

Ve 4. ročníku, kde byla stejná dvojice úloh rovněž zadána, se ukázaly rozdíly větší, se stejnou tendencí – neutrální varianta byla pro žáky celkově méně obtížná než varianta atraktivní (tab. 4.8), a to pro všechny kategorie žáků (obr. 4.19 vpravo), překvapivě nejvíce pro žáky se střední latentní schopností. Ani zde ale nebyl rozdíl statisticky významný. Celkově byli žáci 4. ročníku očekávatelně úspěšnější než žáci 3. ročníku. Úlohy neměly ve 4. ročníku tak dobrou diskriminační schopnost jako ve 3. ročníku, úloha byla pro tento ročník již příliš jednoduchá na to, aby ostře rozlišovala mezi žáky s vyšší a nižší latentní schopností.



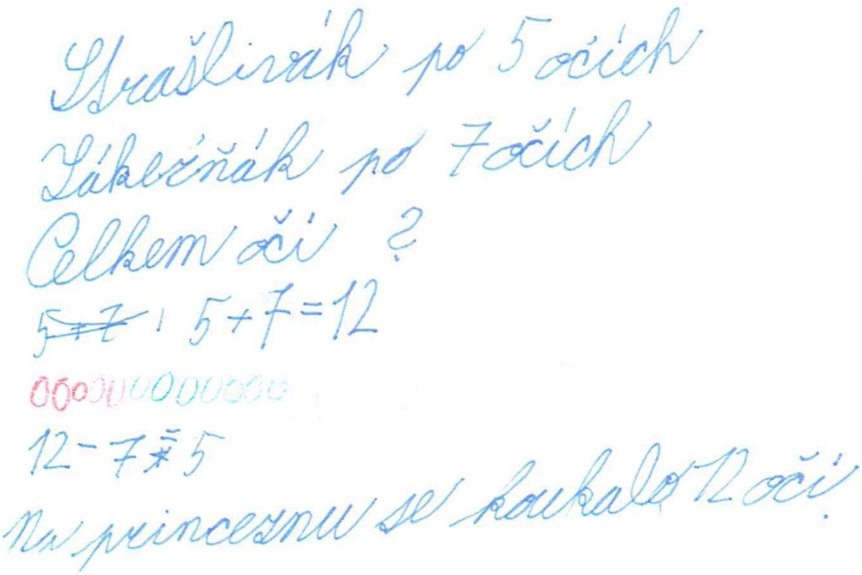

**Obr. 4.19:** IRT grafy pro varianty úlohy 3D – 3. ročník (vlevo), 4. ročník (vpravo)

**Tab. 4.8:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 3D (4. ročník)

| varianta | *N* | úspěšnost | a | s. e. (a) | b | s. e. (b) | rozdíly hodnot diskriminace a* | rozdíly hodnot obtížnosti b* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 174 | 69 % | 1,00 | 0,27 | −0,92 | 0,28 | 0,13 (0,748) | 0,38 (0,346) |
| neutrální | 186 | 76 % | 1,13 | 0,30 | −1,30 | 0,29 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.

Nejčastější chybou bylo chybné zpracování informace nesené zájmenem „každý“ (na *každé* hlavě měl 5 očí; v *každé* kapse bylo 5 mincí), žáci tak pouze sečetli 7 a 5. Přestože mnozí žáci měli pečlivě sepsanou legendu, tuto informaci do ní (ani do výpočtu) z nějakého důvodu nezanesli. Obojí je patrné v řešení Magdalény (obr. 4.20), které obsahuje dokonce i zkoušku a grafické znázornění. V obou ročnících k této chybě docházelo významně častěji (cca o 10 procentních bodů) v atraktivní variantě úlohy (tab. 4.9, ch1).




**Obr. 4.20:** Řešení Magdaleny (varianta 3Da, 3. ročník)

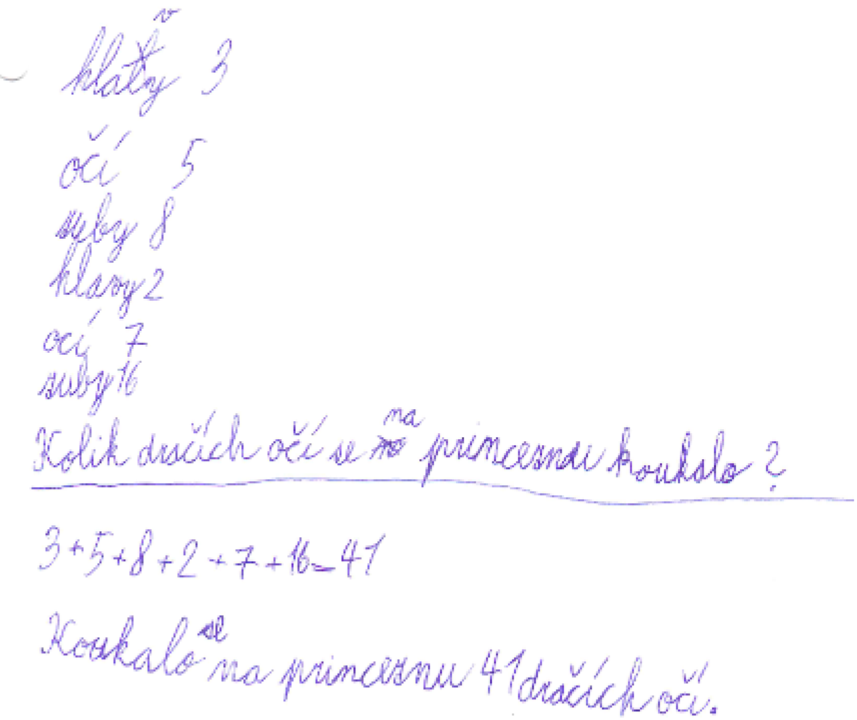
**Tab. 4.9:** Porovnání relativní četnosti výskytu chyb v obou variantách úlohy 3D (3. a 4. ročník)

| popis chyby | | varianta | atraktivní | neutrální | atraktivní | neutrální |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ročník | 3 | 3 | 4 | 4 |
| | | *N* | 177 | 174 | 174 | 186 |
| ch1 | „každý“ (5 + 7 = 12) | | **28 %** | **17 %** | **21 %** | **11 %** |
| ch2 | použití nadbytečných údajů | | 6 % | 7 % | 7 % | 5 % |
| ch3 | dvě odpovědi | | **1 %** | **6 %** | **0 %** | **6 %** |
| ch4 | povrchová strategie – součet všech čísel v zadání | | 2 % | 3 % | 3 % | 3 % |
| ch5 | povrchová strategie – součin 5 · 7 | | 2 % | 2 % | 1 % | 1 % |
| ch6 | záměna sčítanců při opakovaném sčítání | | 3 % | 3 % | 1 % | 3 % |
| ch7 | jiná | | 10 % | 11 % | 9 % | 8 % |

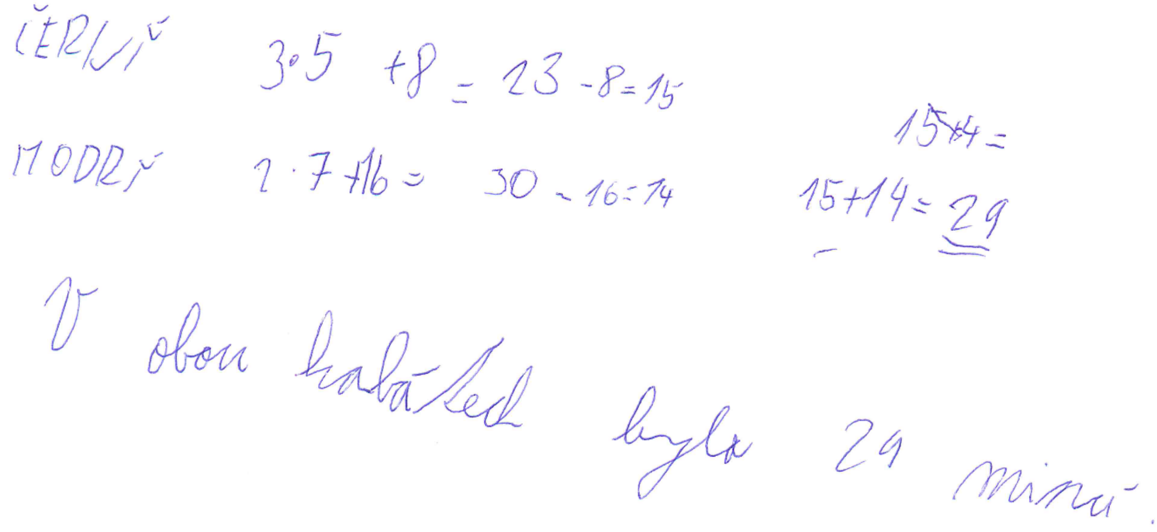
* Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádím výskyt všech chyb. Tučně jsou vyznačeny rozdíly ≥ 5 procentních bodů.

Druhou nejfrekventovanější chybou bylo použití nadbytečných údajů (počet zubů draků, počet kapesníků; ch2), v obou variantách k ní došlo přibližně stejněkrát. Jedno specifické řešení, které ale nebylo hodnoceno jako chybné, se vyskytovalo pouze u varianty s neutrálním kontextem. Žáci v odpovědi na úlohu uvedli zvlášť počet mincí v černém a zvlášť v modrém kabátě. Porovnáme-li z jazykového hlediska detailněji otázky obou variant úlohy, dostaneme poměrně jasné vysvětlení. Zatímco formulace *Kolik dračích očí se na princeznu koukalo?* neupozorňuje na skutečnost, že draci jsou dva, v druhé otázce je to explicitně zmíněno: *Kolik mincí bylo v* obou *kabátech?* Ve 24 případech celkem jsem zaznamenala postup odpovídající povrchové strategii (tab. 4.9, ch4), žáci sečetli všechna čísla v úloze dohromady, opomíjeli přitom nadbytečnost některých číselných údajů a multiplikativní vztah mezi hlavou draka a počtem očí, resp. kapsou kabátu a počtem mincí (např. řešení Gabriely na obr. 4.21). Docházelo k tomu srovnatelně v obou variantách i obou ročnících. Na nepochopení situačního modelu úlohy ukazuje také častý výsledek 35 získaný součinem 7 a 5, který nemá žádné logické opodstatnění (počet mincí v jedné kapse násoben počtem mincí ve druhé kapse, resp. počet očí na jedné a druhé hlavě). Poslední chybu (tab. 4.9, ch6) bylo možné najít v řešeních žáků, kteří úlohu řešili pomocí opakovaného sčítání (5 + 5 + 5 + 7 + 7 = 29). Poměrně často se jim stávalo, že místo tří pětek a dvou sedmiček sečetli naopak dvě pětky a tři sedmičky, nebo pouze dvě pětky a dvě sedmičky, což lze označit za chybu z nepozornosti, nikoliv z neporozumění.

Zajímavým jevem často doprovázejícím řešení této úlohy byla přítomnost nadbytečných údajů v legendách a mnohdy i ve výpočtech. Žáci z nějakého důvodu vypočítali i počet zubů nebo kapesníků, přestože v odpovědi výsledky nepoužili. Šimon (obr. 4.22) dokonce nejprve sečetl dohromady mince s kapesníky a vzápětí kapesníky zase odečetl. Častěji než u jiných úloh v tomto testovém sešitě se objevovaly řešitelské i ilustrační obrázky (více u mladších žáků a u varianty atraktivní, ne však nijak výrazně). Při analýze žákovských řešení nebyl nalezen žádný zjevný důkaz o tom, že by žáci chybovali v důsledku specifických vlastností počítaných objektů (naznačovaných v oddílu 3.3.2) – u žádného z žáků jsem nezaznamenala, že by počet očí draků násobil nebo dělil dvěma, a naopak u druhé varianty jsem pouze v jednom případě zaznamenala záměnu mince za korunu, výsledek nicméně neovlivnila.


hlavy 3
očí 5
zuby 8
hlavy 2
očí 7
zuby 16
Kolik dračích očí se ~~no~~ na princeznu koukalo?
3+5+8+2+7+16=41
Koukalo se na princeznu 41 dračích očí.

**Obr. 4.21:** Řešení Gabriely (varianta 3Da, 3. ročník) (Vondrová, 2020, s. 3)


ČERVÍ 3·5 +8 = 23 -8 = 15
MODRÝ 2·7 +16 = 30 - 16 = 14
15+14 =
15+14 = 29
V obou kabátech bylo 29 mincí.

**Obr. 4.22:** Řešení Šimona (varianta 3Dn, 3. ročník)

Také v rozhovorech bylo nejčastějším chybným výsledkem číslo 12 (ch1). V takových případech jsem se snažila zjistit, proč žák informaci *na každé hlavě/v každé kapse* nezpracoval. Nikdo z dotazovaných si svou chybu neuvědomoval (tzn. při vstupním dotazu neoznačil úlohu jako potenciálně chybně vyřešenou) a neodhalil ji ani při převyprávění či opětovném přečtení textu úlohy. Následovalo tedy ověření představy (jak si představují draky/kabáty), obvykle s pomocí obrázku, k jehož nakreslení byli žáci vyzváni. Některým žákům postupné pročítání zadání a kreslení obrázku pomohlo, jiné stačilo upozornit na slovo *každý*, jako například Mariana.

Tazatelka: Jak rozumíš tady tomu slovu *každé*? (čte zadání s důrazem na slovo *každé*)

Marian: No, už to asi chápu (…), že by se spočítalo 5 trojek, ne, 3 pětky dohromady a vzniklo by z toho 15.

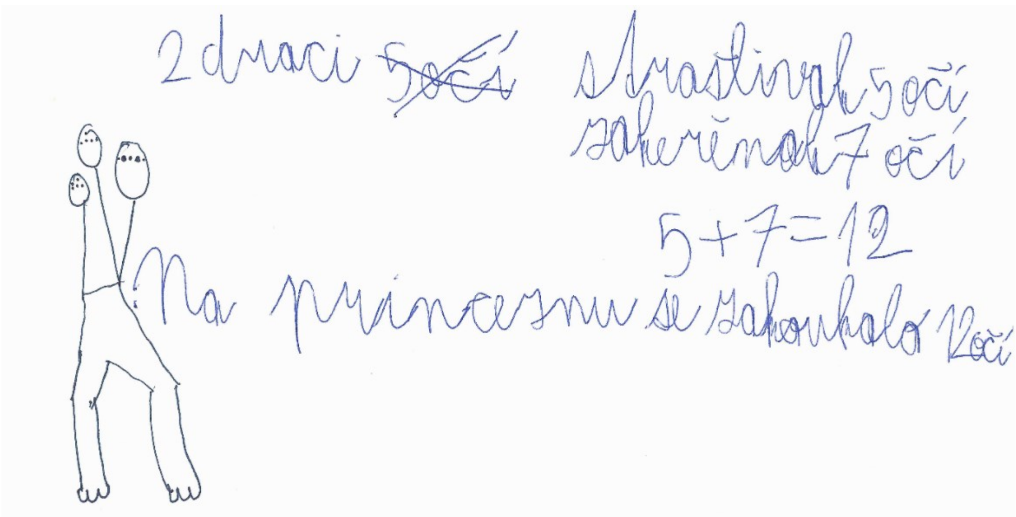
T: Hm, a dává ti to takhle smysl?

M: (hned) Jo, dává.

T: A jak se tam vzaly ty tři pětky?

M: Že v KAŽDÉ z těch tří byly PĚT mincí, v KAŽDÝ! (zdůrazňuje slova) Takže kdybyste sečetla všechny pětikoruny do sebe, tak by to bylo 15.

Na obrázcích 4.23 a 4.24 jsou řešení Eliáše a Ráchel, kterým v porozumění nepomohl ani obrázek. Zatímco Eliáš obrázek nakreslil v souladu s textem úlohy a byl následně schopen opravit svůj výpočet (i když jeho reakce v závěru nebyla přesvědčivá), představa Ráchel byla konzistentní s jejím výpočtem (7 + 5) a své řešení nezměnila.




**Obr. 4.23:** Řešení Eliáše (Varianta 3Da)

Tazatelka: Představuješ si v hlavě toho draka Strašliváka? Jak vypadal, dokázal bys mi ho nakreslit?

Eliáš: (žák nejprve nechce, pak se do toho pouští, nakreslí obrys draka s třemi hlavami, bez očí a zubů)

T: Hm, vidím, že má tři hlavy, a můžeš nakreslit i ten zbytek, co má?

E: (přikresluje oči, na každou hlavu pět)

T: Takže tady jsi nakreslil 5 očí, tady měl taky 5 očí, a tady taky, na každé z těch hlav měl 5 očí. (Eliáš přitakává) A pak měl ještě nějakou tlamu s osmi zuby, to tam kreslit nemusíš. Tak a pak byl drak Zákeřňák (čte zadání týkající se druhého draka i závěrečnou otázku). Kolik dračích očí se na princeznu koukalo?

E: (vyhrkne) Dvanáct!

T: Dvanáct, hm, jak jsi to vypočítal?

E: 5 plus 7.

T: A tady ten drak Strašlivák, má kolik očí?

E: (přemýšlí) Patnáct?

T: Hm, a ten Zákeřňák by měl kolik očí?

E: (po krátké chvíli) Čtrnáct.

T: Takže kolik očí se na princeznu koukalo?

E: (po krátké chvíli) 29?

T: Jak jsi to vypočítal?

E: Deset plus deset je dvacet, čtyři plus pět je devět, dvacet devět.

T: Takže co s tou dvanáctkou? Mají 29 očí, které se dívají na princeznu, nebo těch 12?

E: (hned) 29.

T: Jsi si tím jistý?

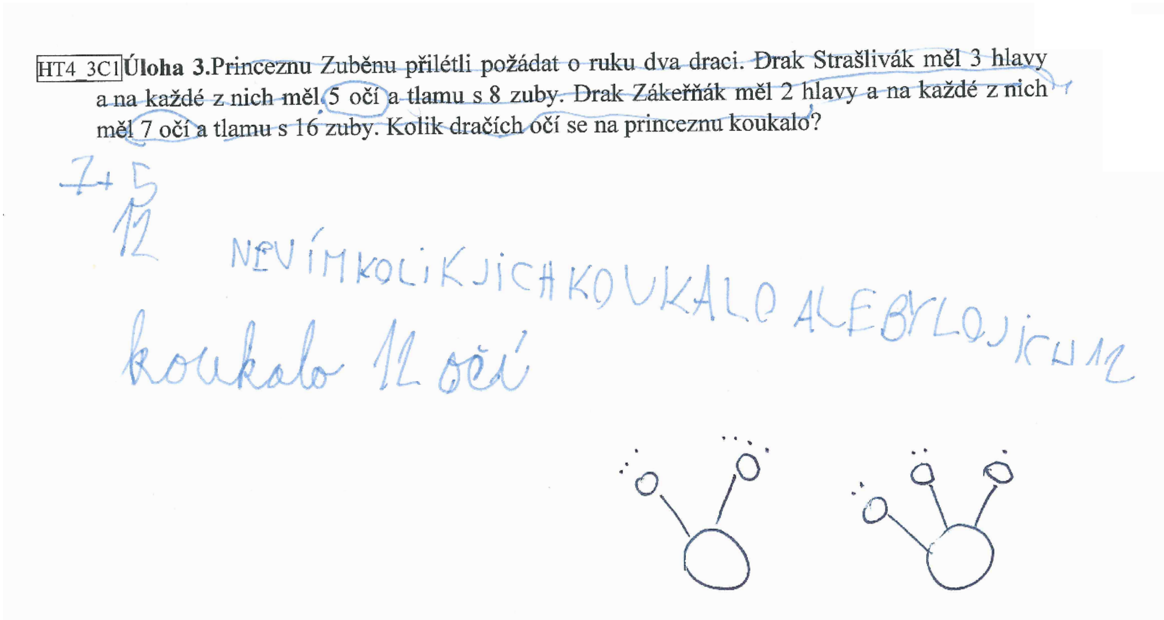
E: (nejistě potvrzuje)

T: V čem si myslíš, že byl problém, proč je 12 špatně? (rekapituluje řešení) Na co jsi tu zapomněl?

E: Na jedničky?

T: Na jedničky?

E: Před 5 a 7 (myslí si, že to je to, co odlišuje výpočet 5 + 7 od výpočtu 15 + 14).




**Obr. 4.24:** Řešení Ráchel (Varianta 3Da)

Tazatelka: Takže kolik se očí na princeznu koukalo?

Ráchel: Nevím, kolik jich koukalo, ale bylo jich 12.

T: Škrtla jsi zbytek zadání… (ukazuje na zadání úlohy)

R: Aby mě to nemátlo.

T: Rozumím. Jak vypadali ti draci?

R: Jeden měl tři hlavy.

T: (skáče do řeči) Já to nakreslím (kreslí draka s třemi hlavami).

R: A vlastně 5 očí.

T: A to měl kde, těch 5 očí?

R: Asi tady dvě, tady dvě a tady jedno (ukazuje postupně na jednotlivé hlavy).

T: A pak tam byl druhý drak.

R: Ten měl dvě hlavy a na každé z nich měl 7 očí (dívá se do zadání).

T: Hm, takže hlavy. (kreslí) A oči?

R: Tady tři a tady čtyři.

Přestože Ráchel sama nahlas řekla „na každé z nich“, do obrázku tuto informaci nepřenesla. V první větě rozhovoru také naznačuje, že z textu úlohy není zřejmé, zda se dívají všechny oči, nebo jen některé. Podobný průběh měl rozhovor s žákem nad úlohou s neutrálním kontextem, který byl přesvědčen, že mince byly vždy pouze v jedné z kapes. Nakreslení obrázku pro žáky nebylo vždy nápomocné, jak je patrné v závěru rozhovoru s Annou (žákyně s PO1), která původně řešila úlohu povrchovou strategií – sečtením všech čísel (ch4).

Tazatelka: (poté, co žákyně nakreslí oba draky se správným počtem očí) Jak jsi vypočítala, že to bylo 36 očí?

Anna: Jsem vypočítala, kolik měl hlav, očí, zub, hlav, očí a zub[74] (ukazuje na všechna čísla v zadání).

T: (vyzve žákyni k přečtení textu a nakreslení draka) Kolik očí má tenhle drak?

A: Dohromady? (T: ano) Patnáct.

T: (…) Teď se podíváme na toho Zákeřňáka, toho nemusíš kreslit (čte text o druhém drakovi včetně závěrečné otázky – kolik dračích očí se na princeznu koukalo?).

A: (hned) 36.

T: 36? Jak jsi na to přišla?

A: Jsem si spočítala toho draka a toho druhýho draka (ukazuje opět na všechna čísla v zadání).

Objevila se i druhá povrchová strategie – součin 5 · 7 (ch5), reakce žáka na otázku, proč násobil, byla okamžitá a rozhodná: *Protože kdyby tam bylo větší číslo, tak bysem dělil*. Michaela naopak o svém řešení 5 · 7 pochybovala s odkazem na reálnost takového výsledku (*protože takhle moc mincí tam nemůže být)* a na dotaz, jak jinak by to tedy mělo být, odpověděla, že by *tam dala plus* (5 + 7)*, a jak je tady kapsy a v každé z nich bylo 5 mincí, tak bych tam připsala ještě plus 5* (5 + 7 + 5). Postupně se pak dobrala k tomu, že by bylo potřeba přidat ještě jednu 5 a jednu 7, tedy ke správnému postupu.

Jako problematické se ukázaly nadbytečné informace, žáky odrazovaly od řešení (*hodně čísel*; *je to moc dlouhý na čtení*; *bylo to tam dlouhý, tak jsem se v tom trochu ztratil*), přestože pak někteří neměli problém úlohu vyřešit. Příkladem je Hana, která pravděpodobně úlohu ani nedočetla do konce.

Tazatelka: Tuhle úlohu jsi četla?

Hana: Četla, ale neřešila.

T: V čem byl problém?

H: Hlava, oči a pak těch… no tohleto: jsou tu oči, zuby, tlamy a ještě něco.

[74] Problémy se skloňováním měla i v jiných místech úlohy.

T: Že tam bylo moc věcí? (Hana potvrzuje) A víš, co bylo za úkol spočítat v této úloze?

H: (po krátkém zamyšlení) Kdo si ji vzal?

T: (smích) To by bylo pěkný. Otázka byla tady (ukazuje do zadání a čte), kolik dračích očí se na princeznu koukalo, to byla ta otázka.

H: Aha.

T: Dochází ti něco?

H: Jo, měla jsem spočítat ty oči.

T: Hm, jak bys na to šla?

H: (po krátkém zamyšlení, aniž by se dívala do zadání úlohy) 32 očí se na ni dívalo.

T: Jak jsi to takhle rychle vypočítala?

H: No, vzala jsem si 2 krát 7 a 3 krát 5, to mi vyšlo 14 a 15 a spočetla jsem to dohromady.

T: Jak jsi věděla, že máš udělat 2 krát 7 a 3 krát 5?

H: Tak, prostě jsem to věděla.

**Shrnutí:** Kvantitativní šetření s více než 600 žáky 3. a 4. ročníku ukázalo, že na úspěšnosti žáků se kontext příliš neprojevil, mírně lépe dopadla úloha s neutrálním kontextem o kabátech, rozdíly však nebyly statisticky významné. Hypotézu $H_0$ tedy nelze zamítnout. Přičemž více byli kontextem ovlivněni žáci starší, pro které byla úloha jednodušší. U obou variant se vyskytovaly stejné typy chyb, u atraktivní zpravidla s lehce vyšší, nebo stejnou frekvencí. Výjimkou byla chyba, která nejčastěji vedla ke špatnému řešení, a to nezpracování informace, že uvedený počet mincí, resp. očí, se nacházel v *každé* z kapes, resp. na *každé* z hlav. K té docházelo výrazně častěji u atraktivní varianty. Přestože v dotazníku i rozhovorech získala atraktivní varianta s princeznou a draky jednoznačně více preferenčních hlasů, zdá se, že pro některé žáky byla méně přehledná a srozumitelná, což naznačují i některé komentáře žáků v dotazníku a obtíže žáků při rozhovorech. Projevit se také mohl již zmiňovaný negativní efekt odvedení pozornosti atraktivním kontextem. Doplňující analýza textů obou variant úlohy ve světle testování a rozhovorů odhalila několik drobných rozdílů, které se mohly odrazit v obtížnosti úlohy. Malá, ale pro některé žáky možná důležitá, byla rozdílnost v otázce: zatímco neutrální varianta se dotazuje, *kolik mincí bylo V OBOU kabátech*, atraktivní varianta počet draků neakcentuje (*kolik očí se na princeznu koukalo*). Navíc, jak poukázala jedna z žákyň, je zde zamlčený předpoklad, že se na princeznu koukaly všechny oči, zatímco mince v kabátu bezesporu byly, a zadání tudíž nic nezamlčovalo. Přítomnost slova *obou* také mohlo napomoci žákům rozfázovat si řešení do dvou kroků – zjištění mincí v jednom a poté ve druhém kabátě, což mohlo být příčinou vyšší úspěšnosti žáků při řešení této varianty. Stejně spolehlivě to ale mohlo působit i opačně – formulace otázky mohla svádět žáky k součtu 5 + 7. Žádnou evidenci o tom však nemáme. Zaznamenány nebyly rovněž očekávané rozdíly ve vnímání počítaných objektů a z nich vyplývající chyby – oči jako párový orgán, mince jako peníze. Naší pozornosti při počáteční analýze zadání úlohy unikla také jazyková blízkost dvou objektů *kapsa – kapesník*, která mohla zhoršit orientaci v textu neutrální varianty úlohy, ačkoliv explicitně na ni upozornil jen jeden žák.

### 4.2.5 Úloha 4A: Superschopnosti

**Atraktivní varianta (4Aa)**: *Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec mostu, který je od tebe vzdálený 25 metrů?*

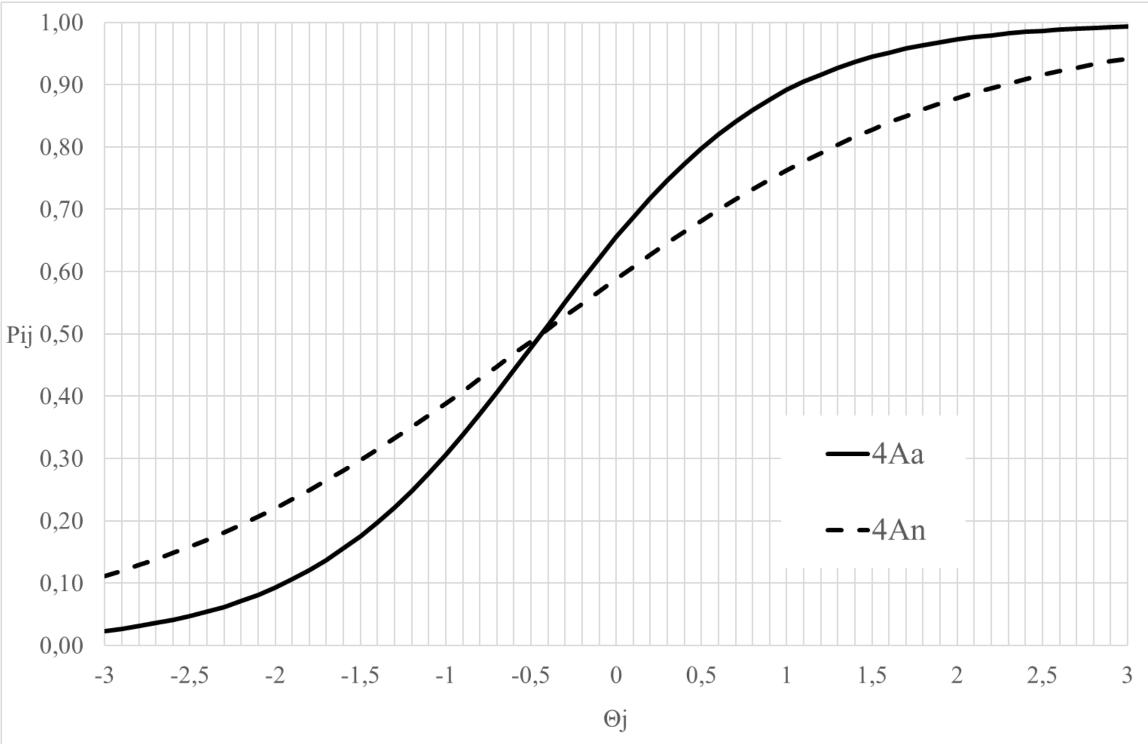
**Neutrální varianta (4An)**: *Když se klokan Skippy odrazí levou nohou, skočí do dálky 2 metry. Když se odrazí pravou nohou, skočí 3 metry. Když se odrazí oběma naráz, skočí dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musí Skippy udělat, aby se dostal přesně na druhý okraj mýtiny, který je od něj vzdálený 25 metrů?*

Podobně jako v předchozích úlohách i zde nebyly rozdíly v úspěšnosti mezi variantami statisticky významné. Průměrná úspěšnost žáků byla nad 60 % (tab. 4.10). Varianta s atraktivním kontextem měla mírně vyšší úspěšnost a lépe diskriminovala. Neutrální variantu byli schopni řešit i někteří žáci s nižší latentní schopností (obr. 4.25). Výsledky je však nutné brát s ohledem na nižší počet žáků.

**Tab. 4.10:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 4A (4. ročník)

| varianta | *N* | úspěšnost | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 49 | 63 % | 1,46 | 0,68 | −0,44 | 0,28 | 0,65 (0,440) | 0 (1,000) |
| neutrální | 47 | 60 % | 0,81 | 0,49 | −0,44 | 0,48 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.




**Obr. 4.25:** IRT grafy pro varianty úlohy 4A (4. ročník)

Obdobnou úlohu testující příbuzný parametr (familiárnost použité jednotky) jsme zařadili v rámci testování GA ČR do 5. ročníku.

> **Neznámá jednotka**: *Když se drak odrazí jednou nohou, skočí do dálky 2 sáhy. Když se odrazí oběma nohama, skočí 3 sáhy. Když si při skoku pomůže mávnutím křídel, skočí dokonce 6 sáhů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musí drak udělat, aby se dostal přesně na druhý okraj mýtiny, jenž je od něj vzdálený 25 sáhů?*

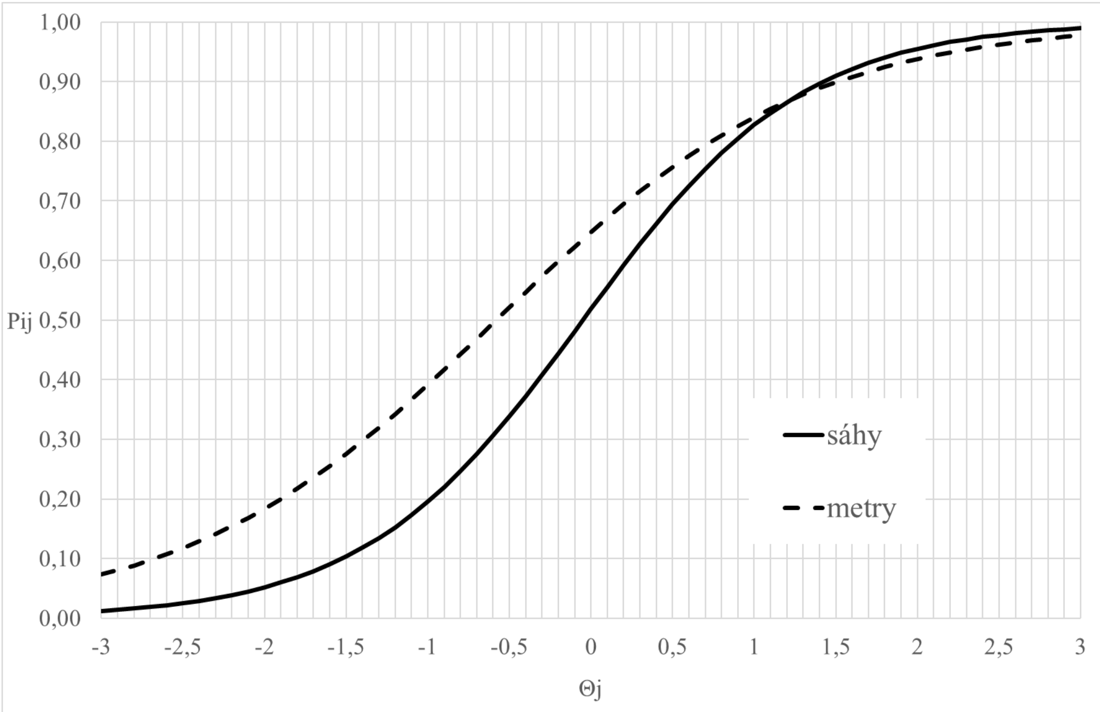
> **Známá jednotka**: *Když se drak odrazí jednou nohou, skočí do dálky 2 metry. Když se odrazí oběma nohama, skočí 3 metry. Když si při skoku pomůže mávnutím křídel, skočí dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musí drak udělat, aby se dostal přesně na druhý okraj mýtiny, jenž je od něj vzdálený 25 metrů?*

Výsledky jsou překvapivé (tab. 4.11). Ačkoliv rozdíly mezi variantami nebyly statisticky významné, jsou relativně velké na to, o jak malou změnu v textu úlohy se jedná, text byl až na použitou jednotku stejný (metr vs. sáh). Na grafech variant úlohy (obr. 4.26) je patrné, že odlišnost jednotky ovlivnila především úspěšnost žáků se střední a nižší latentní schopností. Řešení žáků byla rovněž podrobena analýze, ta zde poslouží k dokreslení některých jevů sledovaných u úloh 4A.

**Tab. 4.11:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci verze úlohy 4A (5. ročník)

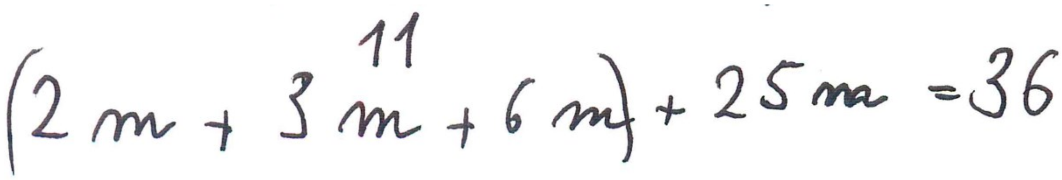
| varianta | *N* | úsp. | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| neznámá jednotka (sáh) | 70 | 50 % | 1,49 | 0,46 | −0,05 | 0,20 | 0,44 (0,457) | 0,53 (0,200) |
| známá jednotka (metr) | 74 | 58 % | 1,05 | 0,37 | −0,58 | 0,36 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.




**Obr. 4.26:** IRT grafy pro varianty úlohy

V řešeních žáků 4. i 5. ročníku se vyskytovalo sedm typů chyb (přehled chyb v tab. 4.12). Buď žáci nenalezli nejmenší počet skoků (a tak častým výsledkem bylo 7 skoků, 2 · 6 m + 3 · 3 m + 2 · 2 m), nebo součet neodpovídal 25 m, a nebo vzdálenost 25 metrů vydělili 6, aniž by zvažovali skoky 2metrové a 3metrové a se získaným neúplným podílem (4 zb. 1) se v rámci odpovědi nějak vypořádali. Čtvrtá chyba je spíše kategorií chyb, které ukazují hlubší nepochopení struktury úlohy. Příkladem takového řešení je řešení Roberta, který sečetl všechna zadaná čísla dohromady (obr. 4.27).



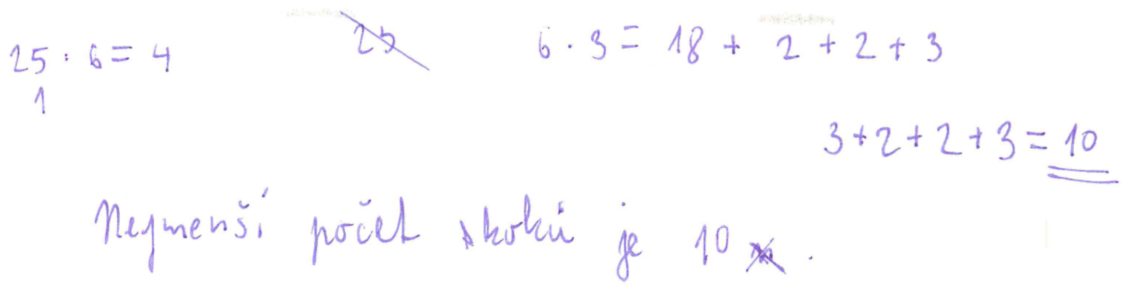

**Obr. 4.27:** Řešení Roberta (varianta 4Aa, 4. ročník)

**Tab. 4.12:** Porovnání absolutní četnosti výskytu chyb v obou variantách úlohy 4A (4. ročník)

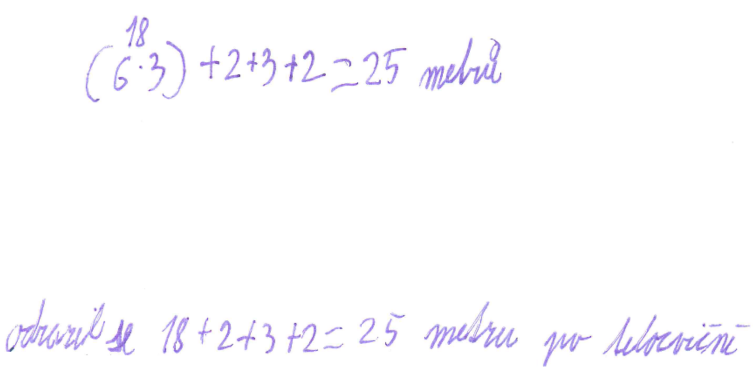
| popis chyby | | varianta | atraktivní | neutrální | neznámá jednotka | známá jednotka |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *N* | 49 | 47 | 70 | 74 |
| ch1 | větší počet skoků, součet odpovídá 25 m | | 6 | 5 | 3 | 7 |
| ch2 | součet délek skoků neodpovídá 25 m | | 2 | 2 | 6 | 7 |
| ch3 | řešení dělením 25 : 6 | | 3 | 6 | 4 | 4 |
| ch4 | hlubší nepochopení struktury úlohy | | 2 | 1 | 6 | 4 |
| ch5 | použití skoků odlišné délky (např. 1 m) | | 1 | 0 | 6 | 5 |
| ch6 | chybně napočítané skoky | | 4 | 1 | 4 | 3 |
| ch7 | jiná nebo nelze určit | | 2 | 5 | 10 | 8 |

*Obě varianty jsou zastoupeny téměř stejným počtem žáků, uvádím tedy absolutní četnost. Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádím výskyt všech chyb.

Pro žáky byl často také problém přetvořit získaný správný výsledek do podoby odpovědi (tab. 4.12, ch6). Žáci například neuváděli počet skoků, ale počet metrů, či nějakou kombinaci počtu skoků a metrů. To je patrné např. u Matyldy (obr. 4.28), která výpočtem 3 + 2 + 2 + 3 zkombinovala 3 (šestimetrové) skoky s 2 metry, 2 metry a 3 metry (namísto 3 skoky + 1 skok + 1 skok + 1 skok), nebo v řešení Bruna (obr. 4.29), jehož výpočet je správný, ale odpověď svědčí o formulační tísni nebo nepochopení otázky.




**Obr. 4.28:** Řešení Matyldy (varianta s neznámou jednotkou – sáhy, 5. ročník)




**Obr. 4.29:** Řešení Bruna (varianta 4Aa, 4. ročník)

Při analýze odpovědí jsem se soustředila také na formulace prozrazující míru ztotožnění se žáků s personalizovaným textem. Navzdory očekávané odpovědi v ich formě (*musím skočit 6krát*) jsem nezřídka narážela na vyjádření ve druhé nebo třetí osobě (*musíš udělat 6 skoků*, *mohl udělat 6 skoků*).

Rozhovory ukázaly řadu zajímavých skutečností. Osvětlily například, co žáky mohlo vést k postupu 25 : 6, a že to nemuselo být následkem povrchové strategie. Mnozí žáci totiž uváděli, že vyzkoušeli 25 vydělit všemi možnými skoky (2 m, 3 m, 6 m), ale protože jim to vycházelo se zbytkem, ani jedno z řešení jim nepřišlo ideální, zvolili tedy 25 : 6, neboť nejlépe vyhovovalo danému zadání. To je patrné např. z rozhovoru s Ellou.

Tazatelka: (rekapituluje řešení 25 : 6 = 5) Jak si představuješ toho Skippyho, to skákání?

Ella: No, že… Já to vlastně neumim moc popsat, ale prostě 5 skoků myslim, že stačí na vzdálenost 25 metrů.

T: A můžeš mi říct jaké ty skoky to jsou? Pravou, levou, nebo oběma.

E: (hned) Oběma. Já jsem nejdřív zkoušela jenom tou jednou, ale to mi nějak nevyšlo.

T: Hm, ...a přesně těch 25 metrů?

E: Ne, to ne, vlastně 25 děleno 6 se rovná 5 a půl.

T: Takže ti tam vycházel nějaký zbytek (...) a dokázala bys to vypočítat přesně?

E: No..., tak 2 plus 3 je 5, to by musel dělat 3 skoky levou a 3 skoky pravou. (po doporučení tazatelky píše 3 · 3 = 9 a 2 · 3 = 6) Ne, to nejde, takže…
(píše 3 · 4 = 12 a 2 · 4 = 8), hm, takže ještě musim udělat 5krát, 5krát to bude
(píše 2 · 5 = 10 a 3 · 5 = 15) Jo!

T: Ještě důležitá otázka, myslíš, že se musí odrazit stejněkrát levou a stejněkrát pravou?

E: Myslím, že ne.

T: Například 3krát levou a 5krát pravou?

E: Myslím, že jo.

T: Kolik tedy nejméně skoků musí udělat, aby se dostal na druhý okraj mýtiny?

E: Deset. Ne! Jo! Pět levou a pět pravou, takže 10.

Ella, podobně jako mnozí další žáci, ze zadání úlohy nevyrozuměla, že má hledat nejmenší možný počet skoků. V dalších rozhovorech jsem se na to zaměřila. Ukázalo se, že si někteří žáci pravděpodobně jen nevšimli příslovce *nejméně*, nebo na něj během řešení zapomněli.

> Tazatelka: Myslíš, že by to šlo udělat i jinýma skokama?
>
> Oto: Určitě.
>
> T: A proč jsi vybral zrovna tyhle? (8 skoků – 5krát pravou, 2krát levou, jednou oběma)
>
> O: Protože mě napadl jako první, líbil se mi, jak je jednoduchej, nebo trochu komplikovanej, ale jednoduchej.
>
> T: Já ti přečtu otázku. (ani nedočte a žák již reaguje)
>
> O: Jo! A jo!
>
> T: Co ti došlo?
>
> O: Tak už vim, tady je chyba. Já si to nejdřív spočítám, je to celkem 8 skoků, to jsem mohl mít míň, 2 oběma, 1 levou, plus 3, plus 6 a plus 2, což bych měl mnohem míň skoků, než jsem udělal teďka.
>
> T: Co ti uteklo za informaci?
>
> O: Poslední otázka, jakym způsobem bych mohl udělat nejmíň skoků.

Podobně to bylo s příslovcem *přesně*, někteří jej zaregistrovali hned, jak byli vyzváni k opětovnému přečtení zadání (Ž: *Jo, jo aha! Takže jsem tam měla napsat jakože těch nejmíň kroků, který může udělat. (...) Asi jsem to přehlídla.*), jiní zareagovali v okamžiku, kdy byli vyzváni k vysvětlení významu toho slova (T: *Jak rozumíš slovu přesně?* Ž: *Že to asi mělo vyjít beze zbytku, přesně na tom okraji?*). Karel si to uvědomoval (o úloze pochyboval a chtěl si o ní promluvit), ale byl přesvědčen, že lepší řešení nalézt nelze (šest skoků, $6 \cdot 5 = 30$). Z rozhovoru vyplynulo, že pečlivě zvážil všechny možnosti, ale nenapadlo ho, že skoky je možné kombinovat.

> Tazatelka: Jak si vykládáš význam tady toho slova *přesně*?
>
> Karel: Jako přesně 25 metrů?
>
> T: Hm, chápeš to tak?
>
> K: Jo, no, ale vono to nejde. Protože (…) i kdyby skočil třeba levou, tak by to přeskočil o jeden metr, kdyby pravou, tak by to skočil přes dva metry, nebo kdyby to skákal takhle (myslí oběma nohama), tak by to nedoskákal, nebo by přeskočil o pět metrů.

T: Hm, a mohl by třeba kombinovat ty skoky? Že se třeba jednou odrazí levou, pak se odrazí oběma, pak pravou... klaplo by to?

K: Jo, to by šlo.

T: Nevíš, proč tě tahle možnost nenapadla?

K: Já nevim.

Poslední ukázka z rozhovoru s Jindřiškou dokladuje potíže s interpretací nalezeného výsledku, respektive zaměňování počtu metrů a počtu skoků, které se často objevovalo v testování.

Tazatelka: Mě by zajímalo, ty tady píšeš, že na druhou stranu mýtiny se dostane, když bude střídat levou a pravou nohu.

J: Protože 2 a 3 je 5, násobilka pěti.

T: Bezva, a dokázala bys zjistit na kolik skoků tedy se tam dostane, kolikrát by skočil tou levou a kolikrát pravou?

J: 25 metrů.

T: 25 metrů, to je ta vzdálenost, ale kolikrát ťápne tou nohou, dokázala bys to nějak zjistit?

J: No, tak 25krát, ne?!

T: ...ne.

J: Jakože ta pětka se musí vynásobit třema a potom dvouma?

T: (souhlasné) Hm.

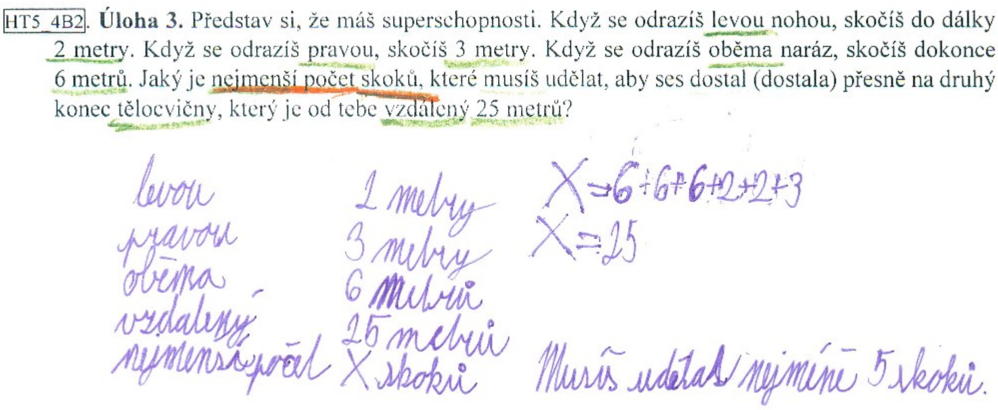
J: (dává najevo, že rozumí) Což je: 3 krát 5 je 15 a 5 krát 2 je 10, takže 15 plus 10 je 25, takže 25krát! 25 musí jednou nohou a pak druhou nohou.

Žáci, kteří měli atraktivní variantu, byli dotazováni, zda si při čtení či řešení úlohy představili sebe, jak skáčou, případně byli vyzváni, aby úlohu převyprávěli vlastními slovy. Žádný z dotazovaných žáků nepotvrdil, že by si v situaci představil sám sebe. Dotazy na představu ukázaly také jiné zajímavé interpretace zadání. Například jedna z dívek nedokázala úlohu řešit, protože si mýtinu představila jako *propast*, kterou musí klokan jedním skokem přeskočit. Podobně si jiná dívka, která úlohu nebyla schopna vyřešit, přečetla větu *skočí do dálky dvou metrů* namísto *skočí do dálky dva metry*, což také mohlo ovlivnit její schopnost představit si situaci. Další z žáků hned při řešení upozornil na to, že v úloze je chyba, neboť 2 plus 3 není 6, ale 5. Poukazoval na to, že odraz oběma nohama by měl odpovídat součtu odrazu z levé a pravé nohy. Je překvapivé, že se podobný komentář v rozhovorech neobjevoval častěji.

Tato úloha poukázala také na obtíže, jaké mohou mít žáci s formální stránkou zápisu řešení úlohy a jak jim to může komplikovat průběh řešení. V tabulce 4.13 jsou ukázky řešení šesti žáků jedné třídy. Pozornost upoutá nápadná podobnost celého zápisu řešitelského postupu všech těchto žáků, od zpracování textu pomocí dvou pastelek (vždy červené a zelené), přes architekturu zápisu až k výpočtu s použitím neznámé *x*. S problematickým místem (rozlišením počtu skoků od jejich délky, ch6) se však každý vypořádal jinak.

**Tab. 4.13:** Ukázky řešení úlohy 4A jedné třídy (4. ročník)

řešení Pavla

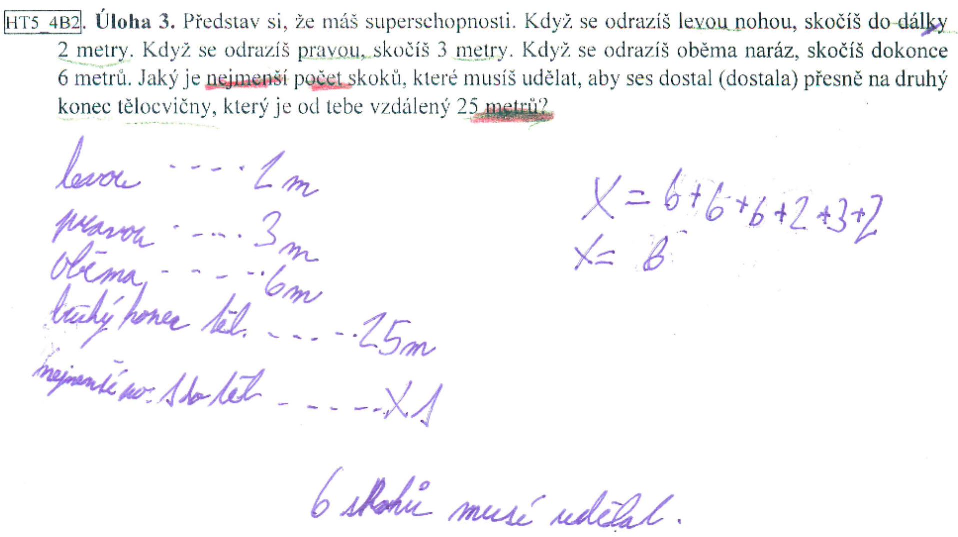

HT5_4B2. **Úloha 3.** Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec tělocvičny, který je od tebe vzdálený 25 metrů?

levou 2 metry
pravou 3 metry
oběma 6 metrů
vzdalený 25 metrů
nejmenší počet X skoků

X=6+6+6+2+2+3
X=25

Musíš udělat nejméně 5 skoků.

řešení Hedviky


HT5_4B2. **Úloha 3.** Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec tělocvičny, který je od tebe vzdálený 25 metrů?

levou ....2m
pravou ....3m
oběma ....6m
druhý konec těl. .....25m
nejmenší po. skoků .....X

X=6+6+6+2+3+2
X= [illegible]

6 skoků musí udělat.

---

řešení Slávka

HT5_4B2. **Úloha 3.** Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec tělocvičny, který je od tebe vzdálený 25 metrů?

levá ....... 2 m
pravá ......3 m
obě ........ 6 m
konec ......25 m
nejmenší počet ......x s

$x = \cancel{6+6+6+2+2+3}$
$x = \cancel{25}$
$x = 666223$
$x = 6$

Nejmenší počet skoků je 6.

---

řešení Petra

HT5_4B2. **Úloha 3.** Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec tělocvičny, který je od tebe vzdálený 25 metrů?

levá noha ......2 m.
pravá noha......3 m.
oběma najednou ...6 m.
vzdálenost.........25 m.
nejmen skoků.....X ks.

$X = 6:6 + 6:6 + 6:6 + 2:2 + 2:2 + 3:3$
$x\,6$

A 6 6 6 2 2 3 B

Nejmenší počet skoků je 6.

---

řešení Zuzky

z obou nohou a 1 levou

HT5_4B2. **Úloha 3.** Představ si, že máš superschopnosti. Když se odrazíš levou nohou, skočíš do dálky 2 metry. Když se odrazíš pravou, skočíš 3 metry. Když se odrazíš oběma naráz, skočíš dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musíš udělat, aby ses dostal (dostala) přesně na druhý konec tělocvičny, který je od tebe vzdálený 25 metrů?

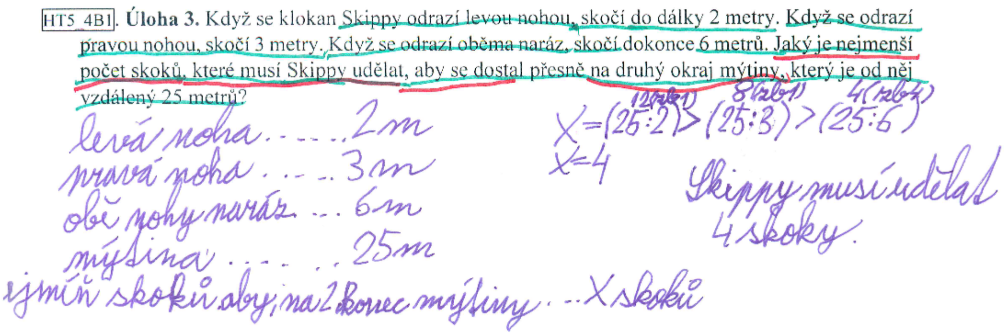
levá 2 metry
pravá 3 metry
oběma 6 metrů
nejmenší x s
na druhý konec tělocvičny y

$x = 2 < 3 < 6$
$x = 6$
$y = 25 : 6$
$y \doteq 4$ zb 1

Na druhý konec tělocvičny se dostaneme 4 skoky

---

řešení Jiřího



HT5_4B1. **Úloha 3.** Když se klokan Skippy odrazí levou nohou, skočí do dálky 2 metry. Když se odrazí pravou nohou, skočí 3 metry. Když se odrazí oběma naráz, skočí dokonce 6 metrů. Jaký je nejmenší počet skoků, které musí Skippy udělat, aby se dostal přesně na druhý okraj mýtiny, který je od něj vzdálený 25 metrů?

levá noha.......2m
pravá noha......3m
obě nohy naráz....6m
mýtina........25m
nejmíň skoků aby na 2 konec mýtiny...X skoků

12(zb1) 8(zb1) 4(zb4)
X=(25:2)>(25:3)>(25:6)
X=4

Skippy musí udělat 4 skoky.

V řešení Pavla a Hedviky (tab. 4.13) je vidět nekonzistence v používání písmene $x$ pro označení neznámé. Oba mají v legendě $x$ jako hledaný nejmenší počet skoků. Zatímco Pavel se v rámci výpočtu odpoutá od původního významu $x$ a upravuje rovnici dle pravidel, Hedvika se vrací k logice zápisu, kde písmenem $x$ označuje hledané číslo, ale porušuje naopak pravidlo pro úpravu rovnice. Je možné, že právě v důsledku této nekonzistence došel Pavel k chybnému číslu v odpovědi. Na řešení některých žáků je zjevná snaha této nejednotnosti předejít. Slávek to vyřešil odstraněním operací mezi jednotlivými skoky a rovnici porušující pravidla škrtl. Petr komplikovaným výpočtem pomocí dělení délky každého skoku sama sebou dosáhl konzistence v obou rovinách – jak v použití $x$ (v legendě a zápisu), tak v úpravě rovnice. Je také možné, že tento výpočet byl dopsán až v okamžiku, kdy měl Petr úlohu vyřešenou pomocí obrázku. Řešení Zuzky a Jiřího ukazuje dva další zajímavé jevy. Jedním z nich je přítomnost chyby ch3 (tab. 4.12), tedy získání výsledku na základě dělení čísla 25. Druhým jevem je práce se znaménky nerovnosti, pro kterou nemám žádné logické vysvětlení, pravděpodobně se jedná o záznam nějakého myšlenkového kroku. U Zuzky dále figuruje druhá neznámá $y$, u Jiřího není jasné, jak došel od výsledku výpočtu k číslu 4 v odpovědi.

**Shrnutí:** Úlohu 4A řešil v rámci testování nízký počet žáků ($n$ = 96), nelze tedy vyvozovat obecnější závěry, hypotézu $H_0$ nelze zamítnout. Úloha se ukázala jako dobře řešitelná pro danou věkovou skupinu, úspěšnost v obou variantách přesahovala 60 %. Mírně úspěšnější byla varianta atraktivní s personalizovaným kontextem. Chyby a řešitelské postupy byly v obou variantách shodné, výrazně se nelišily ani svou četností. Potenciální rozdíly se ale na malém vzorku nemusely projevit. Na základě toho je možné usoudit, že obě varianty úlohy se kromě kontextu v jiných parametrech nelišily. Výjimkou by mohlo být podstatné jméno mýtina v úloze s neutrálním kontextem, které patrně není tak běžné v řeči dětí jako tělocvična (použité v atraktivní variantě). Na druhou stranu značná pozornost se mu věnuje ve 3. ročníku v rámci vyjmenovaných slov, tedy by jej žáci měli znát, ačkoliv jej běžně nepoužívají. Nejobtížnější bylo pro žáky vyhovět současně všem podmínkám (1. nejmenší počet skoků, 2. přesně 25 metrů, 3. za použití třech typů skoků). Problém byl také s transformací nalezeného řešení do odpovědi, neboť úloha naváděla ke strategii, která vyžadovala po nalezení vhodné kombinace čísel, jejichž součet je 25, ještě jeden krok. Žáci používající naučené postupy na obvyklejší typy úloh (včetně legend a zápisů výpočtu i odpovědi) se tak někdy obtížně vypořádávali s identifikací neznámé ($x$) a aplikací naučeného postupu na úlohu tohoto typu. Atraktivní varianta byla v dotazníku mírně preferovanější, zejména z důvodu personalizace. Neutrální varianta byla žákům sympatická, dle jejich slov, zejména kvůli přítomnosti oblíbeného zvířete.

### 4.2.6 Úloha 5A: Lichožrouti II[75]

**Atraktivní varianta (5Aa)**: *Je známo, že lichožrouti nemají rádi vodu (hrozně dlouho schnou a neradi se ždímají). Proto se jí velkým obloukem vyhýbají. Takový namočený lichožrout schne bez ždímání pět a půl hodiny. Když se před sušením vyždímá, uschne za poloviční dobu. A když má to štěstí a najde místo u topení, zkrátí dobu sušení ještě o 20 minut. Za jak dlouho uschne lichožrout, když se před sušením vyždímá a najde místo u topení?*

**Neutrální varianta (5An)**: *Je známo, že barevné prádlo na slunci rychleji bledne (barvy ztrácejí sytost). Proto se často věší do stínu. Mokré prádlo schne bez ždímání pět a půl hodiny. Když se před sušením vyždímá, uschne za poloviční dobu. A když je pověsíme na sluníčko, zkrátí se doba sušení ještě o 20 minut. Za jak dlouho uschne prádlo, když se před sušením vyždímá a pověsí se na sluníčko?*

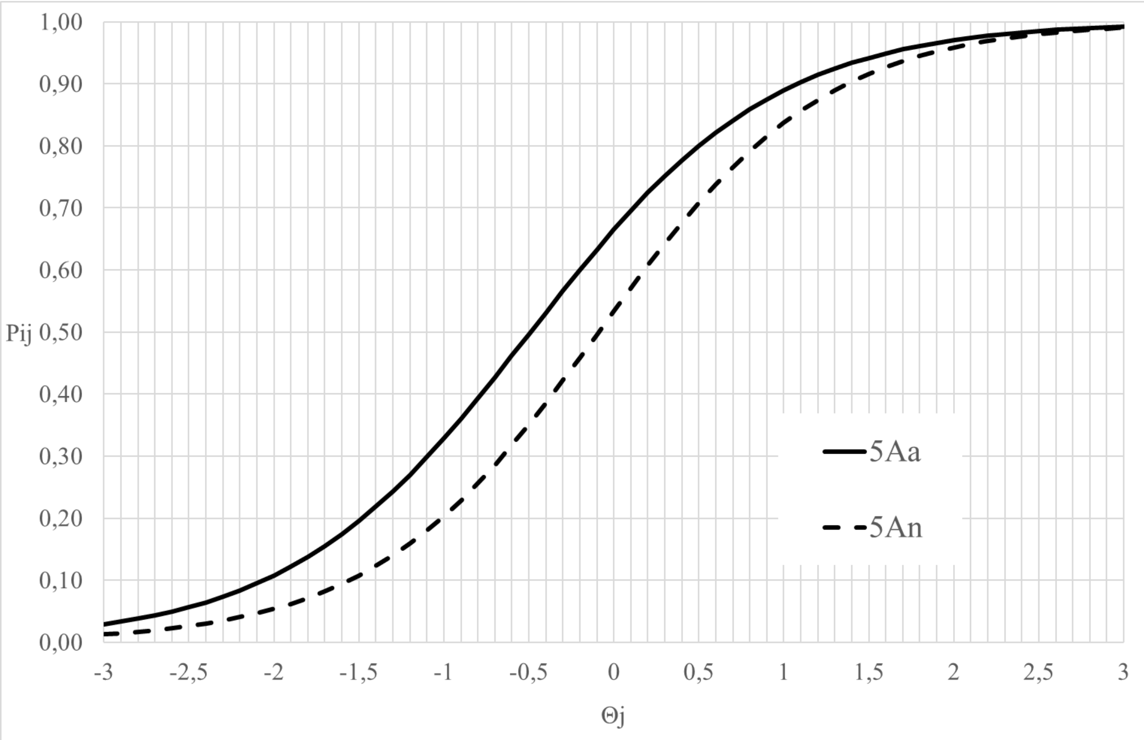
Tabulka 4.14 a grafy na obrázku 4.30 ukazují, že při řešení varianty 5Aa (s lichožrouty) byli žáci mírně úspěšnější než u varianty 5An. Lepších výsledků dosahovali žáci všech sledovaných skupin – žáci se střední, nižší i vyšší latentní schopností, rozdíly však ani v jedné skupině nedosáhly statistické významnosti. Úloha byla pro žáky daného věku přiměřeně obtížná (průměrná úspěšnost 55 %), obě varianty dobře diskriminovaly.

[75] Některé části následujícího textu jsou převzaty z Havlíčková (2020).

**Tab. 4.14:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 5A (5. ročník)

| varianta | *N* | úspěšnost | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 70 | 59 % | 1,40 | 0,41 | −0,49 | 0,22 | 0,1 (0,867) | 0,4 (0,181) |
| neutrální | 71 | 52 % | 1,50 | 0,43 | −0,09 | 0,20 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.




**Obr. 4.30:** IRT grafy pro varianty úlohy 5A

Pestrost chyb byla v této úloze ve srovnání s jinými testovanými úlohami poměrně velká. Největším úskalím byl pro žáky první krok, tedy zjištění poloviny z 5 a půl hodiny. Častým výsledkem tohoto kroku bylo 2 h 30 minut nebo 2 h 15 minut (přehled a četnost jednotlivých chyb ukazuje tab. 4.15). V prvním případě žáci pravděpodobně rozdělili jen 5 hodin a na půlhodinu zapomněli, v druhém případě naopak rozdělili půlhodinu po 15 minutách, ale při rozdělení 5 hodin pracovali jen s celou částí a na desetinnou zapomněli. Jev, který nezřídka doprovázel tuto chybu, je vidět na řešení Marka (obr. 4.31). Údaj 5 a půl hodiny správně zapsal v jazyce desetinných čísel jako 5,50[76] a při dělení dvěma udělal výše popisovanou chybu. Se získaným výsledkem již dále nepracoval jako s desetinným číslem, ale vrátil se do jazyka hodin, a tak od desetinné části 0,25 odečetl 20 minut. Že žák není v režimu

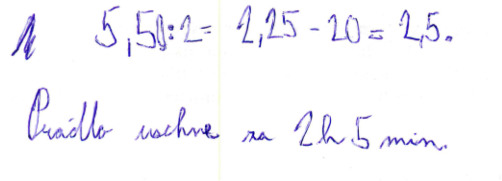
[76] Nula za číslem 5,5 se jeví jako dodatečně připsaná. Domnívám se, že žáka k tomu dovedla právě až potřeba dělit liché číslo dvěma, z lichého čísla 5 tak udělal číslo sudé (50).

desetinných čísel, prozrazuje také podoba výsledku tohoto odčítání, které není zapsáno 2,05, ale 2,5. To ukazuje na jednu z miskoncepcí, které mohou provázet žáky při ranných pokusech o používání desetinných čísel. Podobné projevy chybného chápání desetinných čísel a problémy s operacemi v šedesátkové soustavě byly v řešeních žáků poměrně časté. Výjimkou nebyly ani chybné převody hodin na minuty, např. 5 h a 30 minut = 530 minut (ch4 v tab. 4.16).

**Tab. 4.16:** Porovnání absolutní četnosti výskytu chyb v obou variantách úlohy 5A (5. ročník)

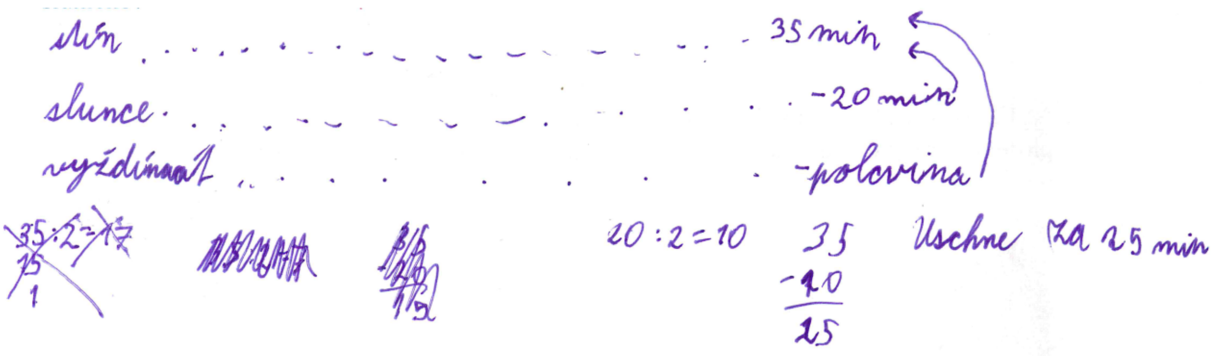
| popis chyby | | varianta | atraktivní | neutrální |
|---|---|---|---|---|
| | | *N* | 70 | 71 |
| ch1 | problém s vytvořením situačního modelu | | 3* | 8 |
| ch2 | obrácení pořadí výpočetních kroků | | 1 | 1 |
| ch3 | chyba v 1. kroku (půlení 5 a půl hodiny) | | 21 | 20 |
| ch4 | hybridní zacházení s jednotkami času | | 10 | 9 |
| ch5 | chybné čtení 5 a půl jako „pětatřicet“ | | 1 | 2 |
| ch6 | nelze určit, postup chybí nebo je nejasný | | 12 | 11 |

*Obě varianty jsou zastoupeny téměř stejným počtem žáků, uvádím tedy absolutní četnost. Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádím výskyt všech chyb.




**Obr. 4.31:** Řešení Marka (varianta 5An)

Zajímavé je, že úloha obecně nesváděla k používání povrchových strategií tak často, jako tomu bylo u jiných úloh. Pouze u tří žáků jsem zaznamenala tendenci vytvořit matematický model (výpočet) bez vytvoření situačního modelu. Další dva žáci provedli kroky v opačném pořadí (nejprve odečetli 20 minut a pak teprve dělili), což může ukazovat na chybně vytvořenou představu o situaci. Na obrázku 4.32 je vidět řešení Dominika, který byl k přehození pořadí kroků doveden okolnostmi, přestože jeho představa o situaci byla v počátku správná. *Pět a půl hodiny* si interpretoval jako *pětatřicet minut*, které se správně pokusil vydělit dvěma (škrtnutý výpočet v levé části obrázku), ale protože nevycházelo celé číslo, rozhodl se prohodit kroky a nejprve odečíst 20 (škrtnutý výpočet uprostřed). Tím se ale problém nevyřešil, tak zřejmě rezignoval na svůj původní řešitelský plán opřený o dobré porozumění úloze (což prozrazují šipky v legendě, z nichž lze vyčíst, že polovinu vztahuje správně k číslu 35, nikoliv ke 20) a vydělil čísla, která dělit šla (20 : 2), a výsledek odečetl od 35.




**Obr. 4.32:** Řešení Dominika (varianta 5An)

Také v rozhovorech měli žáci nejčastěji problém s dělením hodin a jednotkami času. Po konfrontaci s chybou většinou vyšlo najevo, že rozumí tomu, proč k ní došlo, jako například Viktorie.

Viktorie: (vysvětluje, jak došla k číslu 2:15) Tady bylo 5 a půl hodiny, takže děleno dvěma je dvě hodiny a čtvrt.

Tazatelka: (skáče do řeči) Hm, to jsi počítala z hlavy? (Viktorie přikyvuje) Pět a půl. A kolik je polovina z 5 hodin?

V: Dvě, dvě aaaa, dvě a půl.

T: Dvě a půl, což je v minutách kolik?

V: 2:30

T: (píše na papír 2:30) Takže když vezmeme těch pět hodin, tak polovina z pěti je 2:30, a když vezmeme pět a půl, tak říkáš, že je to 2:15 (píše vedle 2:15).

V: Teď když to vidim, tak to tak neni! (směje se)

T: Co se stalo za chybu?

V: Protože jsem to vydělila každý zvlášť, jakože pět děleno, a tak, a nedošlo mi, že tam je ještě ta půlka (…), tim pádem mám špatně i tohle a tohle.

Vysvětlení k chybě (ch5) podala Laura. Ukázalo se, že nevznikla chybným čtením, ale spíše odlišnou interpretací části textu *5 a půl hodiny*, které Laura pochopila jako 5 minut a půl hodiny, a úlohu se jí nedařilo vyřešit. V rozhovoru objasnila, proč k tomu došlo.

Laura: (vysvětluje své pokusy o řešení – 35 děleno 2, a pak odečíst 20, uvědomuje si, že číslo 35 není dělitelné beze zbytku a že po odečtení 20 by dostala číslo záporné)

Tazatelka: A co třeba hodina a půl, kolik má minut?

L: 60 plus 30.

T: A dvě a půl hodiny?
L: 150.
T: Tři a půl hodiny?
L: 180 plus 30.
T: A pět a půl hodiny?
L: To bude těch 5 minut, nebo to bude 5 hodin.
T: Pět a půl hodiny…
L: Tak kdyby to byla hodina, tak je to 300 plus 30.
T: Teď jsi trošku váhala, jestli to je tedy těch 5 hodin, nebo 5 minut, že jo? A co myslíš, že to bude?
L: No, asi ta hodina, protože to by potom nedávalo smysl.
T: Ta úloha by nedávala smysl. Aha. Tak teď už tomu rozumim (chválí Lauru, že udělala tuto chybu, a prosí o objasnění).
L: Že to je zavádějící, že to neni ... že to můžou být dvě možnosti, prostě někdo si to přečte jako 5 hodin a půl hodiny, někdo jako 5 minut a půl hodiny.
T: A víš, co je zajímavý? Že když jsem se tě zeptala, kolik minut je hodina a půl nebo dvě a půl hodiny, tak tam jsi jasně věděla, že to je 60 plus 60 plus 30. Jak je možný, že u těch dvě a půl hodiny jsi to řekla takhle jednoznačně a u tý pětky jsi pochybovala?
L: Protože já jsem to jakoby, když už tam byla napsaná (myslí *řečená*) ta hodina, a tady to vlastně nebylo napsaný.
T: Jasně! Hodina a půl, pět a půl hodiny.

Problémy nastávaly stejně jako při testování také v převodech jednotek (tab. 4.16, ch4). Podobně jako Marek (obr. 4.31 výše) uvažoval také Benedikt. Pět a půl hodiny si zapsal desetinným číslem jako 5,5 a to poté vydělil dvěma s výsledkem 2,25. V průběhu rozhovoru bylo patrné, jak osciluje mezi desetinným zápisem čísla a jednotkami času (obr. 4.33).

Tazatelka: Tady mi prosím vysvětli, jak jsi pět a půl hodiny rozdělil na 2,25.
Benedikt: No, dal jsem to na polovinu.
T: Hm, takže polovina z pětky je tady těch 25 (Benedikt potvrzuje), a polovina z týhle pětky je tady to dva? (potvrzuje)

B: Protože kdybych dal…, no že dohromady to dává 5,5 (myslí 2,25 + 2,25), eee. Ne, to mám blbě, protože... Tady tohlencto dává dohromady jenom pět! (myslí 2 + 2 = 4 a 0,25 + 0,25 = 1, tedy 4 + 1 = 5)

T: Hm.

B: (po chvíli) Takže tady by muselo bejt 50 (myslí 2,50 místo 2,25 a nadepisuje nad 2,25).

T: Takže by tady bylo 2,50, a to už by pak dohromady dávalo 5 a půl hodiny?

B: (po chvíli) Mm, ne. To by dávalo šest, hm…

T: To by dávalo šest… Kolik je polovina z pěti hodin? Když dám pryč tu půlku.

B: No, dvě dvacet pět.

T: Dvě dvacet pět. A kolik je polovina z tý…

B: (skáče do řeči) Pěti?

T: No… co je tady ta pětka, za tou desetinnou čárkou?

B: To je 50. Minut.

T: 50 minut.

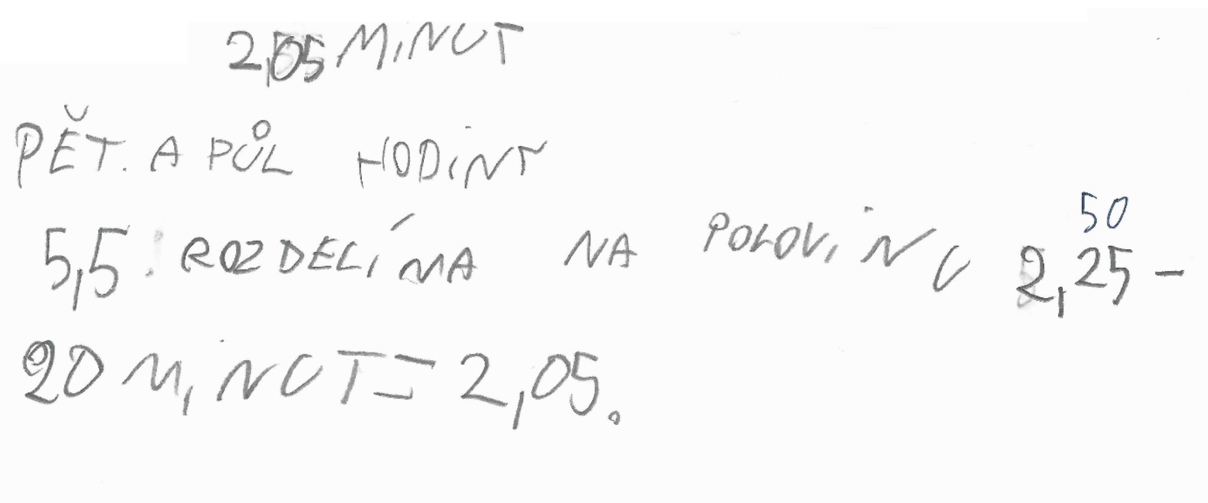
B: Jo! Já jsem tam musel dát trojku!

T: Jakou trojku?

B: No, mně to teď nějak nedošlo. … asi proto to bylo tak jednoduchý (úlohu původně označil jako snadnou), protože polovina z hodiny je 30 minut!

T: Hm, jo tuhle trojku myslíš – polovina z hodiny je 30 minut, hm.

B: Takže to mám špatně.


2,05 MINUT
PĚT. A PŮL HODINY
5,5 : ROZDĚLÍMA NA POLOVINU 2,25 –
20 MINUT = 2,05.

**Obr. 4.33:** Řešení Benedikta (varianta 5An)

Objevily se také chyby z neporozumění textu, např. *uschne za poloviční dobu* někteří žáci pochopili jako *uschne o půl hodiny rychleji* (tzn. v prvním kroku odečítali půl hodiny místo dělili na poloviny), případně se při rozhovoru doptávali na význam slova *poloviční*. Někteří žáci měli problém s přečtením slovesa *ždímat*. Nejistí si byli také s volbou operace ve druhém kroku – zda 20 minut odečíst nebo 20 minutami dělit. Nutno dodat, že formulace *zkrátí se doba sušení ještě o 20 minut* (v obou variantách) skutečně mohla evokovat operaci násobení díky slovu *zkrátí*, které má stejný kořen jako slovo *krát*.

**Shrnutí:** Obě varianty úlohy byly pro žáky testovaných ročníků podobně obtížné, mírně úspěšnější byli žáci v atraktivní variantě. Rozdíly nebyly statisticky významné, ale blížily se věcné významnosti. Nulovou hypotézu nelze zamítnout. Kvalitativní analýza chyb a řešitelských postupů neodhalila téměř žádné rozdíly. U obou variant úlohy se vyskytovaly v žákovských řešeních tytéž chyby a s podobnou frekvencí. Při doplňujícím rozboru zadání úloh jsem identifikovala jeden potenciálně důležitý rozdíl, a sice že v neutrální variantě je v úvodní části použito slovo *stín*, které by mohlo být žáky vnímáno jako opozitum ke slunci a budit dojem, že nese nějaký matematický význam. Tím by se úloha mohla komplikovat. U žádného žáka jsem nenašla řešení, které by zmíněný efekt tohoto slova potvrzovalo,[77] ale zároveň jej nemůžeme zcela vyloučit. Podobně jako úloha o lichožroutech v průzkumu preferencí mladších žáků i u starších žáků jednoznačně vítězila. Zmiňovaným důvodem byla obvykle osobní vazba, zábavnost, vtipnost a lepší představitelnost. Závěr přesto vyslovuji s opatrností: mírně vyšší úspěšnost varianty 5Aa mohla být způsobena kontextem.

### 4.2.7 Úloha 5B: Hvězdné impérium[78]

**Atraktivní varianta (5Ba)**: *Na mateřskou loď Hvězdného impéria zaútočila armáda nepřátelských stíhacích faunů. Hvězdné impérium nasadilo do obrany všechny obranné jednotky. Korvety zasáhly celkem 9 faunů, fregatě se podařilo zneškodnit ještě o 4 fauny více. Bitevní křižník zlikvidoval tolik faunů, kolik zneškodnily korvety a fregata dohromady. Mateřská loď se útoku ubránila, zbylých 11 stíhacích faunů se stáhlo zpět na svou základnu. Kolik stíhacích faunů bylo v rámci této válečné mise vysláno na likvidaci mateřské lodi Hvězdného impéria?*

[77] Občas se vyskytlo v legendě, jak je patrné i z řešení Dominika (obr. 4.32).
[78] Úloha byla podrobněji rozebrána také v (Vondrová et al., 2019, s. 77−78). Některé části následujícího textu jsou převzaty z Havlíčková (2020).

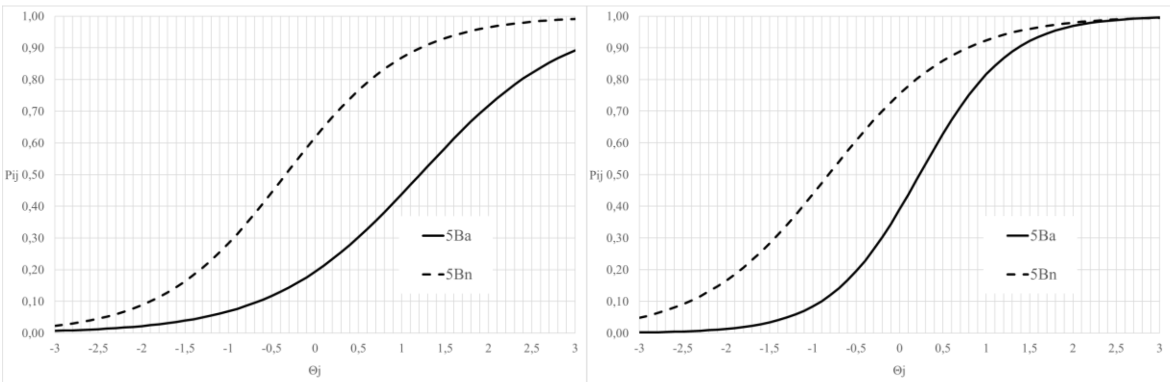
**Neutrální varianta (5Bn)**: *Trojčata Nela, Bela a Lea chodily každá do jiné třídy, ale oslavu svých narozenin se rozhodly uspořádat společně. Nela pozvala 9 nejlepších kamarádek ze své třídy. Bela ze své třídy pozvala ještě o 4 kamarádky více. Lea pozvala skoro všechny děti ze své třídy a ještě holky z gymnastiky, což bylo celkem tolik lidí, kolik pozvala Nela a Bela dohromady. Pozvánku na oslavu dostalo také všech 11 členů jejich rodiny. Kolik lidí celkem bylo na narozeninovou oslavu pozváno?*

Výsledky, které shrnuje tabulka 4.17, ukazují, že mezi variantami úlohy byl tentokrát výraznější rozdíl. Varianta 5Bn byla statisticky významně méně obtížná než varianta s atraktivním kontextem 5Ba. Úspěšnosti žáků jednotlivých výkonnostních skupin jsou dobře čitelné z grafů (obr. 4.34 vlevo). Varianta s neutrálním kontextem 5Bn byla snadno řešitelná pro žáky s vyšší a střední latentní schopností, varianta 5Ba byla často náročná i pro žáky s vyšší latentní schopností.

**Tab. 4.17:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 5B (5. ročník) (Vondrová et al., 2019, s. 77)

| var. | *N* | roč. | úsp. | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atr. | 161 | 5 | 24 % | 1,18 | 0,31 | 1,21 | 0,29 | 0,23 (0,576) | **1,55 (0,000)** |
| neut. | 177 | 5 | 58 % | 1,41 | 0,27 | −0,34 | 0,14 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*, statisticky významný rozdíl pro *p* < 0,05 je tučně.




**Obr. 4.34:** IRT grafy pro varianty úlohy 5B (5. ročník vlevo) (6. ročník vpravo) (Vondrová et al., 2019, s. 78)

Tabulka 4.18 ukazuje, že v souladu s očekáváním (oddíl 3.3.2) byla varianta 5Ba častěji vynechávána dívkami a že mezi úspěšnými řešiteli této varianty bylo vyšší procento chlapců než dívek (rozdíl 5 procentních bodů). Rozdíly však nebyly velké. Lépe dopadli chlapci i při řešení druhé varianty 5Bn s neutrálním, resp. dívčím kontextem, ve které dosáhli zhruba o 7 procentních bodů lepšího výsledku než děvčata.

**Tab. 4.18:** Absolutní (v závorce) a relativní četnost bodového zisku chlapců vs. děvčat ve variantách úlohy 5B (5. roč.)

| var. | | *N* | neřešeno | 0 | 1 | 2 | 3 | 0+1 | 2+3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atr. | chlapci | 62 | (9) 15 % | **(15) 24 %** | **(21) 34 %** | (0) 0 % | **(17) 27 %** | **(45) 73 %** | **(17) 27 %** |
| | dívky | 99 | (19) 19 % | **(30) 30 %** | **(28) 28 %** | (4) 4 % | **(18) 18 %** | **(77) 78 %** | **(22) 22 %** |
| neut. | chlapci | 94 | (5) 5 % | **(10) 11 %** | (22) 23 % | (2) 2 % | **(55) 59 %** | **(37) 39 %** | **(57) 61 %** |
| | dívky | 83 | (3) 4 % | **(13) 16 %** | (22) 27 % | (7) 8 % | **(38) 46 %** | **(38) 46 %** | **(45) 54 %** |

* Tučně jsou vyznačeny rozdíly ≥ 5 procentních bodů.

Tatáž dvojice úloh byla testována také v 6. ročníku ($n$ = 291). Jak je vidět z grafů na obr. 4.34 (vpravo), výsledky jsou velmi podobné. Úloha je celkově úspěšnější než v 5. ročníku, což lze vzhledem k vyššímu věku předpokládat (tab. 4.19). Podobný tvar křivek naznačuje, že také pravděpodobnost správného vyřešení narostla u všech výkonnostních skupin žáků rovnoměrně. Varianta 5Ba se jeví jako úloha vhodná k diagnostickým účelům pro tuto věkovou kategorii (6. ročník), neboť je její křivka dostatečně strmá (srov. s křivkou 5Ba v 5. ročníku na obr. 4.34 vlevo).

**Tab. 4.19:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 5B (6. ročník) (Vondrová et al., 2019, s. 77)

| varianta | *N* | roč. | úspěšnost | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 150 | 6 | 41 % | 1,94 | 0,41 | 0,23 | 0,12 | 0,57 (0,274) | 1,05 (**0,000**) |
| neutrální | 141 | 6 | 72 % | 1,37 | 0,32 | −0,82 | 0,20 | | |

*V závorce jsou hodnoty $p$, statisticky významný rozdíl pro $p < 0{,}05$ je tučně.

Tabulka 4.20 nabízí přehled rozdílů v bodovém zisku chlapců a dívek v 6. ročníku. Za povšimnutí stojí, že v 5. i 6. ročníku byly rozdíly v úspěšnosti chlapců a dívek menší v úloze se sci-fi kontextem (5. ročník 5 procentních bodů, 6. ročník 8 procentních bodů) než v úloze s neutrálním kontextem (5. ročník 7 procentních bodů, 6. ročník 13 procentních bodů).

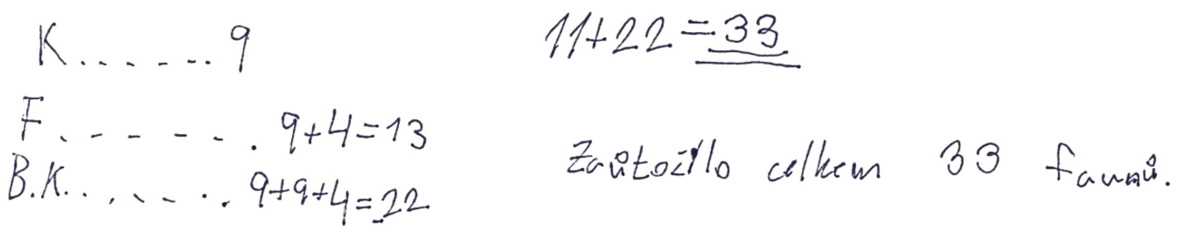
**Tab. 4.20:** Absolutní (v závorce) a relativní četnost bodového zisku chlapců vs. děvčat ve variantách úlohy 5B (6. ročník)

| varianta | | *N* | neřešeno | 0 | 1 | 2 | 3 | 0+1 | 2+3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | chlapci | 68 | **(7) 10 %** | **(16) 24 %** | (14) 21 % | (4) 6 % | **(27) 40 %** | **(37) 54 %** | **(31) 46 %** |
| | dívky | 82 | **(18) 22 %** | **(15) 18 %** | (18) 22 % | (3) 4 % | **(28) 34 %** | **(51) 62 %** | **(31) 38 %** |
| neutrální | chlapci | 78 | (1) 1 % | **(2) 3 %** | (16) 21 % | (9) 12 % | **(50) 64 %** | **(19) 24 %** | **(59) 76 %** |
| | dívky | 63 | (3) 5 % | **(5) 8 %** | (15) 24 % | (5) 8 % | **(35) 56 %** | **(23) 37 %** | **(40) 63 %** |

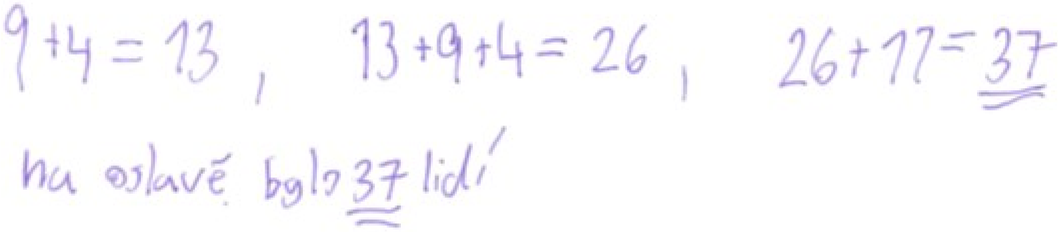
* Tučně jsou vyznačeny rozdíly ≥ 5 procentních bodů.

Při analýze písemných řešení žáků se ukázalo, že nejčastější chyba napříč variantami i ročníky plynula z kumulativní povahy matematického modelu úlohy (přehled chyb viz tab. 4.21). Žáci si často neuvědomovali, že výsledky průběžných kroků je třeba započítat do celkového počtu (nezapočítali tak fauny zasažené korvetami a fregatou, resp. kamarádky

Nely a Bely, ale sečetli pouze fauny zasažené křižníkem a fauny stažené z útoku, resp. kamarádky Ley a členy rodiny). Dvě nejčastější chyby tohoto typu jsou vidět v řešení Marie a Jana (obr. 4.35 a 4.36). Relativně častým vynechaným číslem ve výpočtu bylo také 11 (fauni, kteří se z boje stáhli, resp. členové rodiny trojčat), přičemž za povšimnutí stojí fakt, že zatímco tuto chybu dělali žáci 5. ročníku častěji u neutrální varianty, žáci 6. ročníku tak činili výrazně častěji u atraktivní varianty.




**Obr. 4.35:** Řešení Marie (varianta 5Ba)




**Obr. 4.36:** Řešení Jana (varianta 5Bn)

Častým chybným postupem byl i součet jen čísel explicitně uvedených v zadání (9, 4 a 11). Tato chyba je velmi pravděpodobně projevem použití povrchové řešitelské strategie. Ve variantě s atraktivním kontextem 5Ba k ní docházelo čtyřikrát častěji než ve variantě 5Bn.

Nyní se zaměřím na chyby specifické pro jeden či druhý kontext. Takovou chybou je například odečtení 11 místo přičtení ve variantě 5Ba. Formulace „zbylých 11 faunů *se stáhlo zpět* na svou základnu“ mohla v představě žáků evokovat operaci odčítání, zatímco odpovídající část textu v druhé variantě „pozvánku na oslavu *dostalo také* všech 11 členů rodiny“ je impulzem k přičítání. Když se však podíváme do tabulky 4.21 na četnost této chyby (ch6), zjistíme, že i v tak velkém vzorku žáků k ní došlo pouze v jednotkách případů. Podobně nízkou frekvenci výskytu měla chyba *přičtení Nely, Bely a Ley* (ch7), kterou jsem očekávala naopak pouze u neutrální varianty.

**Tab. 4.21:** Porovnání relativní četnosti výskytu chyb ve variantách úlohy 5B (5. a 6. ročník)

| popis chyby | | varianta | atraktivní | neutrální | atraktivní | neutrální | celkem |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | roč. | 5 | 5 | 6 | 6 | 5, 6 |
| | | *N* | 161 | 177 | 150 | 141 | 629 |
| ch1 | chyba typu „Marie“ | | 17 % | 17 % | 11 % | 9 % | 14 % |
| ch2 | chyba typu „Jan“ | | 18 % | 14 % | 8 % | 7 % | 12 % |
| ch3 | vynechání 11 | | **1 %** | **6 %** | **8 %** | **1 %** | 4 % |
| ch4 | povrchová strategie | | **13 %** | **3 %** | **9 %** | **2 %** | 7 % |
| ch5 | záměna „o 4 více“ za „4krát více“ | | 3 % | 3 % | 1 % | 0 % | 2 % |
| ch6 | odečtení 11 | | 1 % | 1 % | 1 % | 0 % | 1 % |
| ch7 | připočítání Nely, Bely a Ley | | 0 % | 1 % | 0 % | 1 % | 0 % |
| ch8 | chyba numerická, chyba v algoritmu | | **4 %** | **9 %** | 5 % | 9 % | 7 % |
| ch9 | jiná chyba | | 6 % | 5% | **11 %** | **4 %** | 7 % |

* Někteří žáci měli více chyb najednou, uvádím výskyt všech chyb. Tučně jsou vyznačeny rozdíly ≥ 5 procentních bodů.

Z analýzy chyb vyplývá, že žáci dělali nejfrekventovanější chyby v obou variantách téměř stejně. Rozdíl v úspěšnosti nebyl způsoben ani žádnou specifickou chybou, ke které by kontext jedné nebo druhé varianty vedl. Nižší úspěšnost u varianty 5Ba by mohla být důsledkem kognitivního přetížení způsobeného drobnými odlišnostmi v textu a kontextu, které za společného působení tvořily větší překážku při snaze žáků vytvořit si situační model úlohy. Žáci tak častěji sahali k povrchovým strategiím, častěji chybovali jako Marie či Jan, neboť jejich pozornost odebralo vytváření představy o situaci popisované v úloze. Doplňující analýza textu obou variant úlohy poukázala na řadu původně nezamýšlených rozdílů. Například slova, která vyjadřují z hlediska matematiky stejnou akci, jsou v atraktivním kontextu vyjádřena třemi různými synonymy (zasáhnout, zneškodnit, zlikvidovat), zatímco v neutrálním kontextu jedním slovem (pozvat), což mohlo tvorbu situačního modelu znesnadnit. Všechny nalezené rozdíly mezi zadáními shrnuje tabulka 4.22. Vyšší výskyt numerických chyb v úspěšnější variantě 5Bn, který bychom očekávali spíše u kognitivně náročnější varianty 5Ba, je dán tím, že chybný matematický model obtížnější varianty nedával tolik příležitostí k numerické chybě (výpočetní řetězec byl kratší).

Protože již po testování bylo zřejmé, že varianty této úlohy se liší také v jiných parametrech, soustředila jsem se v rozhovorech na rozpoznání, který z parametrů a jakým způsobem ovlivnil úspěšnost žáka při řešení. Stejně jako v testování chybovali žáci častěji při řešení atraktivní varianty, častěji se také o její řešení ani nepokusili. Jako důvod uváděli, že úloze nerozumí (*tuhle úlohu nechápu, protože se mi zdála složitá, je tam hrozně moc těch lodí, nebo co to je, že se tam v tom moc nevyznám*). Když byli vyzváni k převyprávění úlohy, někteří věděli (*že oni útočili na tu nějakou loď a ta velká loď poslala nějaký další menší lodě, aby je porazily, a potom oni je porazily a tak*), jiní rozuměli jen částečně, někteří nebyli schopni to vyjádřit (*když prostě ta mateřská loď… já prostě ani nevim, jak to popsat*). Někteří žáci zmínili, že úlohu ani nedočetli do konce, nebo že ji četli jen jednou a nesnažili se jí rozumět. Pro mnohé žáky byla překážkou neznámá slova (*já ani nevím, co je to ten faunt*), měli problémy přečíst, skloňovat nebo vyslovit některé názvy, např. impérium, faun, fregata. Byli ale i žáci (mezi nimi i děvčata), kterým neznámá slova na překážku nebyla a explicitně se o tom zmínili (*ze začátku jsem si řikala, že to bude těžký, že to udělám až nakonec, ale potom mi to přišlo druhý nejlehčí*; *no já jsem nejdřív vůbec nevěděla, co jsou to fauny (T: a jak si je představuješ?) že jsou to nějaký děla, napřed mi to nešlo, ale pak jsem se nějak zkusila zamyslet*). Josefa kontext úlohy zaujal natolik, že se o něm chtěl bavit.

Josef: (popisuje svůj postup 9 + 4 + 9 + 4 + 11 = 37 a plynule navazuje úvahou) Já teďko nevim, jestli je Hvězdný im… impérium zlý, nebo hodný.

Tazatelka: Hm, to je důležitá informace. Co si myslíš?

Josef: Mm, zlý je Hvězda smrti (používá označení planety z filmové série Hvězdné války, nikoliv z fiktivního světa Star Realms), takže tohle asi ne? (tazatelka přitakává) A faun je ta malá koule s těma křídlama, nebo co to je na boku? (tazatelka přitakává)

T: A pak tam byly ještě korvety a fregaty, jestli znáš.

J: Korveta je myslim ta věc, co má dvě čtyřtý křídla? (tazatelka potvrzuje)

J: (nadšeně) Tu mám doma z lega! A fregata je taková ta mrňavá věc?

T: Hm, fregata je malá, a faun je ještě menší.

J: A mateřská loď je ta velká věc, ta kulatá s těma…

T: Ano, na který přistávají tyhle menší.

J: Ne, já myslim ta kulatá, ta s tim okýnkem vepředu.

T: (tazatelka netuší, ale potvrzuje) Jojo... odkud to znáš?

J: Ze Star Wars přece! (udiveně) Ale já jenom hádám, ale tipnul jsem si všechny tři správně!

V rozhovoru s Josefem jsem se snažila dále zjistit příčinu chyby, která se hojně vyskytovala i v testování (tab. 4.21, ch2). Ukázalo se, že příčina byla jinde, než jsem soudila na základě řešení Jana (obr. 4.36 výše). Josef si byl dobře vědom kumulativní povahy úlohy. Podle jeho vysvětlení chyboval v tom, že místo „o 4 fauny více“ četl „4 fauny“ a tato chyba se mu promítla do zbytku řešení.

Tazatelka: Jak jsi to počítal? Tady máš 9 plus 4.

Josef: Mm, 9 faunů plus 4 fauny a tady kolik zneškodnily fregaty a korvety dohromady, takže 9 a 4, tohle dvakrát. (ukazuje na číslo 13)

T: Aha, už to vidím.

J: 13 plus 13 plus 11, takže 37.

T: Hm, a ještě když se podívám tady těch 9; to je korvety zasáhly 9 faunů? (ukazuje v zadání)

J: No, ty zničily 9, fregata čty... jo aha! Ještě 4 více! Ne čtyry ...JEŠTĚ o čtyry fauny! Takže fregata zničila 13 a korveta 9, takže 13 a 9 je 22, 22 a 22 je 44 plus 11 je 55.

T: Super, jak jsi to zvládl tak rychle opravit z hlavy?

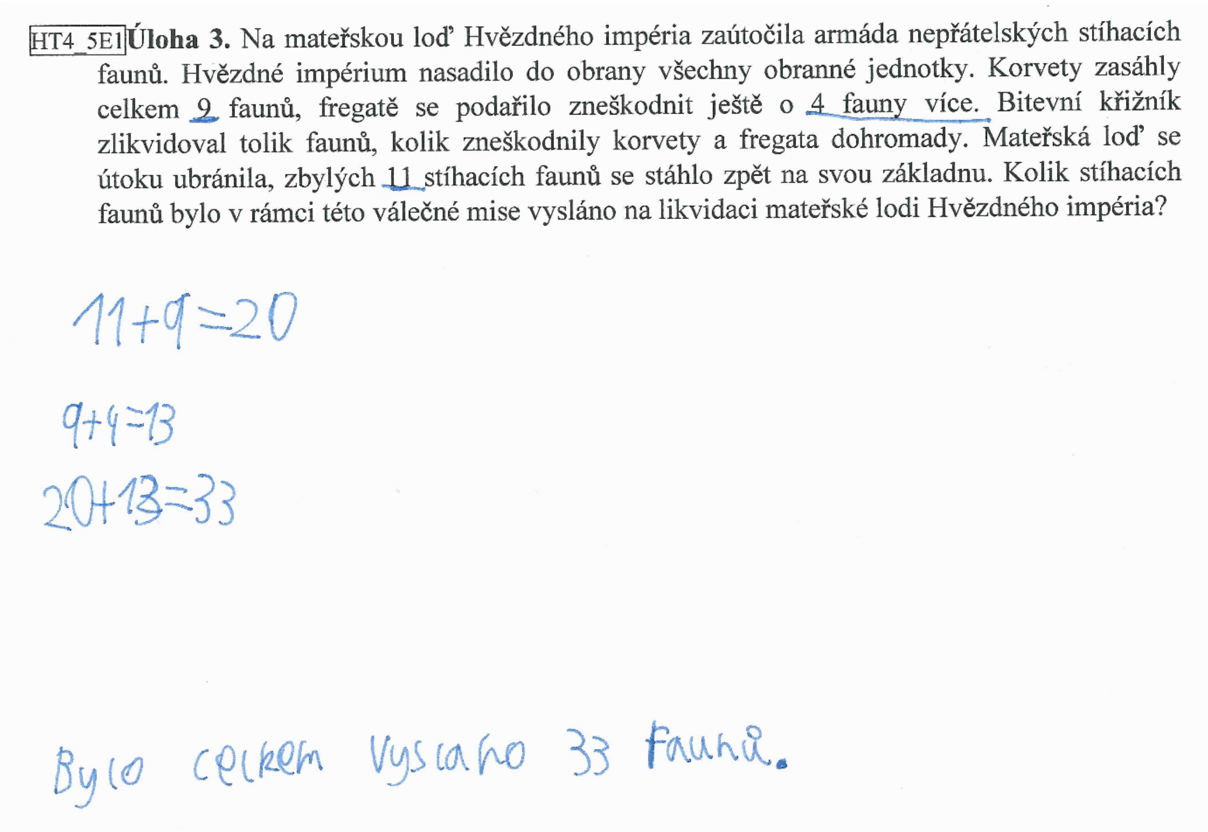
J: Já jsem si nevšiml toho slova VÍCE, jinak bych to měl správně.

**Tab. 4.22:** Porovnání textu a kontextu atraktivní a neutrální varianty úlohy 5B

| *vrstva** | *rozdíl* | Hvězdné impérium (5Ba) | Oslava narozenin (5Bn) |
|---|---|---|---|
| *objektů* | *počítané objekty* | počítané objekty jsou dvojího druhu: (1) zneškodnění fauni, (2) fauni, kteří se stáhli na základnu | počítanými objekty jsou všichni, kteří byli pozváni |
| *příběhu či situace* | *povaha situace* | nepřátelský akt, konflikt | přátelský akt, oslava |
| *matematického modelu* | *aditivní situace* | likvidování – *ubírání* lodí nepříteli; použitá slovesa mohou evokovat odčítání (antisignál) | *přibývání* pozvaných lidí na oslavu; použité sloveso evokuje sčítání |
| *jazyková* | *slovní zásoba* | obsahuje cizí slova (fregata, stíhací faun, křižník, impérium) a specifická slovní spojení (obranná jednotka, stáhnout se zpět na základnu) | neobsahuje žádná cizí slova |
| | *slova označující stejnou akci* | vyjádřena synonymy: zasáhnout, zneškodnit, zlikvidovat | vyjádřena stejným slovesem: pozvat (Nela *pozvala*, Bela *pozvala*, Lea *pozvala*) |
| | *výčet upřesňující hierarchii objektů* | výčet chybí; řešitel si musí domyslet, že obranné jednotky jsou korvety, fregata a bitevní křižník | výčet je přítomen v první větě; řešitel ví, že trojčata jsou Nela, Bela a Lea |

* Rozdíly jsou zařazeny do vrstev dle (Hejný, 2003).

Objevila se také další frekventovaná chyba (tab. 4.21, ch1) a její vysvětlení od Adama a Eliáše. Eliáš se domníval, že informace o bitevním křižníku patří k číslu 11 (*nebylo tam číslo u toho křižníku, já jsem si to špatně přečetl, myslel jsem si, že to patřilo k té jedenáctce*), Adam stejnou informaci v textu přešel a jako důvod uvedl, že si v textu informaci nevyznačil a při řešení se soustředil pouze na předchozí krok (patrné z obr. 4.37).



HT4_5E1 **Úloha 3.** Na mateřskou loď Hvězdného impéria zaútočila armáda nepřátelských stíhacích faunů. Hvězdné impérium nasadilo do obrany všechny obranné jednotky. Korvety zasáhly celkem 9 faunů, fregatě se podařilo zneškodnit ještě o 4 fauny více. Bitevní křižník zlikvidoval tolik faunů, kolik zneškodnily korvety a fregata dohromady. Mateřská loď se útoku ubránila, zbylých 11 stíhacích faunů se stáhlo zpět na svou základnu. Kolik stíhacích faunů bylo v rámci této válečné mise vysláno na likvidaci mateřské lodi Hvězdného impéria?

11+9=20

9+4=13

20+13=33

Bylo celkem vyslaho 33 faunů.

**Obr. 4.37:** Řešení Adama (varianta 5Ba, 5. ročník)

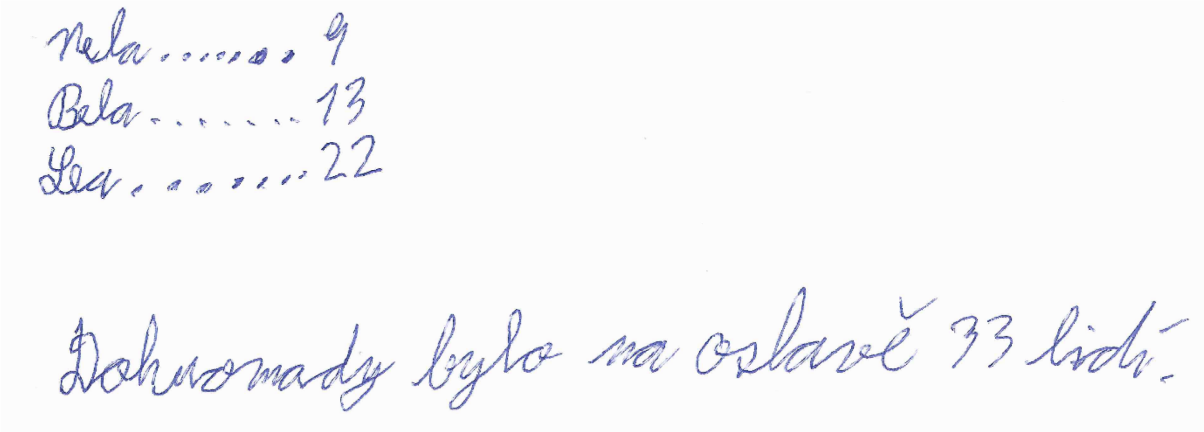
Tazatelka: Dovedeš najít informaci o bitevním křižníku?

Adam: (čte zadání) Aha! Tak tady jsem odpověď na tuhle otázku ještě nenapsal.

T: Z jakého důvodu jsi tuhle informaci přehlídnul?

A: Protože jsem se soustředil na tu první otázku a když jsem to dodělal, tak jsem si myslel, že mám hotovo, protože jsem si ji nezvýraznil, protože jsem myslel, že to neni ta otázka, tak jsem si ji nezvýraznil a už jsem ji ignoroval, protože jsem zvyklý, že je v každý slovní úloze, ve většinách slovních úloh, jen jedna otázka, takže mi to došlo logicky, by se dalo říct.

Ke stejnému chybnému řešení ale pravděpodobně jinou cestou dospěl také Daniel ve druhé variantě úlohy. Problém měl zjevně s kumulativní povahou úlohy. V rámci rozhovoru byl schopen správně odpovědět na otázky týkající se počtu pozvaných kamarádek jednotlivými děvčaty, tzn. žádnou z nich v zadání nepřehlédl, ale na původní otázku, *kolik lidí bylo pozváno*, opět odpověděl chybně.




**Obr. 4.38:** Řešení Daniela (varianta 5Bn, 5. ročník)

Tazatelka: *Dohromady bylo na oslavě 33 lidí.* Jak jsi k tomu došel?

Daniel: 22 plus 11 je 33.

T: Hm. Kolik lidí pozvala Nela?

D: Nela? Devět.

T: Kolik Bela?

D: 13?

T: Kolik Nela s Belou dohromady?

D: 22.

T: A kolik pozvala Lea?

D: 22.

T: A kolik pozvala Nela s Leou?

D: Mm, 31.

T: Kolik pozvaly všechny tři holky? Dohromady.

D: Mm, 44.

T: Jak jsi na to přišel?

D: (popisuje mechanismus výpočtu, nejprve 10 + 20 atd.)

T: Hm, kolik lidí bylo tedy pozvaných na oslavu?

D: 33 lidí.

T: A tady těch 11 (ukazuje do zadání) je započítaných v tom?

D: No, 22 plus 11 je 33.

T: Hm, a byly tam i Beliny kamarádky?

D: Jo takhle! Jakože mám sečíst i s nima, jo aha...

Ve dvou rozhovorech se objevila chyba (tab. 4.21, ch6), která potvrzuje, že formulace atraktivní varianty mohla navádět k odečtení nebo nezapočítání čísla 11 (*zbylých 11 stíhacích faunů se stáhlo zpět na svou základnu*). Eliška si všechny číselné údaje v zadání podtrhla včetně 11, ve výpočtu však toto číslo nefigurovalo. Po dotázání podala vysvětlení: *To jsem si podtrhla, abych věděla, že ty tam vlastně se vrátily na loď, že ty tam nemám započítávat*. Alžběta také číslo 11 nepoužila, po upozornění a opětovném přečtení došla k závěru, že 11 je třeba odečíst.

> Tazatelka: (rekapituluje výpočet 9 + 4 = 13 + 9 = 22, vysláno bylo 22 faunů) (…) A co tady ta 11?
>
> Alžběta: A no jo.
>
> T: O čem byla ta úloha vlastně?
>
> A: (čte zadání) Takže 11 ZBYLO. 11 tady má bejt, protože 22 – 11 = 11 (opravuje svůj původní výsledek).

O zaujetí žáků sci-fi variantou může svědčit formulace odpovědí či zápisy, do nichž žáci spontánně přidávali nová slova (*letka čítala 55 faunů*; patrné např. u Josefa). Mohou být určitým důkazem, že o situaci uvažují v dalších souvislostech.

**Shrnutí:** Kvantitativní šetření na více než 600 žácích ukázalo, že varianta s atraktivním kontextem 5Ba byla pro žáky statisticky významně obtížnější. Kvalitativní šetření a rozhovory ale potvrdily, že rozdíly v úspěšnosti žáků nebyly zapříčiněny pouze rozdílností kontextů obou variant, ale (i) jinými parametry (jazykové parametry, charakter počítaných objektů a jejich hierarchie, charakter aditivní situace aj.). Doplňující analýza textu odhalila další rozdíly, nelze tedy vyvodit závěr o vlivu kontextu na řešení žáků, uvažovat o přijetí či zamítnutí žádné z hypotéz. Získaná data mohla posloužit pro srovnání řešení dívek a chlapců, neboť lze atraktivní kontext označit jako spíše chlapecký, zatímco neutrální jako spíše dívčí. Překvapivá, i když ve výzkumech již dříve popisovaná, byla nižší celková úspěšnost dívek než chlapců v obou variantách úlohy a obou testovaných ročnících, přičemž menší náskok měli chlapci nečekaně právě v úloze s chlapeckým kontextem. Chyby nejčastěji plynuly z množství zadaných číselných údajů a řetězení výpočetních kroků. Rozhovory odhalily, že docházet mohlo také k přehlednutí či záměně některých údajů, tedy silným zdrojem chyb byla pravděpodobně i jazyková vrstva obou variant úlohy. V atraktivní variantě byla častým jevem také povrchová strategie, která může být důsledkem konfliktu snahy žáků úlohu vyřešit za každou cenu a její nepřístupnosti. Také z dotazníku vyšla úloha s kontextem narozenin jako jednoznačně preferovanější, a to zejména kvůli její lepší srozumitelnosti. Na komentářích zdůvodňujících volbu sci-fi varianty je naopak patrné silné zaujetí právě kontextem, také argumenty o lepší srozumitelnosti jsou vázány na lepší představitelnost, který může s typem kontextu blízce souviset. Úloha měla zjevně potenciál oslovit skrze individuální zájem užší okruh žáků.

### 4.2.8 Úloha 5C: Robin Prchal[79]

**Atraktivní varianta (5Ca)**: *Ve dvě hodiny přišel Robin Prchal ze školy, položil na stůl oznámení o ředitelské důtce a začal prchat. Prchal rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později si oznámení přečetl jeho otec, zrudl, nasedl na tříkolku a začal syna stíhat rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne se Robin schovat u spolužačky Zatloukalové, která bydlí 5 kilometrů od Prchalových, dříve, než ho dožene otec? Svou odpověď zdůvodni.*

**Neutrální varianta (5Cn)**: *Ve dvě hodiny vyjel traktor naložený senem po silnici z Adamova do Beranova. Jel rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později vyrazil z Adamova po stejné silnici cyklista rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne traktor dojet do Beranova, který je vzdálený 5 kilometrů, dříve, než ho dožene cyklista? Svou odpověď zdůvodni.*

V souladu s očekáváním měla úloha nízkou celkovou úspěšnost (okolo 20 %), přičemž vyšší úspěšnost měla varianta s atraktivním kontextem 5Ca (viz tab. 4.23). Rozdíly nebyly statisticky významné. Varianta s neutrálním kontextem 5Cn diskriminovala výrazně lépe, jak je vidět na strmosti křivky (obr. 4.39). Žáci s nižší a střední latentní schopností v ní získávali obvykle hodnocení 0 nebo 1 bod, zatímco žáci s vyšší latentní schopností 2 nebo 3 body (tab. 4.24). Tvar druhé křivky naopak ukazuje, že varianta s atraktivním kontextem měla výrazně větší podíl žáků se střední a nízkou latentní schopností, kteří se o řešení pokusili a částečně v něm uspěli (zaznamenali alespoň nějaký krok správným směrem).

Narozdíl od ostatních úloh zde byla kromě odpovědi hodnocena i kvalita argumentu (viz oddíl 3.4.1). Tabulka 4.25 ukazuje rozdíly ve frekvenci třech možných odpovědí (stihne, nestihne, nastejno), ty jsou překvapivě nezanedbatelné. V atraktivní variantě žáci výrazně častěji volili odpověď *stihne*. Správné argumenty se většinou opíraly o výpočet (*Robin/traktor dorazí o 5 minut dříve než otec/cyklista*; *Robin/traktor potřebuje na*

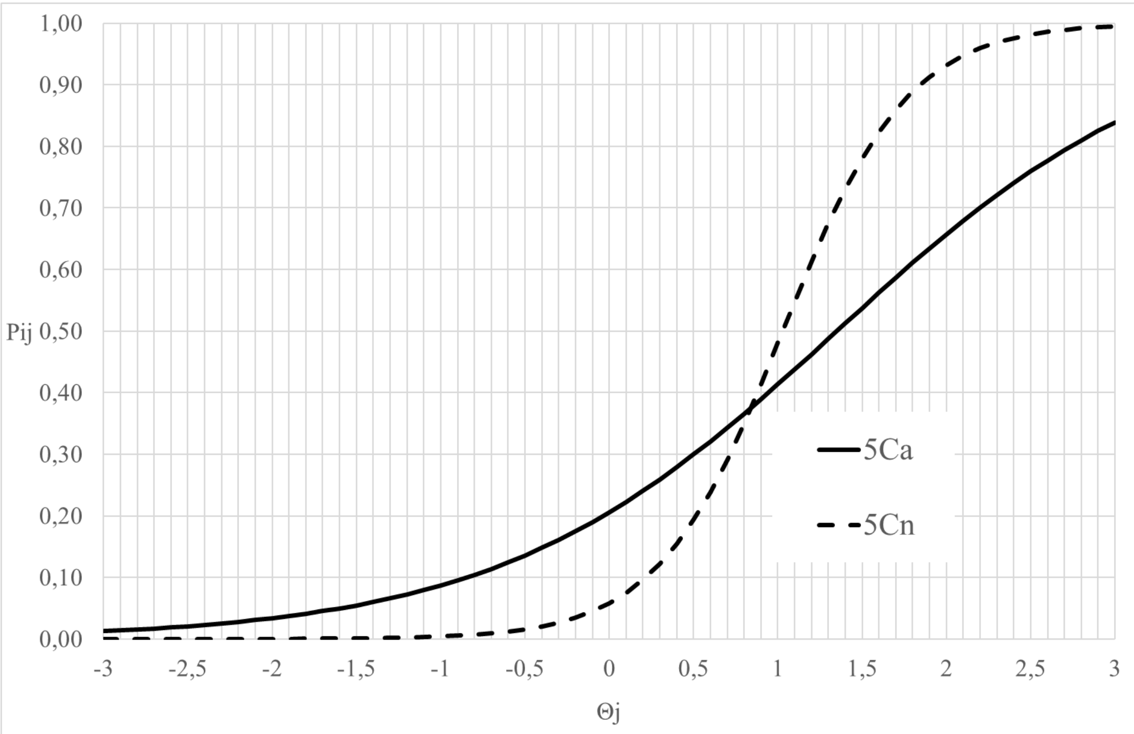
[79] Některé části následujícího textu jsou převzaty z Havlíčková (2020).

*překonání vzdálenosti 30 minut, otec/cyklista 20 minut, ale vyráží s 15minutovým zpožděním* apod.). Dva nejčastější chybné argumenty žáků vycházely z přesvědčení, že záleží pouze na rychlosti (*otec/cyklista jel rychleji, proto Robina/traktor dohnal*), nebo naopak pouze na čase výjezdu (*otec/cyklista nemohl Robina/traktor dohnat, protože vyjel na cestu později*). Na řešení Sebastiana (obr. 4.40) je vidět další z frekventovaných jevů – operace s čísly v různých jednotkách, v tomto případě odčítání dráhy od rychlosti.

**Tab. 4.23:** Výsledky statistických testů rozdílů v obtížnosti a diskriminaci variant úlohy 5C (5. ročník)

| varianta | *N* | úspěšnost | *a* | s. e. (*a*) | *b* | s. e. (*b*) | rozdíly hodnot diskriminace *a** | rozdíly hodnot obtížnosti *b** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 70 | 24 % | 1,00 | 0,37 | 1,35 | 0,55 | 1,7 (0,427) | 0,32 (0,588) |
| neutrální | 74 | 16 % | 2,70 | 2,10 | 1,03 | 0,21 | | |

*V závorce jsou hodnoty *p*.




**Obr. 4.39:** IRT grafy pro varianty úlohy 5C

**Tab. 4.24:** Absolutní (v závorce) a relativní četnost bodového zisku ve variantách úlohy 5C (5. ročník)

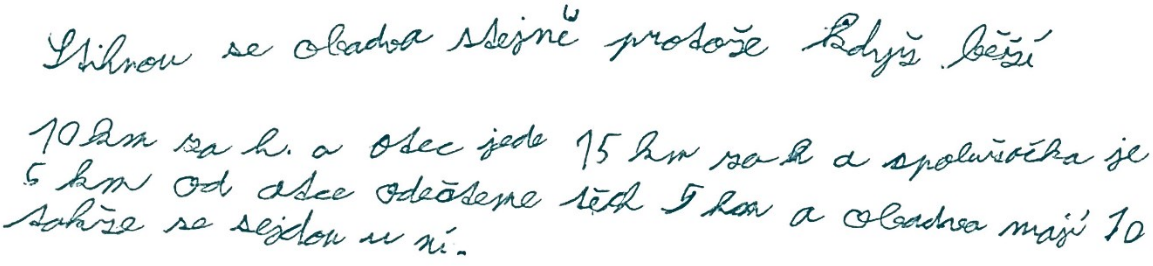
| varianta | roč. | N | neřešeno | 0 | 1 | 2 | 3 | úspěšnost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 5 | 70 | (10) 14 % | **(14) 20 %** | **(29) 41 %** | (6) 9 % | (11) 16 % | 24 % |
| neutrální | 5 | 74 | (15) 20 % | **(30) 41 %** | **(17) 23 %** | (3) 4 % | (9) 12 % | 16 % |

* Tučně jsou vyznačeny rozdíly ≥ 10 procentních bodů.

**Tab. 4.25:** Frekvence odpovědí v obou variantách úlohy 5C (5. ročník)

| varianta | celkem odpovědí | stihne | nestihne | nastejno |
|---|---|---|---|---|
| atraktivní | 55 | 60 % | 33 % | 7 % |
| neutrální | 55 | 35 % | 45 % | 20 % |

Při analýze řešení atraktivní varianty byla zaznamenána větší interakce žáků s kontextem úlohy. Do svých odpovědí volili expresivní nebo hovorové výrazy („zdrhne“, „taťka“, „stihne to jen taktak“ apod.), zvažovali hypotetické scénáře („kdyby si to táta přečetl o půl hodiny později, tak by to stihl“) a kreslili ilustrační obrázky zachycující emoce (rozčílený otec, zoufalý Robin). Nabízí se tedy jedno z možných vysvětlení pro tu téměř dvojnásobně vyšší frekvenci odpovědi „ano, stihne“ ve variantě s Robinem: žáci Robinovi častěji přáli, aby se schovat stihl, a tak řešení svému přání podřizovali. Pro potvrzení této souvislosti by bylo zapotřebí provést další výzkum.

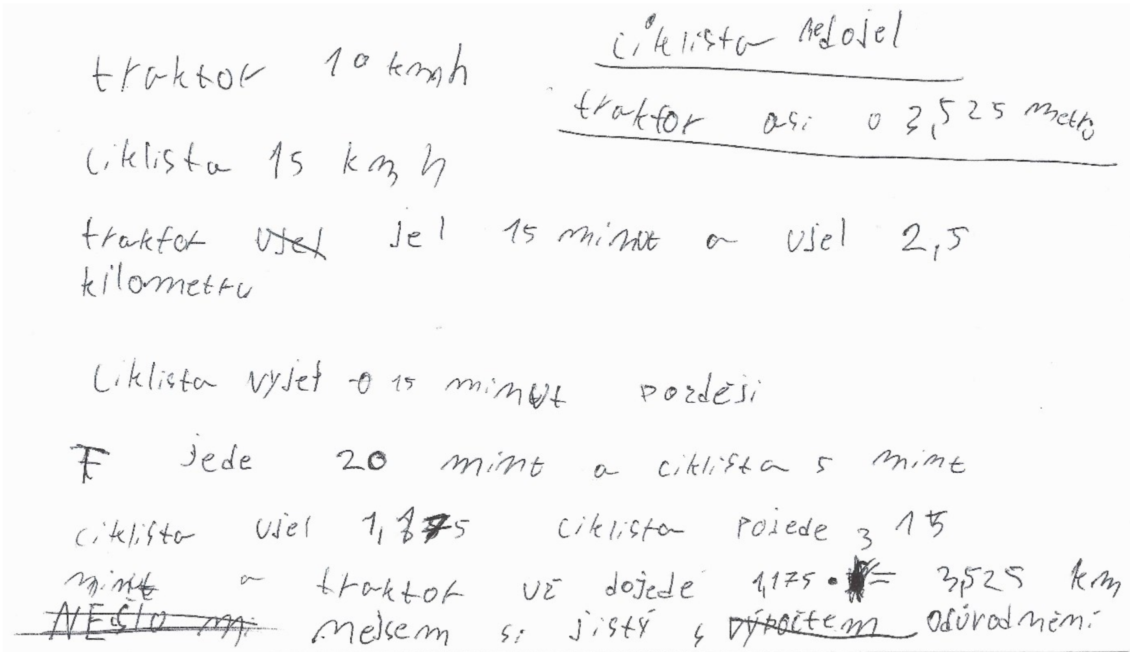


**Obr. 4.40:** Řešení Sebastiana (varianta 5Ca)

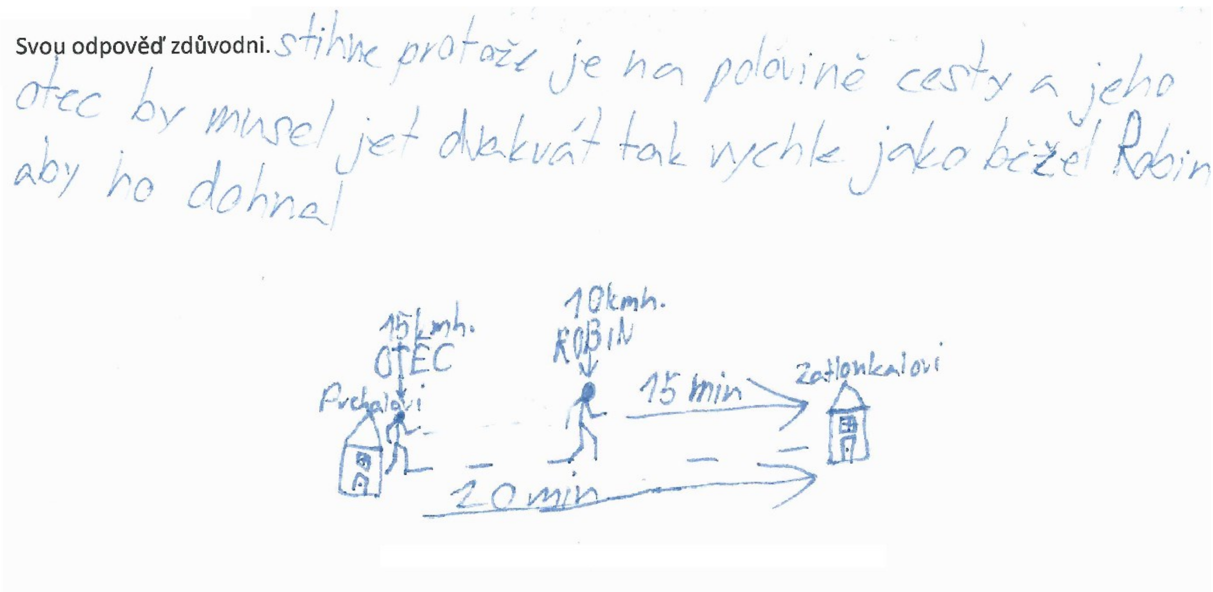
V rozhovorech s žáky byla ať již jedna nebo druhá varianta této úlohy často označována za úlohu, jejímž řešením si žáci nebyli jisti. Uváděli, že je těžká, že jí nerozumí. Při dotazování[80] se ukázalo, že mnozí z těchto žáků (ačkoliv do testového sešitu nenapsali žádné zápisy či výpočty) úloze rozumí dobře, ale neví, jak ji matematizovat, anebo došli k závěru, že Robin/traktor a otec/cyklista dojedou na místo ve stejný okamžik, a tudíž jim otázka položená v úloze nedávala smysl. Dobře to popsal Erik: *Doteď to nechápu. Pochopil jsem, že prchal rychlostí 10 km za hodinu, což je přiměřená rychlost, (...) to musel být za půl hodiny tam. A když o čtvrt hodiny pozdějc, což byl (Robin) tak na dvou a půl kilometrech, tak von to zjistil (otec) a začal prchat patnáctikilometrovou rychlostí, což by tam měl být za čtvrt hodiny. Oba nastejno, oba by se potkali u těch dveří.* Erik situaci dobře rozuměl, věděl, jak daleko bude Robin, když vyrazí otec, chybně však pracoval s rychlostí otce, což ho přivedlo k závěru, který se mu jevil jako neslučitelný s otázkou, a úlohu vzdal. Pro mnohé

[80] Byly jim položeny tyto otázky: Jeli oba stejnou trasu? Jeli oba stejnou rychlostí? Vyráželi ve stejný čas?

žáky byla úloha přitažlivou výzvou, spontánně se o ní dohadovali mezi sebou po odevzdání testu a při rozhovoru dávali najevo, že by rádi věděli, zda ji měli dobře. Některá řešení svědčí o tom, že žáci úloze věnovali značnou energii. Např. Teodor se nenechal odradit násobením trojmístného desetinného čísla a vypočítal (i když s chybou) vzdálenost, která bude cyklistu dělit od traktoru, až dojede do Beranova (obr. 4.41). Výjimkou nebylo ani grafické řešení (např. řešení Timona, obr. 4.42).




**Obr. 4.41:** Řešení Teodora (varianta 5Cn)




**Obr. 4.42:** Grafické řešení Timona (varianta 5Ca)

Důležitou informaci jsem získala od dvou žáků, z jejichž popisu řešení vyplynulo, že neví, jak dlouhou dráhu traktor a cyklista jedou. Pravděpodobně v důsledku toho si oba shodně přeformulovali otázku na „*setkají se na trase?*“.

Helena: (úlohu neměla vyřešenou) Mně to přišlo komplikovaný, zamotala jsem se do toho.

Tazatelka: Jak si představuješ tu situaci? Můžeš ten příběh převyprávět?

H: Jel traktor nějakou rychlostí a o čtvrt hodiny později vyrazil cyklista, který jel rychlejc. A jde o to, jestli ho stihne dojet, nebo ne.

T: Hm, takže tomu velmi dobře rozumíš. A jedou oba stejně daleko?

H: Hm, jo?

T: Z čeho to vyplývá, z jaké věty v zadání?

H: Vyrazili po stejné silnici. (dokázala hned najít v zadání)

T: A máš tip, kdo by mohl dojet dřív?

H: Nastejno, podle mě.

T: Co tě k tomu vede?

H: (přemýšlí) Že když ten traktor je od cyklisty vzdálenej 5 km a on jede rychlostí 10 a on 15, tak ho akorát stihne dohnat těch 5 kilometrů. Protože jede rychlejš.

Podobně se vyjádřil Robert, který hned, jak přišel na rozhovor, sděloval, že si úlohu s traktorem špatně přečetl, že se vyřešit dala.

Tazatelka: Říkal jsi mi, že jsi nevěděl nějakou informaci.

Robert: No že tam nebylo napsaný, jak dlouhá je trasa z Adamova do Berou… Beronova.

T: Kdybys mi tu úlohu měl převyprávět, co bylo úkolem zjistit?

R: Že jestli se setkají, ten traktor s tím cyklistou na tý trase.

T: Hm. A ta trasa je dlouhá jak?

R: No, to právěže to nevim.

T: Aha! (…) A jedou po stejný cestě? (Robert potvrzuje.) Někdo z nich vyráží dřív či později, nebo vyráží ve stejný čas?

R: Traktor vyráží dřív.

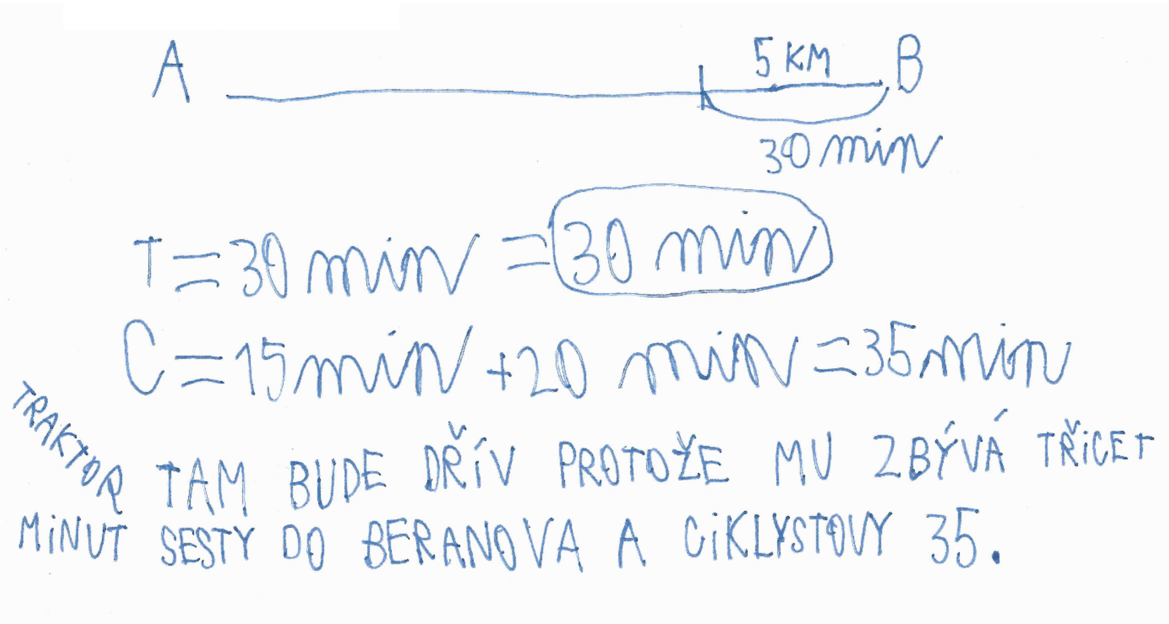
T: A je některý z nich rychlejší než druhý?

R: Ten cyklista je rychlejší.

T: Hm. (…) Ta informace, kterou hledáš, je tady – 5 kilometrů (čte celou otázku *Stihne traktor…)*

R: Jo aha! Já myslel, že ten TRAKTOR je vzdálený 5 km! Aha! Já jsem si to popletl.

S dopomocí poté úlohu vyřešil správně, bylo ovšem patrné, že pro něj bylo náročné s novou informací hned pracovat, měl tendence vracet k původnímu schématu (například pořád pracoval s myšlenkou, že traktor je vzdálen 5 km od cyklisty). Podobnou interpretaci zadání můžeme vidět také v řešitelském obrázku Filipa (obr. 4.43), kterému však nebránila v porozumění a správném řešení. Důvodem je patrně vztažné zájmeno *který* v otázce *Stihne traktor dojet do Beranova, který je vzdálený 5 kilometrů*, které žáci vnímali jako odkazující na traktor nikoliv na Beranov.




**Obr. 4.43:** Řešení Filipa (varianta 5Cn)

Také v rozhovorech jsem zaznamenala určitou interakci žáků s kontextem atraktivní varianty úlohy. Když měli převyprávět úlohu vlastními slovy, obohacovali příběh vlastními slovy (např. *začal prchat, protože se bál*), nebo skrze kontext a představu situace argumentovali svou odpověď (*asi ten táta ho dožene, protože Robin se může vyčerpat a zpomalí*). Překvapením byla záměna tříkolky za *čtyřkolku*, která je zjevně pro některé děti aktuálnějším „dopravním prostředkem“ než tříkolka. Pro žáky, kteří četli úlohu s představou motorové čtyřkolky, tak mohl nečekaně vymizet jeden z humorných prvků úlohy.

Texty obou variant byly znovu podrobeny analýze s oporou o frekvenci a typ nalezených chyb v žákovských řešeních. Ve variantě s neutrálním kontextem je jednoznačněji vyjádřeno, odkud, kam a kudy traktor a cyklista jedou (po silnici z Adamova do Beranova), v druhé variantě to není vyjádřeno tak explicitně. Kromě délky textu (úspěšnější varianta 5Ca je delší, má 67 slov, varianta 5Cn má 53 slov), resp. přítomnosti nadbytečných informací jsem nenašla žádný další rozdíl ve vrstvě objektů, jejich vztahů ani v matematickém modelu. Když se podíváme na nadbytečná slova v textu atraktivní varianty, je zjevné, že jsou to právě ta slova, která tvoří příběhovou – situační vrstvu úlohy:

> Atraktivní varianta (5Ca): *Ve dvě hodiny* ~~*přišel*~~ *Robin* ~~*Prchal ze školy*~~*,* ~~*položil na stůl oznámení o ředitelské důtce a*~~ *začal prchat. Prchal rychlostí 10 kilometrů v hodině. O čtvrt hodiny později* ~~*si oznámení přečetl jeho*~~ *otec*~~*, zrudl, nasedl na tříkolku a*~~ *začal syna stíhat rychlostí 15 kilometrů v hodině. Stihne se Robin schovat u* ~~*spolužačky*~~ *Zatloukalové, která bydlí 5 kilometrů od Prchalových, dříve, než ho dožene otec? Svou odpověď zdůvodni*.

**Shrnutí:** Úloha byla pro žáky celkově obtížná. Rozdíly v úspěšnosti mezi variantami byly zjevné, ne však statisticky významné, nulovou hypotézu nelze zamítnout. Nápadná byla vyšší frekvence odpovědi *ano, stihne* u atraktivní varianty s Robinem Prchalem. Rozhovory prozradily, že žáci měli problém dynamickou úlohu matematizovat a pracovat s oběma veličinami (čas a dráha) zároveň. Rozdíl v úspěšnosti (byť reprezentovaný jen nízkými počty žáků) mohl být teoreticky zapříčiněn délkou textu (ve prospěch neutrální varianty) či mírou jednoznačnosti zadání (ve prospěch atraktivní varianty): zatímco zájmeno *která* jednoznačně odkazovalo na spolužačku, a tedy určovalo dráhu, zájmeno *který* mohlo být vztaženo k městu Beranov nebo k traktoru. V otázce preferencí kontextu navzdory předpokladům atraktivní kontext nevolilo o moc více žáků než kontext neutrální. Vnímaným důvodem pro atraktivní kontext byla zejména jeho humornost. Nejčastějším důvodem pro neutrální variantu byla větší vnímaná srozumitelnost a nižší náročnost. Mezi komentáři se objevily i náznaky antipatie ke druhé variantě. S přihlédnutím k náročnosti úlohy pro daný věk a menšímu vzorku žáků nelze vyslovit silné závěry, patrné však je, že varianta s atraktivním kontextem probudila větší úsilí u žáků s nižší a střední latentní schopností.

## 4.3 Průřezová analýza testování

Následující část obrací pozornost k určitým trendům, které lze sledovat napříč úlohami, ročníky či skupinami žáků v souvislosti s kontextem úlohy. Zahrnuty budou pouze úlohy, jejichž obě varianty byly po testování, rozhovorech a doplňujících analýzách zadání shledány jako vhodné ke sledování vlivu kontextu (tedy takové, které se zásadně neliší v jiných parametrech). Vyřazena byla úloha 3C Housenky a 5B Hvězdné impérium.

**Vliv kontextu úlohy na její obtížnost**

Vliv typu kontextu na průměrnou úspěšnost řešení úlohy nebyl oproti očekávání tak jednoznačný. Jako určující se pro obtížnost úlohy ukázaly jiné parametry, které zastínily nebo mohly zastínit vliv parametru kontext. Například přiměřenost úlohy vzhledem k určenému věku (úloha 5C Robin Prchal), míra, do jaké úloha vybízí k použití povrchové strategie (3B Moje třída), počet otázek (3A Lichožrouti I), součinnost více drobnějších parametrů (5B Hvězdné impérium) aj. Tabulka 4.26 ukazuje, že pouze u některých úloh sehrála atraktivita kontextu předpokládanou roli, v žádné dvojici variant ale rozdíly nebyly statisticky významné, tedy lze mluvit spíše o určitých tendencích. Zatímco starší žáci byli mírně úspěšnější v řešení atraktivních variant úloh, mladší žáci spíše při řešení neutrálních. Za pozornost stojí odlišné tendence ve 3. a 5. ročníku v úlohách Lichožrouti I a Lichožrouti II (úloha 3A a 5A), u nichž byla atraktivita kontextu založena na stejné bázi a ani rozhovory a doplňkové analýzy textu neukázaly žádný významný (ani nezamýšlený) rozdíl mezi variantami. U žáků 5. ročníku atraktivní kontext mírně snižoval obtížnost úlohy, zatímco u žáků 3. ročníku naopak zvyšoval.

**Tab. 4.26:** Porovnání obtížnosti testovaných úloh – celkový přehled

| | úloha | 3A | 3B | 3D | 3D | 4A | 5A | 5C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ročník | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| varianta | atraktivní | 0,25 | 0,35 | −0,07 | −0,92 | −0,44 | −0,49 | 1,35 |
| | neutrální | −0,05 | 0,30 | −0,20 | −1,30 | −0,44 | −0,09 | 1,03 |
| rozdíly hodnot obtížnosti *b* | | 0,30 | 0,05 | 0,13 | 0,38 | 0,00 | 0,40 | 0,32 |
| hodnota *p* | | **0,078** | 0,769 | 0,513 | 0,346 | 1,000 | 0,181 | 0,588 |

* Zelený podklad značí nižší obtížnost úlohy, vyšší intenzita barvy značí větší rozdíl. Tučně je vyznačen věcný rozdíl v obtížnosti ($0,05 < p < 0,1$). Statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) nikde zjištěn nebyl.

**Vliv kontextu úlohy na úspěšnost žáků s různou úrovní latentní schopnosti**

Tabulka 4.27 nabízí srovnání vlivu kontextu testovaných úloh na žáky s různou úrovní latentní schopnosti. Čísla v tabulce udávají, kolikaprocentní pravděpodobnost (%) mají žáci s příslušnou úrovní latentní schopnosti na vyřešení dané úlohy. Přehled naznačuje následující tendenci: mladší žáci (3. ročník) s nižší latentní schopností měli větší pravděpodobnost, že uspějí při řešení neutrální varianty úlohy (žlutý podklad), zatímco žáci s vyšší latentní schopností a starší žáci (5. ročníku) měli stejnou pravděpodobnost při obou variantách (bílý podklad) nebo větší pravděpodobnost úspěchu při řešení varianty s atraktivním kontextem (zelený podklad).

**Tab. 4.27:** Pravděpodobnost dosažení správného řešení úlohy vzhledem k latentní schopnosti žáka (%) – celkový přehled

| latentní schopnost | úl. | 3A | | 3B | | 3D | | 3D | | 4A | | 5A | | 5C | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | roč. | 3 | | 3 | | 3 | | 4 | | 4 | | 5 | | 5 | |
| | var. | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n | a | n |
| nízká (Θ = −1) | | 12 | 17 | 4 | 10 | 19 | 27 | 48 | 58 | 31 | 39 | 33 | 20 | 9 | 0 |
| střední (Θ = 0) | | 40 | 52 | 31 | 38 | 53 | 56 | 72 | 81 | 66 | 59 | 67 | 53 | 21 | 6 |
| vysoká (Θ = 1) | | 76 | 85 | 81 | 77 | 84 | 82 | 87 | 93 | 89 | 76 | 89 | 84 | 41 | 48 |

* Žlutý podklad značí vyšší pravděpodobnost vyřešení neutrální varianty úlohy, zelený podklad vyšší pravděpodobnost vyřešení atraktivní varianty úlohy, bílý podklad značí vyrovnanou pravděpodobnost úspěšného řešení obou variant (rozdíly jsou ≤ 5 procentních bodů).

### Vliv kontextu úlohy na její diskriminační schopnost

Tabulka 4.28 nabízí přehled diskriminačních charakteristik testovaných úloh. Z přehledu je patrné, že ve vlivu kontextu na diskriminaci úlohy se neukázal zcela jasný trend. U některých úloh lépe diskriminovaly varianty s atraktivním kontextem (3B Moje třída, 4A Superschopnosti), u jiných přibližně stejně (obě úlohy s Lichožrouty 3A a 5A, 3D Princezna a draci). Lze tedy říci, že úlohy s atraktivními kontexty diskriminovaly většinou stejně nebo trochu lépe než jejich neutrální protějšky. Výraznou výjimkou vybočující z toho trendu je úloha 5C Robin Prchal. Domnívám se, že nižší diskriminaci atraktivní varianty této úlohy mohla zapříčinit vysoká obtížnost úlohy pro dané žáky a větší zájem žáků s nižší a střední latentní schopností o její vyřešení (uvedli alespoň nějaký postupový krok, za nějž obdrželi body).

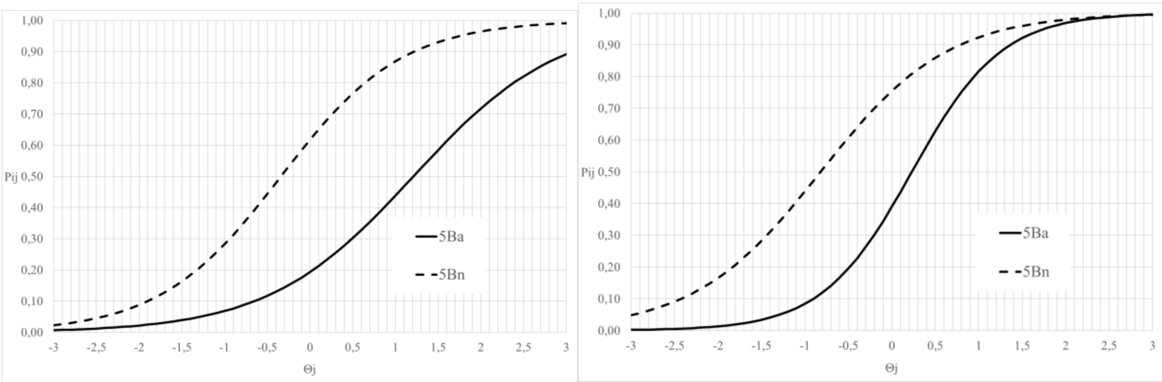
**Tab. 4.28:** Porovnání diskriminační schopnosti testovaných úloh – celkový přehled

| | úloha | 3A | 3B | 3D | 3D | 4A | 5A | 5C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ročník | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| varianta | atraktivní | 1,57 | 2,27 | 1,53 | 1,00 | 1,46 | 1,40 | 1,00 |
| | neutrální | 1,66 | 1,70 | 1,27 | 1,13 | 0,81 | 1,50 | 2,70 |
| rozdíly hodnot diskriminace a | | 0,09 | 0,57 | 0,26 | 0,13 | 0,65 | 0,10 | 1,70 |
| hodnota p | | 0,899 | 0,594 | 0,586 | 0,748 | 0,440 | 0,867 | 0,427 |

* Zelený podklad značí vyšší diskriminační schopnost úlohy, vyšší intenzita barvy značí větší rozdíl.

Vliv obtížnosti úlohy na její diskriminační schopnost byl dobře patrný na úloze 5B Hvězdné impérium, která byla testována na solidním vzorku žáků 5. a 6. ročníku (viz odd. 4.2.7).

Na průběhu křivek v grafech na obrázku 4.44 je vidět, jak v 5. ročníku byla atraktivní varianta náročná i pro žáky s vyšší latentní schopností, zatímco v 6. ročníku jim byla již natolik dobře přístupná, že svou diskriminační schopností překonala variantu neutrální.




**Obr. 4.44:** IRT grafy pro varianty úlohy 5B (5. ročník vlevo, 6. ročník vpravo) (Vondrová et al., 2019, s. 78)

### Vliv kontextu úlohy na zájem žáků úlohu řešit

Nezájem žáků řešit určitou úlohu v testu se může projevit tak, že ji ponechá bez náznaku řešení, nebo její řešení v průběhu svévolně opustí. Při vyhodnocování testových sešitů byl proto zvlášť evidován počet úloh, které neobsahovaly žádnou viditelnou známku řešení.

Počty žáků, kteří se o řešení úloh v testovém sešitě nepokusili, byly s výjimkou úlohy 5C Robin Prchal velmi nízké vzhledem k počtu všech řešitelů (tab. 4.29), tedy ani rozdíl mezi počty u atraktivní a neutrální varianty nebyl velký (max. 3 žáci). Nelze proto v tomto smyslu vyčíst žádný jednoznačný trend. Lze si všimnout pouze určité tendence starších žáků úlohu při potížích spíše vynechat, u mladších žáků pokusit se o nějaké řešení, i to ale bude do značné míry ovlivněno obtížností konkrétní úlohy spíše než kontextem.

**Tab. 4.29:** Porovnání počtu žáků, kteří úlohu zanechali bez řešení – celkový přehled

| | úloha | 3A | 3B | 3D | 3D | 4A | 5A | 5C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ročník | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| *N* | atraktivní | 180 | 182 | 177 | 174 | 49 | 70 | 70 |
| | neutrální | 171 | 181 | 174 | 186 | 47 | 71 | 74 |
| neřešilo | atraktivní | 8 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 9 |
| | neutrální | 5 | 4 | 4 | 2 | 1 | 5 | 12 |

Z protokolů o testování víme, že žáci měli vždy dostatek času na řešení úloh a odevzdávali před uplynutím maximálního limitu. Úlohy byly v testových sešitech řazeny různě (viz odd. 3.4.1), tedy byl eliminován také vliv pořadí úlohy na její řešení. Přesto však nelze spolehlivě určit, co mohlo žáka vést k tomu, že se úlohou nezabýval, ani zda tomu tak opravdu bylo (mohl se úlohou zabývat, ale nezanechal na papíře žádné náznaky výpočtu ani zápisu), k tomu by bylo zapotřebí provést rozhovory s žáky. Na úloze 5B Hvězdné impérium se ukázaly větší rozdíly: atraktivní variantu zanechalo bez náznaku řešení 15 % chlapců a 19 % dívek 5. ročníku, zatímco neutrální variantu pouze 5 % chlapců a 4 % dívek. Obdobně tomu bylo v 6. ročníku (po řadě: 10 %, 22 %, 1 %, 5 %). Příčinou mohla být stejně jako u diskriminační schopnosti úlohy výrazně vyšší obtížnost úlohy se sci-fi kontextem (viz odd. 4.2.7).

## 4.4 Průřezová analýza rozhovorů s žáky

Testové sešity s úlohami, které žáci řešili před rozhovory, byly rovněž vyhodnoceny a obodovány. Tabulky 4.30 a 4.31 porovnávají průměrnou úspěšnost žáků z rozhovorů s průměrnou úspěšností žáků v hlavním testování. V některých úlohách byly rozdíly větší, většinou se však nelišily o více než 10 procentních bodů. Protože účelem rozhovorů nebylo získání dat pro kvantitativní analýzu, slouží údaje spíše jen pro představu o rozdílech mezi průměrnou úspěšností v dané úloze v hlavním testování a v testování před rozhovory.

**Tab. 4.30:** Porovnání průměrné úspěšnosti žáků v testu před rozhovory s úspěšností žáků v hlavním testování (3. ročník)

| | varianta | 3Aa | 3An | 3Ba | 3Bn | 3Ca | 3Cn | 3Da | 3Dn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ročník (roz./test.) | 3/3 | 3/3 | 3/3 | 3/3 | 3/3 | 3/3 | 3/3 | 3/3 |
| | *N* (roz.) | 18 | 14 | 14 | 18 | 14 | 18 | 18 | 14 |
| úspěšnost | rozhovory | 54 % | 48 % | **60 %** | 37 % | 50 % | 54 % | 43 % | **40 %** |
| | testování | 44 % | 51 % | **40 %** | 41 % | 57 % | 43 % | 54 % | **56 %** |

Tučně jsou vyznačené rozdíly v úspěšnosti větší než 15 procentních bodů.

**Tab. 4.31:** Porovnání průměrné úspěšnosti žáků v testu před rozhovory s úspěšností žáků v hlavním testování (5. ročník)

| | varianta | 4Aa | 4An | 5Aa | 5An | 5Ba | 5Bn | 5Ca | 5Cn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ročník (roz./test.) | 5/4 | 5/4 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 |
| | *N* (roz.) | 18 | 17 | 18 | 17 | 17 | 18 | 17 | 18 |
| úspěšnost | rozhovory | 74 % | 47 % | **76 %** | 55 % | 31 % | **85 %** | 22 % | **30 %** |
| | testování | 63 % | 60 % | **59 %** | 52 % | 24 % | **58 %** | 24 % | **16 %** |

* Tučně jsou vyznačené rozdíly v úspěšnosti větší než 15 procentních bodů.

Nyní upozorním na několik jevů napříč různými úlohami i ročníky, které se při rozhovorech ukazovaly.[81] Překvapivě často (a pouze v některých třídách) jsem narážela na překážky pravděpodobně didaktického původu. Několik žáků explicitně zmínilo, že neví, jak si úlohu zapsat (měli na mysli legendu), a proto ji nevyřešili. Když jsem se zeptala, zda by dokázali

[81] Podobné zkušenosti jsme nabyli také v rozhovorech nad dalšími úlohami testovanými v rámci výzkumného projektu (Vondrová et al., 2019, s. 327–328).

vypočítat úlohu i bez zápisu, o řešení se pokusili, někteří dokonce hned řekli výsledek nebo odpověď. S tím souvisí i další jev – někteří žáci považovali správnost legendy za součást dobře vyřešené úlohy (např. v rozhovoru se Světlanou, odd. 4.2.1). Podobná pochybnost některých žáků se týkala správnosti formulace odpovědi. Jedna žákyně 3. ročníku například pochybovala o tom, zda její odpověď „3 ponožky sežere za 21 minut“ na otázku „Kolik času by potřeboval na tři ponožky?“ je správná, či nikoliv. Přestože odpověď byla logicky, jazykově i číselně správná, obávala se, že není, protože neobsahuje přesně ta slova použitá v otázce. Na takové pochyby jsem narazila vícekrát, u různých úloh a různých žáků.

Jako překážka pro vyřešení slovní úlohy se ukázaly určité „odchylky“ od běžného schématu slovní úlohy (vstupní informace v oznamovací větě nebo větách, následně otázka specifikující neznámou). Problém byl např. s odpovědí na dvě otázky (v úloze 3A Lichožrouti I), nebo s úlohou, která byla celá formulována jednou tázací větou (3B Moje třída). Za další důsledek určitého stereotypu v zacházení se slovními úlohami bychom mohli považovat i rozpaky žáků (například Idy, odd. 4.2.2) nad úlohami, které neobsahují pro ně klíčové slovo *dohromady*, a úlohy, v jejichž formulaci explicitně nefigurují čísla, která jsou nutná k výpočtu (úloha 3B Moje třída – číslo je třeba pochopit z kontextu, úloha 3D Princezna a draci – obsahuje nadbytečné číselné údaje, je třeba vybrat ty relevantní). Obtíže působily také úlohy, v nichž výsledek výpočtu správně sestaveného matematického modelu není číslem, které lze použít v odpovědi (např. dělení 27 : 6 = 4 zb. 3 v úloze 3C Housenky, kde odpovědí je číslo 3, nikoli *4 a zb. 3*; nebo počet skoků v úloze 4A Superschopnosti).

Často pozorovaným jevem bylo používání povrchových strategií, ke kterým docházelo ve všech testovaných úlohách. V některých zřídka (5A Lichožrouti II) u jiných ve zvýšené míře (3D Princezna a Draci, 5B Hvězdné impérium). Někteří žáci explicitně popisovali strategie založené na odhadování vhodné početní operace na základě velikosti čísel v zadání nebo signálních slov (*protože kdyby tam bylo větší číslo, tak bysem dělil;* T: *Proč jsi zvolila sčítání?* Ž: *Protože tam neni třeba krát menší nebo krát větší a tak.*). A další důkazy řešení bez porozumění (např. úvaha: všechny ostatní úlohy byly na dělení se zbytkem, tak i v této úloze se bude dělit, i když to nedává smysl).

Další skupina vypozorovaných obtíží se týká jazyka. Žáci měli problémy s porozuměním nebo i přečtením některých slov (vyhládlý, poloviční) a odlišit v kontextu významy přídavných jmen či příslovcí (vyšší vs. větší vs. starší, dlouho vs. dlouhou). Do této skupiny patří také častá chyba nejasného původu sledovaná u žáků mladších i starších – nezachycení určitých výrazů v textu, které mají zásadní vliv na matematickou strukturu úlohy: v *každé* z nich je 5 mincí; jaký *nejmenší* počet skoků musí udělat, aby se dostal *přesně* na druhý okraj mýtiny (úloha 3C Housenky, 3D Princezna a draci, 4A Superschopnosti).

Při rozhovorech bylo také možné sledovat, jak se žáci vypořádávají s chybou, na kterou si sami přišli, nebo na kterou byli upozorněni. Ukázalo se, že bylo mnohdy obtížné (jak pro žáky, tak pro tazatelku) přestrukturovat (žákovu) původní chybnou představu situace, ke které se i po intervenci s dílčími úspěchy žák v závěru rozhovoru zase vrátil (např. rozhovor s Martou, odd. 4.2.3 nebo Ráchel, odd. 4.2.4). V souvislosti s tím se také ukázalo, že žáci při nesnázích hledají oporu v sepsání legendy, ale chybí jim jiný nástroj pro případ, že tato opora nefunguje, např. obrázek, který se vyskytoval jen v minimu žákovských řešení (zejména v dynamické úloze 5C Robin Prchal). Mnozí žáci se bránili výzvě nakreslit si k úloze obrázek (*neumím kreslit*), přitom často uznali poté, co jej nakreslila tazatelka, že jim k porozumění nebo ujištění o správnosti porozumění nebo řešení pomohl. Někdy obavy o správnost řešení rozptýlil jen hlasitý popis vlastního řešení, ke kterému byli žáci tazatelkou vyzýváni (*Jsi si jistější, když jsi mi to takhle řekl? – Jo!*).

# 5 Diskuse, omezení výzkumu a jeho důsledky

V předchozí kapitole byly představeny a vzájemně propojeny výsledky všech tří částí předkládaného výzkumu získané kvantitativními i kvalitativními metodami – testováním, rozhovory a dotazníkem. Tato kapitola zjištěné výsledky stručně shrnuje a diskutuje se souvisejícími výzkumy a nabízí podněty k zamyšlení a dalšímu výzkumu. Diskuse je rozdělena na dvě hlavní části, z nichž první je zaměřena na první z výzkumných otázek týkajících se vlivu atraktivity kontextu na řešitelský proces (RQ1) a problematiku parametrizace úloh, a druhá na problematiku atraktivity kontextů slovních úloh (RQ2). Kapitola je uzavřena shrnutím omezení výzkumu, jeho didaktických důsledků a návrhy jeho možného pokračování či rozšíření.

Poznámka: Disertační prací reaguji na často vyslovovanou neoblibu slovních úloh, které jsou tradičně vnímány jako nezbytná součást školní matematiky. Vycházím přitom z široce sdíleného přesvědčení, že řešení slovních úloh pozitivně přispívá k formování matematické gramotnosti žáků, aniž bych ověřovala jeho reálný dosah. Ačkoliv jsem v rámci kvantitativního šetření považovala dosažení správného výsledku úlohy za indikátor správného porozumění slovní úloze a „dobrého stavu" žákových matematických schopností, uvědomuji si, že řešení slovní úlohy může být pro žáky v praxi přínosné i v situaci, kdy ke správnému výsledku nedospějí, a naopak.

## 5.1 Atraktivita kontextu a řešitelský proces

Aby bylo možné vyhodnotit vliv atraktivity kontextu slovní úlohy na řešení úlohy žákem, je potřeba nejprve kriticky posoudit, do jaké míry se mi podařilo pro výzkum vytvořit takové dvojice úloh, které mají schopnost o tomto parametru vypovídat. Je třeba posoudit: 1) do jaké míry se varianty těchto úloh s odlišným kontextem shodují v ostatních parametrech, 2) zda lze kontext úlohy pro sledované skupiny žáků skutečně označit za atraktivní. Druhé otázce se věnuji v oddílu 5.2, nyní se zaměřím na problematiku parametrizace slovních úloh.

Ukázalo se, že je poměrně obtížné vytvořit dvojici úloh lišících se pouze kontextem. Vyjádření dvou různých situací či dějů reprezentujících tutéž matematickou strukturu s sebou přináší řadu nástrah, a to v jazykové i matematické rovině. Přestože bylo zadání úloh konzultováno napříč výzkumným týmem (Vondrová et al., 2019), po analýze žákovských řešení a rozhovorech s větším počtem žáků se u každé z úloh objevil alespoň drobný rozdíl v jiné než kontextové rovině, který mohl do měření efektu atraktivity kontextu zanést nepřesnosti. Zatímco u některých úloh bylo možné tyto rozdíly označit za pravděpodobně nevýznamné, neboť například nebyl nalezen důkaz, že by řešení nějakého žáka ovlivnily, u jiných úloh byly tyto rozdíly zásadnější. Upozornily na ně například specifické chyby, ke kterým docházelo významně častěji nebo výhradně pouze u jedné z variant úlohy, nebo vyšly najevo při rozhovorech, když na ně upozornili přímo nebo nepřímo sami žáci. Některé rozdíly byly odhaleny při podrobné analýze žákovských řešení zahrnující i legendy, náčrtky, poznámky žáků v zadání úlohy, formulace odpovědí aj.

Při důkladnějším pohledu na výzkumy popsané v teoretické části této práce zjistíme, že s podobným problémem se jejich autoři také často potýkali. Například Palm (2008) ve svém výzkumu varioval aspekt autenticity kontextu (*less authentic* vs. *more authentic problems*), ale spolu s ním změnil úlohu ve třech dalších parametrech – personalizace, jazyková explicitnost a délka textu, jak je patrné na následující dvojici testovaných úloh.

> Méně autentická varianta: 360 students shall go by bus on a school trip. Each bus can hold 48 students. How many buses are required?
>
> Více autentická varianta: All students in the school will go on a school trip together on the 15th of May. You and the other organizing students have decided that everyone will go by bus, and that you will order the buses. You have seen in the student rosters that there are 360 students in the school. Your teacher said that you can order the buses from Swebus, and that each bus can hold 48 students.

Podobně také De Bock et al. (2003), kteří se zabývali efektem autenticity a atraktivity kontextu slovní úlohy, v závěru svého výzkumu, který měl pro ně překvapivé výsledky (viz odd. 2.2.1), reflektují, že změna kontextu se netýkala pouze jeho autenticity, ale též familiárnosti – jejich úloha byla sice autentičtější a pro žáky atraktivnější, ale zároveň méně familiární, což pravděpodobně hrálo zásadní roli v neúspěchu žáků. Při porovnání jejich testovaných variant úlohy (viz níže) jsem po zkušenostech s vlastním výzkumem našla ale i další rozdíly – např. v rovině objektů: zatímco podrážka boty představuje objekt, u nějž se obtížně zjišťuje obsah, kruh je objekt, u kterého žáci pravděpodobně znají vzorec pro výpočet obsahu. Přestože to ve výpočtu nehraje roli, na jejich uvažování a emoce při uchopování a řešení úlohy to mohlo mít vliv:

Autentická atraktivní varianta: The sole of Gulliver's shoe has an area of 288 $cm^2$. What's the area of the sole of a similar Lilliputian shoe?[82]

Neautentická neutrální varianta: The diameter of a circle E is 11 times as large as the diameter of a circle F. If the area of circle E is 242 $cm^2$, what's the area of circle F?

Dalším příkladem je výzkum DeFranca a Curcia (1997), jejichž dvojice úloh (s přepravou cizinců seniorů vs. žáků na párty) byla představena v oddílu 2.2.1. Domnívám se, že ani v jejich případě nehrála roli pouze sledovaná autenticita kontextu, ale zejména personalizace kontextu, tedy nejen přiblížení se realitě, ale hlavně přiblížení se řešitelům osobně. Rozdíl v úspěšnosti sledovaných skupin žáků mohla podpořit také odlišná forma zadání (pasivní vs. aktivizující), v níž byla autentická varianta úlohy zadána – žáci byli vyzváni k reálnému objednání autobusu na telefonní lince.

Pro vyhodnocení efektu atraktivity kontextu v mém výzkumu byly z těchto důvodu vyloučeny úlohy 3C Housenky a 5B Hvězdné impérium. Následující shrnutí a diskuse se proto vztahuje pouze k úlohám, v nichž rozhovory s žáky ani analýza chyb a řešitelských postupů v písemných řešeních neodhalily žádné významné rozdíly v zadání obou variant, a tedy lze rozdíly v úspěšnosti s vyšší mírou pravděpodobnosti přičítat kontextu úlohy.

### 5.1.1 Souhrnná zjištění

Rozdíly v úspěšnosti žáků při řešení úloh, kterou jsem považovala za jeden z indikátorů vlivu kontextu na řešitelský proces, nebyly statisticky významné v žádné ze sledovaných úloh, u některých úloh lze však rozdíly označit za věcné nebo téměř věcné, tedy potenciálně významné (podrobněji viz odd. 4.3). Alternativní hypotézu $H_1$ se nepodařilo prokázat u žádné úlohy. Na sledovaném vzorku žáků 3. až 6. ročníku se ukázalo, že spíše pozitivně se na úspěšnosti řešení projevoval atraktivní kontext zejména u starších žáků (úloha 5A Lichožrouti II a 5C Robin Prchal). Mladší žáci byli průměrně mírně úspěšnější naopak při řešení neutrálních variant úloh (3A Lichožrouti I, 3B Moje třída, 3D Princezna a draci).

U většiny úloh se také potvrdilo očekávání týkající se vlivu kontextu na žáky s různou mírou latentní schopnosti. I tam je patrný určitý trend, který podporuje nálezy podobných výzkumů (Solaz-Portolés & Caballer Alonso, 2015) – žáci s nižší latentní schopností byli více úspěšní

[82] V úvodu testu žáci dostali informaci, že ve světě Liliputánů je všechno 12krát menší než v našem světě, světě Gullivera, a k tomu konkrétní ukázky. Před testem navíc žáci sledovali část filmu o Gulliverovi v zemi Liliputánů, kde mohli tuto skutečnost sledovat.

při řešení neutrálních, tedy v jistém smyslu standardních úloh, zatímco žáci s vyšší latentní schopností dosahovali stejných nebo mírně lepších výsledků při řešení úloh s atraktivním kontextem.

Změna kontextu úlohy se někdy odrazila také na diskriminační schopnosti úlohy – atraktivní varianty úloh diskriminovaly až na jednu výraznou výjimku (5C) stejně nebo lépe než varianty neutrální. Stejný efekt bylo možné sledovat v mnoha dvojicích úloh testujících jiné parametry úloh v rámci projektu GA ČR (Vondrová et al., 2019). Možným vysvětlením je míra familiárnosti čili obeznámenosti žáků se slovní úlohou – úlohy s neutrálním, běžným či očekávaným kontextem vyvolávající v žácích pocit známosti mohou nastartovat automatické řešitelské chování, svádět ke zkratkovitému řešení bez porozumění situačnímu modelu úlohy či k použití povrchové řešitelské strategie (Vondrová, 2020). Častěji tak i žáci s nižší latentní schopností docházejí (zejména u jednoduchých a méně komplexních úloh) k náhodně získanému správnému řešení, což diskriminační schopnost úlohy snižuje.

Vliv kontextu na zájem žáků začít úlohu řešit nebylo možné posoudit, neboť počty neřešených úloh byly celkově velmi nízké. Zdá se, že odvozovat míru zaujetí úlohou na základě počtu navrácených řešení nepřináší v případě velkoplošného testování relevantní výstupy. Žáci byli před testováním vyzýváni k podání nejlepšího výkonu (tedy k vyřešení co nejvyššího počtu předložených úloh), nebyli explicitně vybízeni k tomu, aby vynechali úlohu, kterou řešit nechtějí apod. Zapůsobit mohla také přítomnost cizí osoby dohlížející na testování, motivace uspět, být dobrou vizitkou svého učitele apod.

Vliv kontextu na řešitelské chování byl patrný v kognitivní i afektivní rovině. Oddíl 4.2 dokladuje rozdíly zejména na úrovni řešitelských strategií a chyb, tedy v kognitivní rovině. Tyto rozdíly jsou specifické pro každou dvojici úloh v závislosti na typu atraktivity, dalších parametrech úlohy i konkrétní formulaci zadání, tedy není možné je jakkoliv zobecňovat. Řešitelské chování se však projevovalo také v rovině emocí, konkrétně v interakci žáků se slovní úlohou. To bylo možné vypozorovat zejména z rozhovorů s žáky, ale i z některých písemných žákovských prací. U atraktivních úloh jsem pocitově častěji zaznamenávala interakci v podobě ilustrací či komentářů vztahujících se k příběhu úlohy a častěji registrovala vpouštění reálných představ a zkušeností z běžného života žáků do řešitelského procesu. To bylo patrné například v úlohách 3A a 5A Lichožrouti (žáci nepoužívali striktně pouze slova ze zadání úlohy, ale např. v odpovědích nazývali lichožrouty jmény podle knižní předlohy), v úloze 5B Hvězdné impérium (žáci používali odbornou vojenskou terminologii, připomínali jiné sci-fi – Star Wars) a v úloze 5C Robin Prchal (žáci zvažovali hypotetické scénáře, vyjadřovali sympatie k prchajícímu Robinovi). V tomto směru atraktivní kontexty vyvolávaly podobný efekt jako realistické kontexty v připomínaných výzkumech (Verschaffel et al., 1994; DeFranco & Curcio, 1997; Yoshida et al., 1997). Pro potvrzení by bylo zapotřebí dalších analýz či rozšíření výzkumu.

Z druhé strany přistoupili k prožívaným emocím při řešení úkolu Wang et al. (2015), zaměřili se na tzv. matematickou úzkost [83] a její vztah s matematickou kognicí a matematickou motivací. Přesvědčivé výsledky jejich výzkumu poukázaly na význam matematické motivace při mobilizaci kognitivních zdrojů a při regulaci účinků negativních vlivů při řešení určitých typů matematických úloh. Jako klíčové se ve vztahu k úspěšnosti ukázalo motivační nastavení jedince – zda si matematickou situaci interpretuje jako pozitivní a náročnou, nebo negativní a ohrožující. Výzkum potvrdil dřívější zjištění, že mírná úzkost vede vnitřně matematicky motivované jedince k lepšímu výkonu, neboť podporuje určité kognitivní funkce (soustředění, pracovní paměť), zatímco vysoká nebo naopak nízká míra úzkosti je spojena s nedostatkem kognitivních zdrojů, které jsou úkolům přiděleny, a tedy nižší úspěšností. Na jedince s nízkou matematickou motivací působí stejná míra úzkosti odlišně – závislost úspěšnosti a úzkosti je lineární, tzn. čím méně úzkosti jedinec prožívá, tím je při řešení úspěšnější a naopak.

Ke srovnatelným závěrům dospěli Pongsakdi(ová) et al. (2019), kteří v rámci nedávného výzkumu sledovali roli přesvědčení žáků a motivačních proměnných na řešení slovních úloh. Zjistili, že u žáků s nízkou počáteční motivací nedošlo při výuce v programu WPE[84] ke zvýšení úspěšnosti při řešení nerutinních úloh, ale došlo ke zvýšení motivace, a naopak u žáků s vysokou vstupní motivací došlo ke zvýšení úspěšnosti, ale motivace zůstala stejná.

### 5.1.2 Poznámky k vybraným úlohám

Předchozí oddíl soustředil pozornost na zobecnění zjištěných výsledků, upozorňoval na určité trendy a tendence. K dalším zjištěním dospějeme, obrátíme-li pozornost k testovým úlohám jednotlivě.

[83] Matematická úzkost je definována jako pocit napětí, obav a strachu v aktivitách spojených s matematikou.

[84] Word Problem Enrichment (WPE) – program zaměřený na podporu učitelů v inovativních přístupech ke slovním úlohám.

Například na úloze 5C Robin Prchal se ukázalo, že zvolený kontext slovní úlohy může výrazně ovlivnit chuť do řešení i u žáků s nižší a střední latentní schopností. Přestože nelze zcela vyloučit vliv jiného rozdílu v zadání obou variant, zdá se, že žáci měli při řešení atraktivní varianty větší vůli úlohu řešit, navzdory svým schopnostem. Naznačují to i jiné signály – zaznamenala jsem např. četnější odpověď ve prospěch postavy, s níž se mohli žáci identifikovat. Ke stejnému závěru dospěli v nedávném výzkumu Dooren et al. (2019), kteří se zabývali vlivem humorného kontextu slovní úlohy na míru realistického uvažování žáků 6. ročníku. Zjistili, že žáci při řešení problému, který byl zasazen do humorného kontextu, uvažovali realističtěji než v úlohách v běžném školním kontextu, a to statisticky významně. Autoři studie se domnívají, že humor použitý v úloze (který je pro žáky srozumitelný) je může zbavovat tenze, kterou vyvolává rozdíl mezi zkušenostmi žáků s řešením problému v reálném světě a očekáváním od řešení problému ve školním prostředí.[85]

Překvapivý závěr přinesla úloha 3A Lichožrouti I. Přestože byla v dotazníku i při rozhovorech jednoznačně preferována (a z předpokládaného důvodu), na úspěšnosti žáků při řešení úlohy se to neprojevilo, naopak, lze-li hovořit o nějaké tendenci, pak byla opačná – atraktivní kontext úspěšnost žáků zhoršoval. Obě varianty úlohy přitom byly vyhodnoceny jako vyrovnané z hlediska jiných parametrů, měly velmi podobnou diskriminaci a i počet žáků (170 na jednu variantu) lze považovat za reprezentativní. Všechno nasvědčuje tomu, že v tomto případě sehrála atraktivita kontextu obrácenou roli. Podobné překvapení přinesly např. výsledky výzkumu (Rellensmann & Schukajlow, 2017), který zjišťoval, zda v žácích (9. ročník, $n = 100$) vzbudí větší zájem úlohy propojené s realitou, nebo úlohy bez vazby na realitu (čistě matematické, abstrahované). Ukázalo se, že větší zájem projevili žáci o úlohy bez vazby na realitu, a to statisticky významně. Nabízí se několik možných vysvětlení, proč v úloze s lichožrouty žáci nebyli tak úspěšní jako v neutrální variantě o pletení ponožek. Důvodem mohl být tzv. negativní efekt zaujetí – žák je zaujat určitým zajímavým leč pro řešení úlohy nepodstatným detailem (Tauchmanová, 2014, s. 19), který odebere část pozornosti potřebné v dalších fázích řešitelského procesu. Podobný efekt popisuje také Boaler(ová) (1994) ve výzkumu vlivu dívčích a chlapeckých kontextů. Dalším z důvodů může být oblast, na které úloha buduje svou atraktivitu – literární předloha, z níž námět

[85] Nutno podotknout, že humorné vsuvky, kterými byly obohaceny experimentální pracovní listy, poukazovaly na absurditu slovních úloh a tím zaměřovaly pozornost řešitele na odlišnosti reálného světa a světa prezentovaného slovními úlohami, žák jim pak při řešení mohl věnovat větší pozornost a v důsledku toho uvažovat realističtěji. Příkladem takové vsuvky je tento text: The teacher gives a simple sum: "If there are five birds on the roof, and you shoot two, how many are left?" Calvin: "None, Miss, the others have flown away."

slovní úlohy vychází, nemusí být známá pro všechny žáky, úloha má potenciál oslovit spíše *individuální* než *situační* zájem žáků (Rheinberg et al., 2001). Dalším z důvodů může být již zmiňovaný věk žáků – jak je patrné na výsledcích ostatních úloh testovaných ve 3. ročníku, žákům se většinou o trochu lépe dařilo při řešení neutrálních variant úloh. Stejně jako ve výzkumu De Bock et al. (2003) se tak mohlo projevit, že rozhodujícím parametrem byla familiárnost kontextu, tedy míra obeznámenosti žáků s objekty, vztahy a situacemi, se kterými úloha pracuje, bez ohledu na to, jak jsou pro žáky atraktivní.

Poslední úloha, na níž zaměřím pozornost je úloha, která byla kvůli významným rozdílům v zadání z vyhodnocování vlivu atraktivity nakonec vyloučena – 5C Hvězdné impérium. Varianta s kontextem, který jsem považovala za potenciálně atraktivnější, byla pro žáky statisticky významně obtížnější než varianta s kontextem neutrálním. Analýza chyb potvrdila, že žáci řešící atraktivní variantu častěji sahali k povrchovým strategiím a v jejich postupech znatelně narostla frekvence chyb. Také v rozhovorech a dotazníku vyšla neutrální varianta s oslavou narozenin jako jednoznačně preferovaná. Přestože nelze zcela vyloučit vliv kontextu, nižší úspěšnost žáků způsobily nejpravděpodobněji jiné parametry úlohy. Doplňková analýza textu úlohy upozornila, že změnu kontextu může doprovázet celá řada drobných nezamýšlených změn v dalších parametrech úlohy, které mohou v součinnosti znesnadnit žákům vytvoření správné představy o úloze (situačního modelu). Kombinacím různých parametrů jsme se intenzivně věnovali též ve výzkumném projektu, na jehož půdorysu tato práce vznikala (Vondrová et al., 2019). V něm se ukázalo, že některé parametry úloh samy o sobě vliv na řešení žáků nemají, ale projeví se až v kombinaci s jiným parametrem (např. s. 323). Domnívám se, že ačkoliv úloha o Hvězdném impériu neposloužila k původnímu účelu, své místo ve výzkumu si obhájila – poukázala na hlubší problém parametrizace, typologie a terminologie spojených s kontexty slovních úloh. Tuto myšlenku rozvedu v následujícím samostatném oddílu.

### 5.1.3 Problematika parametrizace, typologie a terminologie

Porovnáme-li výsledky úlohy 5B Hvězdné impérium například se zjištěními Wiest(ové) (1998), která se zabývala efektem „příbuzných" fantasy kontextů, nebo výsledky výzkumu Cordova(ové) a Leppera (1996), mohli bychom nabýt dojmu, že závěry jsou v rozporu, neboť jejich výzkum ukázal, že úlohy s fantasy či sci-fi kontextem měly stejnou nebo v druhém případě dokonce statisticky významně vyšší úspěšnost v porovnání s kontexty neutrálními. Když se ale na *atraktivní* sci-fi kontext úlohy 5B podíváme jako na kontext *nefamiliární*, tedy takový, se kterým děti nemají zkušenosti, výsledky budou naopak v souladu se čtyřmi výzkumy zaměřenými na familiárnost kontextu, které popisuje Hembree ve své metaanalýze (1992). Obě perspektivy (atraktivní sci-fi i familiární kontext) jsou přitom stejně legitimní.

Podobně bych mohla neutrální variantu úlohy označit za dívčí (oslava narozenin jako doména žen, přítomnost výhradně dívčích postav) a atraktivní variantu za chlapeckou (válečná tematika, technika) a porovnávat výsledky se Zohar(ovou) a Gershikov(ovou) (2008). Zjištění by byla v těsném souladu – ve sci-fi chlapeckém kontextu byli úspěšnější chlapci, v dívčím kontextu byli také úspěšnější chlapci, i když s menším náskokem. To nás přivádí k obecnému problému parametrizace a klasifikace kontextů slovních úloh. Ukazuje se, že kontexty slovních úloh jsou vícerozměrné, a je tedy možné k nim přistupovat z různých stran. Jak bylo patrné na předchozí demonstraci, určité aspekty kontextu lze označovat různými výrazy, termíny. Domnívám se, ve shodě s Palmem (2008) a Ulovcem (2018), kteří již dříve upozorňovali na nekonzistenci výzkumů v přístupech k problematice kontextů, že právě toto je příčinou nejasného trendu a rozcházejících se výsledků dosavadních výzkumů v této oblasti. Jako smysluplná a žádoucí se tedy jeví revize dosavadních výzkumů, zejména bližší prozkoumání konkrétních úloh, které byly ve výzkumech použity, a dále ustálení používaných pojmů a sjednocení terminologie.

Otázka parametrizace, typologie a terminologie začne být důležitá zejména v okamžiku, kdy uvažujeme o přesahu těchto výzkumů do praxe. Jaké závěry si mají z našich výzkumů odnést učitelé, tvůrci učebnic nebo diagnostických testů? Doporučíme jim, aby používali fantasy kontexty? Nebo aby se vyhnuli kontextům nefamiliárním a drželi se reality?

## 5.2 Preferované kontexty slovních úloh

V disertační práci jsem se zaměřovala na krátkodobý efekt působení kontextu slovní úlohy na aktuální výkon žáka. Z podstaty problému, i z kvalitativní analýzy výpovědí žáků (odd. 4.1) je zřejmé, že preference žáků jsou individuální a žádný typ kontextu nelze označit za univerzálně atraktivní pro všechny. Přesto však je možné vyslovit určitá doporučení, která z mého výzkumu vyplývají. Frekvenční analýza ukázala, že některé kontexty mají větší potenciál zaujmout většinu třídy (obsahující pohádkové motivy, humorné situace), kvalitativní analýza zdůvodnění preferencí žáků zase prozradila, jakým aspektům žáci věnují pozornost, co žáky na úlohách přitahuje a co je naopak může odrazovat.[86]

Průzkum preferencí mladších žáků (2.–3. ročník) ukázal, že kontexty označované jako atraktivní, byly dotazovanými žáky jednoznačně preferované. Nejčastěji vyslovovaným důvodem byl *příběh* (zalíbení v situaci či atraktivním objektu) nebo *osobní vazba*. U starších žáků (4.–6.ročník) byly preference vyrovnanější, preferenční hlasy získávaly také kontexty neutrální. Ve zdůvodněních žáků se častěji objevovala hesla hodnotící *obtížnost* úlohy, její *srozumitelnost* a *reálnost*. Jak už víme z předchozí části diskuse, v úspěšnosti žáků při řešení se to neprojevilo konzistentně. Mladší žáci a žáci s nižší latentní schopností byli úspěšnější většinou při řešení úloh s neutrálním kontextem, zatímco starší žáci či žáci s vyšší latentní schopností dosahovali stejných nebo lepších výsledků většinou při řešení atraktivních úloh.

Je pravděpodobné, že nejasný nebo nezřetelný trend vlivu kontextu na obtížnost úlohy vznikl v důsledku protichůdných tendencí určitých podskupin žáků v rámci testovaného vzorku. Zjevnější nebo odlišné trendy by se mohly objevit, kdybychom žáky nedělili podle latentní schopnosti, ale např. podle pohlaví (jako Zohar & Gershikov, 2008), nebo podle vstupní matematické motivace (jako Matarazzo et al., 2010; Wang et al., 2015), či např. podle sféry zájmu či preferencí (Wiest, 1998). Výzkum Vondrové et al. (2019), který dospěl v otázce vlivu tzv. zkušenostního kontextu na obtížnost úloh rovněž k závěrům s nejasným trendem, připomíná myšlenku Bussea (2005), že kontext není neměnnou ani objektivní charakteristikou slovní úlohy, ale že je závislý na individualitě řešitele (např. jeho zkušenostech) a má dynamickou povahu (vnímání či chápání kontextu se v průběhu řešení úlohy mění). Je tedy žádoucí ho zkoumat ve vazbě na individualitu řešitele, jeho zájmy, prožívání atd.

Otázkou stále zůstává, proč v dotazníku jednoznačně preferované kontexty u mladších žáků nezvýšily úspěšnost žáků v testování.

### 5.2.1 Didaktické důsledky výzkumu

Úloha 5B Hvězdné impérium exemplárně upozornila na to, že kontext nemusí být nejdůležitějším parametrem ovlivňujícím chuť žáka úlohu řešit. Tím prvním kritériem pro

[86] Poznámka: Práce se zabývá atraktivitou kontextu slovní úlohy, nikoliv atraktivitou (slovní úlohy) jako takovou – atraktivní může být pro žáka například i úloha, která má zajímavý matematický obsah, nabízí např. novou nebo provokativní matematickou myšlenku, vybízí k tvořivému řešení apod.

dobrou úlohu může být její přiměřenost vůči žákovým schopnostem. Teprve je-li splněna podmínka přiměřenosti, má smysl uvažovat o zaujetí žáka kontextem.

V nabízené šíři možností různých kontextů nejlépe pomohou učiteli v orientaci jeho žáci. Při hledání námětů pro tvorbu atraktivních kontextů a během pilotní studie jsem si potvrdila, že v názoru na to, co je atraktivní, se i přes velkou snahu může učitel se svými žáky míjet. Z výpovědí některých žáků i z dotazníku preferencí vyplynulo, že značnou roli v atraktivitě hraje aktuálnost tématu (viz např. žákyní zmiňovaná babička, která šije roušky) a vazba na osobu žáka (personalizace kontextu). Před náročným úkolem stojí proto zejména tvůrci učebnic a jiných trvanlivějších materiálů, kteří chtějí nabídnout učitelům i žákům atraktivní kontexty. Těm lze doporučit, aby hledali témata oslovující univerzální lidské potřeby a při volbě specifických námětů čerpali z co nejširšího spektra oblastí lidské činnosti, aby zvýšili pravděpodobnost, že úlohami zaujmou širší spektrum žáků. Klíčovou roli má učitel, který by si měl být vědom možné motivační (či demotivační) role kontextu slovní úlohy a měl by být schopen upravovat v učebnicích nabízené úlohy na míru svým žákům. Důležitá bude také jeho prezentace úlohy ve třídě a jeho vlastní zaujetí úlohou a jejím řešením. Atraktivita úlohy není samonosná. Vždy bude záležet také na učiteli a jeho přístupu k „výuce“ slovních úloh. I neutrální slovní úlohu může učitel žákům předložit tak, že o ni budou mít zájem, a naopak.

Další inspiraci nacházíme v literatuře. Meyer et al. (2001) zformulovali charakteristiku *vysoce kvalitního kontextu* v šesti bodech. Kontext by měl podle nich podporovat matematickou linku úlohy, neměl by ji zastínit nebo znečitelnit. Z každé úlohy by mělo být patrné, k jakému matematickému poznání směřuje. Pro žáky určeného věku by měl být v dosahu jejich zkušeností (reálný) nebo alespoň představitelný. V dalším bodu upozorňují na riziko stereotypu – sebepoutavější kontext, bude-li často opakován, se může stát pro žáky nezajímavým, doporučují tedy kontexty často obměňovat. Mimo jiné se tím zvyšuje pravděpodobnost, že každému žákovi ve třídě nabídneme kontext, který jej zaujme a motivuje. Ze stejného důvodu by kontexty dále měly respektovat kulturní, rasové a genderové normy a regionální odlišnosti, nevylučovat žádné skupiny žáků a nepodporovat tak společenské stereotypy. Dále vyzývají k používání takových kontextů, které vedou k řešení reálně se vyskytujících problémů, jejichž řešení je obecně smysluplné. Ukazují to na příkladu dvojice podobných úloh – na obrázku je strom a vedle něho stojící chlapec, jehož výšku známe, úkolem je zjistit výšku stromu. Taková úloha dává smysl, neboť se s podobnou situací můžeme setkat, přímo nebo přeneseně (odhadujeme výšku budovy, velikost mezery mezi auty při parkování apod.). Kdybychom zadání úlohy obměnili a místo výšky chlapce znali naopak výšku stromu a úkolem by bylo zjistit výšku chlapce, získali bychom situaci umělou, nepřirozenou (v realitě bychom výšku chlapce zjistili efektivnějším způsobem než odvozením od výšky stromu, které se tak jeví samoúčelně). Pro nácvik řešení takové situace bychom volili kontext přiléhavější realitě. Poslední charakteristika kvalitního kontextu, kterou autoři zmiňují, se dotýká rozdílu mezi reálným problémem a jeho zjednodušenou formou, ve níž se obvykle ve slovních úlohách vyskytuje. Kontext by měl být postaven tak, aby umožňoval vytvořit matematický model. Na příkladu naší úlohy o Robinovi Prchalovi si můžeme všimnout určitého zjednodušení – rychlost běžícího Robina či jedoucího otce nemůže být z podstaty věci konstantní po celých 5 kilometrů, na začátku a na konci trasy budou mít rychlost nižší.

Jak v literatuře, tak v dotazníku preferencí bylo možné narazit na další klíčový aspekt ovlivňující atraktivitu kontextu úlohy, a tím je změna a stereotyp. Z rozhovorů s učiteli v rámci výzkumu Tauchmanové (2014) a Kmínkové a Pavelkové (2001, s. 20) vyšlo najevo, že učitelé připisují změně, respektive novosti, značný význam, chtějí-li žáky motivovat k určité činnosti či splnění úkolu. Uvědomují si ale zároveň, že nové podněty mohou rychle zastarat, nebo žáky přesytit a svou motivační funkci tak ztratit (viz vyjádření žáka v dotazníku: *housenky mě štvou v Matýskově matematice, už to pro mě není nové*). Na negativní efekt nadužívání podobných motivačních prvků upozorňují v závěru svého výzkumu např. také Cordova(ová) a Lepper (1996).

Inspiraci a poučení zde mohou nalézt také tvůrci diagnostických, srovnávacích a přijímacích testů, jejichž úkolem je vytvářet testy, jež je třeba objektivně srovnávat i hodnotit. Zevrubná kvalitativní a kvantitativní analýza řešitelských postupů a chyb a doplňkové analýzy textů úloh po rozhovorech s žáky (odd. 4.2) upozorňují na drobné nuance, které mohou při tvorbě testových úloh snadno ujít pozornosti. Tvůrci testů si tak mohou zvýšit citlivost na parametry úloh související s kontextem, ale i na jazykové a matematické. Najdou zde také konkrétní úlohy, které spolehlivěji než jiné rozlišují žáky podle latentní schopnosti. Z profilů IRT křivek úloh testovaných ve více ročnících mohou s vyšší mírou přesnosti predikovat chování úlohy ve vyšším či nižším ročníku a nalézt důkazy o důležitosti přiměřenosti obtížnosti úlohy pro danou věkovou skupinu.

## 5.3 Omezení výzkumu a jeho možná pokračování

Předkládaný výzkum má přirozeně některá omezení. Problematika parametrizace slovních úloh, typologie kontextů a terminologie, jež byla diskutována v oddílu 5.1.3, je jedním z nich – komplikuje zobecnění nalezených výsledků výzkumu a jejich navázání na závěry zahraničních výzkumů s příbuznou tematikou. Toto omezení plyne z výběru, a jak se ukázalo, i z formulace konkrétních testových úloh. Volba a formulace jiných dvojic úloh (nebo např. i jiného typu atraktivity – viz níže) by mohla vést k jiným závěrům o vlivu atraktivity kontextu na řešitelský proces. Vyslovované závěry jsou proto vždy vázány na konkrétní úlohy. Obecnější závěry a trendy naznačené v oddílu 4.3 je nutné vnímat s ohledem na toto omezení.

Téma a zaměření disertační práce vyžadovaly kombinaci kvantitativních a kvalitativních výzkumných metod. Sběr a analýza kvantitativních dat byly do značné míry podřízeny metodologii výzkumného projektu. Velkoplošné testování žáků [87] ale například neumožňovalo sledovat jednotlivé žáky při řešení úloh, vést s nimi hloubkový rozhovor při řešení úloh, nebo bezprostředně po něm, ačkoliv by to z metodologického hlediska bylo nejvhodnější. Rozhovory objasňující proces řešení úlohy proto bylo zapotřebí udělat dodatečně na jiném vzorku stejně starých žáků. Pro kvantitativní výzkum jsem se po zvážení těchto omezení rozhodla na základě uvědomění, že mně známé výzkumy v této oblasti obvykle nepracovaly s velkými počty žáků, a tudíž by práce mohla přinést výsledky nového typu. Výzkumný projekt zároveň nabízel možnost statistickou metodou Item Response Theory propojit úspěšnost žáků při řešení úlohy s jejich latentní schopností, tedy sledovat vliv kontextu na různé skupiny žáků z hlediska jejich matematických kompetencí, což je s menším vzorkem žáků rovněž problematické.

V rámci výzkumného projektu nebylo možné realizovat též některé další zvažované strategie pro zkoumání druhého sledovaného aspektu – motivačního. Nebylo například možné měřit reakční čas u úloh s atraktivním vs. neutrálním kontextem či zadání paměťového testu zjišťujícího, které kontexty a do jakých podrobností si je žáci po určitém období

[87] Do výzkumu projektu GA ČR bylo zapojeno více než 2 000 žáků 3.–9. ročníku, jejichž testy bylo nutné vyhodnotit v krátkém čase, neboť se od výsledků odvíjely další metodologické kroky (přerozdělení žáků do skupin na základě přepočítané latentní schopnosti a tvorba úloh pro další vlnu testování).

vybavují aj.[88] Zaujetí kontextem úlohy bylo tedy zapotřebí sledovat také jinou metodou a výsledky konfrontovat.

Určité omezení vyplývá také z charakteristiky vzorku žáků, kteří prošli testováním a rozhovory. Nejednalo se o náhodný výběr, ale výběr na základě dostupnosti. Většina žáků pocházela z hlavního města a jeho blízkého okolí, lze tedy předpokládat, že i ze srovnatelných sociokulturních podmínek, což může do značné míry předurčovat základní nastavení motivační struktury jednotlivců. Testování v jiných krajích České republiky by mohlo přinést odlišné výsledky. Zobecnitelnost závěrů zúžila dále kritéria, na základě nichž byly vybírány školy pro hlavní testování v kvantitativní části výzkumu. Jinou kvalitu výsledků by mohly nabídnout např. malotřídní školy, školy rodinného typu, školy se zaměřením či školy s alternativním vzdělávacím programem či školy mimo hlavní město.

Další omezení souvisí s použitými metodami výzkumu, zejména v jeho kvalitativní části. Přes snahu o objektivitu při analýzách rozhovorů a písemných žákovských řešení mohlo dojít k výběrovému vnímání či misinterpretaci. Nelze vyloučit, že jiný výzkumník by písemné práce žáků a rozhovory s nimi interpretoval jinak. Výhodou zasazení disertační práce do rámce většího projektu, na němž se podíleli také odborníci z oblasti jazyka a psychologie, byla možnost úkony citlivé na interpretaci konzultovat se členy týmu. Při vyjasňování příčin chyb a řešitelských postupů byly velmi nápomocné rozhovory s žáky, které odhalovaly mnohdy nečekané okolnosti, potvrzovaly či vyvracely domněnky utvořené na základě písemných řešení. Jako užitečná prevence se ukázala také dvojí interpretace či dvojí ohodnocování/bodování týchž dat s časovým odstupem jednou či více osobami. Také v kvantitativní části výzkumu mohlo dojít k ovlivnění výsledků testování, a to zejména při bodování žákovských řešení. Jako potenciální zdroj závažnější chyby v měření obtížnosti úloh se jeví úlohy s vysokou frekvencí jednoslovných/jednočíselných odpovědí (zejména mladších žáků), u nichž je obtížné rozhodnout, zda jsou chybné v důsledku numerické chyby nebo chyby v porozumění či řešení.

Domnívám se, že další nebo rozsáhlejší plošné testování efektu atraktivity kontextu by mohlo pomoci některé výsledky zpřesnit, ale výrazně jiné závěry by již nepřineslo. V úvahu přichází např. rozšíření vzorku žáků a zopakování testu u úloh, které po testování, rozhovorech i doplňkové analýze textu nevykazovaly závažné rozdíly v jiné než kontextové rovině a kde byl vzorek žáků nízký (pod 100 žáků) a neukázala se jasná tendence. Zajímavé

[88] Míra a průběh spolupráce se zapojenými školami byly předem pevně stanoveny.

by také bylo použít jednu úlohu ve více po sobě jdoucích ročnících a sledovat vývoj vlivu jednoho jediného typu atraktivity (například humoru nebo konkrétního pohádkového motivu aj.). U většiny úloh, kde byly nalezeny rozdíly v zadání mimo kontext, se nabízí reformulace úloh na základě těchto zkušeností a zopakování testování s těmito upravenými úlohami.

Jako vhodnější směr dalšího výzkumu v této oblasti se mi jeví zaměření se na sledování vlivu atraktivity kontextu v přirozeném prostředí školní třídy a zejména v dlouhodobějším horizontu. Disertační práce sledovala jen partikulární a okamžitý efekt atraktivity kontextu, navíc v emočně sterilních podmínkách plošného testování, kde mohlo být situační zaujetí žáků různými způsoby potlačeno či nerozvinuto. Postřehnout nebo dokonce změřit zaujetí dětí může být velmi obtížné i při blízkém a dlouhodobém kontaktu s nimi, jeví se mi proto jako vhodné jej z blízkosti také zkoumat. Kvantitativní výzkum v této práci měl mj. ukázat, zda je rozdíl v kontextech natolik zásadní, že jej lze měřit. Návazný výzkum by se mohl zaměřit na zkoumaní mechaniky – *jak se to děje*, a cestou případových studií mapovat například, jak na které kontexty reagují konkrétní žáci.

Atraktivní kontext úloh použitých v tomto výzkumu byl budován za použití pohádkových či příběhových motivů, humoru a prvků personalizace. Pozornost by si ale zasloužily i další „žánry" slovních úloh, které mají potenciál oslovit univerzální lidské potřeby, např. slovní úloha obsahující dramatickou zápletku, prvky hororu, jazykový humor či nonsens, kontext obsahující nějaké morální dilema, nabourávající zaběhnuté společensko-kulturní konvence, otevírající tabuizovaná témata aj.

Výzkum by mohl být také východiskem pro hlubší zkoumání v oblasti motivace či situačního zájmu. Zajímavé by bylo např. prozkoumání negativního efektu situačního zaujetí, s jehož projevy jsem se při rozhovorech s dětmi občasně setkávala a který zmiňuje odborná literatura. Dalším zajímavým, leč obtížně dosažitelným, by byl výzkum zaměřený na kognitivní funkce, které by měly být pozitivně stimulovány právě situačním zájmem (paměť, soustředění aj.). Neuropsychologie či neurodidaktika nabízí metody, kterými je možné sledovat, co se na biologické úrovni děje, když se mozek učí, a na základě toho porozumět, které stimuly zvyšují efektivitu učení. A konečně velmi užitečné by bylo prozkoumat vazbu mezi situačním zájmem a dlouhodobějšími motivačními charakteristikami, tedy zda řešení atraktivních slovních úloh může způsobit trvalejší zájem o řešení slovních úloh jako takových.

# 6 Závěr

Disertační práce se zabývala kontextem slovní úlohy jakožto potenciálním zdrojem motivace žáků mladšího školního věku. Zařazuje se tak mezi práce, které reagují na dlouhodobě se připomínající neoblibu slovních úloh. Jejím hlavním cílem bylo zjistit, zda atraktivita kontextu slovní úlohy může mít vliv na řešitelský proces žáků, přestože se jedná o nematematickou vrstvu slovní úlohy. Psychologické výzkumy v oblasti motivace, z nichž některé byly představeny v teoretické části, naznačují, že zaujetí úkolem a emoce, které zaujetí doprovází, mohou pozitivně ovlivnit schopnost žáků využívat své kognitivní kapacity a zvýšit tím řešitelskou úspěšnost. Také rešerše výzkumů v oblasti didaktiky matematiky zaměřující se na problematiku slovních úloh ukazuje, že určité aspekty kontextu slovní úlohy, jako je familiárnost, personalizace, reálnost aj., mohou hrát nezanedbatelnou roli při řešení úlohy – že mohou mít vliv na porozumění úloze, řešitelský proces i úspěšnost při jejím řešení.

Tato práce nabídla novou perspektivu, z níž lze kontext slovní úlohy nahlížet – z pohledu atraktivity. Vychází z předpokladu, že kontext úlohy, který je pro žáky atraktivní, zvýší jejich zájem o úlohu, a to se odrazí v jejich úspěšnosti při řešení. Pro potřeby práce byl vymezen pojem *atraktivní slovní úloha* a vytvořeny dvojice slovních úloh, jejichž parametry – charakteristiky se až na kontext shodují. Za použití statistických metod (IRT a frekvenční analýza žákovských řešení a chyb) byl sledován vliv kontextu na řešitelský proces žáků s různou mírou latentní schopnosti. Kvalitativní analýza žákovských řešení a zejména rozhovorů s žáky napomáhaly zpřesnit interpretaci dat získaných kvantitativní cestou, doplňovaly a rozšiřovaly paletu jevů spojených s procesem řešení a objasňovaly jevy, které z písemného řešení žáků nebylo možné vyčíst. Šetření bylo doplněno průzkumem preferencí zvolených kontextů a zmapováním důvodů těchto preferencí.

Přestože se může zdát, že výsledky zařadily tuto práci mezi výzkumy, jejichž závěry jsou vnitřně rozporné a vyvolávají více otázek, než přináší odpovědí, domnívám se, že vynesly na světlo čtyři důležité věci. Zaprvé výzkum ukázal, že atraktivní kontexty mohou přinést určité zvýšení úspěšnosti, jsou-li vhodně zvoleny. Přestože otázkou zůstává, jak takové kontexty hledat, domnívám se, že práce ukázala, že zabývat se různými aspekty kontextu slovní úlohy a pátrat po kontextech pro žáky atraktivních má smysl. Kontext slovní úlohy je jedním z parametrů, skrze které lze nastavit obtížnost slovní úlohy, a přizpůsobit ji tak individuálním potřebám žáka. Druhé důležité zjištění či potvrzení je, že kontext slovní úlohy představuje skutečně bohatou strukturu vzájemně se prostupujících prvků (matematických, jazykových, situačních), které mohou zásadně ovlivňovat žákovo porozumění úloze. Třetí spočívá v uvědomění, že některé aspekty kontextu lze nahlížet z různých perspektiv, a proto je v podobných výzkumech zapotřebí pečlivěji zvažovat zkoumané varianty úloh. Čtvrtá skutečnost je potvrzení zřejmého faktu, že atraktivita úlohy je parametr do značné míry subjektivní, z čehož plynou další již méně zřejmé důsledky pro učitele či tvůrce učebnic. Např. že obsahy učebnic mohou rychle stárnout a skrze nabízené neaktualizované kontexty vyvolávat negativní motivační efekt (způsobovat nezájem žáků o slovní úlohu nebo dokonce odpor). Je proto třeba vnímat učebnice jako živý materiál, který lze upravovat a přizpůsobovat potřebám žáků.

Za silnou stránku tohoto výzkumu považuji využití Item Response Theory, která narozdíl od obvykle používané klasické teorie testů v podobných výzkumech umožňuje propojit obtížnost a diskriminaci testované úlohy s latentní schopností každého žáka a rozdělit testované žáky do výkonově srovnatelných skupin (nejen podle známek na vysvědčení či výsledku jednorázového testu). Kromě větší reliability výsledků nám tato teorie umožnila sledovat, jak na různé druhy kontextů reagují žáci s různými schopnostmi v matematice a v českém jazyce.

Práce na výzkumu pro mě byla velmi podnětná. Povaha zvoleného tématu vyžadovala alespoň drobnou exkurzi do teorie motivace, resp. zaujetí. Tam se pro mě otevřel docela nový rozměr, v němž bych si i v budoucnu ráda objevovala. Mnohému jsem se přiučila také čtením souvisejících výzkumů, zejména v oblasti metodologie výzkumu. Nesporně významné pro mě bylo setkání se statistickou metodou vyhodnocování testů (IRT), s jejímiž polotovary jsem ve svých analýzách pracovala. Nahlédla jsem do složitého procesu designování mohutného kvantitativního výzkumu (GA ČR), poznala přednosti této statistické metody a naučila se interpretovat její výstupy. Právě interpretace dat na základě IRT grafů a postupné chápání jejího fungování pro mě byla vedle rozhovorů s dětmi jednou z nejpříjemnějších fází práce. Očekávaná leč stále překvapující je pestrost řešení, chápání a vnímání slovních úloh dětmi, někdy tak odlišných od řešení, chápání a vnímání dospělých. Při sepisování práce jsem si často uvědomovala, že pečlivě zvolené a promyšlené metodologické kroky jsou klíčem k radostnější práci na výzkumu a že se tato vstupní investice musí velice vyplatit.

# 7 Literatura


Asgari, M., & Kaufman, D. (2004). Relationships among computer games, fantasy, and learning. *Proceedings of the 2nd International Conference on Imagination and Education*. Retrieved August 15, 2005. http://www.ierg.net/confs/2004

Bates, E. T., & Wiest, L. R. (2004). Impact of personalization of mathematical word problems on student performance. *The Mathematics Educator*, 14(2), 17–26.

Beswick, K. (2011). Putting context in context: An examination of the evidence for the benefits of 'contextualised' tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(2), 367–390. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9270-z

Blažková, R., Matoušková, K., & Vaňurová, M. (2002). *Kapitoly z didaktiky matematiky (slovní úlohy, projekty)*. Brno: Masarykova univerzita.

Boaler, J. (1993). The role of contexts in the mathematics classroom: Do they make mathematics more "real"? *For the Learning of Mathematics,* 13(2), 12–17. https://doi.org/10.2307/40248079

Boaler, J. (1994). When do girls prefer football to fashion? An analysis of female underachievement in relation to 'realistic' mathematic contexts. *British Educational Research Journal,* 20(5), 551–564. https://doi.org/10.1080/0141192940200504

Borasi, R. (1986). On the nature of problems. *Educational Studies in Mathematics*, 17(2), 125–141. https://doi.org/10.1007/BF00311517

Bottge, B. A. (1999). Effects of contextualized math instruction on problem solving of average and below-average achieving students. *The Journal of Special Education*, 33(2), 81–92. https://doi.org/10.1177/002246699903300202

Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics 1970–1990*. Dordrecht: Kluwer.

Bruner, J. (1985). Narrative and paradigmatic modes of thought. *Teachers College Record*, 86(6), 97–115.

Busse, A. (2005). Individual ways of dealing with the context of realistic tasks – first steps towards a typology. *ZDM Mathematics Education*, 37(5), 354–360. https://doi.org/10.1007/s11858-005-0023-3

Cooper, B., & Dunne, M. (1999). *Assessing Children's Mathematical Knowledge*. Open University Press, Buckingham, UK.

Cooper, B., & Harries, T. (2002). Children's responses to contrasting 'realistic' mathematics problems: Just how realistic are children ready to be? *Educational Studies in Mathematics* 49(1), 1–23. https://doi.org/10.1023/A:1016013332659

Cordova, D. I., & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of educational psychology*, 88(4), 715–730.

Daroczy, G., Wolska, M., Meurers, W. D., & Nuerk, H. C. (2015). Word problems: a review of linguistic and numerical factors contributing to their difficulty. *Frontiers in Psychology*, 6(348), 22–34. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00348

De Bock, D., Verschaffel, L., Janssens, D., Van Dooren, W., & Claes, K. (2003). Do realistic contexts and graphic representations always have a beneficial impact on students' performance? Negative evidence from a study on modelling non-linear geometry problems. *Learning and Instruction*, 13(4), 441–463. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00040-3

DeBellis, V. A., & Goldin, G. A. (2006). Affect and meta-affect in mathematical problem solving: A representational perspective. *Educational Studies in mathematics*, 63(2), 131–147. https://doi.org/10.1007/s10649-006-9026-4

DeFranco, T. C., & Curcio, F. R. (1997). A Division Problem with a Remainder Embedded across Two Contexts: Children's Solutions in Restrictive vs. Real-world Settings. *Focus on learning problems in mathematics*, 19(2), 58–72.

Divíšek, J., et al. (1989). *Didaktika matematiky pro učitelství 1. stupně ZŠ*. Praha: SPN.

Durik, A. M., & Harackiewicz, J. M. (2007). Different strokes for different folks: How individual interest moderates the effects of situational factors on task interest. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 597. https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.3.597

Ford, T. E., Ford, B. L., Boxer, C. F., & Armstrong, J. (2012). Effect of humor on state anxiety and math performance. *Humor*, 25(1), 59–74. https://doi.org/10.1515/humor-2012-0004

Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33(4), 441–467. https://doi.org/10.1177/1046878102238607

Gersten, R., Chard, D. J., Jayanthi, M., Baker, S. K., Morphy, P., & Flojo, J. (2008). Mathematics instruction for students with learning disabilities or difficulty learning mathematics: A synthesis of the intervention research. *Center on instruction*. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED521890.pdf

Greer, B. (1997). Modelling reality in mathematics classrooms: The case of word problems. *Learning and Instruction,* 7(4), 293–307. http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(97)00006-6

Greer, B., Verschaffel, L., & De Corte, E. (2002). “The Answer is Really 4.5”: Beliefs About Word Problems. In G. C. Leder, E. Pehkonen, & G. Törner (Eds.), *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (pp. 271–292). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/0-306-47958-3_16

Haghverdi, M. (2012). The influence of familiarization and conceptual rewording in facilitating the students’ performance in solving types of mathematics word problems. *Journal of basic and applied scientific research*, 2(4), 3711–3718.

Havlíčková, R. (2020). Vliv atraktivity kontextu matematické slovní úlohy na řešitelský proces. *Scientia in Educatione*, 11(1), 2–21. https://doi.org/10.14712/18047106.1715

Hejný, M. (2003). Anatómia slovnej úlohy o veku. *Disputationes Scientificae Universitatis Catholicae in Ružomberok*, 3(3), 21–32. http://math.ku.sk/data/konferenciasub/pdf2003/Hejny.pdf

Hejný, M. (2014). *Vyučování matematice orientované na budování schémat: aritmetika 1. stupně*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.

Hembree, R. (1992). Experiments and relational studies in problem solving: A meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(3), 242–273. https://doi.org/10.2307/749120

Hendl, J. (2005) *Kvalitativní výzkum: základní metody a aplikace*. Praha: Portál.

Hidi, S. (2000). An interest researcher's perspective: The effects of extrinsic and intrinsic factors on motivation. In *Intrinsic and extrinsic motivation* (pp. 309–339). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-012619070-0/50033-7

Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational psychologist*, 41(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4

Chapman, O. (2006). Classroom practices for context of mathematics word problems. *Educational Studies in Mathematics*, 62(2), 211–230. https://doi.org/10.1007/s10649-006-7834-1

Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, 71(3), 383–400. https://doi.org/10.1348/000709901158578

Chráska, M. (2016). *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu. 2. aktualizované vydání*. Praha: Grada. https://books.google.cz/books?id=9B4WDQAAQBAJ

Jirotková, D., & Kloboučková, J. (2013). Kritická místa matematiky na 1. stupni základní školy v diskurzu učitelů. In M. Rendl, N. Vondrová (Eds.), *Kritická místa matematiky na základní škole očima učitelů* (s. 19–61). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.

Kmínková, E., & Pavelková, I. (2011). Obtížnost a zaujetí úkolem v matematice. In T. Janík, P. Knecht, & S. Šebestová (Eds.), *Smíšený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu* (s. 434–438). Masarykova univerzita. http://www.ped.muni.cz/capv2011/sbornikprispevku/kminkovapavelkova.pdf

Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45, 186–203.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and instruction*, 12(4), 383-409. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1

Kuřina, F. (2011). *Matematika a řešení úloh.* České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Lester, F. K., Garofalo, J., & Kroll, D. L. (1989). Self-confidence, interest, beliefs, and metacognition: Key influences on problem-solving behavior. In *Affect and mathematical problem solving* (pp. 75–88). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3614-6_6

Lewis, A. B., & Mayer, R. E. (1987). Students‘ miscomprehension of relational statements in arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology,* 79(4), 363–371. https://doi.org/10.1037/0022-0663.79.4.363

Lord, F. M. (1980). *Applications of item response theory to practical testing problems*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

López, C. L., & Sullivan, H. J. (1992). Effect of personalization of instructional context on the achievement and attitudes of hispanic students. *Educational Technology Research and Development*, 40(4), 5–14. https://doi.org/10.1007/BF02296895

Man, F., & Mareš, J. (2005). Výkonová motivace a prožitek typu flow. *Pedagogika*, 55(2), 151–171. https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=1668&lang=cs

Matarazzo, K. L., Durik, A. M., & Delaney, M. L. (2010). The effect of humorous instructional materials on interest in a math task. *Motivation and emotion*, 34(3), 293-305. https://doi.org/10.1007/s11031-010-9178-5

McLeod, D., & Adams, V. (1989). *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*. New York: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3614-6

Meyer, M. R., Dekker, T., & Querelle, N. (2001). Context in mathematics curricula. *Mathematics teaching in the middle school*, 6(9), 522–527. https://doi.org/10.5951/MTMS.6.9.0522

Moraová, H., & Novotná, J. (2013). Impact of non-standard cultural assignment of word problems on 6th grade pupils’ performance. In R. Kvasnička (Ed.), *Proceedings of the 10th International Conference. Efficiency and Responsibility in Education (ERIE 2013)* (pp. 441–448). Praha: CULS.

Moraová H. (2018). *Nematematický svět učebnic matematiky pro 6. ročník základních škol a v oblasti finanční matematiky.* [Disertační práce. Vedoucí práce S. Bendl.] Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. Dostupné z: https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/133184/

Murphy, L. O., & Ross, S. M. (1990). Protagonist gender as a design variable in adapting mathematics story problems to learner interests. *Educational Technology Research and Development,* 38(3), 27–37. https://doi.org/10.1007/bf02298179

Nakonečný, M. (2014). *Motivace chování (3. přepracované vydání).* Praha: Triton.

NCTM – National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics,* NCTM. Reston, Virginia.

Nesher, P., Hershkovitz, S., & Novotná, J. (2003). Situation model, text base and what else? Factors affecting problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 52(2), 151–176. https://doi.org/10.1023/A:1024028430965

Nesher, P., & Teubal, E. (1975). Verbal cues as an interfering factor in verbal problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 6(1), 41–51. https://doi.org/10.1007/BF00590023

Neudörflová, B. (2013). *Zaujetí úkolem v hodinách matematiky*. [Bakalářská práce. Vedoucí práce I. Pavelková.] Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/56745

Novotná, J. (2000). *Analýza řešení slovních úloh*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.

Odvárko, O., Calda, E., Šedivý, J., & Židek, S. (1990). *Metody řešení matematických úloh*. Praha: SPN.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2010). *Learning mathematics for life: A perspective from PISA*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264075009-en

Palm, T. (2008). Impact of authenticity on sense making in word problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 67(1), 37–58. https://doi.org/10.1007/s10649-007-9083-3

Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods*. Newbury Park and London: Sage.

Pavelková, I., & Dvořáková, I. (2015). Motivace v úkolové situaci. *Pedagogika*, 65(1), 34–56.

Pongsakdi, N., Laakkonen, E., Laine, T., Veermans, K., Hannula-Sormunen, M., & Lehtinen, E. (2019). The role of beliefs and motivational variables in enhancing word problem solving. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 63(2), 179–197. https://doi.org/10.1080/00313831.2017.1336475

Pongsakdi, N., Kajamies, A., Veermans, K. et al. (2020) What makes mathematical word problem solving challenging? Exploring the roles of word problem characteristics, text comprehension, and arithmetic skills. *ZDM Mathematics Education,* 52(1), 33–44. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01118-9

Rellensmann, J., & Schukajlow, S. (2017). Does students' interest in a mathematical problem depend on the problem's connection to reality? An analysis of students' interest and pre-service teachers' judgments of students' interest in problems with and without a connection to reality. *ZDM Mathematics Education*, 49(3), 367–378. doi:10.1007/s11858-016-0819-3

Rendl, M., Vondrová, N., Hříbková, L., Jirotková, D., Kloboučková, J., Kvasz, L., Páchová, A., Pavelková, I., Smetáčková, I., Tauchmanová, E., & Žalská, J. (2013). *Kritická místa matematiky na základní škole očima učitelů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.

Renninger, K. A., Ewen, L., & Lasher, A. K. (2002). Individual interest as context in expository text and mathematical word problems. *Learning and Instruction*, 12(4), 467–490. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00012-3

Renninger, K. A., Hidi, S., & Krapp, A. (Eds.) (1992). *The role of interest in learning and development*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Reusser, K. (1990, April 1620). Understanding word arithmetic problems. Linguistic and situational factors [Paper presentation]. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston, MA. https://eric.ed.gov/?id=ED326391

Rheinberg, F., Man, F., & Mareš, J. (2001). Ovlivňování učební motivace. *Pedagogika*, 51(2), 155–184. https://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/?p=2165&lang=cs

Sarrazy, B., & Novotná, J. (2013). Didactical contract and responsiveness to didactical contract: A theoretical framework for enquiry into students' creativity in mathematics. *ZDM Mathematics Education*, 45(2), 281–293. https://doi.org/10.1007/s11858-013-0496-4

Schoenfeld, A. H. (1991). On mathematics as sense-making: An informal attack on the unfortunate divorce of formal and informal mathematics. In J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 311–343.

Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational interest: A review of the literature and directions for future research. *Educational psychology review*, 13(1), 23–52. https://doi.org/10.1023/A:1009004801455

Schukajlow, S., Rakoczy, K., & Pekrun, R. (2017). Emotions and motivation in mathematics education: theoretical considerations and empirical contributions. *ZDM Mathematics Education*, 49(3), 307–322. https://doi.org/10.1007/s11858-017-0864-6

Silver, E., Shapiro, L., & Deutsch, A. (1993). Sense making and the solution of division problems involving remainders: An examination of middle school students' solution processes and their interpretations of solutions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24(2), 117–135. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.24.2.0117

Smetáčková, I. (2017). Reality In Math: Barrier Or Help? *Conference: 8th International Conference on Education and Educational Psychology.* (pp. 430–439). http://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2017.10.40

Solaz-Portolés, J. J., & Caballer Alonso, A. (2015). Contexto, estructura y analogías en la resolución de problemas verbales algebraicos por maestros de primaria en formación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 17(3), 94–108.

Soukup, P. (2013). Věcná významnost výsledků a její možnosti měření. *Data a výzkum-SDA Info*, 7(2), 125–148. https://doi.org/10.13060/23362391.2013.127.2.41

Spurová, M. (2020). *Vliv kulturních kontextů na řešení slovních úloh*. [Diplomová práce. Vedoucí práce M. Kaslová.] Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. Dostupné z: https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/210499/

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5

Šrut, P., & Miklínová, G. (2008). *Lichožrouti*. Praha: Paseka.

Tauchmanová, E. (2014). *Indikátory zaujetí při matematice*. [Disertační práce. Vedoucí práce I. Pavelková.] Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta. Dostupné z: https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/124323/

Toom, A. (1999). Word Problems: Applications or Mental Manipulatives. *For the Learning of Mathematics,* 19(1), 36–38.

Tzohar-Rozen, M., & Kramarski, B. (2014). Metacognition, motivation and emotions: Contribution of self-regulated learning to solving mathematical problems. *Global Education Review*, 1(4). 76–95. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1055263.pdf

Ulovec, A. (2018). *How real are „real-world problems" in textbooks?* [Přednáška]. Praha: Didakticko-matematický seminář, Katedra matematiky a didaktika matematiky, Karlova univerzita, Pedagogická fakulta. 1. 11. 2018. http://class.pedf.cuni.cz/zimni-semestr-2018-2019-62

Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Drijvers, P. (2014). Realistic Mathematics Education. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 521–525). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8_170

Van Dooren, W., Lem, S., De Wortelaer, H., & Verschaffel, L. (2019). Improving realistic word problem solving by using humor. *The Journal of Mathematical Behavior*, 53, 96–104. https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2018.06.008

Verschaffel, L., & De Corte, E. (1993). A decade of research on word problem solving in Leuven: Theoretical, methodological, and practical outcomes. *Educational Psychology Review* [online]. 5(3), 239–256. https://doi.org/10.1023/A:1024028430965

Verschaffel, L., De Corte, E., & Borghart, I. (1997). Pre-service teachers' conceptions and beliefs about the role of real-world knowledge in mathematical modelling of school word problems. *Learning and Instruction*, 7(4), 339–359. http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(97)00008-X

Verschaffel, L., De Corte, E., & Lasure, S. (1994). Realistic considerations in mathematical modeling of school arithmetic word problems. *Learning and Instruction*, 4(4), 273–294. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90002-7

Verschaffel, L., De Corte, E., & Pauwels, A. (1992). Solving compare problems: An eye movement test of Lewis and Mayer's consistency hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 84(1), 85–94. https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.1.85

Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse: Swets & Zeitlinger Publishers.

Vondrová, N. (2020). Příčiny používání povrchových strategií řešení slovních úloh a jak jim předcházet. *Učitel matematiky,* 28(2), 66–93.

Vondrová, N., Havlíčková, R., Hirschová, M., Chvál, M., Novotná, J., Páchová, A., Smetáčková, I., Šmejkalová, M., & Tůmová, V. (2019). *Matematická slovní úloha: mezi matematikou, jazykem a psychologií*. Praha: Nakladatelství Karolinum.

Vondrová, N., & Novotná, J. (2017). The influence of context and order of numerical data on the difficulty of word problems for grade 6 pupils. In J. Novotná & H. Moraová (Eds.), *Proceedings of SEMT '17* (pp. 440–449). Charles University, Faculty of Education.

Vyšín, J. (1962). *Metodika řešení matematických úloh*. Praha: SPN.

Wang, Z., Lukowski, S. L., Hart, S. A., Lyons, I. M., Thompson, L. A., Kovas, Y., ... & Petrill, S. A. (2015). Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation. *Psychological science*, 26(12), 1863–1876. https://doi.org/10.1177/0956797615602471

Wanzer, M. B., Frymier, A. B., & Irwin, J. (2010). An explanation of the relationship between instructor humor and student learning: Instructional humor processing theory. *Communication education*, 59(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/03634520903367238

Wiest, L. R. (1998). The role of fantasy and real-world problem contexts in fourth-and sixth-grade students' mathematical problem solving. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. San Diego, CA. https://eric.ed.gov/?id=ED425910

Yoshida, H., Verschaffel, L., & De Corte, E. (1997). Realistic considerations in solving problematic word problems: Do Japanese and Belgian children have the same difficulties? *Learning and instruction*, 7(4), 329–338. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(97)00007-8

Zohar, A., & Gershikov, A. (2008). Gender and performance in mathematical tasks: Does the context make a difference? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 677–693. https://doi.org/10.1007/s10763-007-9086-7

# 8 Seznam příloh

Příloha 1: Ukázka vstupního testu z českého jazyka a matematiky pro 5. ročník

Příloha 2: Přehled a charakteristika škol s počty žáků zapojených do testování

Příloha 3: Ukázka testového sešitu pro 3. ročník

Příloha 4: Ukázka manuálu pro hodnotitele

# Příloha 1: Ukázka vstupního testu z matematiky a českého jazyka pro 5. ročník

Zadání pro 5. ročník

Jméno: Jsem dívka / chlapec

Známka z matematiky na posledním vysvědčení byla:

Piš, prosím, všechny výpočty sem na papír, negumuj. Nepoužívej kalkulačku.
U slovních úloh zapiš odpověď a pokud možno i výpočet.

❶ Vypočítej libovolným způsobem (bez použití kalkulačky).

$5631 + 386 =$

$23 \cdot 19 =$

$7000 - 809 =$

$620 : 5 =$

Místo na výpočty.

❷ Z číslic 1, 8, 6, 5, 2 slož nejmenší možné trojciferné číslo. Každou z číslic smíš použít nejvýše jednou.

❸ Napiš číslo, které je:

- o šest větší než 36
- čtyřikrát menší než 8
- o sedm menší než 21
- třikrát větší než 15

❹ Barva se prodává v plechovkách po 5 litrech. Slávek potřebuje 37 litrů barvy. Kolik plechovek musí koupit?

❺ Měřítko na mapě udává, že 1 centimetr na mapě představuje 4 kilometry ve skutečnosti.

a. Vzdálenost mezi dvěma městy na mapě je 8 centimetrů. Kolik kilometrů jsou obě města od sebe vzdálena?

b. Vzdálenost mezi dvěma rybníky je ve skutečnosti 8 kilometrů. Jak vzdáleny jsou tyto rybníky na mapě?

❻ Jiřímu je dnes 12 let. Jeho sestra Bětka je dvakrát mladší. Jejich dědečkovi bylo před dvěma roky 70. Kolik let je dnes dědečkovi? Kolik Bětce?

❼ Tomáš a Jana dostali od tety koláč. Tomáš snědl jeho půlku, Jana snědla jeho čtvrtinu. Jak velkou část koláče snědli oba dohromady?

# Test pro 5. ročník, český jazyk

*Jméno a příjmení:*
*Známka z českého jazyka na konci roku:*

*Chlapec/dívka*

**Přečti si prosím pozorně následující text**.

## Orientační závod v Mračenicích

Dnes je ve škole v Mračenicích nezvykle rušno, protože se jako každý rok pořádá orientační závod.

„Děti," začíná pan učitel, „protože je nás dvacet, vytvoříme čtyři družstva. V družstvu modrých bude Pavel, Helenka, Standa, Kristýna a Marie, v družstvu zelených Alena, Ivana, David, Markéta a naše treperenda Eliška a v družstvu žlutých Franta, Kája, Barbora, Jirka a Žaneta. V družstvu červených bude Hana, Marek, Ladislav, Petra a Toník. A teď si zvolíte svého vedoucího."

Ladislav se hned ujímá sepisování jednotlivých družstev: Červeným bude velet Marek, modrým bude velet Marie, zeleným Markéta a žlutým Kája.

Najednou se ale hlásí Kája: „Pane učiteli, nevadí, že teď jsou v mém družstvu spolu sestry?"

„To určitě nevadí," odpovídá pan učitel.

„A pane učiteli," dorážely žáci dále, „nemohli bychom se nějak prohodit?"

„Dobře," souhlasí pan učitel, „ale mám dvě podmínky. První podmínka je, že žádné z družstev nesmí být buď pouze dívčí, nebo pouze chlapecké. A druhá podmínka je, že v žádném družstvu nesmějí začínat jména žádných dětí stejným písmenem!"

Po chvíli usilovného přemýšlení jsou konečně družstva sestavena a děti mohou vyrazit na vytyčenou trasu. Barbora vysvětluje svému družstvu, že trasa začíná u školy a končí na nedalekém hrádku Mračín. Celá trasa je dlouhá asi 4 km, takže by ji i to nejpomalejší družstvo mělo urazit nanejvýš za hodinu.

Od místa startu se děti vydají po hlavní silnici směrem do centra obce, které leží severně od školy. Asi po jednom kilometru chůze přijdou na náměstí, kde na ně u rozcestníku čeká první úkol s nápovědou. Podle ní by měly pokračovat rovně přes vzduch náměstí a uličkou na jeho severní straně dále ven z města. Tam je u železniční zastávky Mračenice umístěno druhé stanoviště s úkolem. Děti nemají změnit směr, ale mají utíkat dál ke stanovišti číslo tři. To už leží jen malý kousek pod hradem. Odtud budou v hrádku Mračín cobydup.

**Odpovídej prosím na následující otázky. Správné odpovědi zakroužkuj.**

1) V úvodním článku je pravopisná chyba. Najdi ji a napiš slovo správně: ______________________

2) Které z následujících *tvrzení* ***přímo vyplývá*** *z úvodního textu*?

- a) Barbora a Žaneta jsou sestry.
- b) Marie a Žaneta jsou sestry.
- c) Petra a Marie jsou sestry.
- d) Hana a Markéta jsou sestry.

3) Pokud všechny ostatní děti v družstvech zůstanou na svých místech, který z chlapců si **nesmí** prohodit místo s dívkou?

- a) Pavel
- b) David
- c) Standa
- d) Toník

4) Pokud všechny ostatní děti v družstvech zůstanou na svých místech, s kým si **nesmí** prohodit místo Pavel?

- a) s Alenou
- b) s Frantou
- c) s Barborou
- d) s Toníkem

5) Do textu se vloudilo slovo, které na toto místo určitě nepatří. Slovo najdi a napiš:______________.

6) Jak velká je přibližně vzdálenost mezi hrádkem a náměstím?

- a) 4 kilometry
- b) 3 kilometry
- c) 2 kilometry
- d) 1 kilometr

7) Škola se nachází

- a) jižně od hrádku
- b) severně od hrádku
- c) východně od hrádku
- d) západně od hrádku

8) Připomeň si souvětí *Dnes je ve škole v Mračenicích nezvykle rušno, protože se jako <u>každý rok</u> pořádá orientační závod*. Podtrženou část nahraď **jedním slovem** tak, aby byl zachován význam.

Slovo napiš: ________________________________________________________________________

9) Připomeň si část textu *Odtud budou v hrádku Mračín cobydup*. Označ variantu odpovědi, která má **jiný význam** než slovo *cobydup*.

- a) vcukuletu
- b) ostošest
- c) než bys řekl švec
- d) na to tata

10) Označ variantu odpovědi, která **obsahuje** slovo příbuzné se slovem *hrad*.

a) hradu  b) hradem

c) hrady  d) hradní

11) Slovo *nezvykle* rozděl na část předponovou, kořen a část příponovou: ______________________

12) Urči slovní druhy ve větě *Ladislav přistoupil k sepisování jednotlivých družstev.*

______________________________________________________________________

______________________________________________________________________

______________________________________________________________________

13) Přečti si větu *Odtud děti budou v hrádku Mračín cobydup*. Přeformuluj ji tak, aby sloveso bylo v podmiňovacím způsobu. Celou větu napiš.

______________________________________________________________________

14) Přečti si větu *Vezměte si s sebou dobré boty a pláštěnku pro případ deště*. Nahraď podtržené slovo větou, aby vzniklo souvětí. Celé souvětí napiš.

______________________________________________________________________

______________________________________________________________________

15) Přečti si větu *Dnes děti poběží orientační závod*. Vypiš všechny **dvojice slov**, která k sobě patří z hlediska stavby věty (skladební dvojice). Některá slova mohou být součástí více dvojic.

______________________________________________________________________

______________________________________________________________________

16) Vypiš základní skladební dvojici z věty *Do centra obce se děti od místa startu vydají po hlavní silnici.*

______________________________________________________________

17) Napiš, kolik je vět v souvětí *Ačkoliv to pan učitel už vysvětlil, Barbora znovu opakuje svému družstvu, že trasa začíná hned u školy a končí na nedalekém hrádku Mračín.*

Počet vět v souvětí je __________________ .

18) Vyber, kterou variantou **můžeš beze změny smyslu** nahradit souvětí *Děti nemají změnit směr, ale mají utíkat dál ke stanovišti číslo tři.* Význam podtrženého slova se nesmí změnit.

a) *Děti nemají změnit směr, nýbrž mají utíkat dál ke stanovišti číslo tři*.
b) *Děti nemají změnit směr, neboť mají utíkat dál ke stanovišti číslo tři*.
c) *Děti nemají změnit směr, proto mají utíkat dál ke stanovišti číslo tři*.
d) *Děti nemají změnit směr, dokonce mají utíkat dál ke stanovišti číslo tři.*

## Příloha 2: Přehled a charakteristika škol s počty žáků zapojených do testování

| škola | popis | orientační počet žáků školy | počet zapojených žáků* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 3. ročník | 4. ročník | 5. ročník | 6. ročník | celkem |
| škola 1 | sídlištní škola, Praha 4 | 900–1 000 | 117 | 136 | 117 | 108 | **478** |
| škola 2 | sídlištní škola, Praha 5 | 800–900 | 139 | 127 | 127 | 85 | **478** |
| škola 3 | ve staré zástavbě, Praha 3 | 500–600 | 62 | 57 | 46 | 84 | **249** |
| škola 4 | sídlištní škola, Praha 8 | 500–600 | 66 | 76 | 87 | 94 | **323** |
| škola 5 | sídlištní škola, Praha 6 | 700–800 | 80 | 82 | 100 | 104 | **366** |
| škola 6 | ve staré zástavbě, Praha 3 | 400–500 | 54 | 51 | 57 | 36 | **198** |
| celkem | | | **518** | **529** | **534** | **511** | **2 092** |

* Jedná se pouze o žáky, jejichž testy posloužily této práci. Kompletní přehled počtu žáků zapojených do projektu GA ČR *Slovní úlohy jako klíč k aplikaci a porozumění matematickým pojmům* jsou uvedeny v monografii (Vondrová et al., 2019, s. 42–43).

## Příloha 3: Ukázka testového sešitu pro 3. ročník

(HT4)T3_1I Datum:

*Děkujeme, že se účastníš našeho testování. Pro tvé učitele i pro nás je důležité vědět, co žákům v matematice jde a co ne. Pomůže to i tvůrcům učebnic.*

*Úlohy řeš bez použití kalkulačky. Zapisuj i postup řešení a nezapomeň na slovní odpověď. Pokud se ti řešení nevejde na tento papír, požádej učitele o další. Úlohy řeš v libovolném pořadí. Pokud uděláš chybu, negumuj, jen škrtni chybné řešení jednou čarou. Nezapomeň otočit papír na druhou stranu, kde jsou další úlohy. Nepoužívej gumovací pero!*

---

HT4_3A1 **Úloha 1.** Čtyři ponožky sežere vyhládlý lichožrout za 28 minut. Za jak dlouho sežere jednu ponožku? Kolik času by potřeboval na tři ponožky?

HT4_3C2 **Úloha 2.** Ve skříni visely dva kabáty. Černý kabát měl 3 kapsy a v každé z nich bylo 5 mincí a balíček s 8 kapesníky. Modrý kabát měl 2 kapsy a v každé z nich bylo 7 mincí a balíček s 16 kapesníky. Kolik mincí bylo v obou kabátech?

$\boxed{\text{HT4\_3D1}}$ **Úloha 3.** Loupežník Lotrando oloupil pocestného o 13 zlaťáků. Ale protože to byl hodný loupežník, o zlaťáky se nakonec stejně rozdělil. Dva z nich daroval strýci, tři dal otci, čtyři byly pro maminku a jen jeden si uložil do své truhly. Zbylé zlaťáky vrátil pocestnému. Kolik zlaťáků se pocestnému nakonec vrátilo zpět?

$\boxed{\text{HT4\_3E4}}$ **Úloha 4.** V pneuservisu mají na skladě 18 zimních pneumatik. Do každého auta potřebují na výměnu 5 pneumatik (čtyři na kolech a jedno rezervní). Kolik aut může pneuservis vybavit zimními pneumatikami, než musí objednat další zásoby?

# Příloha 4: Ukázka manuálu pro hodnotitele

## Obecné jevy sledované u všech úloh

| označení | popis | kód |
|---|---|---|
| XXo0 | v řešení není nic napsáno | 0-1 |
| XXo01 | v řešení je jen správný výsledek bez náznaku řešení | 0-1 |
| XXo11 | přítomnost slovní legendy | 0-1 |
| XXo12 | přítomnost tabulkové legendy | 0-1 |
| XXo13 | přítomnost obrázkové legendy | 0-1 |
| XXo14 | přítomnost algebraické legendy | 0-1 |
| XXo2 | přítomnost zápisu postupu řešení | 0-1 |
| XXo31 | přítomnost správné slovní odpovědi | 0-1 |
| XXo32 | přítomnost nesprávné slovní odpovědi (gramatické chyby nebereme v úvahu; nesprávnost z hlediska slovní úlohy – např. odpovídá na jinou otázku) | 0-1 |
| XXo33 | chybí odpověď, ale v řešení je jiné označení výsledku jednoznačným způsobem | 0-1 |
| XXo41 | ukončení výpočtu dílčím výsledkem, který řešitel považuje za konečný | 0-1 |
| XXo42 | ukončení výpočtu dílčím výsledkem, který řešitel nepovažuje za konečný (z nějakého důvodu, který nemůžeme znát, už dál nepokračoval) | 0-1 |
| XXo5 | využití všech relevantních údajů ze zadání | 0-1 |

* kód 0: jev není přítomen; kód 1: jev je přítomen

## Specifické jevy sledované u úlohy 5B Hvězdné impérium: řešitelské postupy

| označení | popis | kód |
|---|---|---|
| p1 | zjištění počtu zasažených faunů fregatou/kamarádek Bely (9+4) | 0-1-2-3 |
| p2 | zjištění počtu zasažených faunů bitevním křižníkem/kamarádek Lei (9+9+4) | 0-1-2-3 |
| p3 | zjištění počtu všech zasažených faunů/všech pozvaných kamarádek (9+9+4+9+9+4) | 0-1-2-3 |
| p4 | zjištění počtu všech faunů vyslaných do bitvy/přičtení rodiny (x+11) | 0-1-2-3 |
| p5 | jiný postup (v poznámce stručně popsat jaký) | 0-1-2-3 |

* kód 0: postupový krok (dále PK) není přítomen; kód 1: PK je přítomen a zcela správně; kód 2: PK je přítomen pouze s numerickou chybou; kód 3: PK je přítomen s logickou chybou (nesprávnost nelze přisoudit numerické chybě)

## Specifické jevy sledované u úlohy 5B Hvězdné impérium: chyby

| označení | popis | kód |
|---|---|---|
| ch1 | vynechání jedné nebo více součástí výpočtu: 9, (9+4), (9+9+4), 11 (v poznámce specifikovat které) | 0-1 |
| ch2 | povrchová strategie (prostý součet všech čísel v zadání) | 0-1 |
| ch3 | záměna „o 4 více“ za „4x více“ | 0-1 |
| ch4 | odečtení 11 | 0-1 |
| ch5 | připočítání trojčat | 0-1 |
| ch6 | numerická chyba nebo chyba v algoritmu (v poznámce specifikovat jaká) | 0-1 |
| ch7 | jiná chyba (v poznámce stručně popsat jaká) | 0-1 |

* kód 0: jev není přítomen; kód 1: jev je přítomen