

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Pedagogická fakulta**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**České Budějovice 2022**

**Vojtěch Blažek**



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

KATEDRA INFORMATIKY

Mgr. Vojtěch Blažek

Biometrické testování při studiu kognitivní zátěže  
v prostředí ArcGIS StoryMaps

Disertační práce

Školitel: doc. RNDr. Stanislav Kraft, Ph.D.

Studijní obor: Informační a komunikační technologie ve vzdělávání

ČESKÉ BUDĚJOVICE 2022



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

**UNIVERSITY OF SOUTH BOHEMIA IN ČESKÉ BUDĚJOVICE**

FACULTY OF EDUCATION

DEPARTMENT OF INFORMATICS

Mgr. Vojtěch Blažek

Biometric testing in the study of cognitive load in  
the ArcGIS StoryMaps environment

Thesis

Supervisor: doc. RNDr. Stanislav Kraft, Ph.D.

Field of study: Information and communication technology in education

ČESKÉ BUDĚJOVICE 2022

## **Bibliografická identifikace**

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Mgr. Vojtěch Blažek
<b>Název disertační práce:</b>	Biometrické testování při studiu kognitivní zátěže v prostředí ArcGIS StoryMaps
<b>Název disertační práce anglicky:</b>	Biometric testing in the study of cognitive load in the ArcGIS StoryMaps environment
<b>Studijní program:</b>	Specializace v pedagogice
<b>Studijní obor:</b>	Informační a komunikační technologie ve vzdělávání
<b>Školitel:</b>	doc. RNDr. Stanislav Kraft, Ph.D.
<b>Rok obhajoby:</b>	2022
<b>Klíčová slova v češtině:</b>	Biometrické testování, eye-tracking, kognitivní zátěž, webový GIS, ArcGIS, ArcGIS StoryMaps
<b>Klíčová slova v angličtině:</b>	Biometric testing, eye-tracking, cognitive load, web GIS, ArcGIS, ArcGIS StoryMaps



**FOR MY FAMILY**

Na tomto místě bych rád poděkoval svému školiteli doc. RNDr. Stanislavu Kraftovi, Ph.D. za vedení a psychickou podporu a doc. PaedDr. Jiřímu Vaníčkoví, Ph.D. za cenné rady. Mnohokrát také děkuji všem svým kolegům z katedry geografie a informatiky PF JU v Českých Budějovicích za jejich čas a pomoc, kterou mi věnovali při realizaci výzkumu. Nejvíc chci poděkovat především Dášence, Amálce, Vojtovi a Albertovi a celé svojí rodině a přátelům za neutichající podporu a trpělivost, kterou se mnou měli. Všem vám ze srdce upřímně děkuji!

Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích *DATUM*

.....



## Abstrakt

Hlavním tématem předložené disertační práce je detailní analýza toho, jak žáci pracují s webovou mapovou aplikací ArcGIS StoryMaps, pomocí metod biometrického testování. Výběr tohoto tématu souvisí s rozvojem a větším zapojováním digitálních technologií do výuky, který byl akcelerován vypuknutím pandemie Covidu-19. Vliv digitálních technologií na současnost společnost zapříčinil novou průmyslovou revoluci 4.0, kdy většina pracovních procesů začíná být automatizována a řízena počítači. Tento trend se promítá i do reforem kurikulárních dokumentů po celém světě. Společným rysem kurikulárních reforem je zavádění digitálních kompetencí a změna pohledu na výuku informatiky. Tyto změny přenáší některé požadavky v oblasti digitálních kompetencí i na ostatní předměty včetně geografie.

Významným digitálním nástrojem v geografickém vzdělávání je GIS. Jeho význam pro geografické dovednosti stejně tak i pro běžný život se v současném světě dramatických změn ukazují jako naprosto klíčové. Jeho zavádění do výuky však s sebou nese značné obtíže, které souvisejí s častými miskoncepty. Vývoj GIS s nástupem internetu a cloudových služeb totiž doznal v poslední dekádě dramatických změn, a především webový GIS významně mění situaci v geografickém vzdělávání. Jeho dostupnost a malé technické požadavky zapříčiňují, že se pomalými kroky i GIS stává běžnou součástí výuky. Velmi populární aplikací webového GIS je právě ArcGIS StoryMaps, kterou lze použít jako výukovou pomůcku. Pokud tato pomůcka obsahuje velké množství informací či náročných úkolů může u žáků zvyšovat kognitivní zátěž, která způsobuje obtíže při vypracovávání úkolů. Teorie kognitivní zátěže pomáhá odhalit kritické části podobných aplikací a vyučujícím zefektivnit jejich design. Jako indikátory kognitivní zátěže se používají údaje z biometrických testování.

Úvodní teoretická část práce se věnuje transformaci kurikulárních dokumentů a vývoji GIS, včetně jeho vazbě na geografické vzdělávání v perspektivě 21. století. Nedílnou součástí je shrnutí dosavadních poznatků v oblasti kognitivní zátěže včetně možností jejího měření. Analytická část práce se zaměřuje na hodnocení dat naměřených pomocí systému Gazepoint. Konkrétně se jedná o elektrodermální aktivitu kůže, tepovou frekvenci a oční pohyby. Výzkum je založen na principu Design base research, který probíhá ve dvou cyklech. Každý cyklus je nejprve vyhodnocen samostatně a v závěrečné části jsou tyto výsledky shrnuty s komentářem ke kognitivní zátěži a doporučením pro další výzkum.

## Abstract

The main focus of the present dissertation is a detailed analysis of how students interact with the ArcGIS StoryMaps web mapping application using biometric testing methods. The choice of this topic is related to the development and greater involvement of digital technologies in education, which was accelerated by the outbreak of the Covid-19 pandemic. The impact of digital technologies on contemporary society has caused a new industrial revolution 4.0, where most work processes are becoming automated, and computer controlled. This trend is reflected in curriculum reforms around the world. A common feature of curriculum reforms is the introduction of digital competencies and a change in the way we view the teaching of computer science. These changes transfer some of the requirements in the area of digital competences to other subjects, including geography.

An important digital tool in geography education is GIS. Its relevance to geographic skills as well as to everyday life is proving to be crucial in the current world of dramatic changes. However, its introduction into teaching brings with it considerable difficulties related to common misconceptions. Indeed, the development of GIS with the advent of the Internet and cloud services has seen dramatic changes in the last decade, and web-based GIS in particular is significantly changing the landscape of geography education. Its accessibility and low technical requirements cause that GIS is slowly becoming a common part of education. A very popular webGIS application is ArcGIS StoryMaps, which can be used as a teaching tool. If this aid contains a large amount of information or challenging tasks it can increase the cognitive load on students, causing difficulties in completing the tasks. Cognitive load theory helps to identify the critical parts of such applications and helps teachers to streamline their design. Data from biometric testing are used as indicators of cognitive load.

The introductory theoretical part of the thesis is devoted to the transformation of curriculum documents and the development of GIS, including its relation to geographic education in the perspective of the 21st century. An integral part is a summary of the existing knowledge in the field of cognitive load, including the possibilities of its measurement. The analytical part of the thesis focuses on the evaluation of data measured by the Gazeport system. Specifically, this includes skin electrodermal activity, heart rate and eye movements. The research is based on the principle of Design base research, which is conducted in two cycles. Each cycle is first

evaluated separately and in the final section these results are summarized with comments on the cognitive load and recommendations for further research.

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>16</b>
<b>2. Současný stav studované problematiky .....</b>	<b>19</b>
2.1. Proměny základního vzdělávání v perspektivě digitálních technologií.....	19
2.2. Stručný přehled vývoje od kartografie ke geografickým informačním systémům .....	24
2.3. Geografické Informační Systémy v kontextu vzdělávání.....	27
2.4. Koncept storytellingu .....	33
2.4.1. ArcGIS StoryMaps.....	36
2.5. Teorie kognitivní zátěže.....	39
2.6. Měření kognitivní zátěže .....	44
2.6.1. Škálové měření .....	45
2.6.2. Biometrické měření.....	47
2.7. Shrnutí.....	56
<b>3. Cíle práce.....</b>	<b>58</b>
<b>4. Metodologie výzkumu.....</b>	<b>60</b>
4.1. Design výzkumu.....	60
4.2. Použitý hardware a software .....	62
4.3. Identifikace výukového problému.....	62
4.4. Účastníci výzkumu .....	64
<b>5. Biometrické testování kognitivní zátěže při využívání aplikace ArcGIS StoryMaps .....</b>	<b>66</b>
5.1. Cyklus 1: Design.....	66
5.2. Cyklus 1: Testování .....	68
5.3. Cyklus 1: Hodnocení .....	71
5.4. Cyklus 1: Reflexe.....	75
5.5. Cyklus 2: Design.....	86
5.6. Cyklus 2: Reflexe.....	88
<b>6. Diskuse výsledků.....</b>	<b>97</b>
<b>7. Závěr .....</b>	<b>101</b>
<b>8. Publikační aktivity.....</b>	<b>103</b>
<b>9. Literatura a zdroje.....</b>	<b>106</b>
<b>10. Přílohy .....</b>	<b>127</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Terminologická reforma v kurikulu Spojeného království. ....	22
Obrázek 2: Hlavní milníky evoluce GIS. ....	27
Obrázek 3: Ukázka prostředí SM šablony Journal. ....	37
Obrázek 4: Kategorie kognitivní zátěže. ....	42
Obrázek 5: Nejčastější metody měření očních pohybů. ....	49
Obrázek 6: Princip vzniku Purkyňových obrázků. ....	51
Obrázek 7: Charakteristická křivka hodnot GSR. ....	55
Obrázek 8: Cyklus DBR. ....	61
Obrázek 9: Gazepoint testovací sestava. ....	69
Obrázek 10: Chyba při zaznamenávání očních pohybů. ....	70
Obrázek 11: Prostředí Gazepoint UX Analysis při sběru dat. ....	71

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Seznam šablon a prototypů SM. ....	37
Tabulka 2: Techniky měření kognitivní zátěže. ....	45
Tabulka 3: Vybrané druhy biometrických měření. ....	48
Tabulka 4: Celky 1. fáze aplikace. ....	67
Tabulka 5: Export raw dat ze systému Gazepoint. ....	73
Tabulka 6: Sledované prvky v aplikaci. ....	74
Tabulka 7: Výsledek ANOVA testu pro raw a normalizovaná data GSR v 1. cyklu. ....	76
Tabulka 8: Výsledek ANOVA testu pro průměrná a kumulovaná raw a normalizovaná data 1. cyklu. ....	79
Tabulka 9: Vyhodnocení žákovských odpovědí u kvízu č.2. 1. cyklus. ....	84
Tabulka 10: Celky aplikace v 2. cyklu. ....	87
Tabulka 11: Výsledek ANOVA testu pro raw a normalizovaná data za celky v 2. cyklu. ....	88
Tabulka 12: Výsledek ANOVA testu pro raw a normalizovaná data za prvky v 2. cyklu. ....	90
Tabulka 13: Úspěšnost žáků u 1. a 2. kvízu. 2. Cyklus. ....	95
Tabulka 14: Odpovědi žáku v kvízu 3. 2. cyklus. ....	96

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Průměrné hodnoty GSR všech žáků za jednotlivé celky.....	76
Graf 2: Odezva normalizovaného průměru zornice ve vztahu k HR .....	77
Graf 3: Kumulace záznamů, které překračují hraniční bod .....	78
Graf 4: Průměrné GSR všech žáků za jednotlivé prvky a v rámci jednotlivých celků v 1. cyklu. ....	80
Graf 5: Porovnání četností výskytu kritických bodů kognitivní zátěže v 1. cyklu. ....	80
Graf 6: Porovnání četností prvků všech žáků za jednotlivé prvky a jednotlivé celky v 1. cyklu. ....	81
Graf 7: Čas strávený v aplikaci jednotlivých uživatelů v 1.cyklu.....	81
Graf 8: Časová náročnost jednotlivých celků v 1. cyklu. ....	82
Graf 9: Časová distribuce celků aplikace s vyznačeným rozptylem v 1. cyklu.....	83
Graf 10: Porovnání interakce s celky a prvky pomocí myši. 1. cyklus. ....	84
Graf 11: Průměrné hodnoty GSR všech žáků za jednotlivé celky v 2. cyklu. ....	88
Graf 12: Odezva normalizovaného průměru zornice ve vztahu k tepové frekvenci ve 2. cyklu. ....	89
Graf 13: Kumulace kritických bodů ve 2. cyklu.....	90
Graf 14: Průměrné GSR všech žáků za prvky a v rámci jednotlivých celků v 2. cyklu. ....	91
Graf 15: Porovnání četností výskytu kritických bodů kognitivní zátěže v 2. cyklu. ....	91
Graf 16: Porovnání četností prvků všech žáků za jednotlivé prvky a jednotlivé celky v 2. cyklu. ....	92
Graf 17: Čas strávený v aplikaci jednotlivých uživatelů v 2. cyklu.....	93
Graf 18: Časová náročnost jednotlivých celků v 2. cyklu. ....	93
Graf 19: Časová distribuce jednotlivých celků v 2. cyklu.....	94
Graf 20: Porovnání interakce s celky a prvky pomocí myši. 2. cyklus . ....	95

## Seznam použitých zkratek

AGOL	ArcGIS Online
AI	Artificial intelligence (umělá inteligence)
CRP	Corneo-retinální potenciál
DBR	Design-based research
DST	Digital Storytelling
EOG	Elektro-okulografie
GIS	Geografické informační systémy
HCI	Human-computer interaction
ICT	Informační a komunikační technologie
MŠMT	Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy
POG	Photo-okulografie
POI	Point of Interest (oblast zájmu)
POR	Point of Regard (oblast pohledu)
RVP	Rámcový vzdělávací program
SM	ArcGIS StoryMaps
ST	Storytelling
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics
ŠVP	Školní vzdělávací program
TKZ	Teorie kognitivní zátěže
USB	Univerzální sériová sběrnice
VOG	Video-okulografie
VŠ	Vysoká škola
ZŠ	Základní škola

## 1. Úvod

V poslední době ovlivňuje proces digitalizace vzdělávací struktury po celém světě. Ve školství se tak naplno projevuje vliv proměny hospodářství a společnosti, která je ovlivněná rozvojem digitálních technologií (digitalizací), označované jako společnost 4.0 (Pfeiffer 2017, Qureshi 2021). Významným faktorem, který vstupuje do vzdělávacího procesu je vztah žáků i učitelů k digitálním technologiím. Vhodné a věku adekvátní využívání digitálních technologií by mělo být samozřejmostí ve všech oblastech vzdělávání a na všech stupních studia, tedy od ZŠ po VŠ. Mělo by se stát smysluplnou součástí výuky a podporovat jak informatické myšlení, tak digitální gramotnost žáků (Fryč 2020). S tím jde v ruku v ruce intenzivnější využívání digitálních vzdělávacích nástrojů napříč všemi předměty, který je akcentován v mezinárodních i českých kurikulárních dokumentech — př. Shut down or restart? (Roayal Society 2012); Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 až 2020 (MPSV 2015); DigComp 2.1 (Carretero 2017) či Strategie 2030+ MŠMT (Fryč et al. 2020). Ten byl navíc akcelerován vypuknutím pandemie COVID-19. Pro vzdělávací systémy ve většině zemí po celém světě to znamenalo naprostý šok. Tím bylo výrazné omezení či ukončení běžné prezenční výuky a následný přechod žáků na úplnou dálkovou (online) výuku (Reimers 2022). Učitelé byli donuceni začít intenzivně používat nejrůznější digitální nástroje. Tato online výuka proto byla realizována nejen prostřednictvím různých konferenčních systémů jako MS Teams, Zoom apod., ale do vzdělávacích procesů byly alespoň částečně implementovány i další nástroje jako je např. YouTube, Geogebra, Scratch, virtuální realita aj. Digitální vzdělávání tak proniklo až k pomyslným dveřím domova (Bergdahl et al. 2020; Yilmaz İnce et al. 2020, Qureshi 2021).

Výše popsané trendy nevyhnutelně vedou k nutnosti přizpůsobovat prostředí, ve kterém vzdělávání probíhá a také ke změně vzdělávacího obsahu i způsobu jeho předávání (OECD, 2019). Vlivu nových technologií na výuku a s tím nutně spojené reformy zavedených školních systémů se věnoval již od 50. let Jean Piaget. Jeho teorie kognitivního vývoje (Piaget 1955) a konstruktivistické teorie znalostí o přirozeném budování znalostí ovlivňuje školské reformy po celém světě dodnes. Ještě výrazněji promlouvá do nutnosti školních reforem Piagetův žák Seymour Papert, který se věnoval ve svém slavném díle *Childrens Machine* (Papert 1993) teorii tzv. konstrukcionismu a přímo již zapojoval počítač do výuky. Na těchto teoriích vytvořené



přístupy problémové a projektové výuky jsou dnes chápány jako důležité a často používané pro vzdělávání v 21. století a zahrnují metody kolaborativního a kooperativního učení, zapojení do kritického a reflexivního myšlení a hodnocení (Nanjappa a Grant 2003).

Esenciálním digitálním nástrojem ve výuce geografie jsou jednoznačně geografické informační systémy (GIS), které kombinují znalosti a dovednosti z oblasti geografie a informatiky. V posledních letech se tomuto tématu věnuje celá řada zahraničních (např. Bednarz 2004, 2006, Goodchild 2006, Kerski 2007 a 2018, Goodchild a Janelle 2010, Goodchild a Longley 2014, Baker et al. 2015b) i českých autorů (např. Novotná a Voženílek 2003, Novotná 2005, Mikulík et al. 2008, Novotná et al. 2012, Král a Řezníčková 2013, Mísařová et al. 2021). Většina prací vyzdvihuje význam a důležitost GIS a vzdělávání. Při výuce pomáhá porozumět obsahu v různých disciplínách, nejen geografii/zeměpisu, ale i v dějepisu, enviromentálních studiích, biologii a mnoha dalších. Základem totiž jsou problémově a projektově orientované úlohy, které zahrnují terénní práci. To pomáhá žákům kriticky myslet a používat reálná data a propojovat svoje poznatky s nejbližším okolím. Činí tak v základním, středním, univerzitním i neformálním vzdělávání (Bednarz 2004, Gewin 2004, Kerski 2018).

To, jak se žáci učí, pracují a jak na ně působí nejrůznější digitální nástroje, popisuje teorie kognitivního zatížení, kterou formuloval John Sweller (1988). Říká, že čím více vnějších a vnitřních vjemů (modalit) působí na pracovní paměť člověka, tím více narůstá její zatížení a pokud je příliš velké může docházet ke stresu či ztrátě zájmu o dokončení úlohy.

Za tento multimodální a velmi často používaný nástroj pro výuku geografie ale i dalších předmětů STEM, resp. STEAM (z ang. Science, Technology, Engineering, Arts a Mathematics), je aplikace webového GIS, Story Maps a její nejrůznější mutace. Jedná se o specifické webové mapové aplikace, jejichž obliba celosvětově neustále narůstá. Především díky interaktivitě a možnosti poutavě prezentovat multimediální obsah od webových map, kvízů až po YouTube videa (Masangcay a Kerski 2017, Kerski 2019, Esri 2020). Výzkumy, které se doposud věnovaly tomuto nástroji ve výuce (Marta a Osso 2015, Cope 2018, Groshans 2019 či Vojteková et al. 2019), byly realizovány výhradně ve vysokoškolském prostředí a na základě vyhodnocování testů či osobních dotazníků, které mají víceméně subjektivní charakter. Chybí tedy empirická měření zaměřující se na žáky v sekundárním vzdělávání.

Hlavním cílem disertační práce je analýza způsobu využívání aplikace ArcGIS StoryMaps žáky 6. tříd základních škol prostřednictvím biometrického testování. Specifikace a detailní zdůvodnění cílů práce je součástí kapitoly 3. Jak již bylo zmíněno, jedná se o webové mapové aplikace, které kombinují nejrůznější webový obsah a lze je vytvářet na nejrůznějších platformách (Kerski 2019). Tato práce se zaměřuje na produkt společnosti Esri, ArcGIS StoryMaps. Důvodem tohoto zaměření je to, že se jedná o součást velké cloudové infrastruktury ArcGIS online, která poskytuje mnohem větší rozmanitost a objem dat, nástrojů a možnosti sdílení než ostatní platformy. Disertační práce využívá teorii kognitivního zatížení a metod biometrického testování k analýze ArcGIS StoryMaps jako výukové digitální aplikace.

Z velice široké palety přístupů hodnocení kognitivní zátěže výzkum pracuje s tepovou frekvencí, elektrodermálním napětím kůže a sledováním očních pohybů (tzv. Eye-tracking) a jako jedna z mála studií tato měření aplikuje na žáky základního vzdělávání. Tyto metody umožní analyzovat a popsat, jakým způsobem žáci s aplikací ArcGIS StoryMaps pracují, pokud je použita jako výuková pomůcka.

Následující kapitoly přinášejí přehledu o vývoji transformací národních školských reforem s akcentem na aktuálně probíhající revizi Rámcového vzdělávacího programu (RVP) v České republice a zasazuje do tohoto kontextu GIS a zeměpisné vzdělávání. Společně s tím shrnuje dosavadní poznatky k jednotlivým metodám biometrického testování, jejichž syntéza bude v praktické části aplikovaná na samotný výzkum.

## 2. Současný stav studované problematiky

V této kapitole je popsán trend aktuálního vývoje změn v kurikulárních dokumentech, především se jedná o změnu pohledu na informatickou část kurikula, která je základem těchto reforem, tak jak postupuje a zintenzivňuje se proces digitalizace. Další část je věnovaná vývoji GIS a jeho začlenění do kontextu vzdělávání. V závěru je vysvětlena teorie kognitivní zátěže a představeny možnosti jejího měření.

### 2.1. Proměny základního vzdělávání v perspektivě digitálních technologií

Digitální technologie na počátku 21. století definovaly novou průmyslovou revoluci s označením 4.0, která je charakterizována digitalizací, tedy zapojováním kyberneticko-fyzikálních systémů a s tím související automatizací výroby. Tyto významné ekonomické a společenské změny, ke kterým došlo, byly totiž usnadněny nebo jsou přímo způsobeny dramatickým nárůstem schopností a dostupnosti informačních a komunikačních technologií (Pfeiffer 2017). Pozoruhodný nástup informačních a komunikačních technologií (dále jen ICT) neovlivnil pouze odvětví technologií a telekomunikací, ale v mnoha zemích zasáhl téměř všechny aspekty ekonomiky a společnosti. ICT pokrývají širokou škálu technologií, a i když je tento termín běžně spojován s počítači, zahrnuje také další informační média, jako jsou veškeré mobilní a kapesní zařízení, televize, rádio, tisk i sítě. ICT měly významný dopad na globální ekonomiku a na způsob, jakým lidé na celém světě pracují, žijí a hrají si. Tento trend však neměl donedávna významný dopad na vzdělávací praxi a na to, co a jak se lidé učí ve školách (Alnoaimi et al. 2011).

Nová generace žáků, již nejsou průkopníci v používání těchto technologií, ale s technologiemi se narodili a jsou běžnou součástí jejich každodenního života, tyto technologie ovládají intuitivně. Jsou zvyklí na obrovský přísun dat a informací z internetu, sociálních sítí (Pînzaru et al. 2016, Kerski 2018). Počítače mohou pomoci učitelům s technickým zlepšením výuky, podobně jako nové metody a nástroje pomáhají např. chirurgii, především ve zmíněném přenosu a následném zpracování informací (Papert 1993). Jako nevyhnutelné Papert považoval především změnu vztahu žák-učitel. Představa učitele jako mediátora přenosu informací na

žáka vychází z historických potřeb společnosti, kdy bylo potřeba předat určité penzum znalostí a informací, na kterých lze v pozdějším věku stavět.

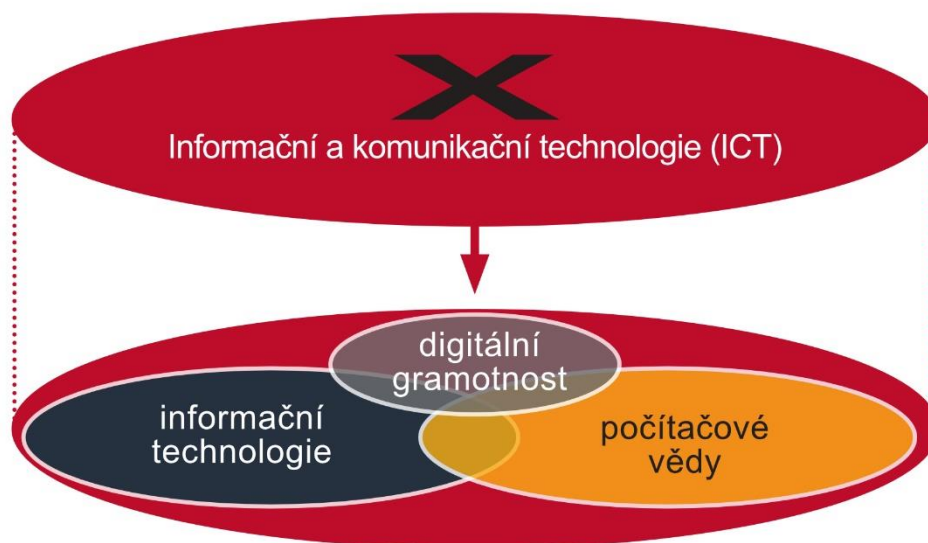
Zapojování nových technologií ve výuce proměňuje i samotný styl výuky, kdy učitel přebírá roli mentora či průvodce a žák je nucen místo encyklopedického memorování řešit problémy ve spolupráci s ostatními. K tomuto posunu ve školách ještě nedošlo. Naprostá většina vzdělávacích systémů, škol a učeben po celém světě se stále účastní paradigmatu hromadné výroby a technologie se používá jen zřídka, i když jsou snadno dostupné (Alnoaimi et al. 2011). Především po roce 2010, kdy došlo k mohutnému rozvoji mobilních zařízení, cloudových služeb a AI (Yamanaka a Suzuki 2020). Šíření a využívání informačních a komunikačních technologií ve školách začali tvůrci vzdělávací politiky vnímat jako významnou příležitost (Kozma a Isaacs 2011).

V mnoha kurikulárních dokumentech ve světě se začaly objevovat v různých podobách základní pilíře či základní kompetence aktivního a produktivního života (Saavedra a Gutierrez 2020, Crato 2020, Fryč 2020). V portugalském systému se např. jedná o čtení a psaní, které pomáhá porozumět a organizovat myšlenky; matematiku pro kvantitativní uvažování o našem světě. Společný pilíř pak tvoří geografie a historie, které pomáhají porozumět světu a být k němu kritičtí. Jako každodenně nezbytné jsou považovány vědy, především pro kritický rozvoj porozumění strojům a počítačům (Crato 2020). Ve finském systému vzdělávání je kladen důraz na to, aby jednotlivci byli schopni používat širokou škálu nástrojů – včetně sociokulturních (jazykových) a hlavně digitálních (technologických) – k efektivní interakci s prostředím, k zapojení a interakci v heterogenní skupině, vykonávat badatelsky orientovanou práci a řešit nové problémy, přebírat odpovědnost za řízení vlastního života a jednat autonomně (Lavonen 2020). Škola by měla žáky naučit technologie používat smysluplně, umět zpracovávat širokou škálu informací a posuzovat spolehlivost a platnost informací, tedy umět kriticky přemýšlet.

Mnoho výzkumů např. Case (2005), Tsui (2007) nebo Tapscot (2009) se shoduje na tom, že podpora kritického myšlení je jedním z nejvýznamnějších výsledků učení pro každé kurikulum. Vzhledem k tomu, že se studenti nemohou naučit vše, co bude pro jejich budoucí život nezbytné, měli by se naučit celoživotně vzdělávat (Elder 2004). Proměna českého systému vzdělávání je charakterizována Rámcovým vzdělávacím programem (RVP), který vzniknul po roce 2000 a definoval šest klíčových kompetencí: k učení; řešení problémů; komunikativní; sociální a personální; občanské a pracovní. Chyběla důležitá digitální kompetence, která by

definovala, co je to ICT a jak podpořit rozvoj digitální gramotnosti. Největším problémem, z pohledu školských reforem, je přístup široké veřejnosti ale i učitelů k postavení obecného ICT. Ukázalo se, že v současném vzdělávacím systému je nutné revidovat a nově definovat předmět informatika (v angl. mluvících zemích označována jako ICT). V doporučení odborníků se uvádí, že termín ICT jako značka (název předmětu) by měl být přezkoumán a zvážena možnost jeho rozdělení do jasně definovaných oblastí, jako je digitální gramotnost, informační technologie a informatika. Výstupem je pak disagregace obecného pojmu na přesněji definované okruhy (Royal Society 2012). Zažitá představa předmětu Informatika, nereflektuje vývoj v posledních letech. Často dochází k tomu, že tento předmět spojuje dohromady řadu aspektů výpočetní techniky včetně informatiky, informačních technologií a digitální gramotnosti, právě pod hlavičkou ICT. Důsledkem toho je, že informatika je v rámci ICT často zapomenuta nebo ignorována, což vede k tomu, že se výuka zploštuje a zaměřuje na to, „jak používat kancelářský software“ spíše než na znalosti, které budou tvořit základ pro zbytek života žáka.

Rozmanitost a důležitost ICT dospěla do stádia, že je možné použít analogii s tím, jak je ve škole strukturována výuka mateřského jazyka. Čtení a psaní (základní gramotnost), výuka jazyka (jak jazyk funguje) a literatura (jak se používá). Tuto změnu terminologické reformy jako jedna z prvních zemí zavedlo Spojené Království (obr. 1), kde proběhla reforma národního kurikula v letech 2014-2015 a zahrnuje témata jako je digitální gramotnost, digitální etika a bezpečnost, ale zdůrazňuje počítačové vědy jako klíčovou komponentu (Fowler a Vegas 2021). Tento důležitý krok má za efekt to, že informatika může být nově definována jako předmět zaměřený právě na potřebné znalosti z oblasti programování, algoritmizace či robotiky, obecně označované jako počítačové vědy (computer science). Na druhou stranu to přenáší požadavky na ostatní předměty vzdělávat žáky v oblasti obecné ICT – používání běžně dostupného softwaru ve specifickém pojetí konkrétního předmětu (Excel v matematice vs. Excel v geografii). Velmi zjednodušeně by se to dalo shrnout tak, že internet a počítače máme k tomu abychom měli neustálý přístup k informacím (dle Paperta původní úloha učitele) a na jejich základě a s pomocí dalších digitálních nástrojů dokázali analyzovat data a řešit problémy. Získáváme si tím kompetence k tomu abychom uměli rychle reagovat na případné změny ve svém životě – profesním i osobním (Royal Society 2012, Reimers a Chung 2016, Reimers 2020).



*Obrázek 1: Terminologická reforma v kurikulu Spojeného království. Digitální gramotnost (základní gramotnost), počítačové vědy (jak technologie fungují) a informační technologie (jak se technologie používají). (upraveno dle Royal Society 2012)*

Podobnou cestu revize národního kurikula v oblasti digitálních technologií jako ve Spojeném Království zvolilo i Česko. Stěžejní pro českou revizi je dokument Hlavní směry vzdělávací politiky 2030+ (MŠMT 2020) na základě kterého byly formulovány Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2030+ (Fryč et al. 2020). Velmi významně jsou zde akcentovány digitální technologie. Hlavní myšlenkou těchto dokumentů je větší zaměření vzdělávání na získávání kompetencí, které jsou důležité pro osobní i profesní život, než na klasické encyklopedické získávání znalostí a dále pak snížit nerovnost v přístupu ke kvalitnímu vzdělávání. To se projevilo na revizi RVP ZV (MŠMT 2021), která byla rozdělena do dvou fází. Nejprve došlo k tzv. malé revizi, která se zaměřuje právě na digitální technologie a znamenala důležitou změnu pro české školství. Přibyla nová kompetence digitální a byl nově definován předmět Informatika. Nová informatika se bude nově věnovat především programování, algoritmicizaci a robotice (Vaniček 2021). S nově pojatým předmětem přišla potřeba vyčlenit pro něj větší časovou dotaci. Logickým důsledkem je snížení počtu výukových hodin u ostatních předmětů jako je geografie, historie a další. S nižším počtem hodin musí dojít i k jisté redukci učiva, což se již v malé revizi částečně provedlo (MŠMT 2021). Hlubší reforma RVP u ostatních předmětů je v současnosti v diskusi mezi odborníky, ale s jistotou lze tvrdit, že dojde ještě k další redukci, resp. rozdělení učiva na jádrové a rozšiřující, podobně jako bylo popsáno

u změn, které nastaly ve Finsku, Portugalsku či Spojeném Království (Reimers 2020). Ostatní předměty by zároveň měly převzít a rozdělit si většinu náplně původní Informatiky.

Klíčovou roli v implementacích těchto technologií do výuky hrají především učitelé. Několik studií prokázalo, že učitelovo vnímání a odhad, zda použít ICT ve třídě, zlepšilo studijní výsledky a motivaci (Záhorec et al. 2019, Madsen et al. 2018, Drossel et al. 2016). Tato zjištění často kontrastují s realitou ve školách, kdy je mezi učiteli spíše odpor k zavádění nových technologií a postupů do výuky. V norské studii (Madsen 2018) se ukázal více než 50% nesouhlas s tvrzením, že použití digitálních nástrojů je esenciální pro dobrou výuku. Tato zjištění dává Madsen do porovnání s přístupem na Novém Zélandu, kde použití digitálních nástrojů souvisí s rozvinutými digitálními kompetencemi oproti Norsku, kde je použití spojeno s profesním přístupem. Tedy pokud vyučující nepoužívá digitální nástroje ke své profesi, nepoužívá je ani ve výuce. Podobnost s norským přístupem odhaluje i Záhorský (2019), který dokládá že učitelé přírodovědného vzdělávání v Česku a na Slovensku, nemají dostatečné znalosti a dovednosti, aby mohli ověřovat a hodnotit učení žáků prostřednictvím moderních testovacích systémů nebo online webových nástrojů. To opět souvisí s digitálními kompetencemi, které nová revize RVP ZV zavádí. Má-li být revize českého systému vzdělávání úspěšná, je nutná změna postojů učitelů k digitálním technologiím a také jejich ochoty učit se (Vaníček 2021). Obdobné problémy ukazuje studie *After the Reboot* (Royal Society 2017), která reviduje proběhlou transformaci anglického školství. Poukazuje na nedostatek kompetentních učitelů ICT a nutnost významných investic do učitelů stávajících, aby mohli získat znalosti a potřebné sebevědomí a žákům předávat požadované počítačové dovednosti.

Význam informatiky a práce s počítačem v oblasti vzdělávání ve svých pracích zmiňuje již Seymour Papert (1980, 1993). Jejich význam výrazně vzrostl v posledních dvou dekadách, kdy se začaly transformovat systémy veřejného vzdělávání s důrazem na digitální kompetence (Reimers 2020). V kontextu aktuálních změn RVP v oblasti digitálních technologií je pro geografii klíčovým prvkem GIS, který má velmi rozmanité podoby od komplexních složitých desktopových a serverových aplikací až po základní webové aplikace. Pro učitele geografie bude tato změna znamenat naučit se používat nové technologie a naučit se novým postojům, podobně jako se učitelé informatiky budou muset naučit nový předmět (Vaníček 2021). Je proto důležité se v následující kapitole věnovat vývoji GIS a jeho podobám v kontextu geografického vzdělávání.

## 2.2. Stručný přehled vývoje od kartografie ke geografickým informačním systémům

Lidé byli vždy fascinováni zkoumáním svého domova – zeměkoule. Nejstarší mapa na světě, která zobrazuje mezopotámský svět, pochází pravděpodobně ze Sipparu, Mezopotámie (dnešní Irák) 700-500 př.n.l. (Horowitz 1988). První autor mapy celého světa je Anaximandros z Milétu (kolem 580 př.n.l.). Mapa má kruhový tvar, kontinenty jsou obklopeny oceánem, uprostřed je Delfská věštírna. Neznámější a patrně nejpřesnější měření této doby provedl Eratosthénés z Kyrény (276–195 př. n. l.). Je považován za zakladatele nové vědecké disciplíny – matematické geografie (Drápela et al. 2005). Samotné slovo geografie bylo poprvé použito učenici v muzeu v Alexandrii z okruhu Herodota okolo roku 300 př.n.l. a v doslovném překladu znamená „popis Země“ (z řec. geo = Země a grafien = kreslit) (Holt-Jensen 2018). Provázanost kartografie a geografie je tak zřejmá a geografii můžeme označit za jednu z nejstarších věd vůbec. Tvorba map v průběhu lidských dějin prošla významnými změnami, které často zásadně ovlivňovaly názory na tvar Země. Především po pádu Římské říše, kdy se nositelkou vzdělanosti v Evropě stala církev a vytvořila nový názor na placatý tvar Země. Mapy se však primárně používaly k lokalizaci objektů, jako jsou řeky, silnice a osady či zobrazování hvězdné oblohy. V pozdějším období mapy sloužily jako navigační prostředek pro zámořské objevy.

Kolem roku 1700 dochází k významnému přerodu kartografie, protože se základem stává zeměměřičství a mapy začínají sloužit především vojenským účelům (Drápela et al. 2005). Mapy se tak stávaly stále přesnější. První mapové analýzy a jakéhosi předchůdce GIS lze označit práce francouzského kartografa Charlese Picqueta a britského Johna Snowa, kteří použili mapy pro analýzu výskytu a rozšíření epidemií cholery v Paříži (1814) a v Londýně (1854) (Dempsey 2012). Významným milníkem pro kartografii i geografii přinesl bernský geografický kongres (1891), který podal návrh na vytvoření mezinárodní mapy světa v měřítku 1:1 000 000. Definitivní stanovky pro toto dílo byly schváleny v roce 1913. Vlivem dvou světových válek však nikdy nedošlo k jejímu dokončení. I přesto měla velký nepřímý vliv na geografickou kartografii. Podnítila snahy o jednotné mapové znázornění světa a dala podnět ke vzniku dalších jednotných map pro celý svět, a to jak geografických, tak tematických (Drápela et al. 2005). Rozvoj vědy a techniky, od 50. let 20. století, zásadně proměnil nejen podobu map, ale také samotné geografie. K první a nejdůležitější klasické otázce geografie „Kde?“ se přidaly ještě další zásadní otázky, které vznikly právě na základě map tematických:



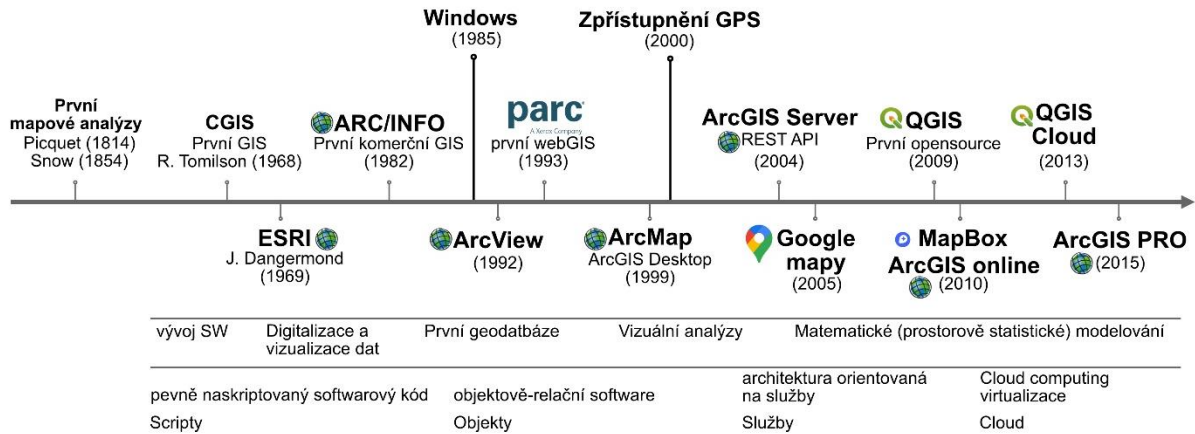
„Jaké to je?“, „Proč je to tam?“, „Jak to vzniklo?“ Jaký to má vliv? Jak by to mělo být uzpůsobeno vzájemnému užitku člověka i přírody?“ (Kühnlová 1991, Milson et al. 2012).

S příchodem počítačů druhé generace, které jsou charakterizované nástupem tranzistorů (Tanenbaum 2009) je spat i vznik GIS. První funkční GIS vyvinul v 60. letech Roger Tomlinson (označován za otce GIS), který inicioval, plánoval a řídil vývoj kanadského geografického systému (CGIS – Canada Geographic Information System). Tomlinson okamžitě rozpoznal, že nové automatizované počítačové technologie mohou být použitelné, a dokonce nezbytné k dokončení tak detailně orientovaného úkolu. Toto byla klíčová doba v historii GIS, protože mnozí považují CGIS za kořeny geografických informačních systémů. CGIS byl jedinečný, protože přijal systém vrstveného přístupu ke zpracování map, který se v různých podobách používá dodnes (Pinde 2018, GISGeography 2018). V polovině 70. let vyvinula Harvard Laboratory Computer Graphics první vektorový GIS s názvem Odyssey GIS. Tento technický rámec později použil i Jack Dangermond v Environmental Systems Research Institute (dnes Esri) při vývoji softwaru ARC/INFO na počátku 80. let. Jednalo se o významný milník, protože tato práce vedla ke komercializaci GIS a jeho prvnímu většímu rozšíření (Dempsey 2012, GISGeography 2018). V 90. letech společnost Esri, vydala ArcView a později ArcMap, což bylo první desktopové řešení pro vytváření map prostřednictvím rozhraní založeného na Windows, které bylo brzy přijato mnoha vládními, obchodními, obrannými a nevládními organizacemi díky jeho GUI rozhraní a snadnému použití (Dempsey 2012). Ale pokrok v technologii předčil běžného uživatele, kteří nevěděli, jak tyto technologie plně využít. Společnosti a vlády váhaly s přijetím GIS, protože neměly často přístup k topografickým datům.

Zásadní zlom pak přineslo zrušení selektivní dostupnosti GPS 1.5.2000, kdy bylo umožněno civilním uživatelům přijímat nedegradovaný signál globálně a začaly se ve velké míře používat automobilové navigační systémy. Větší množství dat začalo také přicházet z produktů shromážděných z dálkového průzkumu země. GIS se v tomto ohledu ukázal jako zásadní nástroj pro zpracovávání a analýzu těchto dat (GISGeography 2018). V roce 2009 vznikl první opensource GIS, Quantum GIS (dnes nese označení QGIS), který zapříčinil další masivní rozšíření po celém světě. Tato desktopová větev GIS, je někdy označovaná jako GIS pro profesionály. Umožňuje komplexní analýzy a jak uvádí Seidl (2009), možnosti využití jsou pak omezeny pouze lidskou představivostí.

World Wide Web na počátku 90. let položil základ pro evoluční skok směrem k webovému GIS, někdy též označován jako web mapping (dále jen webGIS). V roce 1993 vyvinulo výzkumné centrum Palo Alto (PARC) společnosti Xerox Corporation mapovací webovou stránku, která označila počátek webového GIS. WebGIS je kombinací webu a GIS. Web odstranil omezení vzdálenosti v kyberprostoru, a umožnil lidem svobodu interagovat s GIS aplikacemi globálně a přistupovat k informacím téměř okamžitě (Peters 2015, Pinde 2018). Po roce 2000 se webGIS vyvinul v novou generaci systému distribuovaných webových služeb, ke kterým je možné přistupovat pomocí cloudu. WebGIS poskytuje komplexní přístup pro práci prakticky se všemi informačními zdroji. Neplatí už dřívější chápání webGIS (např. Rak 2017, Favier 2009), který má omezenou funkcionalitu se zaměřím na správu mapových podkladů, sdílení dat a omezeně na analýzu dat, pouze měření a identifikace objektů. Data v každém jednotlivém organizačním GIS se virtuálně spojují a vytvářejí komplexní GIS světa v cloudu. Prakticky každý získává přístup k tomuto komplexnímu virtuálnímu GIS prostřednictvím webových připojení. Mapy a aplikace GIS umožňují všechny druhy zobrazení a analýz, které daleko přesahují původní systémové vize a cíle tvůrců GIS. To že je GIS pro současnou společnost zásadní, potvrdilo i Ministerstvo práce USA v roce 2004, které definovalo jako 3 klíčové dovednosti a obory pro 21. století, biotechnologie, nanotechnologie a právě geotechnologie (Gewin 2004).

Geoprostorový cloud představuje novou škálu prostorové inteligence a podniky a organizace všech velikostí a účelů jej využívají k prolomení nových možností a digitální transformaci svých podniků (Steenson 2019). WebGIS je dnes spojován především s Esri platformou ArcGIS online (AGOL), která patří k prvnímu plnohodnotnému webGIS spuštěném v roce 2010. WebGIS se stal dostupný pro kohokoli, bez nutnosti nákupu drahých licencí či výkonných PC. Už v roce 2017 měla společnost ESRI cca 350 000 zákazníků v desktopových a serverových aplikacích a přes 4,4 milionů uživatelů z ArcGIS online, tedy webGIS. Nárůst mezi lety 2016–2017 byl více jak 30 % a množství rastrových mapových služeb se zvýšil o 95 procent na 3 miliardy. Počet otevřených datových sad byl více než 40 milionů, což je nárůst o 200 % (Gakstatter 2018). V posledním desetiletí se tak GIS rozšířil daleko za profesionální komunitu a označuje se jako inteligentní nervový systém, který pracuje s big daty, které jsou často real-time či near-realtime (GISGeography 2018). Zásadní milníky a vývoj GIS je na obrázku 2.



Obrázek 2: Hlavní milníky evoluce GIS. Vývoj od pevně naskriptovaného programu přes serverové technologie až ke cloudu a virtualizaci. Je vidět, že společnost Esri patří k průkopníkům v oblasti GIS, proto bývá často synonymem pro označení GIS. Pod časovou osou jsou popsány hlavní úkoly GIS a typ software. (vytvořeno dle Dempsey 2012, Peters 2015, Song et al. 2017,)

### 2.3. Geografické Informační Systémy v kontextu vzdělávání

Z rozvoje GIS a možnostem tvorby map kýmkoli na světě a neustálému přísunu nových dat, je naprosto evidentní, že geografická perspektiva se stává důležitější než kdykoli předtím. Díky webovému GIS se z tvorby map a tím pádem geografie stal obor, který již neřeší lokální popis krajiny, ale odpovídá na celospolečensky významné otázky jako je změna klimatu, hospodářská globalizace, rozrůstání měst, ztráty biologické rozmanitosti, udržitelné zemědělství, kvalita a kvantita vody, kriminalita, kulturní rozmanitost, energetika, cestovní ruch, politická nestabilita a přírodní rizika. Tyto problémy rostou na významu v celosvětovém měřítku, ale také stále více ovlivňují náš každodenní život (Kim 2011, Milson 2012, Schell et al. 2013, Kerski 2018).

Každý v moderní společnosti čelí osobním rozhodnutím, která vyžadují geografické uvažování. Tato rozhodnutí, jako například, kde žít a jak cestovat z místa na místo, mohou mít obrovský dopad na život člověka (Hanson 2009). Musíme také činit rozhodnutí, která mají dalekosáhlé důsledky, například jaké produkty koupit a jak s nimi naložit. I když se tato rozhodnutí mohou zdát bezvýznamná, když se vynásobí počtem lidí, kteří je každý den učiní, mají obrovské kulturní, ekonomické a environmentální dopady na ostatní lidi a místa. To potvrzuje nutnost zapojit geografii do vzdělávacích strategií i na základní škole. Geografické vzdělávání je totiž

klíčovou přípravou na občanský život a kariéru ve 21. století. Je dále nezbytný i pro další (celoživotní) vzdělávání v široké škále oborů (Schell et al. 2013). Dokládá to i samostatné vyčlenění geografie v Portugalsku či česká diskuze, která se vede o vyčlenění geografie společně s dalšími do nové vzdělávací oblasti Geografie a environmentální obory.

O postavení geografie v rámci kurikula velmi detailně pojednává úvaha Rogera Firtha (2011), který tvrdí, že cílem geografického vzdělávání by mělo být rozvinout u studentů pochopení této podstaty geografických znalostí, aby se z nich stali inteligentními spotřebitelé a uživatelé těchto znalostí. Řada autorů toto nazývá prostorovou (z angl. Spatial) gramotností (např. Longley et al 2005, Goodchild 2006, Schultz et al. 2008) většina autorů se shoduje na tom, že nedílnou součástí posilování této gramotnosti je práce s GIS. Miller, Keller a Yore (2005, str. 243-244) ji nazvali geograficko-informační gramotností a definovali jako:

*„Geografická informační gramotnost je definována jako vlastnictví konceptů, schopností a návyků mysli (emocionální dispozice), které jednotlivci umožňují správně porozumět a používat geografické informace a plně se zapojit do veřejné debaty o problémech souvisejících s geografii.“*

Firth (2011) však konstatuje, že toto nikdy nebylo explicitním cílem geografického vzdělávání. V této perspektivě má Firth pravdu. Jak uvádí např. Rak (2017), GIS není jednoznačně terminologicky zakotven v současném RVP ZV. Konkrétní zmínka se vyskytuje až v rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia. Velké množství států je na tom velmi podobně. Milson et al. (2012) ve svém rozsáhlém výzkumu hodnotí 33 států světa z pohledu GIS ve školním kurikulu. Pouze 8 států má GIS v kurikulárních dokumentech obsažen. Jednou z těchto zemí je Turecko, kde situaci před reformou popisuje Demirci (2009). Hlavní zjištění je že, využívání GIS učiteli v hodinách geografie je dramaticky nízké. Většina učitelů (84 %) uvedla, že software GIS nikdy nepoužívala a 16 % učitelů uvedlo, že používají GIS na základní úrovni. Pouze sedm učitelů uvedlo, že ve výuce geografie používali software GIS. Podobně tomu bylo i v USA. V roce 2003 byl GIS používán pouze na 1 procentu amerických středních škol (Kerski, 2003, s. 128). Pinková (2016) se ve své bakalářské práci věnovala implementaci GIS do výuky v Česku. I přesto, že se jednalo pouze o 86 respondentů, tak výsledky vykazují podobný stav jako uvádí Demirci, 70% učitelů s GIS nepracují, pouze 16% ano. Vhodnost GIS do výuky pak zpochybňuje 50% respondentů. Zajímavé srovnání přináší Rak (2017) s Finskem, kde roce 2002 používalo GIS ve výuce o 4 % více pedagogů než v roce 2016 v České republice. Velmi to kontrastuje s tím, že je GIS součástí českého školství (je zařazen do výuky na pedagogických fakultách) již

od roku 1996 a existuje tedy jedna generace učitelů, kteří se během vysokoškolského studia s GIS setkali. A přesto nalezneme pouze málo škol, které se GIS systematicky věnují – používají ho. Podle dat z roku 2019 společnosti ArcData Praha, která v Česku distribuuje GIS od společnosti Esri, se s GIS pracuje na cca 40 základních a středních školách. Přitom lidé na celém světě uznávají, že GIS se stal nezbytnou výpočetní infrastrukturou pro každou organizaci. Celosvětově GIS používá přes 400 000 institucí ve více než 125 zemích (na základě skutečných licencí prodávaných hlavními výrobci softwaru GIS) (Milson 2012). Dá se tedy očekávat, že dosah a dopad GIS se bude i nadále rozšiřovat zrychlujícím se tempem (Pinde 2018).

To, že míra přijímání GIS školami výrazně zaostává za podniky a státní správou, je částečně připisováno samotnému názvu GIS a také řadě strukturálních omezení – přístupem k hardwaru a softwaru – především z finančního hlediska, nízkou úrovní technologického školení pro učitele a nedostatkem metodických materiálů (Rak 2017, Demirci 2009, NRC 2006, Kerski 2003). Definice GIS ve vzdělávací literatuře jsou často srovnatelné s definicemi GIS v literatuře geoinformatické (Favier 2009). V souhrnné publikaci *Learning to think spatially* (NRC 2006) je GIS definován jako “ integrované softwarové systémy pro manipulaci s geoprostorovými informacemi: pro jejich získávání, editaci, ukládání, transformaci, analýzu, vizualizaci a vlastně prakticky jakýkoli úkol, který by člověk mohl chtít provádět s tímto konkrétním typem informací”. V kontextu školství se tak velmi často nahlíží na GIS jen jako na další „systém“, který žáky, potažmo učitele zahrnuje. O tom, jak by měl být GIS definován se vedou dlouhodobé debaty, kde zásadní roli hraje písmeno ‚S‘ (Kim 2011). Obecně přijímaným paradigmatem je význam ve smyslu ‚Systém‘, resp. Systémy, protože existuje celá řada softwaru, která pracuje s prostorovými informacemi (geoinformace). V tomto ohledu pak je nejčastěji používaná definice, že se jedná o databáze obsahující geografická data (tj. popisy jevů, pro které je důležitá poloha), v kombinaci se softwarovými nástroji pro správu, analýzu a vizualizaci těchto dat (Goodchild 2004, Chang 2016, Kemp 1995). Nicméně se v posledních letech začíná hovořit a používat označení S jako Science, věda. Termín totiž implikuje k použití geografických informačních systémů (GIS) jako vědeckého nástroje ve výzkumu a rozhodování a jako takový byl široce aplikován na řešení prakticky jakéhokoli problému, který je zasazen do geografického prostoru, od globálního oteplování po kriminalitu a znečištění vody. Společnost Esri zavedla a používá od roku 2016 označení „Science of Where“, tedy věda o tom kde

(GISGeography 2018). Je také důležité poznamenat, že podobný význam mají i další termíny, včetně geomatiky, geoinformatiky, vědy o prostorových datech a vědy o prostorových informacích. GIScience hraje důležitou roli v praxi regionální vědy jak jako technologie, která může podporovat výzkum, tak jako přístup k řešení problémů (Goodchild a Longley 2014).

Přístup Goodchilda reflektuje asi nejkompexnější definice, která je obsažena v Encyklopedie GIS (Shekar 2017), která GIS chápe jako součást systému podpory prostorového rozhodování (z ang. spatial decision support system (SDSS)). Jedná se tedy o počítačový systém, který kombinuje konvenční data, prostorově odkazovaná data a informace a rozhodovací logiku jako nástroj napomáhající lidskému rozhodování. Obvykle obsahuje uživatelské rozhraní pro komunikaci s rozhodovatelem (vědec, zastupitel atd.). SDSS ve skutečnosti nerozhoduje, ale místo toho pomáhá a analyzuje data a prezentuje zpracované informace ve formě, která je přátelská k tomu, kdo rozhoduje. Nástroje SDSS mohou být použity k pomoci při přijímání efektivních rozhodnutí pro mnoho druhů problémových úkolů a domén, včetně řízení přírodních zdrojů, obchodu, zdravotní péče, nouzového managementu a mnoha dalších (Crossland 2008). GIS je nástroj, který studentům poskytuje holistické počítačové a manažerské dovednosti, stále více uznávané jako klíčová součást národních vzdělávacích osnov a uplatňuje se v mnoha vzdělávacích disciplínách, jako je biologie, dějepis a ekonomická výchova (Kerski 2018, Favier 2009). Na GIS by se tedy mělo nahlížet spíše jako na nástroj. Jeho zapojení totiž naplňuje definici digitální gramotnosti v českém RVP, tak jak je popsána v aktuální revizi (MŠMT 2021, str. 13):

*Na konci základního vzdělávání žák:*

- *ovládá běžně používaná digitální zařízení, aplikace a služby; využívá je při učení i při zapojení do života školy a do společnosti; samostatně rozhoduje, které technologie, pro jakou činnost či řešený problém použít*
- *získává, vyhledává, kriticky posuzuje, spravuje a sdílí data, informace a digitální obsah, k tomu volí postupy, způsoby a prostředky, které odpovídají konkrétní situaci a účelu*
- *vytváří a upravuje digitální obsah, kombinuje různé formáty, vyjadřuje se za pomoci digitálních prostředků*
- *využívá digitální technologie, aby si usnadnil práci, zautomatizoval rutinní činnosti, zefektivnil či zjednodušil své pracovní postupy a zkvalitnil výsledky své práce*
- *chápe význam digitálních technologií pro lidskou společnost, seznamuje se s novými technologiemi, kriticky hodnotí jejich přínosy a reflektuje rizika jejich využívání*
- *předchází situacím ohrožujícím bezpečnost zařízení i dat, situacím s negativním dopadem na jeho tělesné a duševní zdraví i zdraví ostatních; při spolupráci, komunikaci a sdílení informací v digitálním prostředí jedná eticky*

Pro geografické vzdělávání se jedná o velmi potřebnou změnu, protože nutnost používání digitálních nástrojů povede k širšímu zapojení GIS do výuky. V českém prostředí totiž nadále převládá, zejména na základních a středních školách, encyklopedického pojetí výuky, kdy se jednotlivé parciální poznatky redukuje spíše na izolované informace ve stylu „hlavní město – nejvyšší vrchol – největší řeka“ apod. (Karvánková 2016). Z geografického vzdělávání v Česku uniká jeden z nejpodstatnějších aspektů celé geografie, a to komplexnost geografického poznání (Vávra 2012).

Velmi častá překážka ve školní implementaci ve smyslu „dalšího složitějšího systému“ vychází z historického vývoje. Kromě autorů a časopisů, věnující se vzdělání, geografickému vzdělání a GIS, jsou významnou sondou do této problematiky závěrečné práce pedagogických fakult. Většina prací shodně uvádí jako hlavní překážky v nasazování GIS do výuky vybavení a dostupnost PC učeben, absence podpory a dlouhodobého vzdělávání učitelů, finanční náročnost na pořizování, a již zmíněnou náročnost systémů jako takových. Jedná se totiž o komplexní a poměrně složitý systém, kterému je třeba se věnovat soustavně od základní až po vysokou školu (Bearman et al. 2016). GIS se v prvním roce na většině univerzit vyučuje pouze jako povinná součást širšího modulu studijních dovedností. Budoucí učitelé se většinou poprvé v rámci GIS průpravy setkávají s desktopovým GIS – nejčastěji s produkty Esri – ArcMap, resp. jeho nástupcem ArcGIS Pro, případně QGIS ad. Tyto desktopové aplikace se souhrnně označují jako GIS for professionals, Full GIS software či high-end GIS software a nabízejí rozsáhlé sady nástrojů pro vytváření, manipulaci, čtení, dotazování, sumarizaci, analýzu a správu geodat (Favier 2012). Tento GIS má vysoké nároky jak na systémové požadavky (paměť, grafická karta) a komerční software i značné finanční nároky na pořízení licencí. Zde je potřeba dodat, že od roku 2018 je ve velkém množství států po celém světě nepoužívanější software od Esri nabízen zcela zdarma. Poté se GIS vyučuje obvykle jen jako volitelný předmět, který je zaměřen na technologii a často postrádá širší integraci. Tyto předměty se berou jako výuka o technologii, ne jako o vědeckém nástroji či didaktické pomůcce, která by měla sloužit pro výuku geografie s technologií (Kemp et al. 1992). Toto je rozhodující pro pochopení současného stavu GIS ve školství, protože neumožňuje studentovi vidět využití GIS v rámci širšího problému, jak se GIS integruje jako součást širšího cyklu geografického myšlení (Bearman et al. 2016). Místo toho ukončují vzdělání s představou, že GIS je velmi náročný, a hlavně drahý systém, který je jen velmi obtížné aplikovat v učitelské praxi. Tuto zkušenost si

učitelé přenášejí dál do své praxe. Důsledkem toho je již zmíněná obecná neochota GIS používat na základních školách.

Na webGIS (web mapping) bylo velmi často pohlíženo jako na tzv low-end GIS či limited software, který je poskytován přes internet sice zdarma, ale s velmi omezenou funkcionalitou, jako je zoomování či identifikace objektů anebo je používán pro prohlížení podkladových map (Rak 2017, Muniz 2015, Favier 2012). Proto mu nebyla v rámci geografického vzdělávání věnována větší pozornost. Příčinou nejspíš bylo obecně rozšířené používání Google map a dalších obdob (mapy.cz, Bing, Yahooo), které tuto představu naplňují. Moderní webGIS však dokáže dát dohromady data z více autoritativních nebo sociálních zdrojů dat, takzvaný „mash-up“, nebo označení, které používá Esri – system of systems (Baker 2015). Často i volně dostupné webové mapové aplikace umožňují hloubkovou analýzu velkého množství dat. Nejedná se tedy už o limitovaný GIS, ale o plnohodnotnou, samostatnou vývojovou větev GIS. Jeho rozvoj souvisí s rozvojem webu 2.0 na počátku 21. století a jeho potenciál jako vzdělávacího nástroje je patrný z velkého množství zahraniční literatury po roce 2003. Nejdetailnější studii webové GIS ve vzdělávání přináší Baker (2015). Ten shrnuje bohatý výčet literatury do konstatování, že WebGIS může být účinným nástrojem pro zlepšení výuky studentů v rámci vhodně navržených výukových zkušeností. Stejně tak Favier (2012) uvádí, že by se mělo udělat více výzkumu GIS ve středoškolském a základním vzdělávání. Budoucí výzkum by se měl zaměřit na charakteristiku optimálního designu pro krátké moduly s webovým GIS, protože mají velký potenciál pro výuku geografie. Baker se věnuje webGIS i z technického pohledu. Nástroje WebGIS jsou jednodušší, rychlejší a výkonnější než kdykoli předtím; jsou na dosah ruky pedagogů i studentů. Není zapotřebí specializované IT učebny. Je možné ho použít jako BYOD (Bring your own device), k tomu stačí chytré telefony žáků, případně tablety, které školy nakupují. Vliv webGIS mění charakter geografického a přírodovědného vzdělávání na školách a univerzitách po celém světě. Baker a další autoři (např. Strachan 2014) vidí velkou efektivitu webGIS v konstruktivistickém vzdělávacím prostředí, jako je projektově či problémově založená výuka. Především pak adaptace webGIS, jako narativu – vyprávění příběhu se zdá jako slibný instruktážní nástroj.



## 2.4. Koncept storytellingu

Základním myšlenkou aplikací typu ArcGIS StoryMaps je poskytnout bohatý webový obsah poutavou formou pomocí vyprávění příběhů (angl. Storytelling, dále jen ST). ST či narativ je základní součástí lidské přirozenosti (Strachan 2014). Příběh a vyprávění jsou zároveň kognitivními procesy a produkty poznání. Dost možná je to hlavní způsob porozumění žitému světu. Příběh je ústředním bodem lidského chápání – dělá život žitným, protože bez příběhu neexistuje žádná identita, žádné já, nikdo jiný (Lewis 2011). Vyprávění příběhů je proces, ve kterém jsou základem dva sociální subjekty. Někdo (vypravěč) používá vokalizaci, narativní strukturu a mentální představy ke komunikaci s publikem (posluchačem) (Peck 1989, Hájek 2014). Vyprávění příběhů je původní formou výuky (Sadik 2008). Kořeny počátku narativů sahají až do antického Řecka, konkrétně k řeckému filozofovi Aristotelovi (Hájek 2014). Přestože bylo vyprávění příběhů zavedeno jako instruktážní metodologie a učební nástroj v raném dětství, je také účinné ve všech oblastech vzdělávání (Heo, 2009; Wang a Zhan, 2010). Jde o jednoduchou, ale účinnou metodu, která pomáhá studentům porozumět složitému a neuspořádanému světu zkušeností vytvářením příběhových linií (Bruner 1990; Gils 2005).

Zažitá představa o vyprávění je především mluvený a psaný projev. Díky technologickému pokroku se umění vyprávění změnilo a získalo různé formy včetně digitálních (Castañeda 2013, Hájek 2014). Na počátku 90. let byla Dana Atchley průkopnicí, která využívala digitální multimediální nástroje jako Apple QuickTime, Adobe Premiere či Macromedia Director k rozvoji myšlenky digitálního vyprávění (dále jen DST – Digital storytelling) (Gürsoy 2021). DST je založeno na využití počítačových nástrojů k vyprávění příběhu. Ačkoli byl popsán jinými definicemi, jako jsou digitální eseje, digitální dokumenty, počítačové vyprávění, elektronické vzpomínky, interaktivní vyprávění, obecně je popisován na základě myšlenky spojení umění vyprávění a různých multimediálních prvků, včetně grafiky, zvuku, videa a publikování na webu (Daniels 2013, Dogan a Robin 2008). Multimodální povaha vzdělávací technologie DST tak má potenciál být využita k vytvoření autentického vzdělávacího kontextu pro všechny studenty bez ohledu na jejich původ (Chubko et al. 2020). Smeda a spol. (2014) popsali DST jako inovativní pedagogický přístup, který vede k hlubokému a smysluplnému učení mezi studenty. DST je účinný nástroj technologické výuky, zejména v přírodovědném vzdělávání. Ve srovnání s konvenčním vyprávěním příběhů se na publikum digitálního vyprávění pohlíží nejen jako na

posluchače, ale také jako na studenty, kteří mohou interagovat a utvářet příběh (Dorner et al. 2002). Mnohé studie ukázaly, že vývoj digitálních příběhů poskytl silný základ pro rozvoj gramotnosti nebo dovedností 21. století. Bylo prokázáno, že DST přispěl k rozvoji digitální, globální, technologické, vizuální a znalostní gramotnosti, dovedností kritického myšlení a řešení problémů, dovedností reflexního myšlení, komunikačních dovedností, kreativity a kritického myšlení, výzkumných a integračních dovedností. Robin (2005) tvrdil, že pedagogové na všech úrovních a ve většině předmětů mohou využít digitální vyprávění mnoha způsoby k podpoře učení studentů tím, že je povzbudí k tomu, aby organizovali a vyjadřovali své myšlenky a znalosti individuálním a smysluplným způsobem. Ukazuje se tak jako slibná vzdělávací strategie a nástroj pro výuku a učení, který zapojuje učitele i jejich studenty.

V rámci geografického vzdělávání a vztahu k vyprávění příběhů hrají mapy zásadní roli. Buckley (2003) tvrdí, že například atlasy zapojují čtenáře (posluchače) postavami, jako jsou tematické mapy, místa či regiony a zápletkami. Zápletkou může být vývoj historického osídlení, cirkulace atmosféry apod. Text, mapy, fotografie a další grafika spojená s atlasy tedy vyprávějí příběhy o oblasti nebo tématech, které zobrazují. Buckley zdůrazňuje, že atlas není jen sbírka map, ale je také komunikačním zařízením. Atlasy, které jsou uspořádány podle tématu nebo chronologie nebo nějaké kombinace tématu a chronologie, umožňují, aby se narativní čtení implicitně rozvinulo, protože čtenář vytváří spojení a srovnání mezi vzory na mapách a obohacujícím textem, fotografiemi a dalšími informacemi. Vzhledem k přirozené vypravěčské roli map, je zřejmé že tuto roli v digitálním vyprávění v geografickém vzdělávání přebírá GIS, resp. webGIS.

Jak bylo popsáno v předchozích kapitolách nedávné pokroky v dostupnosti dat a digitálních technologií, včetně webGIS a přechod na cloudové ukládání a sdílení dat, přinesly nespočet map do rukou milionů lidí (V roce 2017 existovalo 4,4 milionu uživatelů ArcGIS online) a způsobily revoluci ve způsobu, jakým lidé vytvářejí, sdílejí a chápou mapy. Na tuto skutečnost reagovaly společnosti vyvíjející webGIS a poskytly nástroje pro vytváření a interakci, které umožňují k mapám doplňovat další prvky, které se staly důležitými pro DST (Berendsen et al. 2018). Jedná se především o webový kontext – mash up, ve formě videí, textů, zvuků, vyskakovacích oken apod., aby pomohli tvůrcům efektivně předat sdělení mapy-příběhu.

U společnosti Google se jedná o prezentační nadstavbu Google Earth – Voyager tool, která vznikla při přechodu z desktopového řešení na kompletní webovou prezentaci v dubnu 2017.

Je to nástroj mapově centristický, tj. hlavní důraz je kladen na mapu, případně 3D mapu nebo street view, který může být doplněn krátkým textem, vloženým videm či fotografiemi, které se po kliknutí zobrazí na celou obrazovku. Divák tak částečně ztrácí kontakt s mapou. Google využívá velkého množství podkladů, které za dobu vývoje nastřádal (Williams 2017). Pro tvorbu těchto příběhů je potřeba mít účet u Google – což velmi usnadňuje implementaci ve výuce, protože značná část populace používá chytré telefony s androidem, který vyžaduje účet u Google. V prosinci 2021 se jednalo celosvětově o 70% uživatelů (Statista 2022). Pro vyučujícího tedy nevznikají dodatečné problémy s licencováním. Ukázka z příběhu Google Earth, který odhaluje práci a život Jane Goodall a ochranu lidoopů v Africe, je dostupný na této [webové adrese](#) a náhled je součástí přílohy (příloha 1).

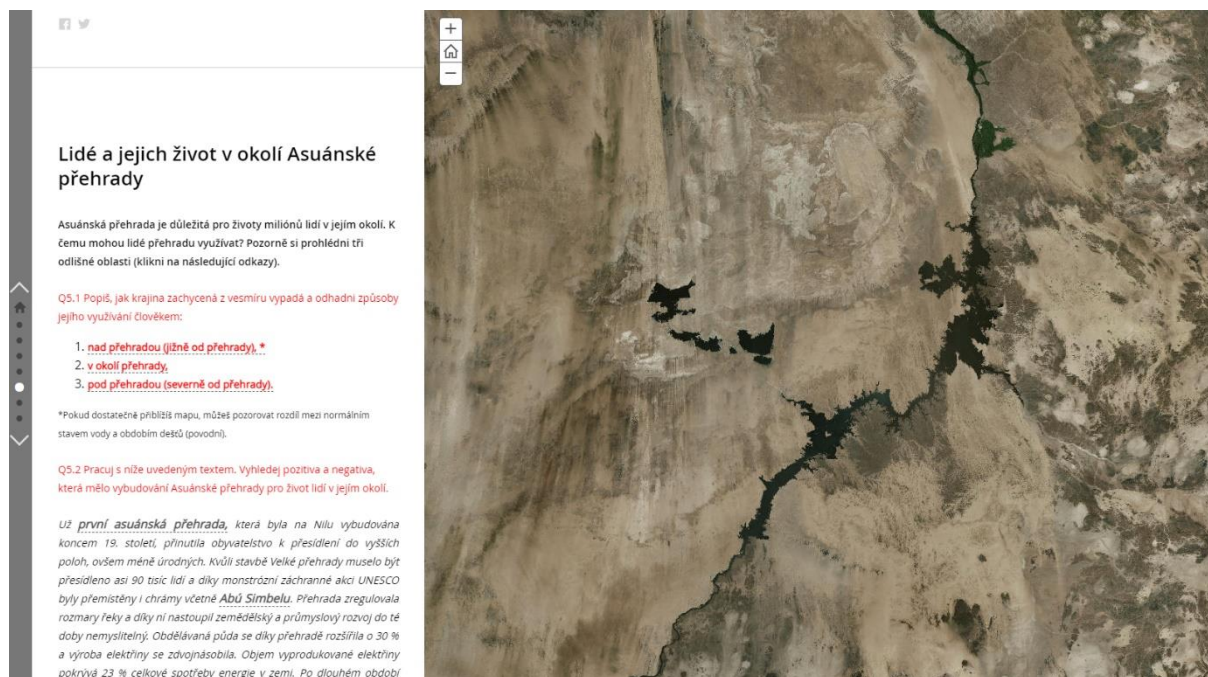
Další velmi populární příběhovou aplikací v českém prostředí, která vznikla v posledních letech je „Vánoční hra“ společnosti seznam.cz (příloha 2). Tento příběh v nejpopulárnější mapové aplikaci v Česku, mapy.cz, si získal velkou oblibu u veřejnosti, ale i učitelů geografie. Principem hry je najít princeznu, kterou unesl drak. Čtenář se virtuálně vydává na cestu po lokalitách v Česku a mezitím musí plnit nejrůznější úkoly, ke kterým je nucen využívat nástroje této mapové aplikace jako je měření, vyhledávání, práce s GPX apod. Opět se jedná o mapově centristickou aplikaci, kde se příběhový obsah zobrazuje v pravém postranním panelu a obsahuje odkazy, které čtenáře přesunou na další lokalitu, případně otevře web či video (obr. 5). Velkou předností je české prostředí a jazyk, na druhou stranu je pro úspěšné dokončení hry nutné přihlášení, což může některé učitelé odradit. Respektive žáky, kteří si musí účet vytvořit. Na druhou stranu tak kromě prožívání příběhu, posilují geografické i digitální kompetence uvedené v MŠMT (2021).

Obecně rozšířená definice pro tyto aplikace je „story map“. V češtině se můžeme setkat s překladem mapa s příběhem či příběhová mapa. Tato sémantická variace se většinou vztahuje k aplikaci, nástroji, avšak může mít i význam ve smyslu příběhu samotné mapy. Takovým příkladem může být Klaudiánova mapa, nejstarší mapa českého území z roku 1518, kde samotná historie tvorby mapy a autora má velmi rozsáhlý příběh, kterému se věnuje mnoho studií a výzkumů (Bohatcová 1979, Mikšovská a Zimová 2007, Cendelín 2017, Novotná 2021). Anglický termín „story map“, je však v současné GIS komunitě většinou synonymem pro webovou mapovou aplikaci odvozenou od ArcGIS StoryMaps od společnosti Esri.

### 2.4.1. ArcGIS StoryMaps

ArcGIS StoryMaps (dále jen SM) je webová mapová aplikace pro tvorbu příběhů. Její vznik souvisí se spuštěním platformy ArcGIS online (dále jen AGOL) v roce 2010. V rámci této platformy totiž vznikla celá řada webových aplikací pro různé typy činností. Jedná se o nejrůznější kancelářské a terénní aplikace, kde každá z nich produkuje určitý materiál, mapový či analytický. Vznikla tak potřeba kombinovat tyto výstupy s dalším doprovodným materiálem jako jsou texty, které přibližují účel map či audiovizuální materiál, který čtenáře zaujme, strhne jeho pozornost. Vedoucím týmu, který dostal na starosti vývoj této aplikace, se stal Allen Carroll, který dlouhodobě pracoval v National Geographic. První prototyp SM byl publikován 22.5.2012. Téma příběhu byly osudy pasažérů parníku [Titanic](#). Jednalo se však pouze o ukázkou možností, jak v rámci webové mapy kombinovat ostatní data, nebylo možné do aplikace zasahovat. Hlavním cílem však bylo vytvoření webové konfigurovatelné šablony, která by umožnila vytvářet příběhy i uživatelům bez předchozí znalosti programování. První touto konfigurovatelnou šablonou byla tzv. prohlídka mapy (Story Map Tour), která sloužila k prezentování lineárního, místně založeného příběhu.

Pravou podstatu DST přinesla průlomová šablona Story Map Journal v roce 2013. Celý koncept již podle názvu byl pojat jako deník, který bylo možné rozdělit na jednotlivé celky (kapitoly). Aplikace zároveň rozdělila obrazovku na dvě části, ve které bylo možné prezentovat webové mapy z platformy AGOL, ale i obsah z jiných webů společně s narativním textem, obrázky, videm – s čímkoli co má svojí url a je možné tuto url embedovat. Čtenář má tedy neustále před sebou jak mapu, tak i doprovodný text, který navíc umožňuje vytvářet interaktivní odkazy (tzv. akce příběhu), které změni nastavení zobrazované mapy. Všestrannost této šablony definovala podobu většiny dalších obdobných aplikací (Knight Lab, Voyager). Do dnešní doby se jedná stále o nejpoužívanější šablonu (Carroll 2019). Na obr. 3 je vidět ukáзка této šablony. V pravé části je interaktivní webová mapa (není to podmínkou). Nastavení, zda hlavní „mapová“ část bude vpravo či vlevo a jaký poměr budou obě části mít si nastavuje uživatel sám. Tato aplikace oproti ostatním nemusí být nutně zaměřená na mapu, může zde být video, web, statické obrázky apod. V levé části se nachází doprovodný vysvětlující text. Při kliknutí na hyperlinky se měni konfigurace mapové části. Může se zde objevit nový obsah (např. web) či se změni konfigurace webové mapy – přiblížení, obsah, vyskakovací okna.



Obrázek 3: Ukázka prostředí SM šablony Journal, která byla využita v projektu Digigram.

Postupně, jak docházelo k rozvoji webu, interakci a potřebám uživatelů AGOL, vzniklo několik šablon. Například modernější pojetí SM Journal – Cascade, který začal zapojovat imersivní prvky a podporu 3D map. Stručný přehled všech šablon, resp. komponent SM a datum jejich zpřístupnění veřejnosti je v tabulce 1.

Funkcionalita/Šablona	Datum	Funkcionalita/Šablona	Datum
<b>Swipe V1</b>	01.12.2011	<b>Story Map Series</b>	04.03.2014
<b>Multiviewer Storytelling (Compare)</b>	18.02.2012	<b>Story Map Journal</b>	04.03.2014
<b>Storytelling Side Panel</b>	18.02.2012	<b>Story Map Basic – V2</b>	17.11.2015
<b>Story Map Basic</b>	22.03.2012	<b>Story Map Crowdsourcing</b>	15.06.2016
<b>Story Map Text and Legend</b>	13.12.2012	<b>Story Map Cascade</b>	15.06.2016
<b>Story Map Tour</b>	25.04.2013	<b>Story Map Shortlist</b>	13.09.2016
<b>Story Map Swipe/Spyglass</b>	02.07.2013	<b>ArcGIS StoryMaps</b>	02.07.2019
<b>Storytelling Tabbed</b>	17.09.2013		

Tabulka 1: Seznam šablon a prototypů SM. Data poskytl vývojářský tým Esri.

Velké množství těchto šablon začalo být pro neustále rostoucí počet nových uživatelů velmi nepřehledné. Proto došlo v roce 2019 k vytvoření jednotné konfigurační šablony, která získala responzivní design, a tedy kompatibilitu napříč jednotlivými zařízeními (operačními systémy) a postupně převzala specifika šablon předchozích. Měsíčně je uživateli vytvářeno cca 8 tisíc veřejných SM. Celkem jich bylo k 6.2.2022 publikováno přes 2 miliony pro nejrůznějších oborů lidské činnosti. Pro tvorbu aplikace je nutné přihlášení, které existuje ve dvou variantách a platí obecně pro celou platformu AGOL. Veřejný účet je zdarma, je nutná pouze registrace a

ověření e-mailu. Tento veřejný účet má určité omezení jak při tvorbě webových map, tak i při tvorbě SM. Největší z nich je asi nemožnost vkládat cizí embedovaný obsah.

Význam této aplikace potvrzuje fakt, že se stala objektem mnohých studií, převážně ve vyšším vzdělávání (Strachan 2014, Marta a Osso 2015, Alemy 2017, Kallaher a Gamble 2017, Dickinson a Telford 2018, Cope et al. 2018, Maureen et al. 2018, Antoniou et al. 2018, Berendsen et al. 2018, Vrysouli et al. 2021). Na SM je nutné pohlížet nejen jako na výukový nástroj, který učitel vytváří. Velmi časté je totiž zapojování tvorby SM samotnými žáky. Kerski (2020) upozorňuje na to, že si tím procvičují zároveň technické dovednosti jako GIS, používání multimédií (především plynulost medií) a práce s daty. Rozvíjí se také dovednosti organizační, etické a komunikační a posiluje se kritické a prostorové (geografické) myšlení.

V rámci tohoto výzkumu je však SM chápána a používána jako výukový nástroj. Díky tomuto významnému vzdělávacímu potenciálu byla aplikace SM Journal zvolena jako jeden z výstupů projektu Podpora rozvoje digitální gramotnosti (CZ.02.3.68/0.0/0.0/16\_036/000536), který byl realizován v období 2018-2021 a byl zaměřen na vybudování didaktické a metodické podpory začínajícím i stávajícím učitelům z praxe pro vhodné a přirozené začleňování vzdělávacích aktivit do výuky zaměřených na rozvoj digitální gramotnosti (Digigram). Aktivita a pomůcky vzniklé v rámci tohoto projektu byly evaluovány na vybraných základních školách. Dotazníkového šetření týkající se oboru geografie tedy i SM, ale i dalších aplikací webGIS se zúčastnilo 28 vyučujících ze základních škol a víceletých gymnázií. Zjišťována byla míra zaujetí žáků tímto nástrojem. Z analýzy odpovědí vyplynulo, že žáci tyto materiály hodnotili kladně a většina měla zájem dál s tímto typem aplikace pracovat i po skončení hodiny. Tato zjištění korespondují s již provedenými studii ve vysokoškolském vzdělávání. Dickinson a Telford (2020), Groshans et al. (2019) či Cope (2018) se taktéž zaměřují na efektivitu tohoto nástroje a shodně uvádějí veliký potenciál tohoto nástroje, a to především kvůli možnostem kombinovat velké množství různorodého materiálu, jako je web, mapy, obrázky, videa apod., avšak výsledky těchto studií se zaměřují na subjektivní hodnocení studentů, kdy zodpovídají otázky typu „Jak byste ohodnotili SM, či Co preferujete Power Point či SM. Navíc toto hodnocení probíhá až ex post, po absolvování výukového cyklu.

V rámci projektu Digigram probíhala evaluace i z pohledu učitelů. Pro 40 % vyučujících byla hodina, při které pracovali se SM, podnětná a pro 60% rozvíjející. Nicméně téměř 20 % vyučujících uvedlo jako hlavní překážku/komplikaci časovou náročnost a 12 % uvedlo i

přílišnou obsahovou náročnost, která často vedla k nedokončení úlohy. Příčina tohoto lze hledat v naplnění či přetížení pracovní paměti. Množství mentální aktivity, která v daný moment působí na pracovní paměť člověka (žáka) je označováno jako kognitivní zátěž (Pass 2003, Chen 2016). Další kapitoly práce se proto věnují popisu a možnostem měření tohoto fenoménu, který může pomoci odhalit příčinu obsahové a časové náročnosti SM.

## 2.5. Teorie kognitivní zátěže

Empirický výzkum disertační práce je postaven na teorii kognitivní zátěže, kterou lze měřit pomocí metod biometrického testování. V této části se proto práce věnuje její charakteristice a následuje přehled metod jejího měření.

Teorii kognitivní zátěže poprvé formuloval v roce 1988 australský pedagogický psycholog John Sweller (Sweller 1988). Konstrukt kognitivní zátěže je založen na modelech lidské pracovní paměti, které říkají, že máme omezenou kapacitu pro zpracování informací. Odkazuje na požadavky na pracovní paměť vyvolané složitým úkolem v konkrétním případě, kdy je vyžadována nová informace nebo její nové zpracování (Sweller et al. 1998). Je dobře známo, že dvě hlavní omezení zdrojů pracovní paměti jsou její kapacita a doba trvání (Baddeley 2007). V pracovní paměti může být najednou uložen pouze omezený počet položek, a to pouze po omezenou dobu (Cowan 2001). Tato omezení nejsou nikdy zjevnější, než když uživatelé provádějí složité úkoly nebo když se učí. Tedy, když jsou na pracovní paměť kladeny extrémně vysoké nároky. Kognitivní zátěž je vysoce dynamická a může se měnit ze sekundy na sekundu, dokonce i během provádění daného úkolu (Chen et al. 2016). V posledních několika dekadách se teorie kognitivní zátěže stala jedním z nejúčinnějších a nejdiskutovanějších rámců ve vzdělávacím výzkumu, která se široce používá pro hodnocení učebních prostředí (Klepsch et al. 2017).

Sweller svoji teorii opírá o evoluční a kognitivní psychologii. Jedním ze základních kamenů je práce G.A. Millera (Miller 1956), amerického představitele kognitivní psychologie, který navrhl, že můžeme v pracovní paměti podržet pouze 7 (plus nebo minus dva) „kusů“ informací najednou a naše schopnost zpracování informací je proto omezena na tyto entity. Sweller (2011) tvrdí že prvním krokem, který musíme udělat při zvažování způsobu, jakým je



organizováno lidské poznání (učení), je kategorizace znalostí. Různé kategorie znalostí mohou být získávány, organizovány a uchovávané různými způsoby a vyžadují různé výukové postupy. Pochopení toho, jak zacházíme s různými kategoriemi znalostí, je požadavkem při určování toho, které aspekty lidského poznání jsou důležité z hlediska designu výuky. Kategorizaci znalostí, o které se Sweller opírá navrhl D.C. Geary (2007, 2008) (americký kognitivně vývojový a evoluční psycholog) a jsou považovány za jedinečný základ pro pedagogickou psychologii (Sweller 2011). Rozlišuje mezi biologicky primárními a sekundárními znalostmi.

Primární jsou takové, které se se lze naučit, ale nelze je naučit, protože se obvykle učí, aniž by byly výslovně vyučovány. Patří sem způsob, jakým se učíme rozpoznávat tváře, nebo způsob, jakým se učíme první jazyk. Vyvinuli jsme se tak, abychom se naučili motorické a kognitivní procesy potřebné například k mluvení, a budeme tak činit bez explicitní výuky. Díky této evoluční historii se obě dovednosti získávají snadno a bez námahy, aniž by je někdo výslovně učil. Každá primární dovednost se pravděpodobně vyvinula zcela odděleně od každé jiné primární dovednosti, pravděpodobně během jiné evoluční epochy. Povaha biologicky sekundárně získaných znalostí je zcela odlišná od primárních. Zatímco potřebujeme mnoho aspektů biologicky primárních znalostí, abychom se naučili psát, naučit se psát je naprosto odlišná dovednost než naučit se mluvit. Nevyvinuli jsme se, abychom se naučili psát. Výukové procesy se liší, protože kognitivní systém používaný k ‚učení se mluvit‘ se liší od systému používaného k ‚učení se psát‘. Psaní poskytuje příklad biologicky sekundárních znalostí spíše než biologické primární znalosti potřebné k mluvení (Sweller 2011).

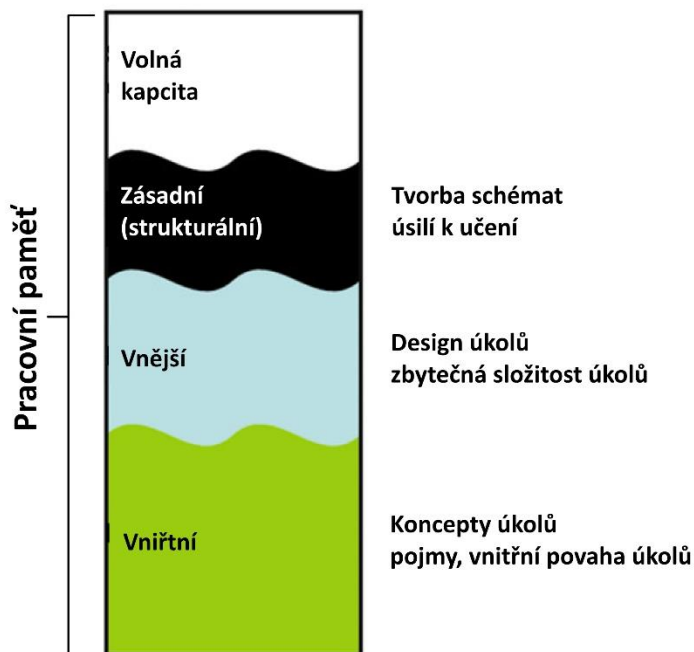
Získávání těchto biologicky sekundárních znalostí je hlavním tématem teorie kognitivní zátěže, protože každý předmět, každá oblast kurikula od pracovních činností přes geografii po fyziku se sestává z velké části z biologických sekundárních znalostí. Kognitivní zátěž se také mimo jiné ukazuje jako čím dál důležitějším determinantem výkonu Interakce mezi člověkem a počítačem (z angl. Human-computer interaction, dále jen HCI) (Chen et al. 2016). Potvrzuje se tak Cratovo (2020) názor, že kognitivní psychologie může lépe pochopit, jak se učíme.

Uložení nové informace (znalosti) vyžaduje obrovské množství doprovodných informací. Velká část těchto informací je získávána prostřednictvím principu vypůjčování a reorganizace, který platí stejně pro evoluci přírodním výběrem i pro lidské poznání. Sweller to vysvětluje na principu dělení buňky, kdy asexuální dělení probíhá půjčováním bez reorganizace. Sexuální reprodukce poskytuje biologický příklad jak půjčování, tak reorganizaci. Tuto analogii



uplatňuje i v rámci lidského poznání, protože většina lidského poznání uložená v dlouhodobé paměti, tedy biologicky sekundárního je zapůjčena od ostatních lidí a může být dále předávána. Oproti tomu naše schopnost přijímat tyto znalosti víceméně záleží na biologicky primárních znalostech. Princip půjčování a reorganizace poskytuje hlavní postup, kterým získáváme znalosti. Je ústřední pro návrh výuky a skutečně ústřední pro teorii kognitivní zátěže. Nové informace se vytváří reorganizací již dříve uložených znalostí za přispění určité míry kreativity. Tuto kreativitu či princip náhodnosti shrnuje do příkladu člověka, který se pokouší vyřešit nový problém. Předpokládejme, že nemá uložené úplné řešení problému v dlouhodobé paměti, ani není schopen získat přístup k řešení poskytnutém někým jiným. Tam, kde chybí relevantní znalosti, je jedinou možností náhodný pokus o jeden z možných tahů.

Hlavním účelem výuky je zvýšit použitelné znalosti v dlouhodobé paměti. Učení je definováno jako pozitivní změna v dlouhodobé paměti, a pokud se tedy v dlouhodobé paměti nic nezměnilo, k učení nedošlo. Z pohledu našich znalostí kognitivní architektury je účelem učení zvýšit efektivitu principu environmentálního organizování a propojování. Informace vytváříme velmi pomalu, protože pracovní paměť je při práci s novými informacemi extrémně omezená. Tato omezení pracovní paměti je třeba brát v úvahu vždy, když se zabýváme biologicky sekundárními znalostmi, které jsou předmětem výukových postupů. Studenti musí nové informace zpracovat a uložit do dlouhodobé paměti pomocí paměti pracovní. Zátěž, která na pracovní paměť působí lze rozdělit do několika kategorií v závislosti na jejich funkci a jsou znázorněny na obr. 4 (Paas et al. 2003, 2004; Sweller et al. 1998; van Merriënboer a Sweller 2005, Sweller 2011).



Obrázek 4: Kategorie kognitivní zátěže, které využívají prostředky pracovní paměti. (upraveno dle Chen 2016, str. 14)

Rozlišuje se kognitivní zátěž způsobená vnitřní povahou úlohy či výukového materiálu (vnitřní kognitivní zátěž – intrinsic) a způsobem, jakým je prezentován (vnější kognitivní zátěž – extraneous), obojí musí být řešeno pracovní pamětí se zdroji přidělenými oběma těmito dvěma typům kognitivní zátěže. Zdroje věnované zátěži způsobené vnitřní povahou úlohy jsou zásadní (z aj. germane) pro učení, a tak je lze označit jako „zásadní zdroje“. Termín „zásadní kognitivní zátěž“ se často používá k odkazování na tyto zásadní zdroje, i když je pravděpodobně nevhodné tento termín používat (Sweller 2011, str. 57). Na rozdíl od vnitřní a vnější kognitivní zátěže, která je způsobena povahou a strukturou učebních materiálů, není zásadní kognitivní zátěž způsobena povahou učebních materiálů. Zásadní kognitivní zátěž se týká zdrojů vyhrazených ke konstrukci nového schématu (struktur) v dlouhodobé paměti, proto se setkáváme i s označením strukturální (Chen 2016), které budeme používat.

Vnitřní zátěž závisí na dvou různých faktorech, interaktivitě prvků a předchozí znalosti studentů (Moreno a Park 2010). Interaktivita prvků odpovídá počtu prvků, které musí student současně zpracovat (jsou na sobě závislé) v pracovní paměti při řešení úkolu (Chandler a Sweller 1996). Sweller (2011) to uvádí na příkladu znalostí z chemie či výuce cizího jazyka. V rámci chemie se student naučí značku pro železo (Fe) či měď (Cu), případně cizí slovo pro psa či kočku. Tyto prvky nemají žádnou interaktivitu a student se je může naučit nezávisle.

Není zde žádný vztah. Je to příklad nízké interaktivity učebního materiálu (obsahu) a tudíž je míra vnitřní zátěže velmi malá, či téměř žádná. Vysoká interaktivita prvků je tehdy kdy se učební materiál (úloha) skládá z prvků, které spolu úzce souvisejí, a nelze je tedy učit izolovaně. Analogickým případem z chemie může být chemická rovnice  $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ , v případě cizího jazyka poskládání celé věty. Úroveň interaktivity mezi prvky, které jsou nezbytné pro učení, určuje vnitřní kognitivní zátěž. Předchozí znalosti studenta hrají zásadní roli, protože nové informace lze propojit s existujícími schémata (Gerjets et al. 2004). Takovým příkladem může být opět výuka cizího jazyka. Ovládnout slovník cizího jazyka může být velmi složité a často to trvá mnoho let. Obtížnost úkolu je dána velkým počtem prvků, nikoli jejich složitostí. Některý materiál s vysokou interaktivitou prvků tedy může být obtížné naučit se nejen proto, že se může skládat z velkého počtu vzájemně se ovlivňujících prvků, ale také proto, že se skládá z mnoha prvků v absolutních hodnotách. Materiál, který obsahuje jak velký počet prvků, tak mnoho z těchto prvků interagujících, bude mimořádně obtížné se naučit (Sweller 2011).

V jistém smyslu nelze vnitřní kognitivní zátěž změnit, protože je vlastní konkrétnímu úkolu. Pokud se učební úkol nezmění a pokud úroveň znalostí studentů zůstane konstantní, vnitřní kognitivní zátěž také zůstane konstantní. Snížení vnitřní kognitivní zátěže změnou povahy toho, co se učí, může být důležitou instruktážní technikou, ale ve většině případů je její užitečnost pravděpodobně dočasná. Vnitřní kognitivní zátěž bude také snížena samotným aktem učení, kdy žák opakuje a zlepšuje svoje znalosti. Interaktivita prvků je spojena s vnitřní, ale i s vnější kognitivní zátěží (Sweller 2011). Vnější kognitivní zátěž je způsobena výukovým designem učebního materiálu. Kdykoli musí student investovat mentální zdroje do procesů, které nejsou relevantní pro samotný úkol, jako je vyhledávání nebo potlačování informací, nazýváme je vnějšími procesy (Klepsch 2017). Některé výukové postupy totiž vyžadují, aby studenti zpracovali velké množství vzájemně se ovlivňujících prvků, z nichž mnohé nejsou přímo relevantní pro učení (Sweller 2011). Lze připomenout, že na základě principu výpůjčky a reorganizace je získávání biologicky sekundárních informací napomáháno přímým, explicitním poučením. Vnější zátěž lze tedy relativně jednoduše ovlivnit, když jsou nezbytné procesy, jako je zobrazování nebo spojování informací, usnadněny designem úlohy či instrukcí vyučujícího (Klepsch 2017).

Vnitřní a vnější kognitivní zátěž jsou aditivní. Společně určují celkovou kognitivní zátěž způsobenou materiálem, který je třeba se naučit. Pokud zdroje pracovní paměti potřebné k řešení zátěže způsobené vnitřní a vnější kognitivní zátěží překročí dostupné zdroje pracovní paměti, kognitivní systém selže, alespoň částečně, ve zpracování nezbytných informací (Sweller 2011). Cílem pracovní úlohy by proto mělo být minimalizovat především zátěž vnější, aby zbylo více prostředků pro vnitřní, resp. pro strukturální zdroje, které jsou pro učení nových znalostí klíčové (Gaisch 2019). Ty lze lépe chápat jako prostředky pracovní paměti, které jsou věnovány informacím, které jsou relevantní nebo důležité pro učení (Sweller 2011). Jsou to vlastně učební strategie, které se využívají např. k propojení nových informací se stávajícími, tj. k jejich zpracování a uspořádání. Chen et al. (2016) uvádí příklad těchto tří komponent na scénáři při řízení provozu – najít konkrétní místo (lokalitu) dopravní nehody. Analytické nástroje a vybavení jako GIS či bezpečnostní kamery aj. přispívají ke zvýšení vnější kognitivní zátěže. Samotné chápání termínu místo (lokalita) může být považováno za vnitřní a strukturální je pak integrace s dalšími úkoly jako vyslání odtahové služby, policejní hlídky apod. Předložené studie poskytly důkazy prokazující silný vztah mezi designem učebních úloh a kognitivní zátěží. Je proto nutné se v další kapitole věnovat možnostem měření kognitivní zátěže, protože tato měření mohou odhalit, které prvky a úlohy obsažené ve vzdělávacích aplikacích dělají žákům problémy a znemožňují jim daný problém pochopit.

## 2.6. Měření kognitivní zátěže

Od zavedení konceptu kognitivní zátěže v 80. letech, která popisuje a snaží se usnadnit vzdělávací proces, vznikla celá řada přístupů měření a je stále přetrvávající výzvou v pedagogickém výzkumu (Mayer a Moreno 2002, Brünken et al. 2003, 2010, Schnotz a Kürschner 2007, De Jong 2010, Moreno 2010, Klepsch 2017, Chen 2016). V počátcích teorie kognitivní zátěže (dále jen TKZ) nebyla kognitivní zátěž měřena přímo (Sweller 2011). První nepřímé měření, které Sweller (1988) použil pro podporu své teorie, byly výpočtové modely (*computational models*). Sérií experimentů potvrdil, že úkoly, které vyžadovaly nalezení velkého množství postupů k vyřešení problému, vedly k horším výsledkům učení než ty, které toto množství postupů k vyřešení problému redukovaly. Zjistil, že vyšší míra vyhledávání vyžaduje složitější model pro simulaci procesu řešení problémů, což odpovídá většímu

množství informací uchovávaných a zpracovávaných v pracovní paměti. Ayres a Sweller (1990) dále použili míru chybovosti (*Error Profiles Between Problems*) k identifikaci rozdílů v TKZ. V rámci sledování vypracovávání geometrických úloh zjistili, že studenti více chybují v bodech s nejvyšší mírou intenzity rozhodování, kde je třeba vzít v úvahu mnoho proměnných, a tudíž dochází k velké zátěži pracovní paměti. Další metodou v počátcích ověřování TKZ bylo pozorování výkonosti v průběhu získávání znalostí (*Performance During Acquisition*). Chandler a Sweller (1991 a 1992) potvrdili, že pokud je od studentů vyžadováno, aby se určité téma naučili pomocí strategie, která sama o sobě zvyšuje kognitivní zátěž, tak negativně ovlivní jak dobu učení, tak i přesnost získaných znalostí. Jak se vyvíjela teorie kognitivní zátěže a bylo identifikováno více vzdělávacích efektů, byla zřejmá potřeba přímějších měření kognitivní zátěže (Sweller 2011).

Pro kvantifikaci kognitivní zátěže dnes existuje mnoho empirických metod, které lze rozdělit do čtyř tříd technik, kategorií. Tyto čtyři kategorie se z hlediska přístupu dají rozdělit na měření pomocí škály a pomocí biometrického testování (Sweller 2011, Chen et al. 2016, Nourbakhsh et al. 2017).

Subjektivní (sebe-referenční) měření	Škálové
Měření výkonu	
Fyziologická měření	Biometrické
Behaviorální měření	

Tabulka 2: Techniky měření kognitivní zátěže

### 2.6.1. Škálové měření

Z metod škálového měření kognitivní zátěže je nejvíce používaná stupnice vyvinutá Paasem (1992). Jedná se o měření vlastní introspekce, reflektování vlastního uživatelova vnímání kognitivního zatížení. Typické formulace položek jsou: „*Investoval jsem \_\_\_ duševní úsilí*“ nebo „*moje investované duševní úsilí bylo \_\_\_.*“ Stupnice je obvykle koncipována jako 5 až 9 bodová Likertova škála (Klepsch 2017). Uživatel odpovídá na soubor hodnotících otázek bezprostředně po dokončení úkolu. Používají se dva typy škál, a to jedno rozměrová (Unidimensional) a více rozměrová (Multidimensional). Tyto škály, především jednorozměrné,

byly kritizovány, protože nedokážou zachytit multimodální charakter kognitivní zátěže. Více rozměrové škály sice přináší širší pohled, ale nejsou příliš vhodné pro testování žáků, především z důvodu, že žáci nedokážou přesně definovat svoje pocity (Chen et al. 2016). Skutečnost, že introspektivní hodnocení nejsou vysoce spolehlivá, prokázala studie Van Gog et al. (2011), kde byly celkové retrospektivní míry zátěže obecně vyšší než průměr několika měření během učení. Studenti upravují své hodnocení s ohledem na situační parametry a používají subjektivní interní standardy k hodnocení svého aktuálního stavu zátěže, pokud vůbec mají schopnost introspekce (Klepsch 2017).

Jednou z nejpoužívanějších technik multidimenzionálních škál je paradigma dvojího úkolu, ve kterém se výkon hodnotí v sekundárním úkolu prováděném paralelně za účelem posouzení kognitivní zátěže věnované hlavnímu úkolu. Přístupy založené na měření výkonu mohou tedy reflektovat variace, ke kterým došlo během úkolu. Tohoto typu měření využívá například NASA (NASA Task Load Index), který se skládá ze šesti dílčích škál, které měří různé faktory spojené s dokončením úkolu. Otázky typu „*Jak těžce jste museli pracovat?*“ nebo „*Kolik duševní a percepční aktivity bylo zapotřebí?*“ jsou opět hodnoceny subjektivně pomocí škály. Celková míra zátěže je dosažena kombinací šesti subškál (Sweller 2011). Nicméně tyto přístupy mají tu nevýhodu, že jsou fyzicky nebo psychologicky rušivé. Stejně tak je mnoho z nich tvořeno až po skončení úkolu – post-hoc, a tudíž nevedou k popisu v reálném čase. Měření výkonu mohou také záviset na tom, zda člověk úkol dokončí, což nemusí být vždy možné v situacích s příliš vysokou zátěží. Ve chvíli, kdy se respondent (např. žák) zastaví na jednom či dvou krocích, které nejsou validní pro hodnocení výkonu, nemůže být zátěž spočítána. Hlavní nevýhoda těchto měření spočívá především v tom, že jsou hodnoceny až po vykonání úkolu a nelze tedy zachytit změny v kognitivní zátěži v průběhu trvání úkolu (Chen et al. 2016).

## 2.6.2. Biometrické měření

Chování (jako jsou gesta a pohyby) a fyziologická data (signály z mozku, srdce, svalů, kůže, očí atd.) jsou neverbální výstupy lidského těla, které velmi často odhalují cenné a spolehlivé informace o tom, co si lidé myslí a cítí. Moderní vybavení umožňuje shromažďovat velké množství těchto dat v reálném čase, přesně, zatímco se lidé soustředí na své vlastní úkoly, aniž by přerušili jejich běžnou rutinu (Nourbakhsh et al. 2017).

Fyziologové a psychologové již dlouho používají tyto druhy měření k hodnocení stresu, afektivních stavů a stavů vzrušení. Když jsou vhodně shromážděny a korelovány s dalšími signály, jako je řeč, výraz obličeje a pohyby očí/těla, mohou tato měření pomoci odhalit kognitivní stav uživatele (Lin et al. 2005). Taková měření jsou užitečná, protože jsou kontinuální a umožňují měřit signál vysokou rychlostí ve velmi jemných detailech (Pass et al. 2003). Na rozdíl od škálových měření – odpovídání dotazníků o celkovém dojmu z úkolu, mohou fyziologické senzory odhalit řadu výkyvů, které mohou nastat, až když subjekt úkol dokončí, což ukazuje na kolísající úrovně prožívané kognitivní zátěže (Shi et al. 2007). Jak ale upozorňují mnozí autoři (př. Chen 2016, Klepsch 2017, Popelka 2018), tak i některá fyziologická měření mají své úskalí. Mnohé přístroje jsou totiž pro respondenta rušivé a některé zařízení i ekonomicky neúnosné (Chen 2016, Klepsch 2017). Tato fyziologická měření většinou souvisejí s klinickým psychologickým výzkumem u poruch jako je autismus apod. (Popelka 2018).

Chen (2016) uvádí ještě měření behaviorální které lze extrahovat z jakékoli aktivity uživatele, která převážně souvisí s úmyslným (dobrovolným) dokončením úlohy. Kromě již zmíněného pohybu očí (resp. pohledu) sem zařazuje ještě ukazování myši a klikání a používání klávesnice a řeč (Crundall a Underwood 1998). Chen et al. (2013) uvádí jako příklad úlohy zadání číselné řady. Tu lze provést v horní části klávesnice nebo na numerické, či klikáním na čísla myši. Vlastní obsah odpovědi bude vždy stejný. Způsob, jakým je úloha provedena nemá vliv na výsledek, ale poskytuje informace o době řešení, trajektorii myši či vyvinutém tlaku na klávesy. V rámci popisu jednotlivých metod a principů měření pro účely výzkumu oproti Chen et al.

(2016) je nahlíženo na tato měření souhrnně jako biometrická. V literatuře se v souvislosti s měřením kognitivní zátěže nejčastěji setkáváme s těmito druhy biometrických měření:

Druh měření	Vybrané práce
Mozková aktivita (EEG a ECG)	Brünken 2003, Antonenko et al. 2010
Změny v tělesné teplotě a dýchání	McDuff et al. 2014, Grassmann et al. 2016, Romine at al. 2020
Tepová frekvence a její variabilita	Paas a van Merriënboer 1994, Kennedy a Scholey 2000
Elektrodermální aktivita (galvanická odezva kůže, GSR)	Shi 2007, Villarejo 2012, Nourbakhsh 2017
Činnost očí (Eye tracking + Eye gaze tracking)	Van Gerven et al. 2004, Chen 2016, Zagermann et al. 2016, Popelka 2018

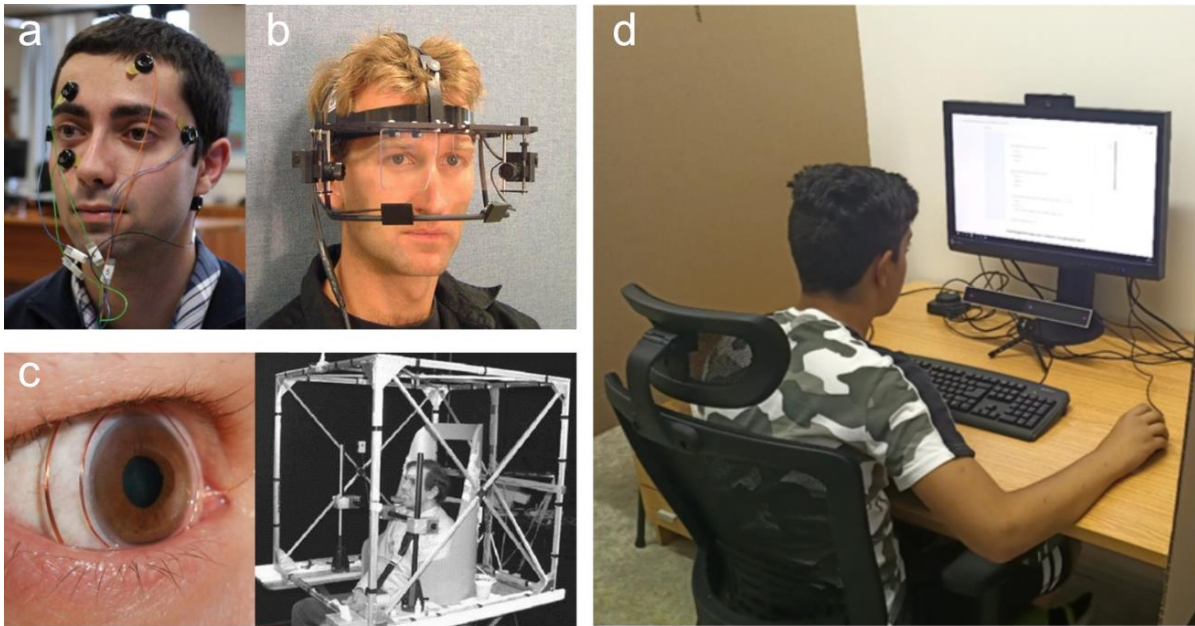
Tabulka 3: Vybrané druhy biometrických měření.

Některá měření, jako je mozková aktivita, tělesná teplota a dýchání jsou intruzivní (velmi rušivé) metody. Proto se jim již v tomto výzkumu a následujícím textu nevěnujeme. Výzkum navíc pracuje se soustavou měřících zařízení, která tyto hodnoty nezaznamenává.

#### 2.6.2.1. *Eye tracking*

Tato část shrnuje měření a sledování očních pohybů a jejich význam při hodnocení kognitivní zátěže. Měřicí zařízení, které se nejčastěji používá pro měření očních pohybů, je běžně označováno jako eye-tracker – od toho odvozenina Eye-tracking. Obecně existují dva typy technik sledování pohybu očí: ty, které měří polohu oka vzhledem k hlavě, a ty, které měří orientaci oka v prostoru a zaznamenávají „bod pozornosti“ (Point Of Regard – POR) (Young a Sheena 1975, Duchowski 2017). Duchowski (2017) či Popelka (2018) zmiňují 4 principy či kategorie měření očních pohybů, které zaznamenávají polohu oka vůči hlavě (obr. 5)





Obrázek 5: Nejčastější metody měření očních pohybů. [EOG](#)(a), P-VOG – náhlavní souprava (headmounted)(b), Scleral Coil – cívka a konstrukce pro měření změny magnetického pole(c). Stolní souprava s eye-trackerem umístěným pod monitorem (d). (EyeCon, Clarke et al. 2002, Autor)

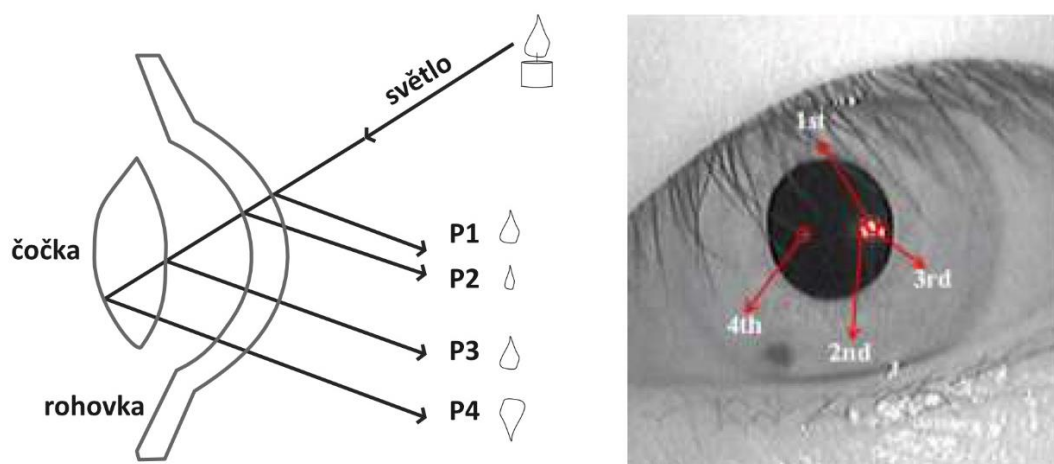
Elektro-okulografie EOG je metoda vyvinutá před 40 lety a dodnes je stále používána. Pomocí elektrod umístěných kolem oka (a) se měří rozdíl elektrického potenciálu v rozmezích 15–200  $\mu\text{V}$ . Jak se lidské oko pohybuje, polarita těchto elektrod se mění, takže lze odvodit směr a velikost pohybů očí jednotlivce. Tento potenciál se nachází mezi rohovkou a sítnicí a nazývá se korneo-retinální potenciál (CRP) (Duchowski 2017, Popelka 2018). Jednou z výhod tohoto principu je možnost měřit pohyb zavřených očí. Toho se využívá ve studiích zaměřených na oční pohyby během spánku (Popelka 2018).

Photo (POG) či Video- (VOG) okulografie seskupuje širokou škálu technik zaznamenávání očních pohybů, které zahrnují měření rozlišitelných částí oka při rotaci/translaci, jako je zdánlivý tvar zornice, poloha limbu (hranice duhovky a bělimy) a rohovkových (korneálních) odrazů blízko umístěného směrovaného zdroje světla (infračerveného) (Duchowski 2017).

Sklerální cívka (scleral coil) je považována za jednu z nejpresnějších technik měření očních pohybů (Young a Sheena 1975, Duchowski 2017, Popelka 2018). Jedná se o kontaktní čočku, která je dostatečně velká, aby přesahovala přes rohovku a skléru (čočka podléhá sklouznutí, pokud čočka zakrývá pouze rohovku). K této čočce je připevněná stopka a na ní různá mechanická nebo optická zařízení nejčastěji drátové cívky. Měření využívá drátovou cívku,

která je následně měřena při pohybu elektromagnetickým polem. Nošení takové čočky způsobuje značné nepohodlí a je jednou z nejintruzivnějších metod (Young a Sheena 1975, Duchowski 2017). Duchowski (2017) i Popelka (2018) uvádějí, že se jedná o metody, ze kterých nelze určit bod pozornosti (POR), i když tato tvrzení vyvrací používání EOG při ovládní přístrojů invalidních lidí (např. Fatourechi 2007), kdy je ale opět nutné hlavu fixovat či používat náhlavní soupravu viz obr. 8 (a, b). Chen et al. (2016) tyto metody (principy) řadí mezi fyziologické techniky měření a z hlediska pedagogického výzkumu je lze považovat za nevhodné, protože se jedná o velmi rušivé metody, které zahrnují nutnost nošení velkého množství zařízení, navíc velmi často je nutné fixovat hlavu či respondenta umístit do nepřirozeného prostředí.

V oblasti měření kognitivní zátěže pomocí sledování očních pohybů se v současnosti nejčastěji využívá rohovkového odrazu světelného zdroje (corneal reflection) a středu zornice (pupil center) (Zagermann et al. 2016, Duchowski 2017, Popelka 2018). Tato měření se od předchozích odlišují tím, že poskytují informaci o POR, aniž by bylo nutné fixovat pozici hlavy. Odraz rohovky světelného zdroje (typicky infračerveného) se měří vzhledem k umístění středu zornice. Odrazy rohovky jsou známé jako Purkyňovy odrazy nebo Purkyňovy obrazy (Crane 1994). Jsou to odrazy předmětů od struktury oka. Celkem jsou popsány 4 obrazy a jsou pojmenovány po Janu Evengelystovi Purkyně (1787–1869) a po francouzském lékaři L. J. Sansonovi (1790–1842). První Purkyňův obraz (P1) je odrazem od vnějšího povrchu rohovky. Druhý Purkyňův snímek (P2) je odrazem od vnitřního povrchu rohovky. Třetí Purkyňův obraz (P3) je odrazem od vnějšího (předního) povrchu čočky. Čtvrtý Purkyňův obraz (P4) je odrazem od vnitřního (zadního) povrchu čočky (obr. 6). Na rozdíl od ostatních je P4 převrácený obrázek reálného objektu a jejich přesně definované polohy a vlastnosti jsou podstatou při zaznamenávání očních pohybů (Sigut a Sidha 2011, Lee et al. 2012, Xiong et al. 2013, Feng a Cai 2017).



Obrázek 6: Princip vzniku Purkyňových obrázků (P1-P4) s ukázkou. (upraveno dle Lee et al. 2012, Caverio et al. 2017 a Feng a Cai 2017)

Nejčastěji je k tomu využíván stolní senzor, který je méně rušivým elementem během výzkumu a není příliš nákladný (Duchowski 2017). Senzor obsahuje kameru, která snímá oči respondenta a na základě rozpoznávání obrazu nalezne střed zornice a korneální odraz a ze vzájemné polohy vypočítá POR (Popelka 2018). Rozlišujeme dobrovolné pohyby očí, jako jsou fixace a sakády, a nedobrovolné pohyby očí, jako je rozšíření zornic a mrkání. Existují ještě další oční pohyby glysády a sledovací pohyb (Duchowski 2017, Popelka 2018), které se však pro měření kognitivní zátěže nepoužívají. Měření kognitivní zátěže pomocí technologie sledování pohybu očí lze považovat za efektivní a pohodlný způsob hodnocení nad rámec klasických měření, jako je chybovost nebo čas dokončení úkolu. Poskytovaná data jsou objektivní a lze k nim přistupovat v reálném čase, což umožňuje přizpůsobit aplikaci či uživatelské rozhraní aktuální kognitivní zátěži uživatele (Zagermann et al. 2016, Jerčić 2020).

Rozlišujeme několik základních pohybů. Fixace jsou pohyby očí, které stabilizují sítnici nad stacionárním předmětem zájmu. Toto je nejběžnější typ události při sledování pohybu očí, který se týká stavu soustředění, kdy oko zůstává nehybné a trvá od 50–300 milisekund až po několik sekund (Zagermann et al. 2016, Duchowski 2017). Jsou to dobrovolné pohyby. Počet fixací udává, kolikrát se uživatel podíval do určité oblasti zájmu (POR). Fixace však neznamená, že je oko nehybné. Fixace jsou charakterizovány miniaturními pohyby očí: tremor (třes), drift (posun) a mikrosakády (Pritchard 1961, Martinez-Conde et al. 2004, Martinez-Conde a

Macknik 2015, Popelka 2018). Miniaturní pohyby očí, které účinně charakterizují fixace, lze považovat za šum přítomný v řídicím systému, který se pokouší udržet pohled v klidu. Tento šum se jeví jako náhodné kolísání kolem oblasti fixace, typicky ne větší než 5° vizuálního úhlu (Carpenter 1977, s. 105). Stav pozornosti je indikován polohou pohledu na displej nebo konkrétní oblast zájmu. Rudmann et al. (2003) zjistili, že směr pohledu označuje prvek v aplikaci (rozhraní), který je relevantní pro aktuální kognitivní aktivitu. Lze to interpretovat jako opakovaný zájem o určitou oblast. Lze také využít dobu fixace, dobu, po kterou se uživatel díval na určité místo. Délka fixace souvisí s úrovní kognitivního zpracování. Vysoká délka fixace ukazuje na zvýšené zatížení pracovní paměti. To doprovázeno poklesem míry fixací. Doba a míra fixace jsou indikátory nárůstu pozornosti, která je potřeba s tím, jak se zvyšuje složitost úkolu (Chen et al. 2011, Zagermann et al. 2016).

Pohyby mezi jednotlivými fixacemi se označují jako sakády. Jsou to rychlé pohyby očí používané při přemístění fovey (část žluté skvrny s nejvyšší koncentrací čípků, bez tyčinek) na nové místo ve vizuálním prostředí. Oko provádí pohyb z jedné fixace do druhé. Sakadické pohyby jsou dobrovolné i reflexivní (Zagermann et al. 2016, Duchowski 2017, Popelka 2018). Tento pohyb je nejrychlejším pohybem, který tělo dokáže vyvinout, a jeho dokončení trvá 10–100 milisekund (typicky 30–80), což je dostatečně krátká doba, aby během přechodu člověk účinně oslepl. Díky tomu není možné pozorovat vlastní pohyby očí v zrcadle (Shebilske a Fisher 1983, Zagermann et al. 2016, Duchowski 2017, Popelka 2018). Sakády se považují za tzv. balistické a stereotypní pohyby. Pojem stereotypní označuje pozorování, že určité pohybové vzorce lze vyvolávat opakovaně. Termín balistický odkazuje na předpoklad, že sakadní cíle jsou předem naprogramovány. To znamená, že pohyb na požadovanou další fixaci je vypočítán a sakádu již nelze nahradit či změnit. Jedním z důvodů za tímto předpokladem je, že během provádění sakády není dostatek času na vizuální zpětnou vazbu, která by navedla oko do jeho konečné polohy (Carpenter 1977, Duchowski 2017).

Nejběžnější vizualizací sakád jsou jejich trajektorie (ScanPath). Lze měřit rychlost a délku sakád a pozorovat vzorce těchto trajektorií (Zagermann et al. 2016). Chen et al. (2011) zkoumali měření rychlosti a délky sakády s cílem prozkoumat lidské duševní úsilí. Jejich výsledky mimo jiné ukazují, že rychlost a délka sakády jsou vysoce diskriminační parametry, oba související s dosahováním vysokého výkonu. Podobně Manuel a kol. (2004) zjistili, že snížení rychlosti

sakády indikuje únavu a zvýšení rychlosti sakády znamená vyšší obtížnost úkolu (Zagermann et al. 2016).

Dalším relevantním měřením je odezva zornice. Je to mimovolný, nedobrovolný reflex, při kterém se mění průměr (dilatace) zornice a může být od 1,2 mm do více než 8 mm. Psychologové již přes dvacet let tvrdí, že změny v dilataci zornic doprovázejí namáhavé kognitivní zpracování. Bylo zjištěno, že dilatace zornic je spolehlivým indikátorem zátěže zpracování během úkolů (Zagermann et al. 2016). V novějších studiích byly reakce zornic měřeny pomocí sledování očí na základě videa a studie ukázaly, že výběr funkcí je pro klasifikaci pracovní zátěže kritický. Předchozí výzkumy ukázaly, že zornice uživatelů se rozšiřují, když se zvyšuje obtížnost úkolu a jejich kognitivní úsilí k jeho vyřešení (Pomplun 2003, Klinger et al. 2008, Chen 2011, Porta 2012, Rafiki 2015, Chen et al. 2016, Zagermann et al. 2016, Duchowski 2017). Mnoho studií potvrdilo tento argument v různých úlohách, včetně čtení, řešení problémů a vizuálních úloh [(Rudmann et al. 2003). Porta et al. (2012) také pozorovali zmenšení velikosti průměru zornice ke konci úkolu ve svém experimentu, což interpretovali jako potenciální známku únavy. Kromě kognitivních procesů způsobují změny ve velikosti zornice změny jas prostředí. Když se prostředí ztmaví, zornice se rozšíří, aby získala více světla, a stáhne se, když se prostředí zesvětlí. Tato měření jsou relevantní, ale je potřebné zajistit stejné světelné podmínky (Chen et al. 2016).

Další metrikou sledování očí, která poskytuje informace o kognitivní zátěži uživatele je frekvence a latence mrkání. Neustále mrkáme, mrkání je velmi časté, viditelné a typicky nevědomé. Existují tři hlavní typy mrknutí, jak je definovali Stern a Dunham (1990): reflexní mrknutí (v reakci na to, že něco podráždí oko), dobrovolné mrknutí (jako výsledek rozhodnutí mrknout) a endogenní mrknutí (v důsledku vnímání a zpracování informací) (Ledger 2013). Rychlost a latence mrkání mohou pomoci k hlubšímu pochopení stavu pozornosti účastníka. Čím více pozornosti vyžaduje úkol, tím méně endogenních mrknutí se vyskytuje. Bylo například zjištěno, že vysoká latence a nízká frekvence mrkání ukazují na vysokou duševní námahu (Chen et al. 2011, Zagermann et al. 2016). Kognitivní zátěž a frekvence mrkání jsou tedy nepřímo úměrné (Ledger 2013). Tento vztah lze vidět u chirurga, který provádí operaci. Jejich frekvence mrkání je výrazně snížena ve srovnání s frekvencí mrkání v obecné konverzaci, a to proto, že jejich kognitivní zátěž je na maximu (Wong 2002). Vzhledem k tomu, že zrakový vstup je

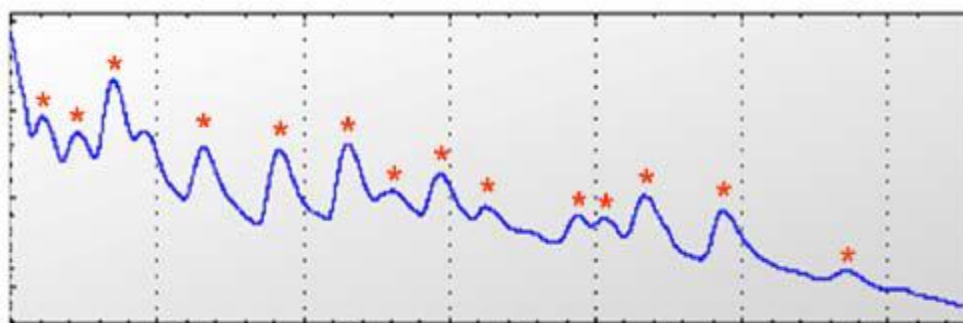
během mrkání potlačen, není překvapivé, že mnoho výzkumů zjistilo, že lidé snižují frekvenci mrkání při vizuálně náročných úkolech, pravděpodobně proto, aby minimalizovali riziko, že zmeškají důležité informace (př. Drew 1951, Baumstimler a Parrot 1971, Stern a Skelly, 1984). Studie Nakano et al. (2009), která pro měření závislosti mrkání a kognitivní zátěže používala EOG, také prokázala, že mrkáme méně v situacích, kdy potřebujeme absorbovat větší množství vizuálních informací. Podobně Manuel et al. (2004) zjistili, že zvýšení frekvence mrkání, snížení rychlosti mrkání a snížení míry otevřenosti očních víček jsou příznaky zvyšující se únavy (Zagermann et al. 2016).

#### 2.6.2.2. *Tepová frekvence a Elektrodermální aktivita*

Tepová frekvence, resp. její variabilita, je dalším dobře zavedeným parametrem používaným k obecnému měření úrovně stresu (Choi 2011, Villarejo 2012, Solhjoo 2019). Variabilita tepové frekvence (HRV) je používána zejména v souvislosti mezi duševní zátěží a kardiovaskulárními chorobami. HRV je totiž vysoce citlivý marker klinického stavu, zejména srdečního onemocnění a autonomní neuropatie (Delliaux et al. 2019). Změny variability srdeční frekvence ukazují na modulaci autonomního nervového systému především v reakci na změny krevního tlaku a duševní stres (Electrophysiology 1996). Důležité je, že výkon respondentů ve stresu může být pozitivně nebo negativně ovlivněn autonomním nervovým systémem, a tak může špatně kontrolovaný autonomní tonus přispívat ke špatnému výkonu a být cílem intervence. Studie zjistily silnou korelaci mezi tepovou frekvencí a fyziologickým vzrušením (Andreassi 2010). Stejně jako u účinků pozorované u změn průměru zornice bylo zjištěno, že zvýšená obtížnost úkolu (např. obtížnost mentálního aritmetického úkolu) zvyšuje tepovou frekvenci (Sosnowski et al. 2004, Boutcher a Boutcher 2006, Jerčić 2020). Množství studií uvádí, že HRV je snížena mentálním úsilím a mentální zátěží pravděpodobně v důsledku aktivace sympatiku a/nebo stažení parasympatiku (př. Mulder a Mulder 1981, Grossman 1992, Hjortskov et al. 2004, Collins et al. 2005, Taelman et al. 2011, Delliaux et al. 2019). Tato měření tak mohou být vhodnými ukazateli kognitivní zátěže díky své spolehlivosti a možnosti nepřetržitého zaznamenávání (Croizet 2004, Solhjoo 2019). Výsledky výzkumů Jerčice (2020) naznačují, že vazba mezi průměrem zornice a tepovou frekvencí jako měřítko fyziologického vzrušení může být užitečným indikátorem kognitivních schopností účastníků v kontextu

náročného rozhodovacího úkolu. Jak se úkol stává náročným a vyžaduje značnou kognitivní zátěž, byla u průměru zornic pozorována dominance kognitivní zátěže nad fyziologickým efektem vzrušení. Navíc tepová frekvence stále rostla kvůli fyziologickému vzrušení a obtížnosti úkolů.

Mezi dalšími často používanými fyziologickými signály je galvanická odezva kůže (Galvanic Skin Response – dále jen GSR) také označována jako elektrodermální aktivita (Electro-Dermal Activity, EDA). Metoda zahrnuje měření elektrické vodivosti kůže prostřednictvím jednoho nebo dvou senzorů, které jsou obvykle připevněny k některé části ruky nebo nohy. Vodivost kůže se mění se změnami úrovně vlhkosti pokožky (pocení) a může odhalit změny v sympatickém nervovém systému (SNS) (Chen 2016, Nourbakhsh et al. 2017). Výzkumy a empirická data již dlouho spojují variace GSR se stresem a vzrušením SNS (př. Seyle 1956), podobně jako tepovou frekvenci. Jak je člověk více či méně vystresovaný, GSR se zvyšuje nebo snižuje (Shi et al. 2007). GSR obvykle osciluje mezi 10 k $\Omega$  a 10 M $\Omega$  (Nabours 2004, Villarejo 2012). Nejčastější ukazatele GSR běžně extrahované a používané v literatuře jsou střední úroveň GSR a kožní vodivostní odezvy (Skin Conductance Response – SCR). SCR jsou charakteristické krátké křivky, jako jsou ty, které jsou označeny hvězdičkami na obrázku 7.



Obrázek 7: Charakteristická křivka hodnot GSR. (Giakoumis et al. 2011)

Jejich výskyt uvnitř signálu GSR znamená aktivační reakce autonomního nervového systému na vnitřní nebo vnější podněty. Oba tyto ukazatele jsou běžně používány na automatické rozpoznání vlivu konkrétního stimulu (Giakoumis et al. 2011). Miller a Shmavonian (1965) byla první studií, která zkoumala možnost využití GSR jako funkce stresu a kognitivní aktivity. Novější výzkumy také spojily hodnoty GSR s kognitivní aktivitou a stanovily věrohodnou korelaci mezi stresem a kognitivními funkcemi (Boucsein 2012). Všechny tyto práce nám poskytují teoretický základ pro využití GSR k měření kognitivní zátěže a jejích variací. V



posledních letech se výrazně zvyšuje zájem o použití GSR jako objektivního měřítka použitelnosti v oblasti human-computer interaction (HCI) (Mandryk a Inkpen 2004, Lin 2005). Studie Shi et al. (2017) ukazuje, že průměrná hodnota GSR se mezi respondenty zvyšuje s rostoucí kognitivní zátěží. Navíc naznačuje, že uživatelé zaznamenali nižší úroveň kognitivní zátěže při použití multimodálního (web) rozhraní namísto unimodálního (řeč, gesta). Vlastnosti GSR jsou považovány za velmi spolehlivé fyziologické měřítko lidského vzrušení (Oviatt et al. 2004, Kim a Andre 2008). Ve studiích Rani et al. (2006) a Chanel et. Al (2008) bylo zjištěno, že rysy extrahované z GSR korelují se sebehodnocením nudy subjektem. Lze tedy očekávat, že budou užitečné pro rozpoznání nudy, afektivního stavu, který může být spojen s nízkou úrovní kognitivní zátěže (Giakoumiss et al. 2011).

## 2.7. Shrnutí

Tato kapitola poskytla kontext a teoretická východiska pro výzkum. Byly identifikovány trendy v reformách národních kurikulárních dokumentů. Ty lze charakterizovat posunem k digitálním technologiím, kde prvním krokem je reorganizace předmětu informatika (ICT) a následné přesunutí některých digitálních kompetencí do ostatních předmětů. Ukázalo se, že v tomto ohledu naplňuje digitální kompetence ve výuce geografie GIS. Ten je dnes používán pro analýzu velkého množství prostorových dat, tvorbu digitálních map a webových mapových aplikací, a právě tvorba map je s geografii provázaná již od starověku a společně s prostorovou analýzou jsou podstatou moderní geografie. Pro školní prostředí jsou vhodnější z hlediska složitosti a nákladů na vybavení i SW aplikace webového GIS. Ty mají mnoho podob, mezi kterými v posledních letech vynikají aplikace postavené na principu vyprávění (storytellingu). Do výuky je lze zapojit jako projekty, které vytvářejí sami žáci, tak i jako výukové nástroje. V rámci projektu Digigram se ukázalo, že při práci s těmito nástroji mohou nastat situace, které jsou pro žáky příliš složité. Podobné situace popisuje teorie kognitivní zátěže, která hledá kritická místa při řešení každodenních úloh nebo ve vzdělávacím procesu. Identifikace zatěžujících prvků a postupů pomáhá vylepšovat design těchto nástrojů a úkolů s ním spojených. Kognitivní zátěž lze měřit mnoha přístupy. Mezi nejobektivnější metody patří biometrické testování fyziologických stavů lidského těla, jako jsou oční pohyby, mozková aktivita, tělesná teplota, tepová frekvence či elektrodermální napětí kůže a další. Je tedy



patrné, že se jedná o velmi široké téma s mnoha cestami, kudy se může výzkum ubírat. V následující části je proto detailněji popsáno, které konkrétní ukazatele kognitivní zátěže budou použity a jak budou měřeny. V první řadě však bude popsán celkový design výzkumu včetně stanovení jeho cílů.

### 3. Cíle práce

Je široce přijímáno, že webová mapová aplikace ArcGIS StoryMaps je vhodný nástroj pro výuku. Nicméně většina výzkumů se zaměřuje především na vyšší vzdělávání a jsou navíc prováděny pomocí škálového subjektivního dotazování ex-post (Cope 2018, Wilber 2018, Groshans 2019 či Vojteková et al. 2019, Tian et al. 2022). Nepřináší proto důležité poznání, jakým způsobem mladší žáci s aplikací pracují a jak na ně působí v reálném čase s ohledem na kognitivní zátěž. Disertační výzkum se zabývá vztahem kognitivní zátěže, která je měřená pomocí biometrických senzorů, a webovou mapovou aplikací SM. V tomto ohledu studie zkoumá kognitivní zátěž jednotlivých prvků i celkového designu webové mapové aplikace u žáků 2. stupně základní školy. Výzkum zahrnuje biometrická měření tepové frekvence, GSR a pohybů očí. Tato měření mohou syntetizovat a rozšířit naše perspektivy týkající se vztahu designu úlohy a kognitivní zátěže a dosáhnout tím co nejeefektivnějšího nastavení podobných aplikací, jejichž použití ve výuce bude čím dál častější, jak ukazují aktuální trendy posilování digitálních technologií ve výuce.

Hlavním cílem výzkumu je analyzovat to, jak žáci s aplikací SM pracují. K naplnění tohoto cíle je potřeba najít odpovědi na následující otázky:

- Kolik času stráví, v konkrétním celku?
- S jakými prvky nejvíce pracují?
- Jaké prvky zvyšují kognitivní zátěž?
- Jak žáci používají webové mapy?

Pro nalezení těchto odpovědí byly stanoveny tři hypotézy.

1. Práce, které byly uvedeny v předchozích kapitolách, jako je Shi et al. (2007), Giakoumis et al. (2011), Villarejo et al. (2012), Chen et al. (2016) dále pak např. Jerčić et al. (2020), které se věnují vztahu biometrických ukazatelů GSR, TF či očních pohybů a kognitivní zátěže, popisují specifické změny v hodnotách biometrických údajů. Tato zjištění přináší několik základních poznatků ve vztahu ke kognitivní zátěži a pro stanovení první hypotézy je shrnujeme následovně: Zornice uživatelů se budou rozšiřovat se zvyšující se obtížností úkolů a kognitivním úsilím, které je potřeba k jeho vyřešení. Zároveň s tím bude stoupat TF a hodnoty GSR. První (H1) hypotéza tedy předpokládá, že jednotlivé

celky aplikace SM zvyšující kognitivní zátěž budou vykazovat zmíněné charakteristické znaky a budou se od sebe lišit.

2. Každý předmět má svoje kritická místa, která jsou podobně vázána na určité prvky jako je čtení textu, pohybové limity žáků atd (Nohavová a Stuchlíková et al. 2021). Pluháčková et al. (2019) ve svém výzkumu kritických míst geografického kurikula uvádí jako nejkritičtější místo práce s mapou, především z důvodu chybějících predispozic, velké náročnosti na představivost a prvních zkušeností práce s mapou, resp. s atlasem. Tato zjištění potvrzuje i výzkum Staňka et al. (2021), zaměřující se na kritická místa vybraných předmětů na ZŠ. Učitelé zeměpisu nejčastěji uvádí nejkritičtější místo určování polohy na zemi, které výrazně souvisí s orientací na mapě. Na základě těchto poznatků druhá hypotéza (H2) předpokládá, že celky aplikace, které vyžadují práci s mapou budou patřit k těm nejvíce zatěžujícím.
3. Alan Baddeley (1992) postuloval, že dva hlavní limity pracovní paměti je její kapacita a čas. Výzkumy týmu P. Barrouilleta z ženevské univerzity, které jsou shrnuty v Barrouillet et al. (2007), ukazují, že informace uvnitř pracovní paměti trpí úpadkem souvisejícím s časem. Čas je tedy jedním z hlavních determinantů kognitivní zátěže a duševního úsilí. Třetí hypotéza (H3) proto předpokládá, že úlohy, při kterých budou žáci používat prvky, které zvyšují kognitivní zátěž budou zároveň časově nejnáročnější. Čím komplexnější úloha bude, tím delší bude čas potřebný k jejímu vypracování.

## 4. Metodologie výzkumu

Tato část práce se věnuje metodologickým otázkám výzkumu. Kapitola se věnuje popisu výzkumného designu, který povede k naplnění cílů. Dále je identifikován výukový problém, který bude náplní aplikace a je popsán výběr účastníků výzkumu.

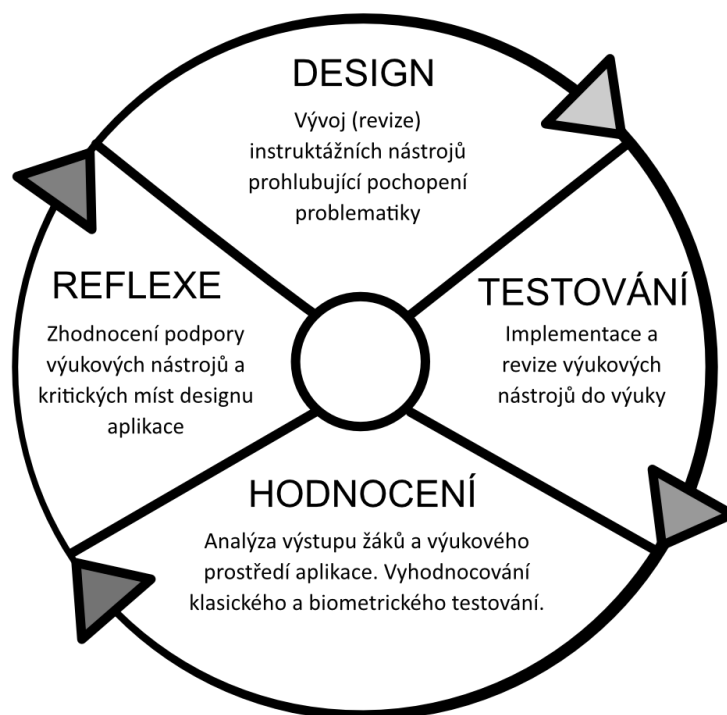
### 4.1. Design výzkumu

Základním východiskem výzkumu je Design-based research (dále jen DBR). Ten byl poprvé navržen na počátku 90. let Brownem (1992) a Collinsem (1992) jako snaha rozšířit stávající metody, které se zabývají propojením teorie a praxe v pedagogickém výzkumu a do jisté míry navazuje na první výzkumné studie Deweyho (1929), který se zabýval přijetím komplexních vzdělávacích intervencí do procesu učení (Linn 2004). Wang a Hannafin (2005) definují DBR jako metodologii výzkumu zaměřenou na zlepšení vzdělávacích postupů prostřednictvím systematického, flexibilního a opakovaného přezkoumávání, analýzy, návrhu, vývoje a implementace, založenou na spolupráci mezi výzkumníky a odborníky v reálném světě a vedoucí k návrhu principů nebo teorie. DBR nemá žádné specifické požadavky na formu, kterou musí mít výukové nástroje, ani na způsob, jakým jsou nástroje hodnoceny (Bell 2004, Anderson a Shattuck 2012, Scott et al. 2020).

DBR bývá primárně aplikován v prostředí školní třídy, avšak současný posun výuky směrem k digitálním nástrojům, kdy žáci často pracují samostatně, jak v hodině, tak i při domácím procvičování, lze tento design považovat za vhodný i pro laboratorní testování. Splňuje totiž základní epistemické závazky, které definoval Sandoval (2014). Ten tvrdí, že by DBR měl být založen na teoriích učení (např. konstruktivismu), které formují návrh výukových nástrojů a jsou výzkumem vylepšovány (Cobb et al. 2003, Barab a Squire 2004). Díky tomu je DBR více než jen metodou pro testování, zda výukový nástroj funguje či nikoli. Zkoumá také, proč návrh fungoval a jak jej lze zobecnit na jiná výuková prostředí (Cobb et al. 2003). Dále by se měl zaměřit na vytváření měřitelných změn ve výuce studentů kolem konkrétního učebního problému (Anderson a Shattuck 2012, McKenney a Reeves 2013). Tento požadavek zajišťuje, že teoretický výzkum učení studentů je přímo použitelný a má dopad na studenty a učitele

(instruktory) ve třídách (Hoadley 2004). DBR by měl generovat principy designu, které povedou k implementaci budoucích výukových nástrojů (Edelson 2002). Těchto principů výzkum využívá a snaží se na základě poznatků z průběhu testování design úloh i celé aplikace upravovat. V tomto směru je modifikovaný výzkum stejný. Jeho odlišnost od klasického DBR s ohledem na charakter zkoumané aplikace a možností testování v pandemickém období je čas. Brown (1992), Barab a Squire (2004), Sandoval (2014) a Bell (2004) totiž uvádí, že výhodou DBR ve srovnání s krátkodobými experimenty je větší pravděpodobnost pozorování plných účinků, jak nástroj ovlivňuje učení žáků. Toto je jedinou a odlišností od klasického DBR.

Cobb a Gravemeijer (2008) v jejich navržené metodologii DBR rozlišují 3 fáze: Příprava (design), Experimentování (testování) a retrospektivní analýzu dat generovaných v průběhu experimentu (reflexe). Tyto fáze se poté opakují v novém cyklu. Výzkum pracuje s rozdělením dle Scott et al. (2020), která reflexi rozděluje do dvou částí, hodnocení a reflexe. V hodnotící části je popsán proces vyhodnocování nasbíraných dat. Reflexe se věnuje popisu těchto výsledků.



Obrázek 8: Cyklus DBR. Schéma čtyř fází se základním popisem cyklu, upraveno dle Scott (2020).

## 4.2. Použitý hardware a software

Pro sběr dat z biometrické testování je využíván systém Gazepoint. Konkrétně se jedná o oční senzor Gazepoint GP3, který pracuje na frekvenci 60Hz a přesnost kamery je 0,5 – 1° s 5 nebo 9 bodovou kalibrací (Vogl 2014). Eye-tracker je k počítači připojen pomocí dvou USB kabelů. Napájecí kabel se stejnosměrným proudem poskytuje napájení eye-trackeru přes USB port v řídicím počítači. Tento kabel lze připojit k řídicímu počítači také přes USB hub. Datový kabel se používá ke komunikaci tam a zpět mezi eye-trackerem a řídicím počítačem. Tento kabel musí být připojen přímo k USB portu na řídicím počítači, protože využívá téměř 100 % datové sběrnice. V ideálním případě by nemělo být více zařízení ve stejném USB rozbočovači, ke kterému je připojen eye-tracker, aby bylo zajištěno, že žádná jiná zařízení nebudou rušit přenos obrazu eye-trackeru (Vogl 2014, Popelka 2018). Tento eye-tracker je doplněn o biometrický segment, který zachycuje srdeční tepovou frekvenci (dále jen TF), galvanickou odezvu kůže (dále jen GSR – Galvanic Skin Response). Dále lze ještě použít analogové měření sebe-zapojení uživatele (tzv. dial), toho však nebylo využito, protože by docházelo k rušivým vlivům na žáka. Celá sestava je doplněna o webovou FULL HD kameru s rozlišením 1080p/30fps se záznamem zvuku, která zachycuje celkový pohled na žáka a umožňuje doplnit záznam o vnitřní dialog a zachycení emočního stavu. Aplikace je pak promítána na 23“ monitor Eizo ColorEdge CS230 s rozlišením 1920x1080 pixelů (Full HD) s barevnou hloubkou 10bit a obnovovací frekvencí 60Hz. Součástí Gazepoint řešení jsou dva programy. Gazepoint Control funguje jako „vypínač“ pro infračervené LED, biometrický senzor a kameru a zpracovává snímky zachycené kamerou. Gazepoint Control jako takový musí být spuštěn pro sběr dat, ale ne při pozdější analýze dat (Vogl 2014). Druhý program Gazepoint UX Analysis provádí dvě primární funkce: sběr dat a analýzu dat. Při sběru dat tedy musejí být spuštěné oba programy najednou. Pro dílčí analýzy byla použita analytická aplikace ArcGIS Insights a ArcGIS Pro.

## 4.3. Identifikace výukového problému

Pro první fázi – design a pro definování účastníků výzkumu je nejprve nutné identifikovat výukový problém, tedy definovat obsahovou náplň SM. Proces identifikace problému obvykle vychází z vlastních zkušeností výzkumníka (ve třídě nebo mimo ni) nebo z

předchozího výzkumu, který byl popsán v literatuře (Cobb et al. 2003). V rámci výuky geografie patří k největším výzvám témata spojená s matematikou (Rickey a Bein 1996, De Guzman 2010, Nyony et al. 2019). Johnson a Gondesén (2007) a podobně také Hammond et al. (2014) považují jako jedno z hlavních a zároveň velmi obtížných témat výuky geografie/zeměpisu lokalizaci pomocí souřadnic. V Česku se konkrétním kritickým místům výuky geografie/zeměpisu na ZŠ věnuje Pluháčková et al. (2019) nebo Staněk et al. (2021). Pluháčková et al. (2019) definuje kritická místa dle Rendl a Vondrová (2014) jako: „*oblasti, kde žáci často selhávají, resp. nezvládají je v takové míře, aby se jejich tvořivé využívání produktivně vyvíjelo*“. Na tuto definici nahlíží především z pohledu vyučujícího a dělí je dle Mentlík et al. (2018) na tři typy: subjektivní (téma se nelíbí učitelům), ontodontická (důležitá pro obor/praxi, ale náročná pro pochopení) a psychodidaktická, kdy žáci nejsou motivováni k pochopení, především kvůli použití nevhodných metod a prostředků. Z tohoto rozsáhlého výzkumu se ukázalo, že největším úskalím při výuce geografie/zeměpisu jsou opět zeměpisné souřadnice (zeměpisná šířka a délka). K podobnému výsledku dospěl i výzkum Staňka et al. (2021), který na základě dotazníkového šetření mezi učiteli potvrdil určování geografických/zeměpisných souřadnic jako nejnáročnější a nejkritičtější část kurikula. Autoři shledávají příčinu v tom, že tomuto tématu žáci špatně rozumějí, a že učitelé a tvůrci výukových materiálů věnují tomuto tématu nevalnou pozornost. Zejména kvůli špatné návaznosti napříč obory, především matematiky a fyziky, kde je toto učivo (úhly, stupně) rovněž jako nové zařazováno do učiva 6. třídy (viz RVP nebo ŠVP). Jedná se tak o komplexní problematiku, která má smíšený charakter. Typy kritických míst mají i podobnou strukturu, jako je tomu u kognitivní zátěže. Složitost této tematiky lze tedy určitým způsobem ovlivnit.

Johnson a Gondesén (2007) navrhuje začít s problematikou určování polohy pomocí souřadnic v nižších stupních základního vzdělávání, konkrétně ve 4. třídě, tedy o dva roky dříve, než je v Česku zvykem. Využívají k tomu úlohy, kde se žáci učí poznávat základní síť tvořenou pouze rovníkem a základním poledníkem a určují polohy v jednoduchých kvadrantech. Žáci si tak osvojují základní koncepty, na kterých mohou později stavět a dochází tak ke snížení ontodontického vlivu. Z hlediska kognitivní zátěže to lze přirovnat k ovlivnění vnitřní, resp. strukturální složky. Podobně jako Johnson a Gondesén (2007) používá zjednodušené sítě v navržené aktivitě „Popiš, kde máš bod“ Pluháčková et al. (2019, str. 54). V aktivitě formou hry žáci hádají mezi sebou, kde se bod nachází. Ten se pak stupňuje

aktivitou „najdi bod“, kde již žáci na papírové mapě se zjednodušenou souřadnicovou sítí snaží určit ve stupních polohu konkrétního bodu. Oproti této analogové podobě, využívají Johnson a Gondesén (2007) a Hammond et al. (2014) k hlubšímu pochopení problematiky reálná geografická data či přijímače GPS, tím si připravují půdu pro budoucí práce v rámci regionální geografie a ukazují žákům praktické využití těchto znalostí pro praxi. Tento přístup k využívání geoinformačních systémů a technologií především v oblastech severní Ameriky byl zaveden po rozsáhlé změně geografického/zeměpisného kurikula, který je shrnut v publikaci *Learning to think spatially* (NRC 2006). Snahou je více zapojit kritické myšlení a problémovou výuku (tzv. *Geoinquiries*). To je významně odlišný přístup od praxe v Česku. Změnu tohoto přístupu lze očekávat i v českém prostředí, pokud bude dál pokračovat započatá reforma RVP.

Jelikož lze i v Česku, očekávat přesun „analogových“ aktivit a pomůcek do digitální podoby, právě jako je SM a s ohledem na výše uvedené byla tato problematika identifikována jako vhodný výukový problém, a tedy i téma SM.

#### 4.4. Účastníci výzkumu

Na základě identifikace problémové části geografického kurikula, byly pro výzkum osloveny školy v Jihočeském kraji, jejichž školní vzdělávací plány shodně zařazují učivo kartografie a s tím spojené určování polohy do 6. třídy. Výzkum probíhal v září a prosinci 2021 na PF JU. Všichni žáci již tedy prošli základním kurzem a mají bazální povědomí o problematice. Konkrétně se jednalo o školy: ZŠ Bezdrevská, ZŠ Máj (České Budějovice), ZŠ Plešivec (Český Krumlov) a ZŠ T. Šobra (Písek). Dalším důvodem výběru bylo, že se jedná o školy, se kterými autor dlouhodobě spolupracuje a některé jsou zároveň fakultními školami, kde probíhají studentské praxe. Odpadá tak časová náročnost při plošném a náhodném oslovování škol. Pro výzkum bylo také podstatné, že bylo možné flexibilně měnit termíny návštěv kvůli opatřením souvisejícím s probíhající pandemií Covidu-19.

Vedoucí učitelé i žáci byly dopředu informováni o tom, co je čeká a jejich zákonní zástupci podepsali souhlas se zpracováním osobních údajů. Celkem se výzkumu účastnilo 27 žáků 6. ročníků ve věku 11-12 let z toho 14 dívek a 13 chlapců. Učitelé vybraných tříd byli pozváni na workshopy pro žáky s tematikou virtuální reality a robotiky na PF JU. V rámci těchto



workshopů docházelo k náhodnému výběru žáků pro testování s dodržáním vyvážení genderu.

Při příchodu do laboratoře jim byl popsán testovací systém a vysvětlen princip výzkumu.

## 5. Biometrické testování kognitivní zátěže při využívání aplikace ArcGIS StoryMaps

V této části jsou popsány jednotlivé fáze cyklu DBR. Celkem proběhly dva cykly. Pro první cyklus jsou popsány všechny čtyři fáze (design, testování, hodnocení a reflexe). Jelikož se fáze testování a hodnocení v identicky opakují, je v druhém cyklu popsán design a závěrečná reflexe.

### 5.1. Cyklus 1: Design

První fáze výzkumu zahrnuje samotnou přípravu experimentu. Sem se řadí především samotný vývoj výukových nástrojů, které se zabývají jak teoretickými, tak praktickými záležitostmi výukového problému (Edelson 2002, Wang a Hannafin 2005, Scott et al. 2020). Tyto nástroje mohou mít mnoho podob, jako jsou konkrétní strategie výuky, pracovní listy a postupy ve třídě nebo technologický software (Sandoval 2014).

Celková podoba SM respektuje principy storytellingu a doporučení z pohledu distributora Esri. Tato doporučení se dají shrnout do několika kroků. Je potřeba upravit styl podle toho o jaké respondenty se jedná. Pomocí vhodných komponent (mapy, obrázky) a šablon (postranní panel, slide show apod.) je vtáhnout do děje. Dále je potřebné s ohledem na respondenty upravit tyto komponenty, aby byly dostatečně jednoduché a vypovídající a zacílené na konkrétní problém (Szukalski 2017, Wilber 2018). Příběh byl vystavěn na postupném odkrývání jednotlivých typů souřadnic. Aby byl co nejbližší zvyklostem žáků, byl inspirován učebnicemi, které žáci na školách používají a zároveň jsou i dle Splítek (2017) nejfrekventovanější. Jedná se o učebnice nakladatelství Nová Škola, ČGS a Fraus. Na začátku SM, byla použita navrhovaná alternativní aktivita z Pluháčkové (2019) „Popiš kde, máš bod“, která byla vizualizována pomocí prolínajících se obrázků. Bylo využito funkce postranního panelu, kde se postupně objevuje související text, který je doplněn o výzvy k zamyšlení o poloze bodu. Materiál byl rozšířen o popisy a barevně rozlišeny jednotlivé souřadnice, aby bylo dosaženo lepšího vizuálního stylu. Klasická schémata zeměpisné sítě byla nahrazena 2D i 3D interaktivní mapou. Tyto mapy mají možnost zapínat/vypínat jednotlivé souřadnice pomocí

akcí příběhu, aby měl žák možnost větší interakce (tzv. „osahání“). Krátké souhrnné texty obsahovaly typické učebnicové otázky, př. „odhadni které poledníky a rovnoběžky procházejí Českou republikou?“. SM byla doplněna souborem nejčastěji se vyskytujících úloh formou interaktivního kvízu vytvořeném v prostředí MS Forms. Tento kvíz byl podobně jako v učebnicích umístěn na závěr aplikace jako shrnující aktivita. Kvíz č.1 se skládal z 5 otázek, které se vyskytují na konci kapitol věnované souřadnicím. Na závěr byla doplněna aktivita označená jako kvíz č.2. Je to typická aktivita v hodinách s tímto tématem – vyhledávání souřadnic v atlasu (Staněk et al 2021). Skládá se ze 6 kvízových úloh a webové mapy, která obsahuje souřadnice i nástroje, které slouží k přesné lokalizaci na mapě. Tímto způsobem je simulována práce s atlasem. Přehled a krátká anotace jednotlivých celků je uvedena v tabulce 4. SM je dostupná z adresy:

<https://storymaps.arcgis.com/stories/821a4275ff694b9687b63c75001a6046>



Celek	Popis
prefix	úvodní text
ukol	transformovaný úkol dle Pluháčková (2019)
mezi	krátký oddělovací text
map1	Mapová sekce 2D mapa s tlačítky akce příběhu umožňující přepínání mezi poledníky a rovnoběžkami
map2	Zeměpisná délka: text + 3D mapa
map3	Zeměpisná šířka: text + 3D mapa
shrnuti	shrnující text
minecraft	motivační a oddělovací text s obrázkem
kviz1	obecné otázky
kviz2	určování polohy

Tabulka 4: Celky 1. fáze aplikace.

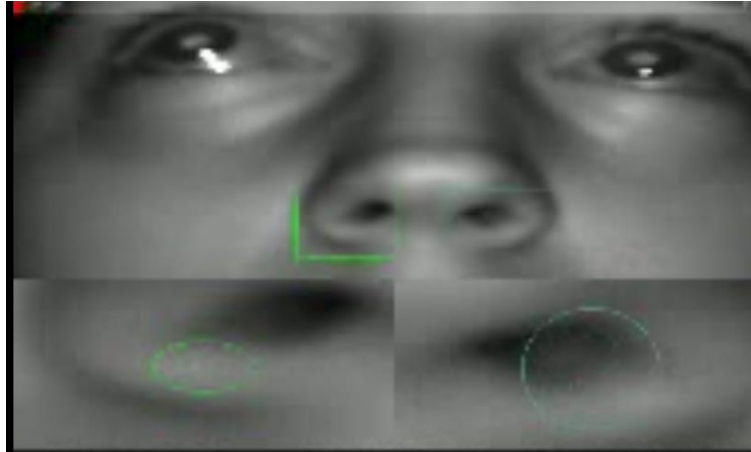
## 5.2. Cyklus 1: Testování

Cobb a Gravemeijer (2008) zahrnují do této fáze sbírání dat, testování instruktážních nástrojů. V první řadě bylo potřeba připravit laboratoř, testovací místnost. Popelka (2018) zmiňuje několik základních požadavků na správné nastavení místnosti. Uvádí, že je důležité, aby v zorném poli respondenta bylo co nejméně rušivých podnětů, aby se mohl soustředit na zobrazované stimuly. Z tohoto důvodu byl počítač operátora umístěn naproti žákovi, oddělený přepážkou, která má po stranách připevněné zástěny, aby nebyl rušen okolím a mohl se plně soustředit (obr. 12). Světelné podmínky v laboratoři byly uzpůsobeny tak, aby světlo nesvítilo přímo do eye-trackeru a zároveň, aby nebyl vystaven přímému slunečnímu svitu. Okna laboratoře byla zastíněna žaluzií. Testování probíhalo při rozsvícených zářivkách umístěných na stropě, takže při každém testování byly přibližně stejné světelné podmínky. Celkové seřízení systému při testování žáků je obecně velmi komplikované. Problémem u žakovského věku při testování je velmi vysoká variabilita jejich výšky (130-170 cm). Výrobce doporučovaného nastavení, lze dosáhnout velmi obtížně. Nejčastěji je uváděná ideální vzdálenost, kterou by měl být eye-tracker od uživatele, aby byla zajištěna dobrá kvalita dat, obvykle v rozmezí 50 až 75 cm (Brand et al. 2021). Gazepoint uvádí 65 cm, či na délku paže od žakova obličeje a zároveň by měl být 40 cm pod úrovní očí. Především aby nedocházelo k odrazům od infračerveného světla. U 19ti palcového monitoru by měl být eye-tracker přibližně 15 cm před spodní částí monitoru. U menších monitorů by měl být blíže a u větších monitorů by měl být umístěn dále, přičemž by měla být zachována vzdálenost paže od uživatele ke sledovací oči (Vogl 2014). Celkové nastavení je zachyceno na obrázku 9.



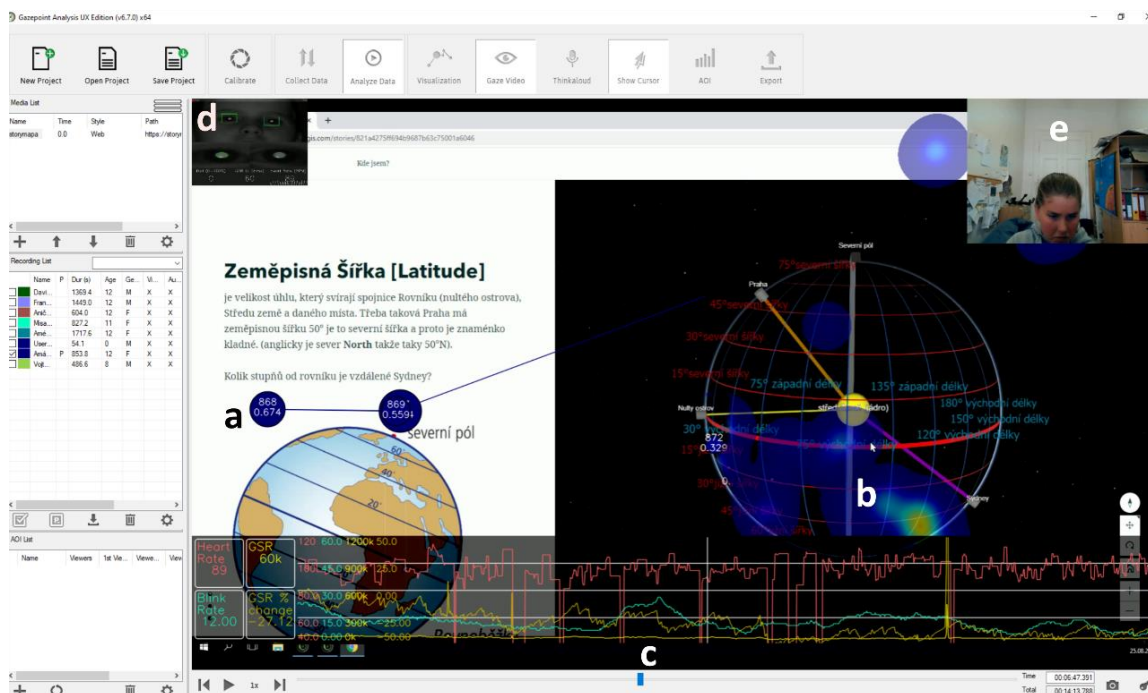
Obrázek 9: Gazeport testovací sestava. (Vlevo) Na horní hraně monitoru je webkamera zaznamenávající celkový pohled na žáka, pod monitorem je umístěn 3GP eye-tracker a žák má na levé ruce připevněn biometrický kit. (Vpravo) Naproti přes přepážku je umístěn počítač a monitor operátora.

Pro potřeby co nejpřesnějších výsledků, byl po pilotním testování zvolen stůl stejné výšky jako školní lavice 70 cm, dále byla použita klasická nepolohovatelná školní židle. U kancelářských polohovatelných židlí docházelo k velké rotaci a pohybu žáků, což způsobovalo výpadky signálu z eye-trackeru. Žáci se nejprve usadili, tak aby mohli dobře manipulovat myší. V této poloze došlo ke kalibraci eye-trackeru. Tuto pozici si měli za úkol zapamatovat. Kalibrace systému Gazeport byla prováděna 9 bodů. Přesnost kalibraci si uživatel může interaktivně zkontrolovat pomocí zobrazení trajektorie oka v síti jedenácti kružnic. Jak udává Popelka (2018) nejedná se o ideální přístup, ale potřeby výzkumu, kdy je potřebné zaznamenat do jaké oblasti se žák dívá, jaká je velikost zornice a jak dlouho trvá fixace ve vztahu ke kognitivnímu zatížení, je tento způsob kalibrace dostačující. K problémům při kalibraci i záznamu dat může docházet kvůli různým vadám očí, jako je například astigmatismus, či brýlím s antireflexní vrstvou. Eye-tracker totiž detekuje zornici jako tmavý kruh a v některých případech se stává, že místo zornice detekuje řasenku či při přílišném přiblížení i nosní díрку, jak je patrné na obrázku 10. Při přílišném vychýlení a ztrátě signálu byly žáci upozorněni domluveným heslem „srovnej se“ a žák se poté srovnal do výchozí polohy.



Obrázek 10: Chyba, která může vzniknout při přílišném přiblížení k monitoru (senzoru). Namísto zornice oka je chybně zaznamenávána nosní dírka.

Při testování má operátor možnost na svém monitoru sledovat průběh v reálném čase. Na komponovaném obrázku 11 jsou vidět možnosti vizualizací v softwaru Gazepoint UX Analysis. Zde je možné zachycená data očních pohybů vizualizovat jako Gazefixation path (a), pro sledování sakád a fixací, u kterých je zaznamenáno ID a doba fixace v sekundách či heat map (b), pomocí této funkce lze dobře identifikovat oblasti zájmu respondenta. Spodní lišta pak umožňuje vizualizovat formou grafu jednotlivé biometrické údaje (c) GSR, HR, frekvenci mrkání atd. Při testování je vhodné mít zapnutý záznam z eye-trackeru (gaze video) (d), který slouží ke kontrole, zda se respondent nevychýlil ze zorného pole eye-trackeru. To nastává nejčastěji při naklonění k monitoru nebo při vychýlení do boku při delší práci v aplikaci. Respondenta je v tuto chvíli nutné vrátit zpět domluveným povelom „srovnej se“. Záznam web kamery (e) slouží pro celkový přehled, protože respondent a kontrolor jsou od sebe odděleni.



Obrázek 11: Prostedí Gazepoint UX Analysis při sběru dat.

### 5.3. Cyklus 1: Hodnocení

Třetí fáze zahrnuje hodnocení účinnosti výukových nástrojů s využitím záznamů (důkazů) o učení studentů (Barab a Squire 2004, Anderson a Shattuck 2012). Oproti studiím, kde se eye-tracking aplikuje na statické objekty (obrázky) či mapové portály, GIS software a mapy (Coltekin et. al 2009, 2014; Dong et al. 2018; Popelka 2018) je tento výzkum odlišný v tom, že jsou žáci necháváni volně pracovat s rolovací webovou stránkou, tak jako kdyby pracovali z domova bez dozoru učitele. Tímto charakterem se přibližuje práci Schofield (2017), který nechává pracovat žáky základního stupně vzdělávání (11-12 let) se systémem pro řízení výuky (z angl. Learning Management Systém), což je obdoba systému Moodle či bakaláři, a snaží se identifikovat, které prvky designu (login tlačítko, menu) jsou nevhodně umístěné. Tyto práce shodně využívají vizualizací softwarů dodávaných k eye-trackeru (př. SMI RED, Gazepoint, EyeTribe či EyeWorks™ ad.). Nejpoužívanější jsou heat mapy a gaze path (viz obr. 14). Dále je využíváno systému oblastí zájmu, dále jen AOI (z angl. Area of Interest), které je možné definovat na základě záznamu očních pohybů – fixací. AOI umožňují vytvářet, prohlížet a spouštět základní statistiky konkrétního stimulu, části obrazovky (Chen et al. 2014, Korbach et al. 2017, Popelka 2018). Primárně je tento nástroj určen pro statické oblasti zájmu. Tedy



situace, kdy se jedná o nepohyblivou stránku a každý respondent se dívá na ten samý prvek, př. ikona nákupního košíku, tlačítka pro zoomování v mapě nebo úloha, která je na jednom slidu. Těchto AOI využívá ve své práci např. Alacam a Daci (2009), Coltekin et al. (2009) a (2014), Djamasbi (2014), Duchowski (2017), Korbach et al. (2018) nebo Popelka (2018). Další možností jsou dynamické AOI. Ty umožňují sledovat stimulus, který se pohybuje. Je důležité, aby se objekt, který je sledován pomocí dynamického AOI, pohyboval pouze v přímých úsecích. To zdůvodňuje Vogl (2014) interpolací vzdálenosti mezi dvěma AOI jako rovnoměrný pohyb po přímce. Typicky se jedná o video stimul, př. pohyb herce či loga ve filmu, kdy dochází k pohybu konkrétního objektu, který lze v čase a prostoru jasně definovat (Kurzahls et al. 2014, Zhang et al. 2018, Fichtel et al. 2019).

Při pilotním testování vyšlo najevo, že tyto systémově nastavitelné AOI nelze aplikovat na analýzu činnosti žáka na pohyblivé webové stránce, kdy není omezen časem či specifickými úkony jako u Schofield (2017). Doba strávená v aplikaci se totiž liší žák od žáka a velmi často dochází k rolování stránky z místa na místo, přeskokování prvků a zpětnému prohlížení prvků, či vysoce zmatečnému prohlížení stimulů. Tento pohyb tedy není rovnoměrný a nelze synchronizovat jednotlivé žáky na stejný stimul (Gazepoint 2013). Dále tyto AOI neposkytují informace o vztahu AOI a činnosti na kterou se žák aktuálně zaměřuje. Pokud například dojde v rámci vyplňování kvízu k hledání správné odpovědi, a tedy k rolování stránky a prohlížení konkrétního stimulu, tak se jedná o data vztahující se primárně ke kvízu a ne např. k mapě. Tuto charakteristiku AOI nedokážou zachytit. Bylo proto nutné přistoupit k ruční sekvenaci jednotlivých videozáznamů a AOI byly přiřazovány na základě FPOGID, což je ID konkrétní fixace. K přiřazování bylo využito videozáznamu s vizualizací Gazefixationpath, která zobrazuje délku fixací včetně unikátních ID. Jednotlivé záznamy lze exportovat ze systému Gazepoint. Ten umožňuje generovat dva typy csv souborů, u kterých se definuje, jaké atributy budou obsahovat. Soubor s koncovkou `_all_gaze` obsahuje raw data, která jsou zaznamenávána dle frekvence senzoru, tedy 60Hz (za jednu sekundu dojde k 60 záznamům), což je přibližně 16,67 milisek. Toho principu lze využít mimo jiné při výpočtu času stráveného v různých celcích v různých typech prvků vztahem  $t_x = N/60$ , kde  $t_x$  je konkrétní část či prvek a N je počet záznamů. Druhý typ souboru s koncovkou `_fixations` obsahuje podmnožinu dat, ve které jsou uvedeny pouze fixace. Tento soubor často zjednodušuje analýzu dat tím, že se zaměřuje na informace, které si později pravděpodobně sami vybereme (Vogl 2014). Systém umožňuje exportovat



značné množství různých ukazatelů, které se dají velmi rozmanitě vyhodnocovat (viz kapitola Měření kognitivní zátěže). Pro vyhodnocování kognitivní zátěže byly pro export vybrány tyto atributy:

- FPOGD – délka fixace v sekundách
- CS (Cursor state) – aktivita myši, zda je zmačknuté konkrétní tlačítko
- GSR – hodnota Galvanic Skin Response v ohmech
- HR – přepočítaná hodnota srdeční frekvence v tepech za minutu
- LPMM a RPMM – Průměry zornice (levé a pravé) v mm

V příložené tabulce 5 je ukázka části exportu ze systému Gazepoint.

Time (sec)	FPOGD	FPOGID	CS	BKPMIN	LPMM	RPMM	GSR	HR
0.72363	0.57568	2	0	28	4.67438	4.94268	43043	110
0.74170	0.59375	2	0	28	4.46329	4.83756	43050	110
0.76074	0.61279	2	0	28	4.51427	4.82050	42926	110
0.77246	0.62451	2	0	28	4.49928	4.78768	42923	110
0.78906	0.64111	2	0	28	4.50834	4.68477	42680	110

Tabulka 5: Export raw dat ze systému Gazepoint.

Pro pochopení toho, jak žáci s aplikací pracují byla data doplněna o položky vztahující se k jednotlivým oblastem zájmu a činnosti žáka. Činnosti byly definovány jako prvky, což jsou jednotlivé druhy činností, které žák vykonává, tj. čte text, pracuje s mapou, prohlíží obrázek a vyplňuje kvíz. Celky je konkrétní část, která je vizuálně i graficky odlišitelná. Přehled a definice prvků je uveden v tabulce 6. Podle Doherty et al. (2010) byl vstup do celku či sledování prvku zaznamenán, pokud délka fixace byla větší než 100 milisekund. Rychlý pohyb aplikací, kde byly fixace kratší než 100 milisekund a docházelo k rychlému přeskokování mezi celky, či byly fixace na prázdná místa nebo byly na ovládací prvky postranní rolovací lišty, byly označeny jako scrol. Tento atribut byl rozlišen pro přechod mezi jednotlivými celky, tak i pro scrolování v rámci kvízu. Po ukončení scrolování, pak byla zaznamenána fixace pro konkrétní prvek v konkrétním celku. Na základě video rozborů byly dále identifikovány počáteční (start) a koncové (end) celky, kdy operátor uděluje instrukce, případně kdy žák řekne, že je u konce s prací, tím dojde k vyčištění dat, které je výrazně ovlivněno vnějšími činiteli, jako je komunikace s operátorem. Původní raw data byla ještě doplněna o informaci, o jakého žáka se jedná (user).

Prvek	Popis
map	prohlížení a interakce s mapou
text	čtení textu v nekvízových celcích
obr	prohlížení obrázku či animace
fill	čtení otázek a vyplňování odpovědí v kvízové části
vysledky	prohlížení výsledků kvízu
scrol	scrolování stránky

Tabulka 6: Sledované prvky v aplikaci.

Shi et al. (2007) a Chen et al. (2016) označují GSR jako validní index kognitivní zátěže, tedy procesu, kdy je po žákovi vyžadováno zvýšení mentálního úsilí. Pro správné vyhodnocení tohoto ukazatele je nutné tyto hodnoty normalizovat. Byl vypočítán součet hodnot GSR (kumulativní GSR) od prvního výskytu (vstupu) do celku po jeho opuštění, resp. u kvízu po odeslání odpovědi. Toto období se nazývá čas úkolu (T). Kromě toho byla hodnota GSR každé úlohy zprůměrována za dobu úkolu. Aby se vynechaly subjektivní rozdíly, byla data každého účastníka normalizována (NormGSR) vydělením signálu úkolu střední hodnotou všech úkolů subjektu:

$$NormGSR_{(i,k,t)} = \frac{GSR_{(i,k,t)}}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^{T_{ij}} \sum_{t=1}^{T_{ij}} GSR_{(i,j,t)}}$$

Kde  $GSR_{(i,k,t)}$  je hodnota konkrétního záznamu v čase t konkrétního celku k, žáka i, a m je počet všech celků (v této aplikaci je  $m=10$ ).  $GSR_{(i,j,t)}$  je kumulativní hodnota GSR konkrétního žáka za všechny celky. Kumulativní GSR (AccGSR) a průměrné GSR (AvgGSR) byly vypočítány pro celek k subjektu i následovně:

$$AccGSR_{(i,k)} = \sum_t NormGSR_{(i,k,t)}$$

$$AvgGSR_{(i,k)} = \frac{\sum_t NormGSR_{(i,k,t)}}{T}$$

Kde T je celková doba strávená v celku a t je čas vzorku. Následně byl aplikován ANOVA jednofaktorový test, aby došlo ke statistickému vyhodnocení jednotlivých celků.

Dále byla provedena analýza očních dat, konkrétně průměru zornic oka (PZ). Ta jsou poskytována systémem v milimetrech. Základní průměr zornice (ZP) byl definován podle

Jerčiče (2020) jako průměrná hodnota v průběhu počátečních 60 sekund statického obrazu. K tomuto účelu byla po kalibraci nejprve zobrazena prázdná plocha obrazovky s černým pozadím. Dále bylo pro PZ zaznamenáno maximum, minimum a pro každé oko u všech žáků byly zprůměrovány absolutní hodnoty. Normalizované hodnoty PZ byly seskupeny podle doprovodných zaznamenaných hodnot tepové frekvence (HR). Normalizované hodnoty PZ byly poté zprůměrovány přes hodnoty HR a vyneseny do grafu. Hodnoty PZ byly normalizovány pro každého účastníka pomocí  $ZP_{min} = 1,33$  mm a  $ZP_{max} = 6,16$  mm získaných v úvodu. Normalizace pak probíhala dle Jerčiče (2020) výpočtem:

$$PZ_n = \left( \frac{PZ_t - PZ_{min}}{PZ_{max} - PZ_{min}} \right) \times (ZP_{max} - ZP_{min}) + ZP_{min}$$

Pro další analýzy související s chováním a interakcí žáků byly analyzovány i další parametry jako je aktivita myši (CS). Tento atribut nabývá hodnot: 0 - bez aktivity, 1 - levé tlačítko klik, 2 - pravé tlačítko klik, 3 - levé stisknuté a 4 - pravé stisknuté (Gazepoint 2013). To je podstatné především z pohledu vyhodnocení ovládnání mapy, kdy hodnota 1 indikuje identifikaci prvku, či použití ovládacích prvků mapy a hodnota 3 bude znamenat posun po mapě. Pro ovládnání 3D mapy (map2 a map3) je potřeba pro rotování stisknuté pravé tlačítko – hodnota 4.

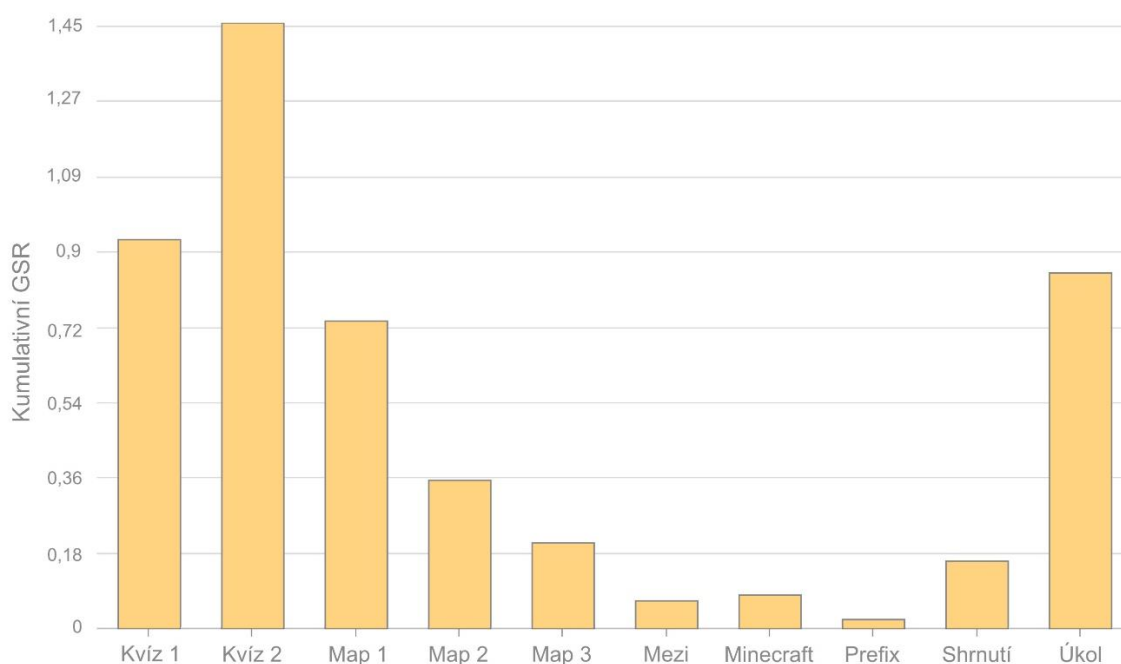
#### 5.4. Cyklus 1: Reflexe

Dle Cobb et al. (2003) a Barab a Squire (2004) je ve fázi reflexe potřeba definovat, které celky designu úlohy byly ve vztahu k učení podporující a které naopak způsobovaly přílišnou námahu. Náročnost jednotlivých celků byla analyzována pomocí hodnot biometrického testování. Nejprve byly hodnoty GSR za jednotlivé celky podrobeny jednofaktorové analýze rozptylu (ANOVA bez opakování). Výsledky jsou ve shodě s Chen et al. (2014). Raw GSR data bez normalizace nevykazují významné rozdíly pro jednotlivé úlohy ( $p=0,5297$ ). Normalizace vedla k vysoce významným výsledkům, pokud jde o rozlišení jednotlivých celků ( $F=6,44$ ,  $p < 0,001$ ). Tabulka 7 ukazuje výsledky ANOVA testu raw a normalizovaných hodnot GSR.

Všechny úkoly	F	Hodnota P	F krit
Raw data	0,89	0,529	1,98
Normalizace	6,44	<0,001	2,24

Tabulka 7: Výsledek ANOVA testu pro raw a normalizovaná data GSR v 1. cyklu

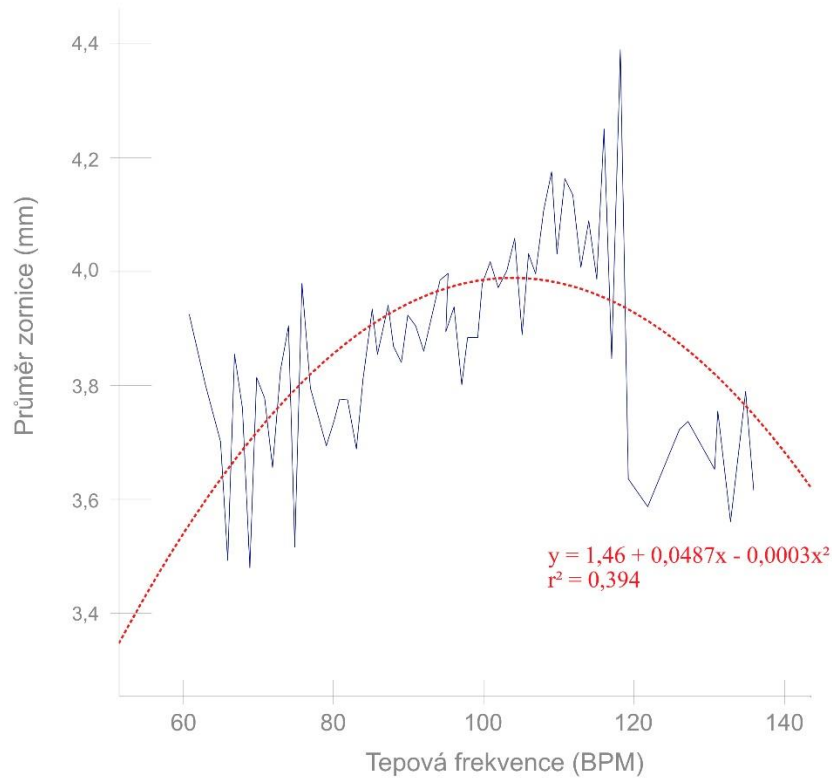
Je možné pozorovat, že kumulativní GSR poskytla výsledky, které byly mnohem významnější než výsledky dosažené průměrným GSR (s normalizací:  $F=1,74$ ,  $p=0,1249$ ; bez normalizace:  $F=0,92$ ,  $p=0,4992$ ). Průměrné hodnoty kumulativní GSR v rámci jednotlivých celků (graf 1) ukazuje, že nejnáročnější celky jsou kvízy a mapové části.



Graf 1: Průměrné hodnoty GSR všech žáků za jednotlivé celky. (Autor)

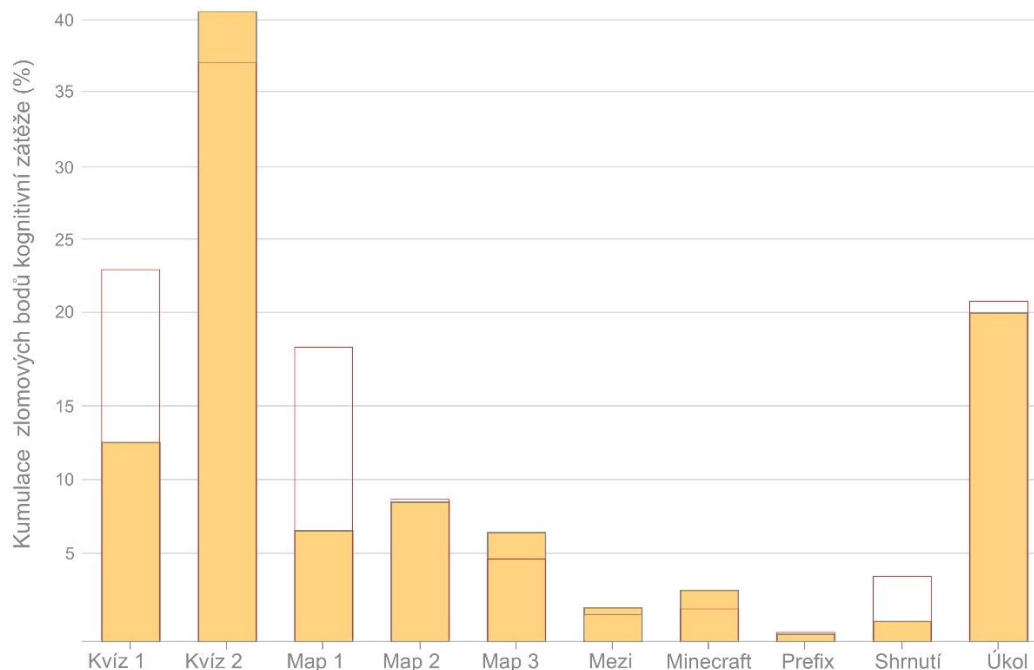
Pokud se podíváme na vztah velikosti zornice oka a tepové frekvence, tak výsledek je velmi podobný jako u Jerčiče (2020), který sleduje hladinu kognitivní zátěže při hraní serious game. Je to typ hry vytvořený za edukativním účelem, tréninkovým nebo investigativním. Označení „vážná“ poukazuje na obsah hry, který může sloužit jako výukový materiál (Djaouti et al. 2011). Výsledná data mají kvadratickou formu, kterou lze popsat nejlépe přizpůsobenou křivkou s nenulovým sklonem. Regresní analýza vypočítala rovnici nejhodnější křivky jako  $y = 1,46 + 0,0487x - 0,0003x^2$  (graf 2) s maximální hodnotou průměru zornice ( $y$ ) = 4,01mm a při maximální tepové frekvenci ( $x$ ) = 103,1 BPM, ( $r^2=0,394$ ). To je identifikace okamžiku zlomu v kognitivní zátěži, když podstatná kognitivní zátěž zastíní efekt nabuzení organismu (Kirchner 2011). Díky tomu lze lépe upravit aplikaci a učební úlohy kognitivním schopnostem

jednotlivce, který s nimi interaguje. Stručně řečeno je to bod, kdy u žáka nastává vyrovnaný stav mezi maximálním výkonem mentální kapacity a kognitivní zátěží. Pokud jsou tyto meze překročeny znamená to zvýšenou kognitivní zátěž. Je to vyjádřeno obráceným vztahem „U“ křivky mezi nabuzením a výkonem v Yerkes-Dodsonově efektu (Teigen 1994, Jerčić 2020).



Graf 2: Odezva normalizovaného průměru zornice ve vztahu k HR

Když tuto informaci zahrneme do analýzy jednotlivých záznamů a vyneseme do grafu 3, tak získáme velmi podobný výsledek jako u hodnot normalizované GSR. Ty jsou v grafu vyznačeny červenou linií. Lze tedy s jistotou potvrdit vysokou obtížnost těchto celků. Zároveň se ukazuje provázanost jednotlivých charakteristik kognitivní zátěže.



Graf 3: Kumulace záznamů, které překračují hraniční bod podle Ječiče (2020) jsou vybarveny oranžově, společně s porovnáním výsledků GSR červeně. 1. cyklus.

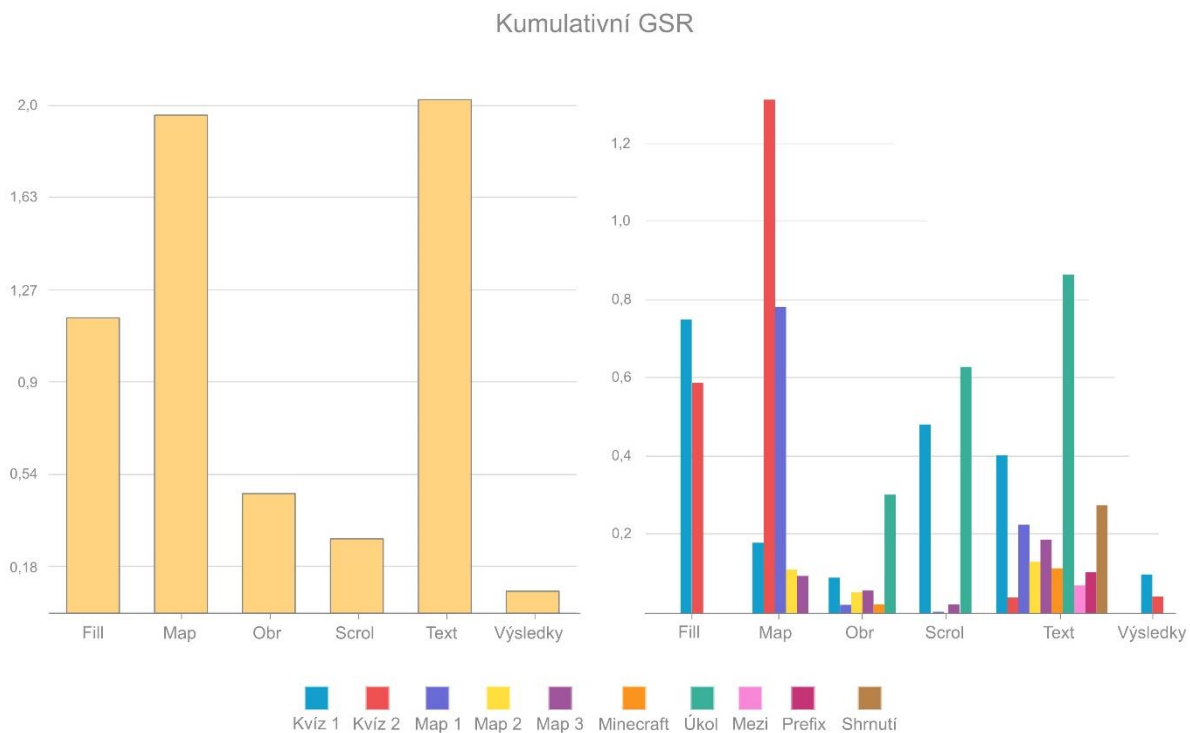
Stejný postup analýzy biometrických dat byl aplikován i na jednotlivé prvky. V rámci výzkumu byl sledováno čtení textu (text), mapy (map), prohlížení obrázků (obr) a sledování výsledků (výsledky) vyplňovaného kvízu (fill). Parametr „fill“ byl vytvořen z důvodu rozlišení činnosti při vyplňování kvízu. Důvodem je především práce s mapou, protože vyhledávání odpovědi v mapě a vyplňování či čtení otázky v kvízu mají rozdílný charakter. Dále bylo do kvízu (fill) zahrnuto, oproti celkům SM, i scrolování, protože se jedná o činnost pevně svázanou s touto činností. V poslední řadě bylo odlišeno i prohlížení výsledků kvízu. Ty jsou svým charakterem opět velmi odlišné a docházelo by ke zkresleným výsledkům. Může totiž nastat situace, kdy jsou výsledky správné a žák tato skutečnost excituje anebo naopak, při chybných výsledcích, dojde ke zklamání. Jedná se tedy o úplně jiné emoční stavy než při vyplňování.

Hodnoty GSR za jednotlivé prvky byly opět podrobeny jednofaktorové analýze rozptylu (ANOVA bez opakování). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.

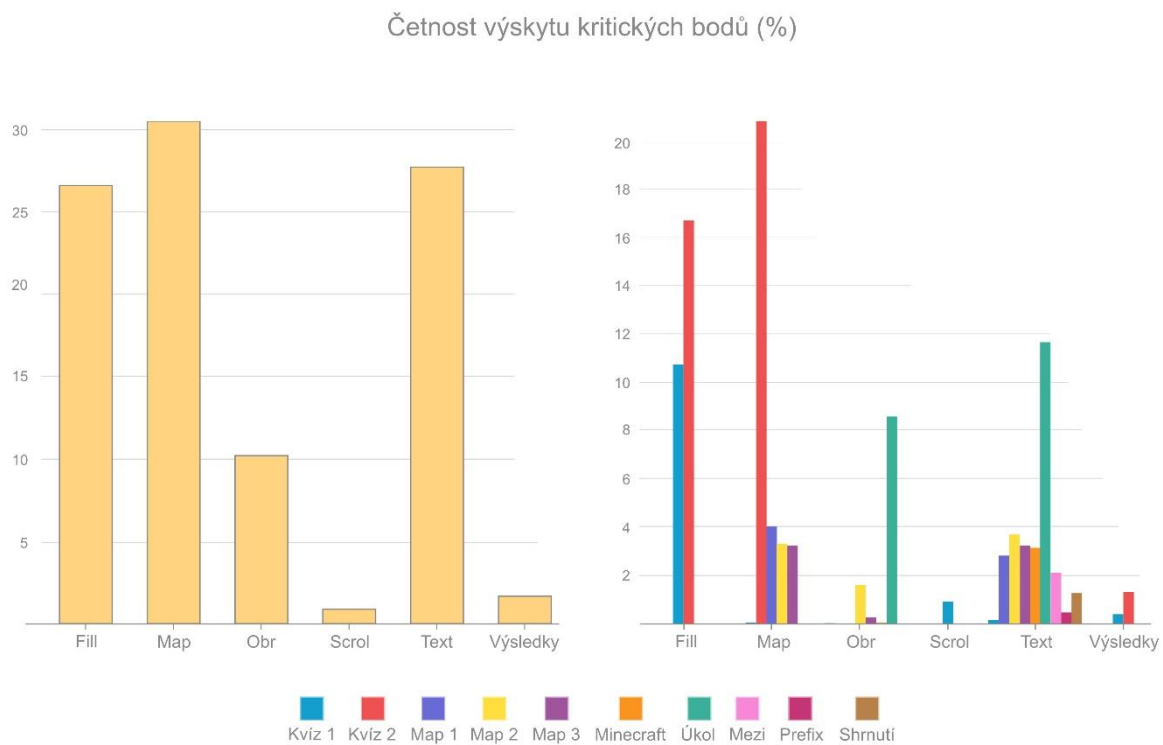
Všechny úkoly	F	Hodnota P	F krit
avgGRSraw	0,74	0,594	2,40
avgGSRnorm	0,42	0,832	2,40
accGRSraw	0,98	0,437	2,40
accGSRnorm	8,35	<0,001	2,40

Tabulka 8: Výsledek ANOVA testu pro průměrná a kumulovaná raw a normalizovaná data prvků v 1. cyklu.

Při srovnání jednotlivých prvků ve vztahu k hodnotám GSR (graf 5) vidíme výraznější kognitivní zátěž žáků při čtení textu, vyplňování kvízů a činnostech souvisejících s mapou. Detailnější informaci dostáváme, když provedeme rozdělení prvků v rámci jednotlivých celků. Zvýšené hodnoty při čtení textu a scrolování vykazuje první kvíz, to lze vysvětlit tím, že žáci často hledají odpovědi napříč aplikací a převážně v textu. Tím že jsou v procesu vyplňování působí na ně vyšší kognitivní zátěž. Oproti tomu u kvízu č.2 výrazně převyšuje náročnost práce s mapou. To můžeme vysvětlit novostí tématu a malé předchozí zkušenosti práce s ní (Pluháčková et al., Rypl et al. 2021). Vliv novosti je patrný i z četnosti využívání mapy. Především u 3D vizualizace, se kterou žáci prakticky vůbec nepracovali (graf 6) a nebyly tedy pro žáky stresujícím prvkem, jak je vidět v příloze 4. Pokud však začali s mapou pracovat, tak došlo ke skokovému nárustu hodnot GSR, což je markantní u map1. Kumulace kritických bodů kognitivní zátěže (graf 5) potvrzuje, že nejčastěji dochází k přetížení při vyplňování kvízu a práce s mapou, ale také při čtení textu. V rámci rozlišení na jednotlivé prvky vidíme, že nejnáročnější textová část je v úvodním úkolu. Ten zaznamenává výrazně vyšší hodnoty i pro sledování obrázku a rolování. To je dáno jednak konstrukcí samotného celku, kdy se prolínají 4 obrázky, mezi kterými žáci opakovaně scrollovali a umístěním na počátku aplikace. Dále obsahuje relativně hodně textu, který navíc obsahuje již otevřené otázky a nutí žáka zvyšovat kognitivní úsilí. Ukázka práce žáků s prvním úkolem je v příloze 3.

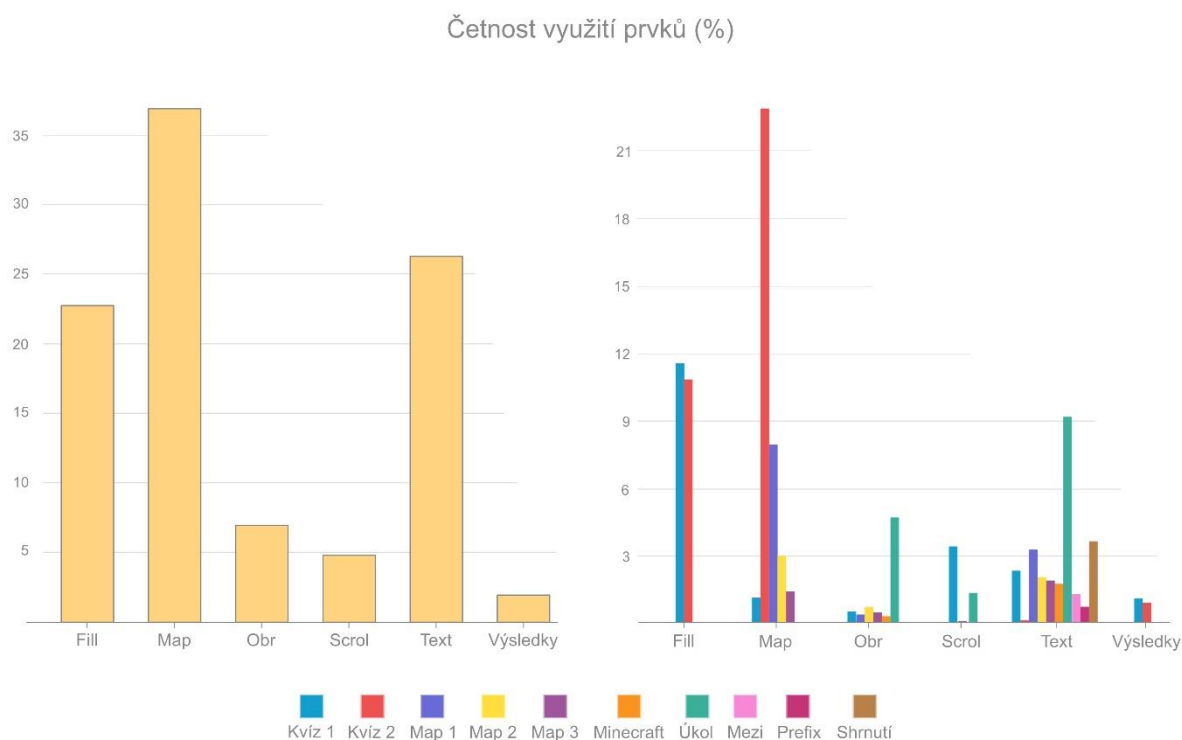


Graf 4: Průměrné GSR všech žáků za jednotlivé prvky a v rámci jednotlivých celků v 1. cyklu.



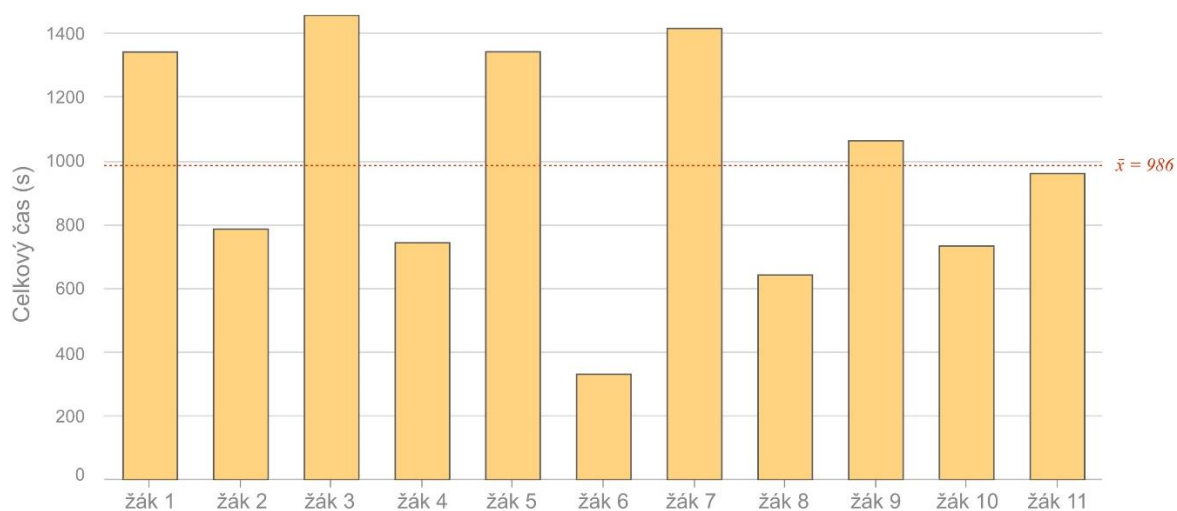
Graf 5: Porovnání četností výskytu kritických bodů kognitivní zátěže všech žáků za jednotlivé prvky a jednotlivé celky v 1. cyklu.





Graf 6: Porovnání četností prvků všech žáků za jednotlivé prvky a jednotlivé celky v 1. cyklu.

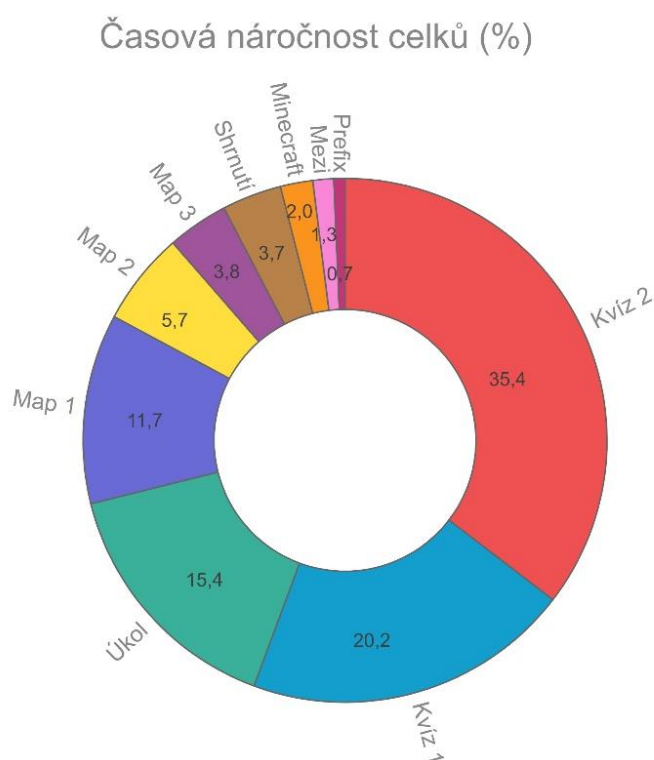
Jak ukázalo už i pilotní testování, tak rychlost a průchod aplikací je unikátní pro každého žáka (graf 7). Průměrná doba strávená v aplikaci byla 986 sekund (16,4 minuty). Podle souhrnné studie Bradbury (2016), která se věnuje udržení pozornosti studentů při přednáškách, klesá pozornost již po 5 minutách a další výrazný propad pozornosti nastává po 10-18 minutách. Z tohoto pohledu se tedy dá soudit, že aplikace byla celkově příliš dlouhá.



Graf 7: Čas strávený v aplikaci jednotlivých uživatelů v 1. cyklu.

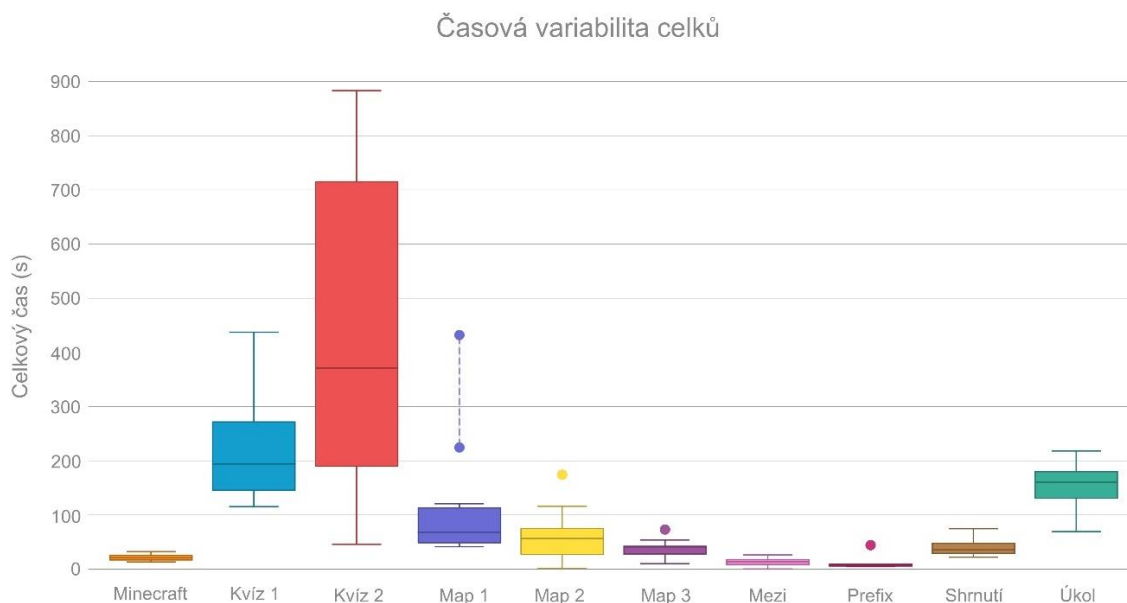
Z celkové doby strávené v aplikaci žáci největší množství času věnovali řešení kvízových otázek. Konkrétně se jedná o kvíz č.2 (35,4%), kde bylo úkolem určit souřadnice místa a opačně

na základě daných souřadnic určit o jaké místo se jedná. Je tedy zapotřebí pracovat s mapou. Další, časově nejnáročnější částí byl kvíz č.1 (20,2%), který obsahoval shrnující otázky, které vycházejí z klasických učebnicových otázek („Co určují poledníky“ apod.). Tyto dva kvízy zabraly žákům přes polovinu veškerého času stráveného v aplikaci. Další časově náročnější částí je úvodní vysvětlovací prvek (úkol), komponovaný z několika prolínajících se obrázků (15,4%) a první mapová část (11,7%). Na grafu 8 je vidět časová náročnost jednotlivých částí SM.



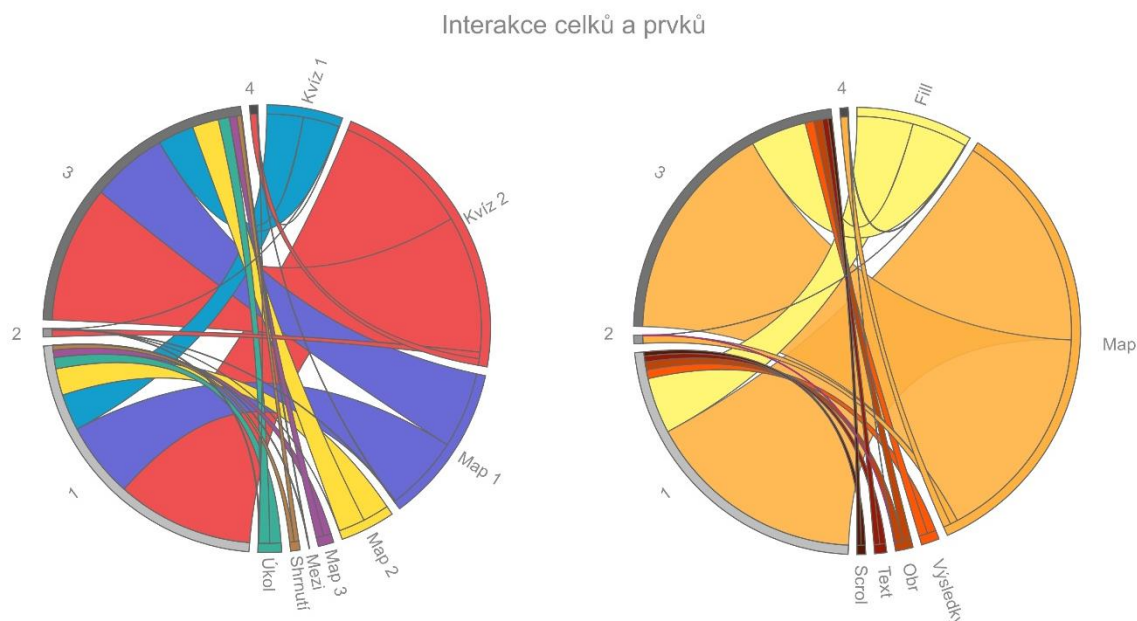
Graf 8: Časová náročnost jednotlivých celků v 1. cyklu.

Zajímavé zjištění přináší porovnání časového rozptylu jednotlivých prvků. Můžeme pozorovat výrazný rozptyl u práce s mapou (bez kvízu č.2), které ve dvou případech převyšují časovou dotaci kvízu č.1. Celkově je ale patrná malá interaktivita s mapovou částí. Pokud není součástí kvízu, tak žáci s mapou příliš nepracují, jak ukazuje graf 9.



Graf 9: Časová distribuce celků aplikace s vyznačeným rozptylem v 1. cyklu.

Interakci s mapou lze sledovat také pomocí tlačítka myši. Ze strunového grafu 10 je patrné, že žáci nejvíce používali myš v rámci celku kvíz č.2 a mapových prvků. Ze zastoupení jednotlivých stavů 1-4 vidíme, že žáci téměř nepoužívali pravé tlačítko (2 a 4), které se používá pro naklápění 3D mapy. Toto tlačítko použili pouze v případě 2D mapy, která je součástí kvízu č.2. Pravé tlačítko však u tohoto typu map vyvolá kontextové menu Javascriptu. Video analýza potvrdila, že toto klikání navíc následuje nejčastěji po přílišném oddálení mapy. Bylo tedy patrné, že vůbec nechápou, jak s mapou pracovat a získat z nich informace. Ukázka tohoto kritického místa je v příloze 5. Tato zjištění jsou ve shodě s Pluháčková et al. (2019) a Ryppl et al. (2021). Ve většině případů se totiž jedná o první zkušenost žáků s atlasem, resp. webovou mapou. Dokládá to nekoordinované a velmi zmatečné zoomování a posouvání v mapě a klikání sem tam.



Graf 10: Porovnání interakce s celky a prvky pomocí myši. 1 – levé tlačítko kliknutí, 2 – pravé tlačítko kliknutí, 3 – levé tlačítko přidržení, 4 – pravé tlačítko přidržení. 1. cyklus.

Vzhledem k tomu, že DBR často zahrnuje více datových toků, lze použít jak kvalitativní analytické metody, tak i výstupy z kvízů, aby vytvořili bohatý obrázek o tom, jak jsou jednotlivé celky pro žáky náročné (Anderson a Shattuck 2012). Výsledky obou kvízů potvrzují náročnost těchto celků. První kvíz sestavený z 5 otázek dokončilo pouze 8 žáků (odeslalo kvíz k vyhodnocení). Vyhodnocení tohoto kvízu je následující tabulce 9:

Otázka	Správná odpověď	úspěšnost (%)
1. Jaké pomyslné čáry ukazují zeměpisnou šířku?	rovnoběžky	75,0
2. Jaké pomyslné čáry ukazují zeměpisnou délku?	poledníky	62,5
3. Zeměpisná délka směrem na východ má zápornou hodnotu (např. "-15° v. d.")	Nepravda	62,5
4. Základní rovnoběžka se nazývá?	rovník	100,0
5. Jaké body spojují poledníky?	póly	0,0

Tabulka 9: Vyhodnocení žákovských odpovědí u kvízu č.2. 1. cyklus.

Důvod velkého neúspěchu u páté otázky, lze spatřit při analýze videozáznamů. Žáci často aplikací postupují velmi rychle a věnují se převážně textu. Ve chvíli, kdy narazí na kvíz a začnou pročítat otázky, tak se vracejí aplikací zpět a hledají správné odpovědi. Avšak správnou odpověď na tuto otázku bylo možné zjistit z obrázku v úvodním úkolu, a především z druhé a třetí mapové části, které jak již bylo popsáno výše, nevěnovali pozornost už při první návštěvě. Neznalost práce s mapou zapříčiňují to, že kvíz č. 2 zabírá nejvíce času a úspěšnost žáků je

velmi nízká. Ten odeslala ke kontrole polovina žáků. Z toho pouze 2 byli schopni zodpovědět všechny otázky. Tato zjištění jsou ve shodě s Pluháčková et al. (2019) Staněk et al. (2021). V těchto studiích, kde se ukazuje jako nejkritičtější místo určování polohy na Zemi, je velkou komplikací špatná orientace v mapě a následné vyhledávání konkrétního místa dle přesně daných souřadnic. Pro jeho správné vyplnění je potřeba právě práce s mapou. Ty se zaměřovali na určování polohy, nejprve souřadnice místa a pak ze souřadnic určit místo. Správné odpovědi nebylo možné nalézt v předchozích částech, proto žáci nescrolovali a zůstávali v této části SM. Největším úskalím byly mapové nástroje, k jejichž používání byli žáci naváděni pomocí nápovědy pod mapou. Tyto nástroje použili pouze 3 žáci, kterým se podařilo správně určit souřadnice konkrétních míst a pouze dva dokázali, alespoň přibližně určit místo na základě přiložených souřadnic. Největší četnost práce s mapou a nejdelší časová náročnost zcela zjevně dokazuje, že prvky, které z předešlých měření vykazovaly největší kognitivní zátěž, výrazně prodlužují dobu vypracovávání úkolů. Nebylo však možné nalézt vztah, který by definoval časový interval, ve kterém dochází ke ztrátě motivace a pozornosti.

## Shrnutí

Výzkum založený na principu DBR by měl vytvářet principy návrhu, které popisují charakteristiky vzdělávacího prostředí, které mohou výzkumníci a instruktoři použít k vývoji výukových nástrojů specifických pro jejich místní kontext (Edelson 2002, Subramaniam et al. 2015). Z prvního cyklu jsme došli ke zjištění, že pro žáky v rámci aplikace byly nejnáročnější kvízové otázky, respektive práce s mapou. To potvrzuje zjištění Pluháčkové et al. (2019) a Staňka et al. (2021), tedy že žáci v 6 třídě nemají dostatečné predispozice k práci s mapou, je to pro ně nová zkušenost, proto se převážně orientují na text. První setkávání s mapou patří z pohledu GSR k těm nejnáročnějším, které kromě výsledků žákovských odpovědí potvrzují i analýzy biometrických údajů. U kvízu č.1 se ukázalo jako nevhodné velké množství kvízových otázek najednou, což žáky velmi zatěžuje. Celkově se žáci zaměřují na text. Jak je vidět u prvního úkolu, který nepracoval s mapou, ale obsahoval otevřenou otázku a jeho pochopení vyžadovalo větší množství představivosti, patřilo k těm nejvíce zatěžujícím. Můžeme z toho usuzovat, že situace, kdy je potřeba pracovat se složitějšími myšlenkovými procesy, vedou ke zvýšení kognitivní zátěže. K velmi podobnému závěru dochází i Starý a Laufková (2015). Navíc tento nejsložitější úkol byl umístěn hned na počátek aplikace. Aby byly naplněny kroky DBR

budou tato zjištění z první fáze použita k redesignu aplikace SM, který je popsán v následující kapitole.

## 5.5. Cyklus 2: Design

Sandoval (2014) formuloval, že DBR by měl být iterativní proces s ohledem na neustálé zdokonalování výukových nástrojů na základě důkazů o učení studentů, aby se vytvořila robustnější výuková prostředí. Podobně jako Collins et al. (2004) i my si uvědomujeme, že je obtížné zohlednit všechny proměnné, které by mohly ovlivnit učení studentů nebo implementaci výukových nástrojů. Tyto výukové návrhy jsou produkty pokusů a omylů, které jsou posíleny systematickou analýzou toho, jak fungují v reálném světě (Scot et al. 2020). Pro pokračování výzkumu kognitivního zatížení a práce žáků byl zahájen druhý cyklus redesignem aplikace. V tomto cyklu jsme se zaměřili především na celkovou časovou náročnost a zmírnění rozdílů v zátěži jednotlivých celků a prvků.

Došlo ke změně konceptu celého příběhu, který byl v první fázi málo osobní. Příběh byl zaměřen přímo na souřadnice, tak jak vycházel z učebnic. Nový narativ byl vázán na reálnou postavu. Žák je uveden do děje, kde se John po večerní oslavě objevil na neznámém místě a žák postupně prochází aplikací a objevuje, jak lze určovat poloha a snaží se Johnovi pomoci určit polohu, aby ho mohli zachránit. Redesign vychází částečně z Komenského přístupu od známého (konkrétního) k neznámému (abstraktnímu). Byl vynechána první úloha, která vykazovala vysoké hodnoty GSR. Texty se postupně věnují určování polohy pomocí adresy a pak přechází k zamyšlení, jak polohu určit bez adresy, tedy za pomoci souřadnic. Pro zmírnění zátěže u map byl použit pouze jeden typ mapy, který se opakoval. Dále se design zaměřil na zmenšení zátěže u kvízů. Dlouhý kvíz z první fáze byl rozdělen na dva menší. Každému kvízu předcházela vysvětlující text s mapou, aby žáci příliš nescrolovali. Původní kvíz č.2 byl omezen na určení pouze jedné polohy pomocí mapy. Textové části byly doplněny dle Esra et al. (2017) o GIF – animované obrázky, které měly za cíl zmírnit zátěž při čtení textu, který se ukázal v první fázi jako jeden z nejvíce zatěžujících prvků. V neposlední řadě byly k jednotlivým celkům a mapám doplněny instrukce, jak s mapou či textem pracovat. Tomuto podpůrnému

prostředku tzv scaffoldingu (Markauskaite 2011, Confrey 2006, Sikorová, Červenková 2016) bylo přistoupeno v každém mapovém celku, aby byla snížena vnější zátěž.

*„v mapě se přibližuj mačkáním na + nebo -, na jednotlivé čáry můžeš klikat, aby si zjistil jejich hodnotu ve ° stupních“*

Rozčleněním SM na více menších celků došlo k celkovému navýšení na 13. Prvky byly zachovány jako v předchozí fázi. V tabulce 8 je přehled všech částí včetně krátkých popisů.

Celek	Popis
<b>prefix</b>	úvodní text
<b>Adresa</b>	Text s vysvětlením principu adresy doplněný o GIF s kurýrem
<b>mezi</b>	krátký oddělovací text
<b>Bez adresy</b>	Krátké zamyšlení o udávání polohy bez adresy doplněný o GIF s trosečníkem na moři
<b>Souřadnice</b>	Vysvětlující text o souřadnicích doplněné o obrázek z mobilu s určením polohy
<b>Rovnoběžky</b>	Text o rovnoběžkách s 3D mapou
<b>Kvíz č.1</b>	Kvíz s otázkami na rovnoběžky
<b>Poledníky</b>	Text o rovnoběžkách s 3D mapou
<b>Kvíz č.2</b>	Kvíz s otázkami na poledníky
<b>Shrnutí</b>	Krátký shrnující text o udávání polohy v souřadnicích
<b>Kde to</b>	Závěrečná mapa s umístěním Johna a textem
<b>Kvíz č.3</b>	Kvíz pro určení polohy
<b>Final text</b>	Závěrečné vyhodnocení příběhu doplněný o GIF s gratulací

*Tabulka 10: Celky aplikace v 2. cyklu.*

SM je dostupná z adresy:

<https://storymaps.arcgis.com/stories/fdc9a35319e5458b8df1c1f976b15585>



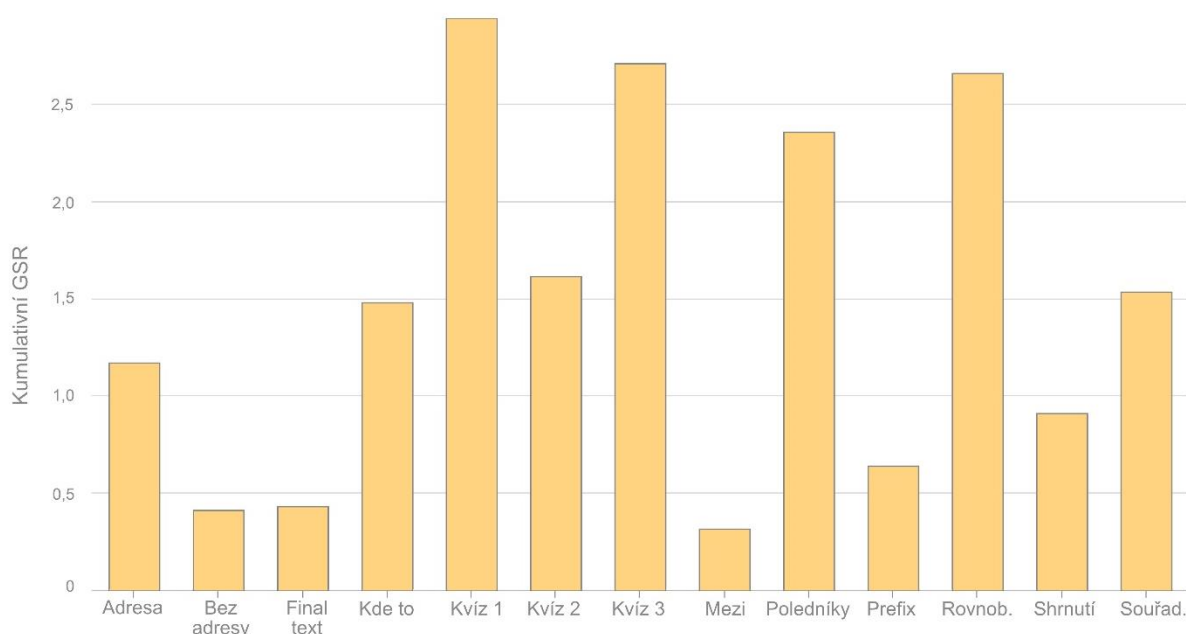
## 5.6. Cyklus 2: Reflexe

V druhém cyklu se měření zúčastnilo 16 respondentů, 8 dívek a 8 chlapců. Nastavení laboratoře a parametrů zůstává pro kontinuitu stejné. Stejně tak byl zachován, pro možnost porovnání, přístup k vyhodnocování dat. Raw GSR data bez normalizace nevykazují významné rozdíly pro jednotlivé úlohy, avšak se posunula hodnota  $p=0,2250$  (první fáze  $p=0,5297$ ). Normalizace vedla k významnějším výsledkům, pokud jde o rozlišení jednotlivých celků, ale celkově byla vyšší než 0,05 ( $F=6,44$ ,  $p < 0,015$ ). Tabulka 11 ukazuje výsledky ANOVA testu raw a normalizovaných hodnot GSR.

Všechny úkoly	F	Hodnota P	F krit
Acc Raw data	1,30	0,225	1,80
Acc Norm data	2,17	0,015	1,80
Avg Raw data	0,49	0,918	1,80
Avg Norm data	0,08	0,999	1,80

Tabulka 11: Výsledek ANOVA testu pro raw a normalizovaná data za celky v 2. cyklu.

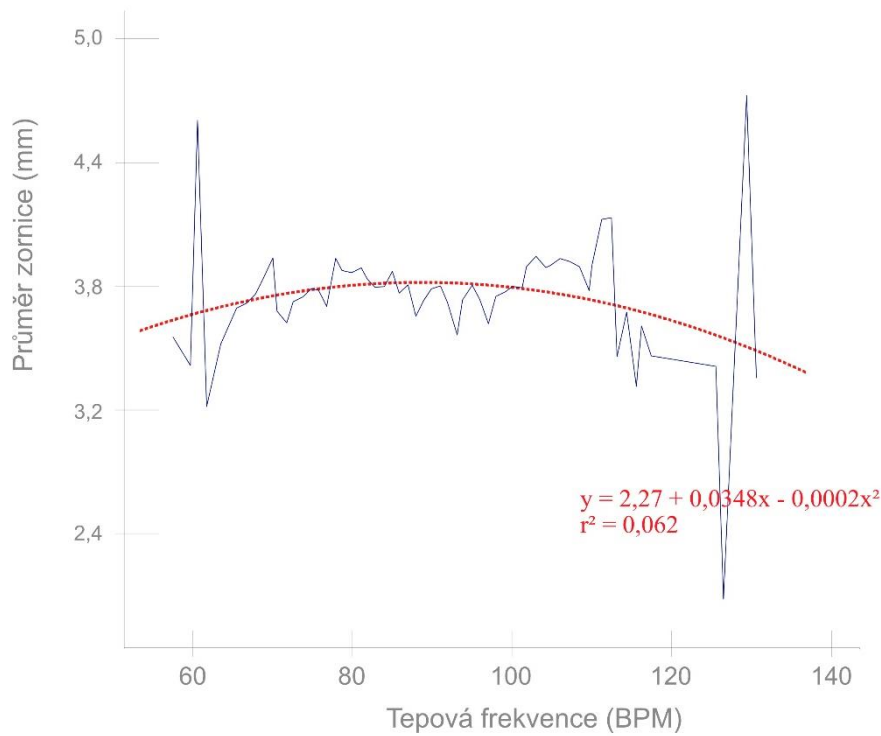
Po vynesení kumulativní GSR za jednotlivé celky do grafu 11, se opět ukazuje vyšší míra zátěže u kvízů a dále pak u mapových částí (rovnoběžky a poledníky). Jejich rozložení se však oproti 1 cyklu výrazně vyrovnalo.



Graf 11: Průměrné hodnoty GSR všech žáků za jednotlivé celky v 2. cyklu.

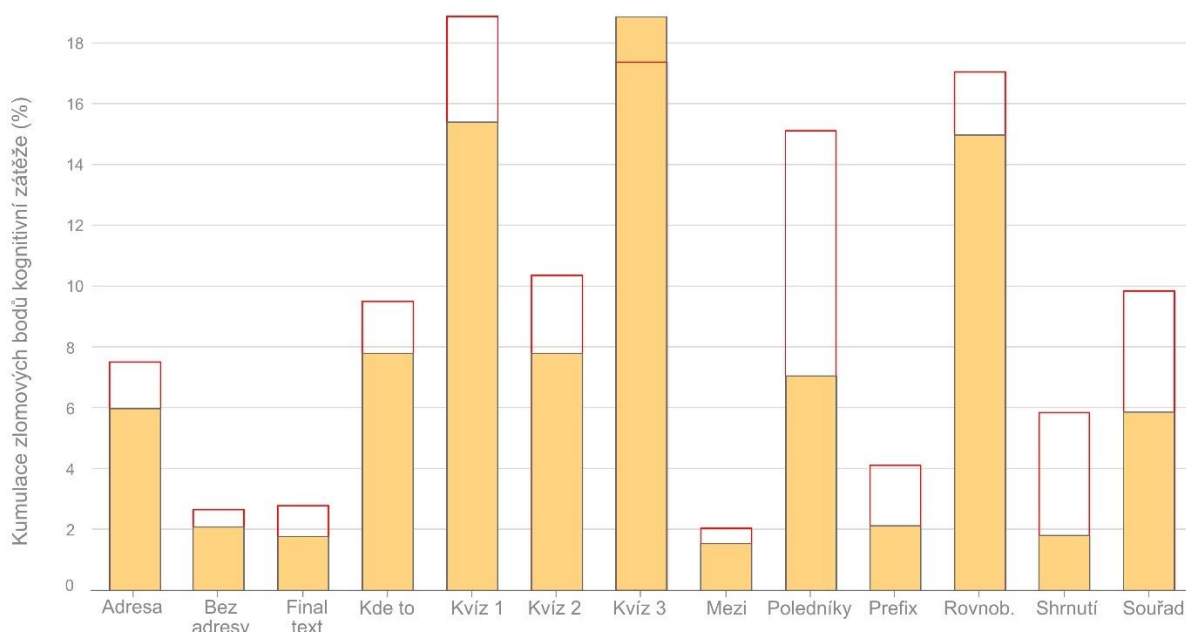


V případě vztahu HR a průměru ornice oka, lze popsat nejlépe přizpůsobenou křivku jako  $y = 1,46 + 0,0487x - 0,0003x^2$  (graf 12) s maximální hodnotou průměru zornice ( $y$ ) = 3,80 mm a při maximální tepové frekvenci ( $x$ ) = 91 BPM, ( $r^2=0,062$ ). Stále vzniká křivka obráceného U jako v první fázi, ale s výrazně plošším průběhem.



Graf 12: Odezva normalizovaného průměru zornice ve vztahu k tepové frekvenci ve 2. cyklu.

Kumulace těchto kritických bodů za jednotlivé celky opět ukazují na kvíz č. 1 a 3 a dále pak na první mapovou sekci „Rovnoběžky“ (graf 13). Významný rozdíl mezi kumulovanou GSR a kritickými body lze spatřit v celku poledníky.



Graf 13: Kumulace kritických bodů ve 2. cyklu podle Ječiče (2020) jsou vybarveny oranžově, společně s porovnáním výsledků GSR červeně.

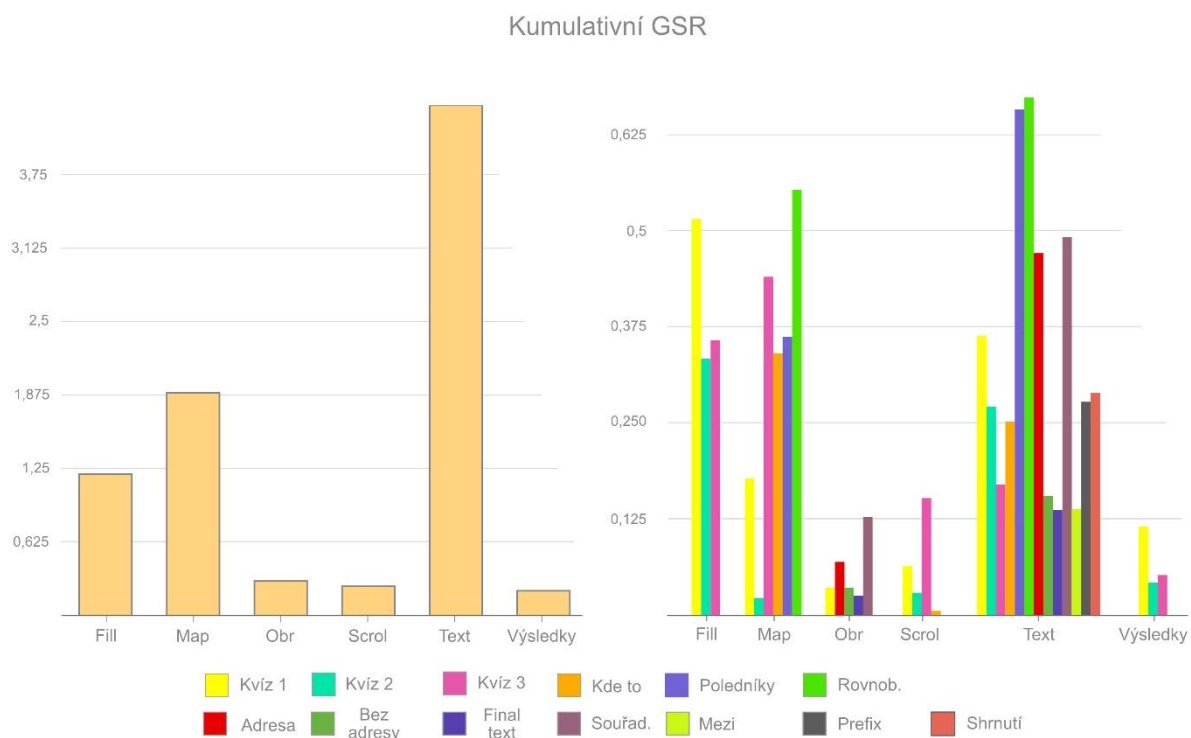
Tyto rozdíly lze lépe pochopit v analýze jednotlivých prvků. Statistický jednofaktorový test ANOVA (tab 12) ukázal v akumulované GSR významný rozdíl mezi jednotlivými prvky (acc GSRn <0,01).

data	<i>F</i>	Hodnota <i>P</i>	<i>F</i> krit
Sum Raw data	2,06	0,079	2,33
Avg Raw data	0,33	0,893	2,33
Acc GSRn	4,69	<0,001	2,33
Avg GSRn	0,17	0,973	2,33

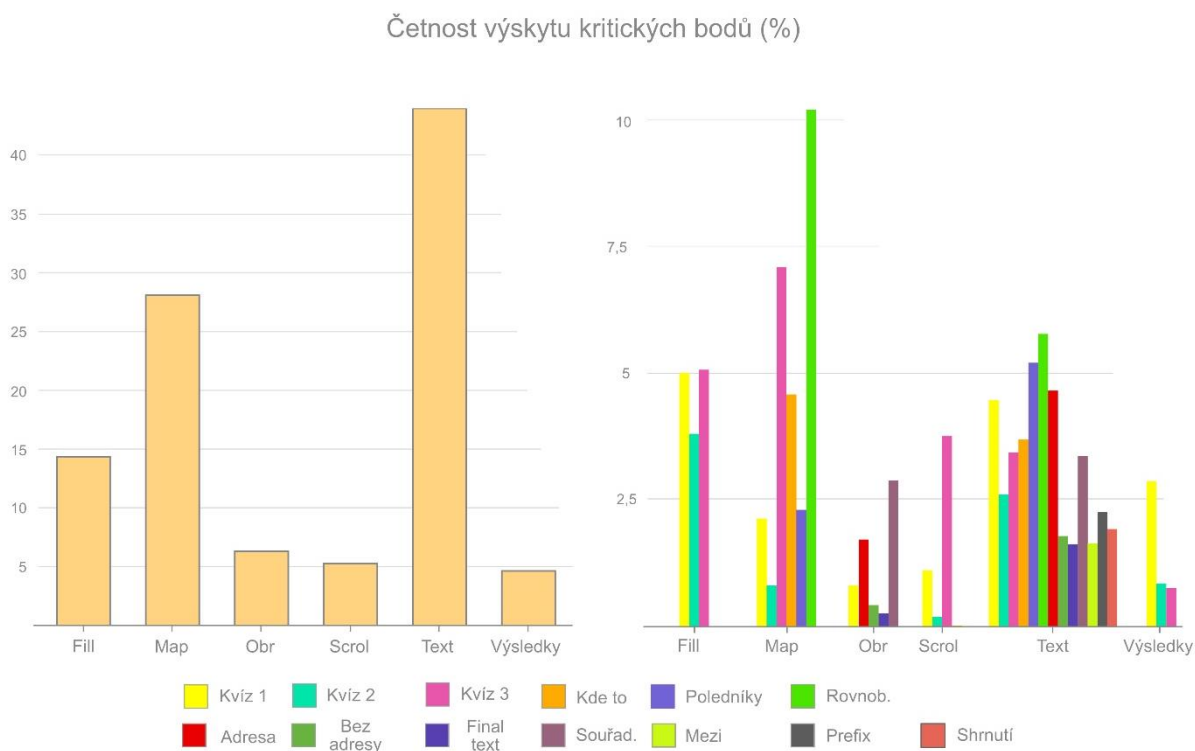
Tabulka 12: Výsledek ANOVA testu pro raw a normalizovaná data za prvky v 2. cyklu.

Podobně jako u prvního cyklu je patrná větší zátěž při práci s textem, se kterým žáci pracují nejčastěji (graf 14). Z rozkladu prvků na jednotlivé celky je vidět, že textové části, které neobsahují otázky – kvízové či otevřené a nenutí tedy žáka k hlubšímu zamyšlení, jsou z hlediska kumulace kritických bodů (graf 15) i GSR (graf 14) zanedbatelné (bez adresy, mezi, final text). Naopak text související s vysvětlováním mapy, otevřenými otázkami či čtením textu k nalezení správné odpovědi obsahuje vysoké hodnoty (rovnoběžky, poledníky). Zvýšené hodnoty GSR má v rámci textu celek souřadnice a shrnutí. Tyto textové celky neobsahují

otevřené otázky, ale nutí žáka k abstrakci případně obsahují matematické výrazy jako jsou stupně°.

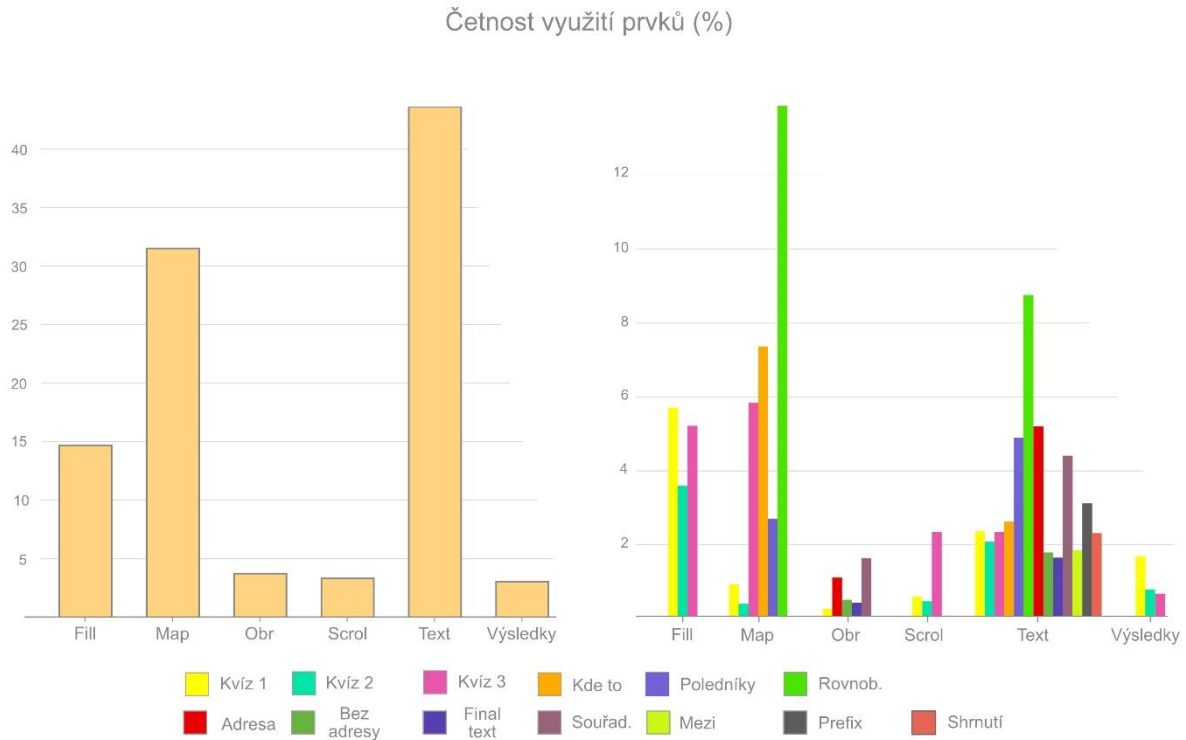


Graf 14: Průměrné GSR všech žáků za jednotlivé prvky a v rámci jednotlivých celků v 2. cyklu.



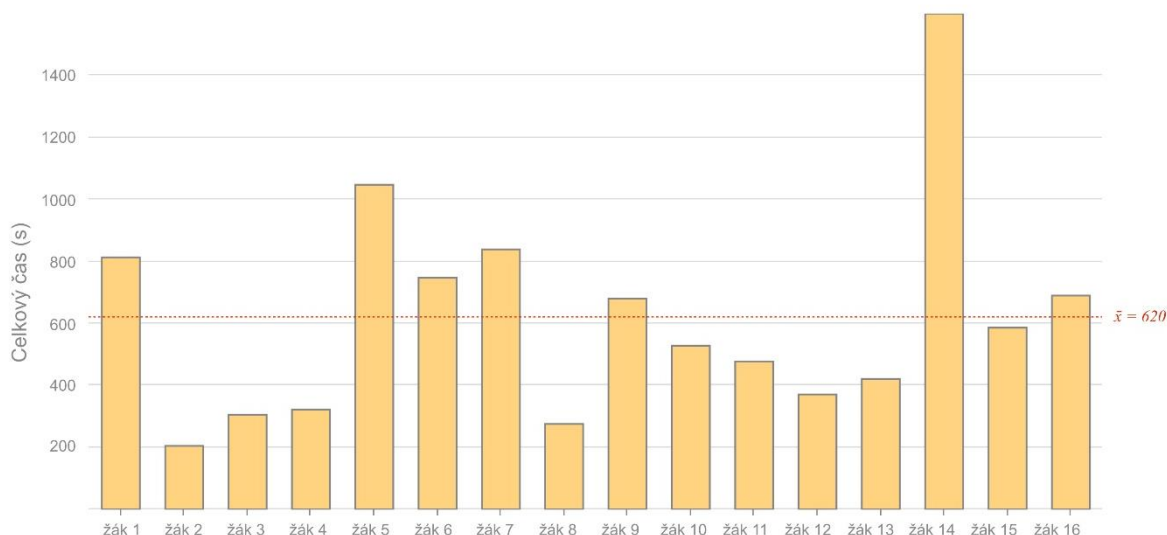
Graf 15: Porovnání četností výskytu kritických bodů kognitivní zátěže všech žáků za jednotlivé prvky a jednotlivé celky v 2. cyklu.

Nižší kumulace kritických bodů u celku poledníky můžeme vysvětlit nízkou četností použití (graf 16). Tato mapová část je v rámci aplikace až druhá a žáci po zkušenostech s předchozí tuto část rychle přeskakují, protože ví, co je potřeba si zapamatovat do kvízu.



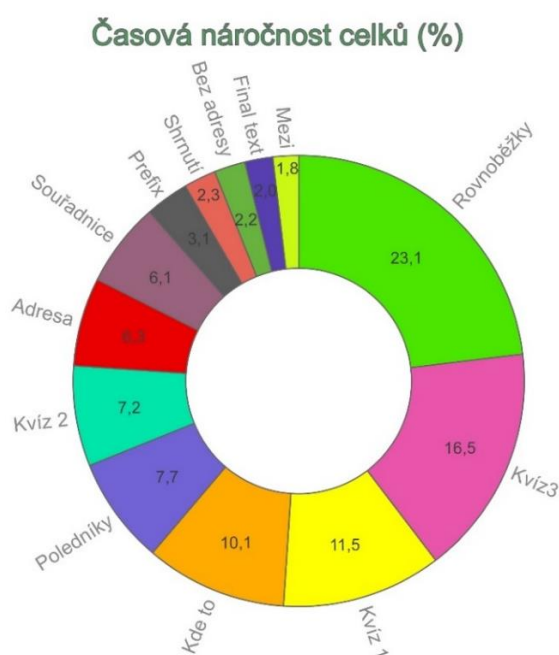
Graf 16: Porovnání četností prvků všech žáků za jednotlivé prvky a jednotlivé celky v 2. cyklu.

Výrazný rozdíl v četnosti prvků jak u textu, ale především u práce s mapou vykazují první mapový celek „rovnoběžky“. Vysvětlení lze spatřit v analýze časové náročnosti (graf 17). Oproti první fázi se celková průměrná doba strávená v aplikaci snížila na 620 sekund (10,3 minuty). Jsou však patrné výrazné individuální rozdíly.



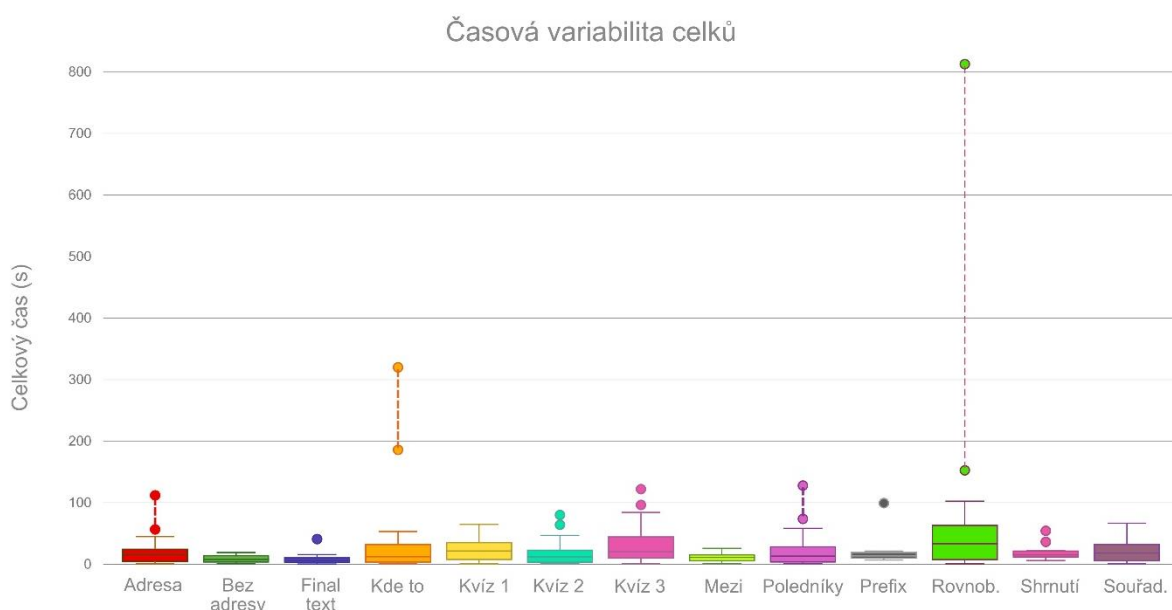
Graf 17: Čas strávený v aplikaci jednotlivých uživatelů v 2. cyklu.

Právě výrazně delší celkový čas žáka 14 vysvětluje rozdílnost v rámci hodnot GSR a kumulace kritických bodů, ale i časové náročnosti jednotlivých prvků (graf 18). Z celkové doby strávené v aplikaci žáci největší množství času věnovali první mapové části rovnoběžky (23,1). U ostatních celků se oproti první fázi výrazně vyrovnaly jednotlivé celky. Nejvíce času zabralo řešení kvízu č.3 (16,5%), kde je potřeba nalézt souřadnice zadaného místa, a i v předchozí fázi tento úkol patřil mezi nejsložitější. První kvíz 11,5% a mapová část předcházející kvízu č. 3 10,1%. Ostatní celky jsou pak pod hladinou 10% z celkového času.



Graf 18: Časová náročnost jednotlivých celků v 2. cyklu.

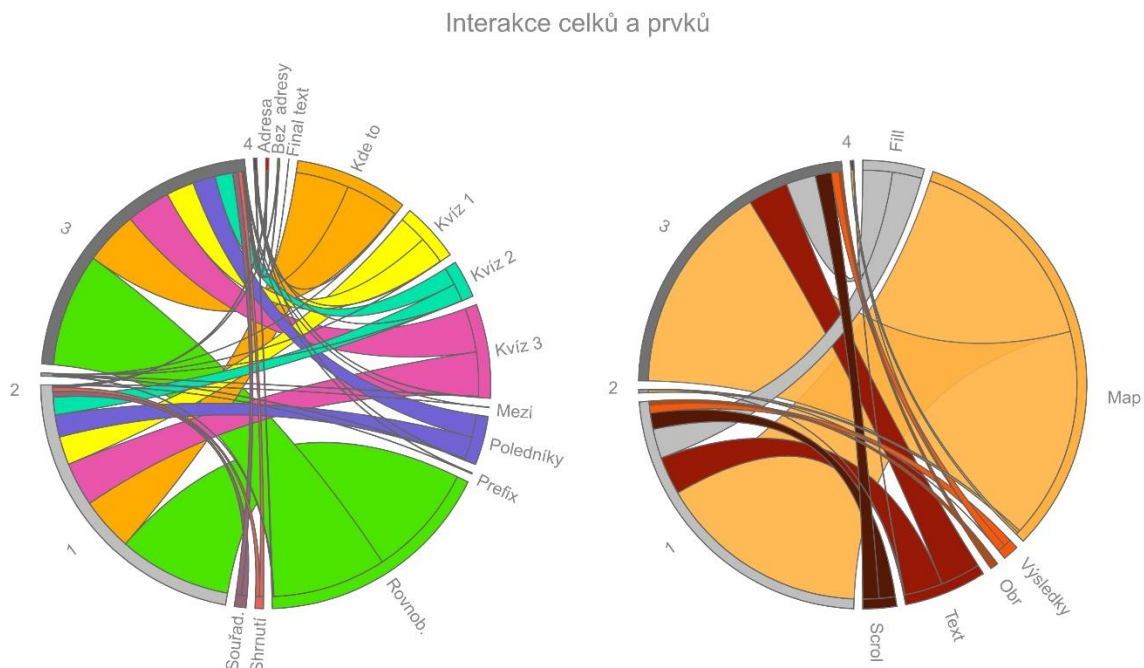
Při pohledu na časovou distribuci jednotlivých celků (graf 19) je patrná jejich vyváženost s výjimkou velmi vysokého rozptylu celku „kde to“ a první mapové části rovnoběžky. Po závěrečném rozhovoru u žáka 14, který strávil rekordní dobu v aplikaci (přes 23 minut), vyšlo najevo, že se s podobnou mapou nikdy nesešel a bavilo ho prohlížet krajinu v oblíbené části subsaharské Afriky. Zároveň potvrdil, že tato nová zkušenost pro něj byla z počátku velmi stresující. Především vysvětlující textová část. V následném prohlížení mapy pak spatřoval jisté „uspokojení“.



Graf 19: Časová distribuce jednotlivých celků v 2. cyklu.

Rozptyl u celku „kde to“ i relativně vyšší míru zátěže, lze vysvětlit pohledem na interakci s textem a video rozboru. V této části museli žáci kliknout na tzv. akci mapy „lokalizuj Johna“. Tento interaktivní prvek SM ovlivní mapovou část a ukáže místo, kde se John nachází. Žáci jsou na tuto skutečnost upozorněni v mapové části „rovnoběžky“ a „poledníky“ dále je žákům poskytnuta podpurná nápověda, aby klikli na nejbližší rovnoběžku v mapě, díky čemuž zjistí přibližnou hodnotu souřadnic, a tedy určí Johnovu pozici. Tato nápověda byla umístěna v každém mapovém celku, aby nedocházelo ke zvyšování zátěže, kdy žáci neví, co mají vlastně dělat. Vliv tohoto zásahu do designu aplikace se projevil zvýšeným použitím levého tlačítka (1) v rámci textu, který je součástí mapových částí (graf 20). A právě u žáků, kteří výrazně převyšují časovou dotaci v tomto celku, nedošlo k použití tohoto tlačítka akce mapy, což vedlo k opakovanému pročitání textu s následným dlouhým hledáním v mapě. Celkově je vidět, že

žáci interakci pomocí myši nejvíce používají při práci s mapou a je opět vidět neznalost používání pravého tlačítka (2,4) při práci s 3D mapami.



Graf 20: Porovnání interakce s celky a prvky pomocí myši. 1 – levé tlačítko kliknutí, 2 – pravé tlačítko kliknutí, 3 – levé tlačítko přidržení, 4 – pravé tlačítko přidržení. 2. cyklus.

Výsledky kvízů 1 a 2 shrnuje tabulka 13. Kvíz č.1 odeslalo k vyhodnocení 15 žáků a kvíz č.2 14. Při video rozboru bylo vidět, že někteří žáci neodeslali kvíz k vyhodnocení, i když ho vyplnili. To lze vysvětlit možnou novostí interaktivního kvízu nebo obavou ze špatných výsledků.

Kvíz 1	Jakou polohu udávají rovnoběžky	Rovník rozděluje zemi na dvě polokoule
	86,7%	86,7%
Kvíz 2	Jakou polohu udávají poledníky	Nultý poledník rozděluje zemi na dvě polokoule
	78,6%	85,7%

Tabulka 13: Úspěšnost žáků u 1. a 2. kvízu. 2. Cyklus.

Při vyhodnocování žákovských výsledků se potvrdila složitost úlohy, kdy je nutné určit souřadnice konkrétního místa (tabulka 14). Tento závěrečný kvíz č.3 odeslalo k vyhodnocení pouze 10 žáků. Fiktivní lokalizace Johna byl ostrov Enseada dos Portugueses tedy 20° jižní zeměpisné šířky (-20°) a 30° západní zeměpisné délky (-30°). Z odpovědí uvedených v tabulce je zřejmé, že se jedná o opravdu složitou problematiku. I přes nápovědy v textové části mapy a předchozího shrnutí, jak se tyto hodnoty zapisují, odpověděl správně pouze jeden žák.

	Přibližná zeměpisná délka	Přibližná zeměpisná šířka
odpověď 1	30	15
odpověď 2	nwm	nwm
odpověď 3	29° západní délky	21° jižní šířky
odpověď 4	20	20
odpověď 5	47,5	29
odpověď 6	0°	0°
odpověď 7	21	30
odpověď 8	40	60
odpověď 9	x	y
odpověď 10	'40	20

Tabulka 14: Odpovědi žáku v kvízu 3. 2. cyklus.

Vybrané práce žáků s mapovou částí rovnoběžky a kvízu č.3 jsou vyobrazeny v příloze 6–8.

### Shrnutí

Druhý cyklus potvrdil náročnost kvízů a mapových částí aplikace. Změny v designu aplikace, ale měly zásadní dopad na rozložení této zátěže. Díky rozdělení kvízů na menší části a snížením počtu otázek došlo k větší vyrovnanosti mezi celky. U prvků se ukázalo, že text hraje dominantní roli při práci s aplikací. Úspěšnost kvízů s obecnými otázkami, které bylo možné v textu vyhledat vzrostla. Naopak se potvrdila velká náročnost při určování polohy. I přes výrazné snížení počtu kvízových otázek byla úspěšnost žáků prakticky mizivá. Opět se ukázaly rozdíly v přístupu žáků k práci s aplikací. I přes rozčlenění na menší celky se objevili žáci, kteří častěji aplikací opakovaně scrolují.



## 6. Diskuse výsledků

Tato kapitola shrnuje výsledky výzkumu z prvního i druhého cyklu a diskutuje i jeho možné limity a omezení.

Oční měření a měření založená na GSR jsou dva široce používané fyziologické indexy pro měření kognitivní zátěže (Shi et al. 2007, Villarejo 2012, Chen et al. 2016 nebo Jerčić et al. (2020)). První hypotéza předpokládala, že celky aplikace SM, které zvyšují kognitivní zátěž budou vykazovat charakteristické znaky, jako je zvýšená hodnota elektrodermálního napětí kůže, tepové frekvence a zvětšeného průměru zornic. Pro ověření této hypotézy výzkum pracoval s metodikou hodnocení kumulativních normalizovaných hodnot GSR, kterou používá Chen et al. (2016), Shi et al. (2007) nebo Giakoumis (2011). Údaje z tohoto měření byly porovnány s analýzou akumulace kritických bodů dle Jerčić et al. (2020), které vycházejí ze vztahu tepové frekvence a velikosti zornice oka. Obě měření neměly příliš odlišné výsledky a jednoznačně ukázaly, že nejvíce stresujícími celky jsou především kvízy (testy). Obsáhlé kvízy v závěru aplikace, podobně jako v učebnicích či ve třídách v závěru školního roku vyvolávají zvýšenou míru kognitivní zátěže, což potvrzují i samotné výpovědi žáků, které byly vedeny po skončení práce s aplikací. Další velmi zatěžující celky jsou ty, které obsahují mapy. Naopak běžné texty či obrázky nezvyšují kognitivní zátěž téměř vůbec a můžeme tak potvrdit předpoklady první hypotézy, tedy že celky mají různou úroveň kognitivní zátěže z toho nejvíce jsou mapové celky či celky s rozsáhlým textem s otázkami. Z didaktického hlediska lze doporučit používat mapy, které nejsou zbytečně technologicky předimenzované. Efektivnější je pracovat s jedním typem map 2D či 3D a v rámci textu se vyvarovat otázkám a zamyšlením, které nejsou adekvátní předchozím znalostem. Tyto situace vyvolávají největší míru kognitivní zátěže. Žáci začínají být nervózní, zmatkují a mají strach z neúspěchu. Tyto problémy, i když zvyšují vnitřní kognitivní zátěž, jsou vyloženě způsobeny designem úlohy.

Stejná metodika byla použita i pro analýzu prvků. Výzkum rozlišuje čtení textu, práci s mapou, prohlížení obrázků a vyplňování kvízů. Zároveň s tím bylo sledováno rozložení sledovaných hodnot v rámci jednotlivých celků, aby bylo možné identifikovat prvky, které zapříčiňují náročnost jednotlivých celků. Z porovnání výsledků obou fází lze konstatovat, že největší míru kognitivní zátěže vykazuje čtení textu. To je jednak dáno tím, že žáci jsou od prvního stupně vedeni ke čtení textu, takže při řešení úloh ho využívají nejvíce, ale zároveň mají problém

čtenému textu porozumět. To potvrzují i výsledky mezinárodních výzkumů čtenářské gramotnosti žáků, kde čeští žáci dosahují v testech čtenářské gramotnosti trvale podprůměrných výsledků (Najvarová 2008, PISA). V obou fázích výzkumu vykazovaly nejvyšší kumulaci GSR a kritických bodů texty, které buď nutily žáka k abstraktnímu přemýšlení nebo se týkaly mapy, byly součástí postranního panelu s mapou. Čtení mapy a práce s ní se ukázala jako druhý nejsložitější prvek. Pokud žáci nebyli vyzváni k práci s mapou, tak se jí vyhýbali. Nejkritičtější moment lze označit situaci, kdy je žák nucen z mapy nějakou konkrétní informaci vyčíst, či použít mapový nástroj. Tyto celky, kde je kombinace textu s nějakým úkolem (vyplňování kvízu, otevřená otázka, zamyšlení) a mapou, dosahovaly v obou fázích nejvyšších hodnot. To se týkalo především kvízu č.2, respektive č. 3 v druhém cyklu, kde bylo k nalezení správné odpovědi nutné vyhledávat na mapě. Potvrdila se tak i druhá hypotéza, která předpokládala že části aplikace, která vyžadují práci s mapou budou patřit k těm nejvíce zatěžujícím. Důvod lze spatřit především v novosti tématu, tedy první zkušenost práce s mapou a malá provázanost na ostatní předměty, protože žáci jsou nuceni pracovat především s matematickými výrazy, které nemají plně osvojené. Proto je určování souřadnic pomocí atlasu a obecně práce s mapou nejkritičtějším místem geografického kurikula.

V obou cyklech výzkumu, jak již bylo uvedeno výše, byl nejvíce zatěžující závěrečný kvíz určování polohy. Tento celek byl zároveň časově nejnáročnější. V celkovém souhrnu se dá tedy potvrdit i třetí hypotéza, tedy že celky, kde je nutné používat prvky, které zvyšují kognitivní zátěž jsou i časově nejnáročnější. Pokud se však podíváme na časovou náročnost celků (graf 9 a graf 19) z pohledu jednotlivých žáků, panují zde výrazné rozdíly. Tyto individuální rozdíly dle Haddioui (2012) přináší důležité informace, které mohou určit učební styl každého žáka. Pomocí videoanalýzy a dalších doprovodných ukazatelů, jako je používání tlačítka myši, výzkum identifikoval základní tři přístupy žáků v práci s aplikací, které odpovídají kategoriím, které definovali Newble a Entwistle (1986)

- a) Pečlivý styl: Tato skupina žáků je charakteristická tím, že pečlivě postupuje aplikací. Téměř nikdy nesroluje, ke čtení textů využívá kurzor myši a snaží se plnit všechny úkoly. Z pohledu Newblea a Entwistle se jedná o hloubkový styl učení, kdy žák skutečně projevuje zájem o učivo či ho aplikace zaujala.
- b) Zrychlený styl je charakteristický tím, že žáci nejprve velice rychle prolístují celou aplikací, aby si udělali celkový obrázek. Zaměřují se téměř výhradně na vyplňování

kvízů při jejich vyplňování často scrolují do předchozích pasáží, aby našli správnou odpověď. Jedná se strategický přístup k učení, jehož cílem je snaha o co nejlepší výsledky v kvízech.

- c) Zmatkový styl: Pro tyto žáky jsou typické vysoké hodnoty kognitivní zátěže ve všech celcích, na které se zaměří. Velmi často zmatečně scrolují sem a tam a zkoušejí chvilku vyplňovat kvízy, pak opět pročítají úvodní texty a přeskakují mezi mapami, se kterými velmi zmatečně manipulují. Což se projevuje velmi intenzivním klikáním na myš. Často nevyplní všechny kvízy, ani neprojdou všechny celky. Tito žáci nejsou schopni syntézy učiva a je možné ho označit jako přístup povrchný.

V kapitole věnované teorii kognitivní zátěže byly popsány její jednotlivé kategorie. Ty bylo možné za pomoci principu DBR a metod biometrického testování identifikovat i u jednotlivých celků aplikace. Obecně se ukázalo, že žáci v 6. třídách jsou zvyklí pracovat s textem, to se projevilo tím, že i po redesignu aplikace bylo čtení textu dominantním prvkem. Co se podařilo redesignem aplikace ovlivnit je míra kognitivní zátěže u mapových celků, a to především použitím jednoho typu mapy a zapojením scaffoldingu – drobných nápověd v textu. Tyto celky sice stále patřily k těm složitějším, ale při bližším pohledu na výsledky druhé fáze je vidět, že větší část zátěže tvořily texty. Mapové prvky mají tedy smíšený charakter. Potvrzuje se to i u práce s mapou v závěrečném kvízu, kde oproti mapovým celkům chybí nápovědy, co mají s mapou dělat. Tyto kvízy nelze ovlivnit. U obou cyklů patřil tento kvíz k těm s nejvyššími hodnotami kumulativní GSR i kritických bodů. Tento stav zůstal stejný i po změně designu, kdy z původních 6 otázek zůstala jen jedna. Významnou roli zde hraje interaktivita jednotlivých prvků a předchozí znalosti studenta. Můžeme tedy usuzovat, že práce s mapou již vyžaduje vyšší kognitivní schopnosti žáků a tyto úlohy významně zatěžují vnitřní, resp. strukturální část kognitivní zátěže a lze je designem ovlivnit minimálně. Rozdíl kognitivní zátěže u kvízů lze spatřit v kvízech s obecnými otázkami. V prvním cyklu byly oba kvízy velmi zatěžující. Při redesignu aplikace byl první kvíz rozdělen na dva menší celky a zároveň tyto kvízy byly od sebe odděleny jinými celky. Kumulované hodnoty GSR sice opět ukázaly vyšší celkové zatížení, ale výrazně se zmenšila časová náročnost a poklesly hodnoty normalizované GSR v průběhu vyplňování. Potvrdilo se tedy to, že vnitřní kognitivní zátěž je dána také velkým počtem prvků nikoli složitostí. Kvízové otázky tedy využívají především zdroje vnitřní a strukturální kognitivní zátěže. Nelze tedy nalézt jednoznačnou odpověď, jak správně podobné aplikace vytvářet, ale

můžeme pomocí tohoto přístupu eliminovat ty nejkomplicovanější celky a upravit aplikaci tak, aby se s ní žákům lépe a příjemněji pracovalo. Rozhodně je důležité používat navigační tlačítka, protože žáci často potřebují slyšet či si několikrát pročíst text a scrolování je zbytečně vyrušuje a přetrhává nit.

Z výsledků je patrné, že každý žák pracuje velmi odlišně. Je potřeba si v tomto případě uvědomit vliv faktorů, které ovlivňují naměřené hodnoty. Především se jedná o prostředí laboratoře. I přesto, že je žák připraven a ví co ho čeká, tak prostředí a přítomnost operátora má na práci v aplikaci vliv. Žák se může snažit být přespříliš pečlivý, nebo naopak si uvědomuje, že hodnocení nemá na prospěch vliv a aplikaci rychle proscroluje.

Významný faktor, který mohl ovlivnit výsledky je jak učitel, tak samotná technologie. Učitel totiž zásadně ovlivňuje jak učební styly a návyky žáků, tak jejich motivaci ke konkrétnímu předmětu (Jůva 1995, Čáp a Mareš 2007). Patrný je i vliv toho, zda učitel používá technologie při výuce. Vliv technologií je jedním z nejkritičtějších problémů ve vzdělávání (Webber 2003). Ukázalo se to nejvíce u dvou žáků, kteří nikdy nepracovali s interaktivními mapami. Novost technologie ale byla patrná u většiny žáků. To vše jsou vnější faktory, které ovlivňují výzkum a je vhodné vzít je při interpretaci výsledků v úvahu. Navíc výsledky uváděné v této studii by mělo potvrdit více empirických údajů. Velikost vzorku tohoto výzkumu byla relativně malá, aby bylo možné zobecnit zjištění na větší populaci.

## 7. Závěr

Tento výzkum analyzoval práci žáků v aplikaci webGIS ArcGIS StoryMaps, která má vysoký výukový potenciál (Cope 2018, Groshans 2019 či Vojteková et al. 2019). Výzkum má celkem tři hlavní pilíře. Hlavním východiskem pro analýzu byla teorie kognitivní zátěže, kterou zavedl Sweller a je dnes považována za významný faktor v různých aplikačních oblastech, jako je HCI, řízení dopravy, predikce výkonu a vzdělávání (Sweller 2011, Chen et al. 2016, Klepsch et al. 2017). Druhý pilíř, který popisoval kognitivně zatěžující celky a prvky byly metody biometrického měření. Výzkum probíhal v laboratoři vybavené eye-trackerem s biometrickým kitem pro získávání biometrických údajů. Jako indikátor zvýšené kognitivní zátěže byla použit časový aspekt kumulace normalizovaných hodnot elektrodermálního napětí kůže, který je syntézou poznatků předchozích studií (Shi et al. 2007, Chen et al. 2016, Nourbakhsh et al. 2017). Tato zjištění byla ověřena pomocí kritických bodů kognitivní zátěže, které jsou charakterizovány vztahem tepové frekvence a velikosti průměru zornic (Jerčić 2020). Pilířem celkového výzkumného designu byl použit princip design based research, který v cyklech opakuje kroky designu úloh (aplikace), testování, vyhodnocování a reflexi a je již pevnou součástí didaktického výzkumu (Cobb et al. 2003, Barab a Squire 2004, Sandoval 2014, Scott et al. 2020). Tato unikátní kombinace přístupů umožnila velmi podrobně analyzovat práce žáků v aplikaci ArcGIS StoryMaps.

Přínos výzkumu lze spatřit v několika oblastech. Za prvé, výsledky přinesly důležitý pohled jak na samotnou konstrukci podobných aplikací, tak i na možnosti, jak dál zlepšovat a přizpůsobovat jednotlivé úlohy i mimo digitální oblast. Příkladem může vytváření návrhů testů (Scio atd.), protože kvízové otázky se v aplikaci příliš neliší od vyplňování papírového formuláře a práce s papírovou mapou od té digitální.

Za druhé můžeme identifikovat učební styly žáků, které jsou velmi rozdílné a pokud podobné otázky a design testu dokážeme přizpůsobit co nejlépe všem učebním stylům, výrazně tím snížíme stres a zpříjemníme vzdělávání.

Za třetí, v perspektivě geografického vzdělávání jsou výsledky empirické analýzy v souladu s předpoklady, které byly učiněny na základě teoretické diskuse a potvrzují výsledky studií, že mapy jsou pro žáky 6. tříd nové a neumějí s nimi pracovat. Novost map a jejich interaktivita

velmi významně zvyšují vnitřní kognitivní zátěž. Neumí používat mapové nástroje a nepracují s interaktivními prvky v mapě. Pokud není k mapám dostatečné vysvětlení formou nápovědy, tak se této činnosti vyhýbají. Ukazuje se proto potřeba s mapami včetně digitálních (interaktivních) pracovat již od prvního stupně. Přínos výzkumu lze tak spatřit i v oblasti samotného kurikula. Pokud díky analýze empiricky potvrdíme, že kromě textu dělá dětem problém samotné čtení a používání mapy, ale zároveň chápeme, že mapy a práce s nimi je zásadní pro současnou společnost podobně, jako je umět řídit auto nebo používat mobilní telefon, tak je potřeba těmto částem geografického vzdělávání věnovat mnohem více než jednu dvojstranu v učebnici či vyučovací hodinu. Tyto dovednosti totiž využijí i v jiných předmětech. Případně mapové úlohy jako je určování souřadnic místa v rámci učebního plánu umístit až na pozdější období, nebo naopak s nimi začít ve zjednodušené podobě v nižších ročnících na ZŠ.

A konečně je zapotřebí dalších výzkumů zkoumající vztah kognitivní zátěže mezi jednotlivými celky a prvky SM i u dalších kritických míst geografického kurikula. Současný výzkum zkoumal, jak žáci s aplikací pracují, a které celky a prvky jsou pro ně zatěžující na konkrétním výukovém problému, určování polohy. Budoucí výzkum by se měl proto zaměřit na další kritická místa jako jsou dle Pluháčková et al. (2019), časová pásma, cirkulace v atmosféře či litosférické desky a jejich pohyby. S více údaji z dalších aplikací by bylo možné hluboce pochopit povahu a strukturu kognitivní zátěže jednotlivých prvků (stimulů), které jsou v digitálních aplikacích používány, ale i samotnou povahu konkrétní problematiky. Kombinace metod biometrického testování, teorie kognitivní zátěže a DBR totiž umí empiricky ověřit co konkrétně způsobuje žákům nesnáze. Zda je to chybná formulace textu, či složitost pomůcky anebo je to dáno vnitřní povahou problematiky a je proto nutné upravit kurikulární dokumenty buďto na školní úrovni (ŠVP) nebo na úrovni národní (RVP). Je taktéž nezbytné ověřit, zda podobné aplikace přinášejí zlepšení v reálném vzdělávacím procesu. K tomu je zapotřebí dalších a dlouhodobějších výzkumů v reálných podmínkách školní třídy.

Disertační práce ukázala významný přínos pro pedagogický výzkum v oblasti oborových didaktik ale i v obecné rovině zavádění technologií do výuky, protože využívání digitálních nástrojů ve vzdělávacím procesu bude čím dál tím častější a intenzivnější.

## 8. Publikační aktivity

Vlastní publikační aktivity doktoranda rozděleny na tematické části.

### Časopisy, příspěvky ve sbornících atd.

- KRAFT, Stanislav, Marián HALÁS, Pavel KLAPKA a Vojtěch BLAŽEK (2022). Functional regions as a platform to define integrated transport system zones: The use of population flows data. *Applied Geography* [online]. 2022, **144**. ISSN 01436228. Dostupné z: doi:10.1016/j.apgeog.2022.102732
- KRAFT, Stanislav, Miroslav MARADA, Jakub PETŘÍČEK, Vojtěch BLAŽEK a Tomáš MRKVIČKA (2022). Identification of motorcycle accidents hotspots in the Czech Republic and their conditional factors: The use of KDE and two-step cluster analysis. *The Geographical Journal* [online]. ISSN 0016-7398. Dostupné z: doi:10.1111/geoj.12446
- RYPL, Jiří, Karel KIRCHNER, Stanislav KRAFT a Vojtěch BLAŽEK (2022). The Evaluation of Geomorphosites with using Geomorphological Heritage (a Case Study of the Southern part of the Novohradské Mountains, the Czech Republic), 11 April 2022, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1526111/v1]
- KRAFT, Stanislav, Vojtěch BLAŽEK a Miroslav MARADA (2022). Exploring the daily mobility rhythms in an urban environment: using the data from intelligent transport systems. *Geografie* [online]. 2022, **127**(2), 127-144. ISSN 1212-0014. Dostupné z: doi:10.37040/geografie.2022.004
- HALÁS, Marián, Vojtěch BLAŽEK, Pavel KLAPKA a Stanislav KRAFT (2021). Vizualizace pravidelných prostorových pohybů osob: s využitím lokalizačních dat mobilních operátorů. *ArcRevue*. Praha: Arcdata Praha, 2021, **28**(2), 12-15. ISSN 1211-2135
- MAITAH, Mansoor, Karel MALEC, Ying GE, Zdeňka GEBELTOVÁ, Luboš SMUTKA, Vojtěch BLAŽEK, Ludmila PÁNKOVÁ, Kamil MAITAH a Jiří MACH. Assessment and Prediction of Maize Production Considering Climate Change by Extreme Learning Machine in Czechia. *Agronomy* [online]. 2021, **11**(11). ISSN 2073-4395. Dostupné z: doi:10.3390/agronomy11112344
- APPIAH-KUBI, Seth Nana Kwame, Karel MALEC, Joseph PHIRI, Mansoor MAITAH, Zdeňka GEBELTOVÁ, Luboš SMUTKA, Vojtěch BLAŽEK, Kamil MAITAH a Jitka SIROHI (2021). Impact of Tax Incentives on Foreign Direct Investment: Evidence from Africa. *Sustainability* [online]. 2021, **13**(15). ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su13158661
- HALÁS, Marián, Vojtěch BLAŽEK, Pavel KLAPKA a Stanislav KRAFT (2021). Population movements based on mobile phone location data: the Czech Republic. *Journal of Maps* [online]. 2021, **17**(1), 116-122. ISSN 1744-5647. Dostupné z: doi:10.1080/17445647.2021.1937730
- KRAFT, Stanislav, Tomáš KVĚTOŇ, Vojtěch BLAŽEK, Lukáš POJSL a Jiří RYPL (2020). Travel diaries, GPS loggers and Smartphone applications in mapping the daily mobility patterns of students in an urban environment. *Moravian Geographical Reports* [online]. 2020, **28**(4), 259-268. ISSN 1210-8812. Dostupné z: doi:10.2478/mgr-2020-0019
- BLAŽEK, Vojtěch, Jan PRENER (2020). Virtuální realita ve škole – 21. století ve výuce zeměpisu. *Geografické rozhledy*, Praha: P3K, 2020, **29**(5), 20-23. ISSN 1210-3004.

BLAŽEK, Vojtěch. (2020): Využití metod Eye-trackingu a biometrického testování při studiu kognitivní zátěže v prostředí ArcGIS Story map. In: International Journal of Information and Communication Technologies in Education. Ostrava: University of Ostrava, 2020, s. 3-20. ISBN 978-80-7599-210-9. ISSN 1805-3726.

BLAŽEK, Martin, Martin LÁNA, Vojtěch BLAŽEK a Jan DVOŘÁK (2017). Information Technologies in Teaching Geography from the Teacher's Point of View. In: KARVÁNKOVÁ, Petra, Dagmar POPJAKOVÁ, Michal VANČURA a Jozef MLÁDEK, ed. *Current Topics in Czech and Central European Geography Education* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017, 2017-10-20, s. 169-186 [cit. 2022-07-20]. ISBN 978-3-319-43613-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-43614-2\_10

Mapový portál Encyklopedie Českých Budějovic [online]. České Budějovice: Regioskop, z.s.p.o. / NEBE, 2016. <https://arcg.is/0qL99W>

BLAŽEK, Vojtěch, ed. (2013). *Veränderung des Böhmerwaldes: in Bildern*. České Budějovice: Nebe, [2013]. ISBN 978-80-904100-6-0.

BLAŽEK, Vojtěch, ed. (2013). *Veränderung des Böhmerwaldes: in Statistik*. České Budějovice: Nebe, 2013. ISBN 978-80-904100-5-3.

#### **Přednášky na konferencích:**

BLAŽEK, Vojtěch (2021). Biometric testing in the study of cognitive load in the ArcGIS StoryMaps. *Over the horizon and for mutual acquaintance*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 3.-4.11.2021.

BLAŽEK, Vojtěch (2021). Urban transformation through ArcGIS platform. *EUGEO 2021, 8th EUGEO congress on the geography of Europe*. Praha: Karlova univerzita, 28.6.-1.7.2021.

ŠMÍDA, Jiří, Adam PÁTEK, Alena KREBSOVÁ, Darina MÍSAŘOVÁ a Vojtěch BLAŽEK (2019). Jak budovat digitální kompetence žáků základních a středních škol využíváním metod a nástrojů GIS. *Konference GIS Esri v ČR*. Praha: Kongresový palác. 6.-7.11.2019

#### **Postery na konferencích:**

PRENER, Jan, Vojtěch BLAŽEK (2021). Lokální diferenciace stability komunálních zastupitelstev v Plzeňském a Jihočeském kraji v letech 1994–2018. *Medzinárodné geografické kolokvium Danišovice 2021*. Danišovice. 20.-22.10.2021

BLAŽEK, Vojtěch (2019). Prostorová a časová dostupnost zastávek MHD v Českých Budějovicích. *Konference GIS Esri v ČR*. Praha: Kongresový palác. 6.-7.11.2019

BLAŽEK, Vojtěch (2018). I am a member of department of Geography. *Konference GIS Esri v ČR*. Praha: Kongresový palác. 7.-8.11.2018

BLAŽEK, Vojtěch (2017). Školní mapa Č(Q)R. *Konference GIS Esri v ČR*. Praha: Kongresový palác. 8.-9.7.11.2017

BLAŽEK, Vojtěch (2016). Story Maps – Vstupenka GIS do škol. *Konference GIS Esri v ČR*. Praha: Kongresový palác. 2.-3.11.2016



BLAŽEK, Vojtěch (2015). Rekonstrukce a vizualizace historických map a plánů jihočeské metropole. *Konference GIS Esri v ČR*. Praha: Kongresový palác. 4.-5.11.2015

**Vedoucí diplomové, bakalářské a závěrečné práce s úspěšnou obhajobou (chronologicky):**

BAŠTOVÁ, Blažena (2022). *Rozvoj geografického myšlení a digitální gramotnosti na příkladu aktivity "ostrov"*. České Budějovice, 2022. Závěrečná práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

HODYS, František (2021). *Využití platformy ArcGIS online a aplikace Příběhové mapy ve výuce zeměpisu*. České Budějovice, 2021. Závěrečná práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

BLÁHA, Milan (2021). *3D vizualizace a deep learning v mapách Stablního katastru Čech*. České Budějovice, 2021. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

DĚDIČ, Filip (2021). *Dostupnost veřejné infrastruktury ve městě Písek*. České Budějovice, 2021. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

DVOŘÁK, Petr (2019). *Interaktivní webová mapová aplikace budovy PF JU – Jeronýmova 8 a 10*. České Budějovice, 2019. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

KULATÁ, Michaela (2019). *Výukové materiály GIS v rámci předmětu zeměpis 6. a 7. ročníku*. České Budějovice, 2019. Závěrečná práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

BĚLE, Šimon (2019). *Veřejně dostupné mapové zdroje a jejich využití pro výuku na základní školách v prostředí ArcGIS*. České Budějovice, 2019. Diplomová práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

ZETKOVÁ, Štěpánka (2019). *Geoportál přírodního parku Novohradské Hory*. České Budějovice, 2019. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

BEZROUKOVÁ, Kamila (2018). *Didaktická pomůcka pro výuku zeměpisu v 6. třídě základní školy v prostředí ArcGIS online*. České Budějovice, 2018. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

HORNYCH, Lukáš (2016). *Soubor map pro práci samosprávy obce Vodňany*. České Budějovice, 2016. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita.

ŠRUC, Lukáš (2016). *Rozmístění mateřských škol a vymezení jejich spádových oblastí v Jihočeském kraji*. České Budějovice, 2016. Bakalářská práce. Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita

## 9. Literatura a zdroje

- ALAÇAM, Özge a Mustafa DALCI (2009). A Usability Study of WebMaps with Eye Tracking Tool: The Effects of Iconic Representation of Information. JACKO, Julie A., ed. *Human-Computer Interaction. New Trends* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, 2009, s. 12-21. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-642-02573-0. doi:10.1007/978-3-642-02574-7\_2
- ALEMY, Alexis, Sophia HUDZIK a Christopher N. MATTHEWS (2017). Creating a User-Friendly Interactive Interpretive Resource with ESRI's ArcGIS Story Map Program. *Historical Archaeology* [online]. 2017, **51**(2), 288-297. ISSN 0440-9213. doi:10.1007/s41636-017-0013-7
- ALNOAIMI, Tayseer, HINOSTROZA, J. Enrique, KOZMA, Robert (2011). Transforming Education: The Power of ICT Policies. UNESCO 2011, France. ISBN: 9 789231 042126
- ANDERSON, Terry a Julie SHATTUCK (2012). Design-Based Research. *Educational Researcher* [online]. 2012, **41**(1), 16-25. ISSN 0013-189X. doi:10.3102/0013189X11428813
- ANDREASSI, John L (2010). Psychophysiology [online]. Psychology Press, 2010. ISBN 9781135613082. doi:10.4324/9780203880340
- ANTONENKO, Pavlo, Fred PAAS, Roland GRABNER a Tamara VAN GOG (2010). Using Electroencephalography to Measure Cognitive Load. *Educational Psychology Review* [online]. 2010, **22**(4), 425-438. ISSN 1040-726X. doi:10.1007/s10648-010-9130-y
- ANTONIOU, Varvara, Lemonia RAGIA, Paraskevi NOMIKOU, Pavlina BARDOULI, Danai LAMPRIDOU, Theodora IOANNOU, Ilias KALISPERAKIS a Christos STENTOUMIS (2018). Creating a Story Map Using Geographic Information Systems to Explore Geomorphology and History of Methana Peninsula. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 2018, **7**(12). ISSN 2220-9964. doi:10.3390/ijgi7120484
- AYRES, Paul a SWELLER, John (1990). Locus of Difficulty in Multistage Mathematics Problems. *The American Journal of Psychology* [online]. 1990, **103**(2). ISSN 00029556. doi:10.2307/1423141
- BADDELEY, Alan D (2007). *Working memory, thought, and action*. New York: Oxford University Press, 2007. Oxford psychology series, no. 45. ISBN 978-0-19-852800-5.
- BAKER, Thomas R (2015). WebGIS in Education. MUÑIZ SOLARI, Osvaldo, Ali DEMIRCI a Joop SCHEE, ed. *Geospatial Technologies and Geography Education in a Changing World* [online]. Tokyo: Springer Japan, 2015, 2015, s. 105-115. Advances in Geographical and Environmental Sciences. ISBN 978-4-431-55518-6. doi:10.1007/978-4-431-55519-3\_9
- BAKER, Thomas R., Sarah BATTERSBY, Sarah W. BEDNARZ, Alec M. BODZIN, Bob KOLVOORD, Steven MOORE, Diana SINTON a David UTTAL (2014). A Research Agenda for Geospatial Technologies and Learning. *Journal of Geography* [online]. 2014, **114**(3), 118-130. ISSN 0022-1341. doi:10.1080/00221341.2014.950684
- BARAB, Sasha a Kurt SQUIRE (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences* [online]. 2004, **13**(1), 1-14. ISSN 1050-8406. doi:10.1207/s15327809jls1301\_1

- BARROUILLET, Pierre, Sophie BERNARDIN, Sophie PORTRAT, Evie VERGAUWE a Valérie CAMOS (2007). Time and cognitive load in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* [online]. 2007, **33**(3), 570-585. ISSN 1939-1285. doi:10.1037/0278-7393.33.3.570
- BAUMSTIMLER, Y. a J. PARROT (1971). Stimulus generalization and spontaneous blinking in man involved in a voluntary activity. *Journal of Experimental Psychology* [online]. 1971, **88**(1), 95-102. ISSN 0022-1015. doi:10.1037/h0030638
- BEARMAN, Nick, Nick JONES, Isabel ANDRÉ, Herculano Alberto CACHINHO a Michael DEMERS (2016). The future role of GIS education in creating critical spatial thinkers. *Journal of Geography in Higher Education* [online]. 2016, **40**(3), 394-408. DOI: 10.1080/03098265.2016.1144729. ISSN 0309-8265. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03098265.2016.1144729>
- BEDNARZ, Sarah Witham (2004). Geographic Information Systems: A Tool to Support Geography and Environmental Education?. *GeoJournal* [online]. 2004, **60**(2), 191-199. ISSN 0343-2521. doi:10.1023/B:GEJO.0000033574.44345.c9
- BEDNARZ, Sarah Witham; ACHESON, Gillian; BEDNARZ, Robert S. (2006). Maps and map learning in social studies. *Social Education*, 2006, **70**.7: 398.
- BELL, Philip (2004). On the Theoretical Breadth of Design-Based Research in Education. *Educational Psychologist* [online]. 2004, **39**(4), 243-253. ISSN 0046-1520. doi:10.1207/s15326985ep3904\_6
- BERENDSEN, Margo, Jeffrey HAMERLINCK a Gerald WEBSTER (2018). Digital Story Mapping to Advance Educational Atlas Design and Enable Student Engagement. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 2018, **7**(3). ISSN 2220-9964. doi:10.3390/ijgi7030125
- BERGDAHL, Nina a Jalal NOURI (2021). Covid-19 and Crisis-Prompted Distance Education in Sweden. *Technology, Knowledge and Learning* [online]. ISSN 2211-1662. doi:10.1007/s10758-020-09470-6
- BOHATCOVÁ, Mirjam (1979). Vydavatel a tiskař Mikuláš Klauďyan (Norimberk 1511 – Mladá Boleslav 1519). *Časopis Národního muzea, ř. hist.* 1979, **148**, s. 33-67.
- BOUCSEIN, Wolfram (2012). *Electrodermal Activity* [online]. Boston, MA: Springer US, 2012. ISBN 978-1-4614-1125-3. doi:10.1007/978-1-4614-1126-0
- BOUTCHER, Yati N. a Stephen H. BOUTCHER (2006). Cardiovascular response to Stroop: Effect of verbal response and task difficulty. *Biological Psychology* [online]. 2006, **73**(3), 235-241. ISSN 03010511. doi:10.1016/j.biopsycho.2006.04.005
- BRADBURY, Neil A. (2016). Attention span during lectures: 8 seconds, 10 minutes, or more? *Advances in Physiology Education* [online]. 2016, **40**(4), 509-513 ISSN 1043-4046. doi:10.1152/advan.00109.2016
- BRAND, John, Solomon G. DIAMOND, Natalie THOMAS a Diane GILBERT-DIAMOND (2021). Evaluating the data quality of the Gazeport GP3 low-cost eye tracker when used independently by study participants. *Behavior Research Methods* [online]. 2021, **53**(4), 1502-1514. ISSN 1554-3528. doi:10.3758/s13428-020-01504-2
- BROWN, Ann L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences* [online]. 1992, **2**(2), 141-178. ISSN 1050-8406. doi:10.1207/s15327809jls0202\_2

- BRUNER, J. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press. ISBN 0674003616.
- BRÜNKEN, Roland, Jan L. PLASS a Detlev LEUTNER (2003). Direct Measurement of Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist* [online]. 2003, 38(1), 53-61. ISSN 0046-1520. doi:10.1207/S15326985EP3801\_7
- BRÜNKEN, Roland, Tina SEUFERT, Fred PAAS, Jan L. PLASS, Roxana MORENO a Roland BRUNKEN (2010). Measuring Cognitive Load. PLASS, Jan L., Roxana MORENO a Roland BRUNKEN, ed. *Cognitive Load Theory* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, s. 181-202. ISBN 9780511844744. doi:10.1017/CBO9780511844744.011
- BUCKLEY, Aileen (2003). Atlas Mapping in the 21st Century. *Cartography and Geographic Information Science* [online]. 2003, 30(2), 149-158. ISSN 1523-0406. doi:10.1559/152304003100011117
- CARPENTER, Roger H. (1977). *Movements of the eyes*. 1. London: Pion, 1977. ISBN 9780850860634.
- CARRETERO Gomez, S., Vuorikari, R. and Punie, Y. (2017). DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use, EUR 28558 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-68006-9 (pdf),978-92-79-68005-2 (print),978-92-79-74173-9 (ePub), doi:10.2760/38842 (online),10.2760/836968 (print),10.2760/00963 (ePub), JRC106281.
- CARROLL, Allen (2019). A Quantum Leap for Story Maps. *ArcGIS blog* [online]. Redlands (CA): Esri, 2019, 10.04.2019. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-storymaps/mapping/a-quantum-leap-for-story-maps/>
- CASE, R. (2005). Bringing critical thinking to the main stage. *Education Canada* 45 (2): 45-49.
- CASTAÑEDA, M. E. (2013). Digital storytelling: Building 21st century literacy in the foreign language classroom. *The Northeast conference on the teaching of foreign languages review (NECTFL Review)*, 71, 55–65. Salisbury University. [https://www.researchgate.net/publication/305166633\\_Digital\\_storytelling\\_Building\\_21st-century\\_literacy\\_in\\_the\\_foreign\\_language\\_classroom](https://www.researchgate.net/publication/305166633_Digital_storytelling_Building_21st-century_literacy_in_the_foreign_language_classroom)
- CAVERO, Icilio, Jean-Michel GUILLON a Henry H. HOLZGREFFE (2017). Reminiscing about Jan Evangelista Purkinje: a pioneer of modern experimental physiology. *Advances in Physiology Education* [online]. 2017, 41(4), 528-538. ISSN 1043-4046. doi:10.1152/advan.00068.2017
- CENDELÍN, Dušan (2017). Cesty Klaudyánovy mapy Čech z města Polná : Rekonstrukce historických dopravních linií pomocí jejich reliktnů v krajině. *Historická geografie*. Praha: Historický ústav AV ČR, 2017, 43(2), 79-106. ISSN 0323-0988.
- CLARKE, A. H., J. DITTERICH, K. DRÜEN, U. SCHÖNFELD a C. STEINEKE (2002). Using high frame rate CMOS sensors for three-dimensional eye tracking. *Behavior Research Methods, Instruments, a Computers* [online]. 2002, 34(4), 549-560. ISSN 0743-3808. doi:10.3758/BF03195484
- COBB, Paul., GRAVEMEIJER, Koeno. (2008). Experimenting to support and understand learning processes. In: Kelly, Anthony E. *Handbook of Design Research Methods in Education* [online]. Routledge, 2014. ISBN 9781315759593. doi:10.4324/9781315759593.
- COBB, Paul, Jere CONFREY, Andrea DISESSA, Richard LEHRER a Leona SCHAUBLE (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher* [online]. 2003, 32(1), 9-13. ISSN 0013-189X. doi:10.3102/0013189X032001009

- COPE, M. P., E. A. MIKHAILOVA, C. J. POST, M. A. SCHLAUTMAN a P. CARBAJALES-DÁLE (2018). Developing and Evaluating an ESRI Story Map as an Educational Tool. *Natural Sciences Education* [online]. 2018, **47**(1) ISSN 21688281. doi:10.4195/nse2018.04.0008
- COLLINS, Allan (1992). Toward a Design Science of Education. SCANLON, Eileen a Tim O'SHEA, ed. *New Directions in Educational Technology* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1992, 1992, s. 15-22. ISBN 978-3-642-77752-3. doi:10.1007/978-3-642-77750-9\_2
- COLLINS, Allan, Diana JOSEPH a Katerine BIELACZYC (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*. 2004, **13**(1), 15-42. ISSN 1050-8406. doi:10.1207/s15327809jls1301\_2
- COLLINS, Sean M., Robert A. KARASEK a Kevin COSTAS (2005). Job strain and autonomic indices of cardiovascular disease risk. *American Journal of Industrial Medicine* [online]. 2005, **48**(3), 182-193. ISSN 0271-3586. doi:10.1002/ajim.20204
- ÇÖLTEKIN, Arzu, Benedikt HEIL, Simone GARLANDINI a Sara Irina FABRIKANT (2009). Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis. *Cartography and Geographic Information Science* [online]. 2009, **36**(1), 5-17. ISSN 1523-0406. doi:10.1559/152304009787340197
- ÇÖLTEKIN, Arzu; DEMSAR, Urska; BRYCHTOVA, Alzbeta; VANDROL, Jan (2014). Eye-hand coordination during visual search on geographic displays. In: 2nd International Workshop on Eye Tracking for Spatial Research co-located with the 8th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2014), Wien (A), 23 September 2014. CEUR-WS, 12-16.
- COWAN, Nelson (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences* [online]. 2001, **24**(1), 87-114. ISSN 0140-525X. doi:10.1017/S0140525X01003922
- CRANE, H. D. (1994). The Purkinje Image Eyetracker, Image Stabilization, and Related Forms of Stimulus Manipulation. In: KELLY. *Visual Science and Engineering* [online]. CRC Press, 2018. ISBN 9781315215617. doi:10.1201/9781466593534
- CRATO, Nuno (2020): Curriculum and Educational Reforms in Portugal: An Analysis on Why and How Students' Knowledge and Skills Improved In REIMERS, Fernando M., ed. *Audacious Education Purposes* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2020. ISBN 978-3-030-41881-6. doi:10.1007/978-3-030-41882-3
- CROIZET, Jean-Claude, Gérard DESPRÉS, Marie-Eve GAUZINS, Pascal HUGUET, Jacques-Philippe LEYENS a Alain MÉOT (2004). Stereotype Threat Undermines Intellectual Performance by Triggering a Disruptive Mental Load. *Personality and Social Psychology Bulletin* [online]. 2004, **30**(6), 721-731. ISSN 0146-1672. doi:10.1177/0146167204263961
- CROSSLAND, Martin D. (2008). Spatial Decision Support System. SHEKHAR, Shashi a Hui XIONG, ed. *Encyclopedia of GIS* [online]. Boston, MA: Springer US, 2008, 2008, s. 1095-1095. ISBN 978-0-387-30858-6. doi:10.1007/978-0-387-35973-1\_1264
- CRUNDALL, DAVID E. a GEOFFREY UNDERWOOD (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics* [online]. 1998, **41**(4), 448-458. ISSN 0014-0139. doi:10.1080/001401398186937
- ČÁP, Jan a Jiří MAREŠ. *Psychologie pro učitele*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-273-7.



- DANIELS, K. (2013). Exploring the impact of critical reflection through the use of service-learning and digital storytelling. *Journal on School Educational Technology*, 9(1), 1–10. Dostupné z <https://eric.ed.gov/?id=EJ1098343>
- DE GUZMAN, M. Fe D., OLAGUER, L. D. a Novera, E. G. D. (2017). Difficulties Faced in Teaching Geography Lessons at Public Secondary Schools Division of Zambales, Philippines. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science*. 22(9): 64–70. DOI: 10.9790/0837-2209076470
- DE JONG, Ton (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science* [online]. 2010, 38(2), 105-134. ISSN 0020-4277. doi:10.1007/s11251-009-9110-0
- DELLIAUX, Stéphane, Alexis DELAFORGE, Jean-Claude DEHARO a Guillaume CHAUMET (2019). Mental Workload Alters Heart Rate Variability, Lowering Non-linear Dynamics. *Frontiers in Physiology* [online]. 2019, 10. ISSN 1664-042X. doi:10.3389/fphys.2019.00565
- DEMIRCI, Ali (2009). How do teachers approach new Technologies: Geography teachers attitudes towards Geographic Information Systems (GIS). *European Journal of Educational Studies*, 2009, 1(1), s. 169-178.
- DEMPSEY, Caitlin (2012). History of GIS. <https://www.gislounge.com> [online]. Santa Clara CA: GIS Lounge, 2012. <https://www.gislounge.com/history-of-gis/>
- DEWEY, John (2029). *The sources of a science of education*. New York, H. Liveright. 1929
- DICKINSON, Simon a Andrew TELFORD (2020). The visualities of digital story mapping: teaching the ‘messiness’ of qualitative methods through story mapping technologies. *Journal of Geography in Higher Education* [online]. 2020, 44(3), 441-457. ISSN 0309-8265. doi:10.1080/03098265.2020.1712686
- DIGIGRAM (2018): Podpora rozvoje digitální gramotnosti [online]. Praha, 2018. <https://digigram.cz/>
- DJAMASBI, S. (2014). Eye Tracking and Web Experience. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 6(2), 37-54. Retrieved from <https://aisel.aisnet.org/thci/vol6/iss2/2>
- DJAOUTI, Damien, Julian ALVAREZ a Jean-Pierre JESSEL. Classifying Serious Games. FELICIA, Patrick, ed. (2011). *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games* [online]. IGI Global, 2011, s. 118-136. *Advances in Game-Based Learning*. ISBN 9781609604950. doi:10.4018/978-1-60960-495-0.ch006
- DOGAN, B. a ROBIN, B. (2008). Implementation of Digital Storytelling in the Classroom by Teachers Trained in a Digital Storytelling Workshop. In K. McFerrin, R. Weber, R. Carlsen a D. Willis (Eds.), *Proceedings of SITE 2008--Society for Information Technology a Teacher Education International Conference* (pp. 902-907). Las Vegas, Nevada, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved February 9, 2022 from <https://www.learntechlib.org/primary/p/27287/>.
- DOHERTY, Stephen, Sharon O'BRIEN a Michael CARL (2010). Eye tracking as an MT evaluation technique. *Machine Translation* [online]. 2010, 24(1), 1-13. ISSN 0922-6567. doi:10.1007/s10590-010-9070-9
- DÖRNER, Ralf, Paul GRIMM a Daniel F. ABAWI (2002). Synergies between interactive training simulations and digital storytelling: a component-based framework. *Computers a Graphics* [online]. 2002, 26(1), 45-55. ISSN 00978493. doi:10.1016/S0097-8493(01)00177-7

- DRÁPELA, M., Z. PODHRADSKÝ, Z. STRACHOŇ a K. TAJOVSKÁ (2005). *Multimediální učebnice dějiny kartografie* [online]. Brno, 2005. <https://ucebnice.geogr.muni.cz/dejiny/oprojektu.php>. Multimediální učebnice. Geografický ústav PŘF Masarykova univerzita.
- DREW, G. C. (1951). Variations in reflex blink-rate during visual-motor tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 3, 73-88
- DROSSEL, Kerstin, Birgit EICKELMANN a Julia GERICK (2017). Predictors of teachers' use of ICT in school – the relevance of school characteristics, teachers' attitudes and teacher collaboration. *Education and Information Technologies* [online]. 2017, **22**(2), 551-573. ISSN 1360-2357. doi:10.1007/s10639-016-9476-y
- DUCHOWSKI, Andrew T. (2017). *Eye Tracking Methodology* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-57881-1. doi:10.1007/978-3-319-57883-5
- EDELSON, Daniel C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences* [online]. 2002, **11**(1), 105-121. ISSN 1050-8406. doi:10.1207/S15327809JLS1101\_4
- ELECTROPHYSIOLOGY (1996). Task Force of the European Society of Cardiology the North A. Heart Rate Variability. *Circulation* [online]. 1996, 93(5), 1043-1065. ISSN 0009-7322. doi:10.1161/01.CIR.93.5.1043
- ESRA, Altintas, Iğün ŞUKRU a Kucuk SONER (2017). Evaluation of use of Graphics Interchange Format (GIF) animations in mathematics education. *Educational Research and Reviews* [online]. 2017, **12**(23), 1112-1119. ISSN 1990-3839. doi:10.5897/ERR2017.3369
- ESRI (2020). What is Story Maps [online]. Redlands, CA: ESRI, 2020. <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-storymaps/get-started/what-is-arcgis-storymaps.htm>
- ELDER, L. (2004). Diversity: Making sense of it through critical thinking. *Journal for Quality and Participation* 27 (4): 9-13.
- FATOURECHI, Mehrdad, Ali BASHASHATI, Rabab K. WARD a Gary E. BIRCH (2007). EMG and EOG artifacts in brain computer interface systems: A survey. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2007, 118(3), 480-494. ISSN 13882457. doi:10.1016/j.clinph.2006.10.019
- FAVIER, Tim, Joop VAN DER SCHEE a Henk J. SCHOLTEN (2012). The Netherlands: Introduction and Diffusion of GIS for Geography Education, 1980s to the Present. *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, 2012-9-9, 169-177
- FENG, Yeli a Yiyu CAI (2017). A Gaze Tracking System for Children with Autism Spectrum Disorders. CAI, Yiyu, Sui Lin GOEI a Wim TROOSTER, ed. *Simulation and Serious Games for Education* [online]. Singapore: Springer Singapore, 2017, 2017-10-12, s. 137-145. Gaming Media and Social Effects. ISBN 978-981-10-0860-3. doi:10.1007/978-981-10-0861-0\_10
- FICHTEL, Eric, Nathan LAU, Juyeon PARK, Sarah HENRICKSON PARKER, Siddarth PONNALA, Shima FITZGIBBONS a Shawn D. SAFFORD (2019). Eye tracking in surgical education: gaze-based dynamic area of interest can discriminate adverse events and expertise. *Surgical Endoscopy* [online]. 2019, **33**(7), 2249-2256. ISSN 0930-2794. doi:10.1007/s00464-018-6513-5

- FIRTH R. (2011). Debates about knowledge and the curriculum: some implications for geography education. in: Butt, G. (ed) (2011) *Geography, Education and the Future*. London: Continuum. ISBN 978-1-84706-498-4
- FOWLER, B. a VEGAS E. (2021). How England implemented its computer science education program . Center for Universal Education. Brookings. <https://eric.ed.gov/?id=ED610629>
- FRYČ, Jindřich a kol. (2020). Strategie vzdělávací politiky České republiky do roku 2030+ [online]. 1. Praha: MŠMT, 2020. ISBN 978-80-87601-47-1. <https://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/strategie-2030>
- GAKSTATTER, Eric (2018). GIS users come from every field. *Geospatial Solutions* [online]. 2018. <http://geospatial-solutions.com/gis-users-come-from-every-field/>
- GAISCH, Martina a kol. (2019). CLIL a Multimediální výuka ve vysokoškolském vzdělávání [online]. 1. České Budějovice: VŠTE České Budějovice, 2019. ISBN 978-80-7468-148-6. <http://clil.vstecb.cz/monografie/>
- GAZEPOINT (2013). Gaze point manual (pdf). Součást balíčku Gaze point Analysis UX edition.
- GEWIN, Virginia (2004). Mapping opportunities. *Nature* [online]. **427**(6972), 376-377. ISSN 0028-0836. doi:10.1038/nj6972-376a
- GEARY, D. C. (2007). Educating the evolved mind: Conceptual foundations for an evolutionary educational psychology. In J. S. Carlson a J. R. Levin (Eds.), *Psychological perspectives on contemporary educational issues* (pp. 1–99). Greenwich: Information Age Publishing.
- GEARY, D. C. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, **43**, 179–195.
- GERJETS, P., SCHEITER, K., and CATRAMBONE, R. (2004). Designing instructional examples to reduce intrinsic cognitive load: molar versus modular presentation of solution procedures. *Instr. Sci.* **32**, 33–58. doi: 10.1023/B:TRUC.0000021809.10236.71
- GIAKOUMIS, Dimitris, Dimitrios TZOVARAS, Konstantinos MOUSTAKAS a George HASSAPIS (2011). Automatic Recognition of Boredom in Video Games Using Novel Biosignal Moment-Based Features. *IEEE Transactions on Affective Computing* [online]. 2011, **2**(3), 119-133. ISSN 1949-3045. doi:10.1109/T-AFFC.2011.4
- GILS, F. (2005). Potential applications of digital storytelling in education. In 3rd Twente Student Conference on IT, University of Twente, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Enschede, February 17–18. Dostupné z [https://wwwhome.ewi.utwente.nl/~theune/V5/Frank\\_van\\_van\\_Gils.pdf](https://wwwhome.ewi.utwente.nl/~theune/V5/Frank_van_van_Gils.pdf)
- GISGeography (2018). The Remarkable History of GIS. <https://gisgeography.com/history-of-gis/>
- GOODCHILD, Michael F. (2004). GIScience, geography, form, and process. *Annals of the Association of American Geographers* **94**: 709-714.
- GOODCHILD, Michael F. (2006). The fourth R? Rethinking GIS education. *ArcNews* **28** (3): 5-7.
- GOODCHILD, Michael F. a Donald G. JANELLE (2010). Toward critical spatial thinking in the social sciences and humanities. *GeoJournal* [online]. 2010, **75**(1), 3-13. ISSN 0343-2521. doi:10.1007/s10708-010-9340-3



- GOODCHILD, Michael F. a Paul A. LONGLEY (2014). The Practice of Geographic Information Science. FISCHER, Manfred M. a Peter NIJKAMP, ed. *Handbook of Regional Science* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, 2014-7-18, s. 1107-1122. ISBN 978-3-642-23429-3. doi:10.1007/978-3-642-23430-9\_61
- GRASSMANN, Mariel, Elke VLEMINCX, Andreas VON LEUPOLDT, Justin M. MITTELSTÄDT a Omer VAN DEN BERGH (2016). Respiratory Changes in Response to Cognitive Load: A Systematic Review. *Neural Plasticity* [online]. 2016, 2016, 1-16. ISSN 2090-5904. doi:10.1155/2016/8146809
- GROSHANS, Garth, Elena MIKHAILOVA, Christopher POST, Mark SCHLAUTMAN, Patricia CARBAJALES-DALE a Kayla PAYNE (2019). Digital Story Map Learning for STEM Disciplines. *Education Sciences* [online]. 2019, 9(2) ISSN 2227-7102. doi:10.3390/educsci9020075
- GROSSMAN, Paul (1992). Respiratory and cardiac rhythms as windows to central and autonomic biobehavioral regulation: Selection of window frames, keeping the panes clean and viewing the neural topography. *Biological Psychology* [online]. 1992, 34(2-3), 131-161. ISSN 03010511. doi:10.1016/0301-0511(92)90013
- GÜRSOY, Gülden (2021). Digital Storytelling: Developing 21st Century Skills in Science Education. *European Journal of Educational Research* [online]. 2021, 10(1), 97-113. ISSN 21658714. doi:10.12973/eu-jer.10.1.97
- HÁJEK, Martin (2014). *Čtenář a stroj: vybrané metody sociálněvědní analýzy textů*. Praha: Sociologické nakladatelství (SLON), 2014. Studie (Sociologické nakladatelství). ISBN 9788074191619.
- HAMMOND, Thomas, Alec M. BOZDIN a Sarah E. STANLICK. Redefining the Longitude/Latitude Experience with a Scaffolded Geocache. *The Social Studies* [online]. 2014, 105(5), 237-244. ISSN 0037-7996. Dostupné z: doi:10.1080/00377996.2014.920289
- HANSON, S. (2009): Mobility. In: Gregory, D., Johnston, R., Pratt, G., Watts, M., Whatmore, S. (eds.) *The Dictionary of Human Geography*, 5th edition, Wiley-Blackwell, Chichester.
- HANUS, M. (2012). *Mapové dovednosti českých žáků: porovnání různých věkových skupin (Disertační práce)*. Praha: Karlova univerzita.
- HEO, Misook. (2009). Digital Storytelling: An Empirical Study of the Impact of Digital Storytelling on Pre-Service Teachers' Self-Efficacy and Dispositions towards Educational Technology. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*.
- HJORTSKOV, Nis, Dag RISSÉN, Anne Katrine BLANGSTED, Nils FALLENTIN, Ulf LUNDBERG a Karen SØGAARD (2004). The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2004, 92(1-2), 84-89. ISSN 1439-6319. doi:10.1007/s00421-004-1055-z
- HOADLEY, Christopher M. (2004). Methodological Alignment in Design-Based Research. *Educational Psychologist* [online]. 2004, 39(4), 203-212. ISSN 0046-1520. doi:10.1207/s15326985ep3904\_2
- HOLT-JENSEN, Arild (2018). *Geography: history and concepts*. Sage, 2018. ISBN 978-1526440150
- HOROWITZ, Wayne (1988). The Babylonian Map of the World. *Iraq* [online]. 1988, 50. ISSN 00210889. doi:10.2307/4200289

- CHANDLER, Paul a John SWELLER (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction* [online]. 1991, 8(4), 293-332. ISSN 0737-0008. doi:10.1207/s1532690xc0804\_2
- CHANDLER, Paul a John SWELLER (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology* [online]. 1992, 62(2), 233-246. ISSN 00070998. doi:10.1111/j.2044-8279.1992.tb01017.x
- CHANDLER, Paul a John SWELLER (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Appl. Cogn. Psychol.* 10, 151–170. doi: 10.1002/(SICI)1099-0720(199604)10:2<151::AID-ACP380>3.0.CO;2-U
- CHANG, Kang-tsung (2016). *Introduction to Geographic Information Systems* (9th ed.). McGraw-Hill. p. 2. ISBN 978-1-259-92964-9.
- CHEN, Siyuan, Julien EPPS, Natalie RUIZ a Fang CHEN (2011). Eye activity as a measure of human mental effort in HCI. In: *Proceedings of the 15th international conference on Intelligent user interfaces - IUI '11* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2011, 2011, s. 315-. ISBN 9781450304191. doi:10.1145/1943403.1943454
- CHEN, Siyuan a Julien EPPS (2013). Automatic classification of eye activity for cognitive load measurement with emotion interference. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* [online]. 2013, 110(2), 111-124. ISSN 01692607. doi:10.1016/j.cmpb.2012.10.021
- CHEN, Fang, Jianlong ZHOU, Yang WANG, Kun YU, Syed Z. ARSHAD, Ahmad KHAWAJI a Dan CONWAY (2016). *Robust Multimodal Cognitive Load Measurement*. Imprint: Springer, 2016. Human-Computer Interaction Series. ISBN 978-3-319-31698
- CHOI, Jongyoon a Ricardo GUTIERREZ-OSUNA (2011). Removal of Respiratory Influences From Heart Rate Variability in Stress Monitoring. *IEEE Sensors Journal* [online]. 2011, 11(11), 2649-2656. ISSN 1530-437X. doi:10.1109/JSEN.2011.2150746
- CHUBKO, Nadezhda, Julia E. MORRIS, David H. MCKINNON, Eileen V. SLATER a Geoffrey W. LUMMIS (2019). SOLO taxonomy as EFL students' disciplinary literacy evaluation tool in technology-enhanced integrated astronomy course. *Language Testing in Asia* [online]. 2019, 9(1). ISSN 2229-0443. doi:10.1186/s40468-019-0095-6
- JERČIĆ, Petar, Charlotte SENNERSTEN a Craig LINDLEY (2020). Modeling cognitive load and physiological arousal through pupil diameter and heart rate. *Multimedia Tools and Applications* [online]. 2020, 79(5-6), 3145-3159. ISSN 1380-7501. doi:10.1007/s11042-018-6518-z
- JOHNSON, Peter C. a Mark E. GONDESEN (2007). Teaching Latitude and Longitude in the Upper Elementary Grades. *Journal of Geography* [online]. 2007, 90(2), 73-77. ISSN 0022-1341. Dostupné z: doi:10.1080/00221349108979239
- JŮVA, Vladimír. *Úvod do pedagogiky*. 2. rozš. vyd. Brno: Paido, 1995. Edice pedagogické literatury. ISBN 80-85931-06-0.
- KALLAHER, Amelia a Alyson GAMBLE (2017). GIS and the humanities: Presenting a path to digital scholarship with the Story Map app. *College & Undergraduate Libraries* [online]. 2017, 24(2-4), 559-573. ISSN 1069-1316. doi:10.1080/10691316.2017.1327386
- KARVÁNKOVÁ, Petra (2016). *Current topics in Czech and central European geography education*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 9783319436135

- KEMP, Karen K., Michael F. GOODCHILD a Rustin F. DODSON (1992). Teaching GIS in Geography \*. *The Professional Geographer* [online]. 1992, 44(2), 181-191. DOI: 10.1111/j.0033-0124.1992.00181.x. ISSN 0033-0124. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/j.0033-0124.1992.00181.x>
- KEMP Karen (1995). *The International GIS Dictionary*. The Geoinformation Group (1995). ISBN 10: 1899761195 ISBN 13: 9781899761197
- KENNEDY, D. O. a A. B. SCHOLEY (2000). Glucose administration, heart rate and cognitive performance: effects of increasing mental effort. *Psychopharmacology* [online]. 2000, 149(1), 63-71. ISSN 0033-3158. doi:10.1007/s002139900335
- KERSKI, Joseph J. (2003). The Implementation and Effectiveness of Geographic Information Systems Technology and Methods in Secondary Education. *Journal of Geography* [online]. 2003, **102**(3), 128-137. ISSN 0022-1341. doi:10.1080/00221340308978534
- KERSKI, Joseph J (2018). Why GIS in Education Matters. Geospatial World. Indie: Geospatial Media and Communications Pvt, 08.06.2018. <https://www.geospatialworld.net/blogs/why-gis-in-education-matters/>
- KERSKI, Joseph (2019). Web Maps as Story Telling. In: ARLINGHAUS, Sandra L., Joseph J. KERSKI, Ann Evans LARIMORE a Matthew NAUD, ARLINGHAUS, Sandra Lach, Joseph J. KERSKI, Ann Evans LARIMORE a Matthew NAUD, ed. *Spatial Thinking in Environmental Contexts* [online]. CRC Press, 2019, 2019-7-11, s. 189-213 [cit. 2022-07-19]. ISBN 9781315208527. Dostupné z: doi:10.1201/b22099-25
- KERSKI, Joseph (2020). Teaching with ArcGIS Story Maps. ESRI, 2020. <https://storymaps.arcgis.com/stories/4ac3784538064850bcea91ae588e6392>
- KIM, Jonghwa a Elisabeth ANDRE (2008). Emotion recognition based on physiological changes in music listening. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* [online]. 2008, 30(12), 2067-2083. ISSN 0162-8828. doi:10.1109/TPAMI.2008.26
- KIM, Minsung (2011): Effects of a gis course on three components of spatial literacy. Texas AaM University.
- KIRCHNER, Jiří (2011). Zvratová teorie emocí – přehledová studie se zaměřením na aplikaci v oblasti pohybových aktivit v přírodě. *PSYCHOLOGIE A JEJÍ KONTEXTY*. Filozofická fakulta OU, Katedra psychologie: Ostravská Univerzita, 2011, **2**(1), 11-20. ISSN 1803-9278.
- KLEPSCH, Melina, Florian SCHMITZ a Tina SEUFERT (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology* [online]. 2017, **8**. ISSN 1664-1078. doi:10.3389/fpsyg.2017.01997
- KLINGER Jeff, RAKSHIT Kumar, and PAT Hanrahan (2008). Measuring the Task-evoked Pupillary Response with a Remote Eye Tracker. In Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research a applications. ACM, 69–72.
- KORBACH, Andreas, Roland BRÜNKEN a Babette PARK (2018). Differentiating Different Types of Cognitive Load: a Comparison of Different Measures. *Educational Psychology Review* [online]. 2018, 30(2), 503-529. ISSN 1040-726X. doi:10.1007/s10648-017-9404-8
- KOZMA, Robert B. a Shafika ISAACS (2011). Transforming education: the power of ICT policies. Paris: UNESCO. ISBN 9789231042126.

- KRÁL, Luboš a ŘEZNÍČKOVÁ, Dana (2013). The proliferation and implementation of GIS as an educational tool at gymnasiums/grammar schools in Czechia. *Geografie*, 2013, 118, No. 3, pp. 265–283
- KURZHALS, Kuno, Cyrill Fabian BOPP, Jochen BÄSSLER, Felix EBINGER a Daniel WEISKOPF (2014). Benchmark data for evaluating visualization and analysis techniques for eye tracking for video stimuli. In: *Proceedings of the Fifth Workshop on Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Visualization* [online]. New York, NY, USA: ACM, 2014, 2014-11-10, s. 54-60. ISBN 9781450332095. doi:10.1145/2669557.2669558
- LAVONEN, Jari. (2020) Curriculum and Teacher Education Reforms in Finland That Support the Development of Competences for the Twenty-First Century
- LEDGER, H. (2013). The effect cognitive load has on eye blinking', *The Plymouth Student Scientist*, 6(1), p. 206-223. <https://pearl.plymouth.ac.uk/handle/10026.1/14015>
- LEE, Ji Woo, Chul Woo CHO, Kwang Yong SHIN, Eui Chul LEE a Kang Ryoung PARK (2012). 3D gaze tracking method using Purkinje images on eye optical model and pupil. *Optics and Lasers in Engineering* [online]. 2012, 50(5), 736-751. ISSN 01438166. doi:10.1016/j.optlaseng.2011.12.001
- LEWIS, Patrick J. (2011). Storytelling as Research/Research as Storytelling. *Qualitative Inquiry* [online]. 2011, 17(6), 505-510. ISSN 1077-8004. doi:10.1177/1077800411409883
- LIN Tao, Masaki OMATA, Wanhua HU, and Atsumi Imamiya. (2005). Do physiological data relate to traditional usability indexes? In *Proceedings of the 17th Australia conference on Computer-Human Interaction: Citizens Online: Considerations for Today and the Future*. Computer-Human Interaction Special Interest Group (CHISIG) of Australia, Narrabundah, AUS, 1–10. DOI 10.5555/1108368.1108405
- LINN, Marcia C. (2004). LINN, Marcia C., Elizabeth A. DAVIS, Philip BELL a Marcia C. LINN, ed. *Internet Environments for Science Education* [online]. Routledge, 2013. ISBN 9781410610393. doi:10.4324/9781410610393
- LONGLEY, Paul. A., M. F. GOODCHILD, D. J. MAGUIRE, and D. W. RHIND. (2005). *Geographic information science a systems*. Fourth edition. Hoboken, NJ: Wiley, [2015]. ISBN 9781118676950.
- MADSEN, Siri Sollied, Steinar THORVALDSEN a Sara ARCHARD (2018). Teacher educators' perceptions of working with digital technologies. *Nordic Journal of Digital Literacy* [online]. 13(03), 177-196. ISSN 1891-943X. doi:10.18261/issn.1891-943x-2018-03-04
- MANDRYK, Regan L. a Kori M. INKPEN (2015). Physiological indicators for the evaluation of co-located collaborative play. In: *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work – CSCW '04* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2004, 2004, s. 102-. ISBN 1581138105. doi:10.1145/1031607.1031625
- MANUEL V., Victor M. GARCIA-BARRIOS, Christian Gütl, Alexandra PREIS, Keith ANDREWS, Maja PIVEC, Felix MÖDRITSCHER, and Christian TRUMMER. (2004). ADELE: A Framework for Adaptive E-Learning through Eye Tracking. In *Proceedings of IKNOW 2004*. 609–616.
- MARTA, Miriam a Paolo OSSO (2015). Story Maps at school: teaching and learning stories with maps. *J-Reading: Journal of Research and Didactics in Geography* [online]. Rome (Italy): Edizioni Nuova Cultura, 2015, 4(2), 61-68. ISSN 2281 – 4310. doi:10.4458/6063-05

- MARTINEZ-CONDE, Susana, Stephen L. MACKNIK a David H. HUBEL (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience* [online]. 2004, 5(3), 229-240. ISSN 1471-003X. doi:10.1038/nrn1348
- MARTINEZ-CONDE, Susana a Stephen L. MACKNIK (2015). From Exploration to Fixation: An Integrative View of Yarbus's Vision. *Perception* [online]. 2015, 44(8-9), 884-899. ISSN 0301-0066. doi:10.1177/0301006615594963
- MASANGCAY, Ann a Joseph KERSKI (2017). Telling Your Story with Esri Story Maps: A New Medium for Geography-Based Storytelling. In: *2017 Education GIS Conference Proceedings* [online]. Redlands (CA): Esri, 2017, 2017. Dostupné z: [https://proceedings.esri.com/library/userconf/educ17/papers/educ\\_98.pdf](https://proceedings.esri.com/library/userconf/educ17/papers/educ_98.pdf)
- MAUREEN, Irena Y., Hans VAN DER MEIJ a Ton DE JONG (2018). Supporting Literacy and Digital Literacy Development in Early Childhood Education Using Storytelling Activities. *International Journal of Early Childhood* [online]. 2018, 50(3), 371-389. ISSN 0020-7187. doi:10.1007/s13158-018-0230-z
- MAYER, Richard E. a Roxana MORENO (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction* [online]. 2002, 12(1), 107-119. ISSN 09594752. doi:10.1016/S0959-4752(01)00018-4
- MCDUFF, Daniel, Sarah GONTAREK a Rosalind PICARD (2014). Remote measurement of cognitive stress via heart rate variability. In: *2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* [online]. IEEE, 2014, 2014, s. 2957-2960. ISBN 978-1-4244-7929-0. doi:10.1109/EMBC.2014.6944243
- MCKENNEY, Susan a Thomas C. REEVES (2013). Systematic Review of Design-Based Research Progress. *Educational Researcher* [online]. 2013, 42(2), 97-100. ISSN 0013-189X. doi:10.3102/0013189X12463781
- MENTLÍK, P., SLAVÍK, J., COUFALOVÁ, J. (2018). Kritická místa kurikula, organizační a klíčové koncepty – konceptuální vymezení a příklady z výuky geověd. *Arnica* 8, 1, 9–18. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISSN 1804-8366.
- MIKŠOVSKÝ, Miroslav a Růžena ZIMOVÁ (2007). Staré mapy Čech: Vybrané aspekty kartografického jazyka. *Kartografické listy*. 2007, 15(1), 33-59. ISSN 1336-5274.
- MIKULÍK, Oldřich, Vít VOŽENÍLEK a Antonín VAISHAR (2008). *Studium rozvoje regionu založené na vizualizaci geoinformačních databází*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-1928-2.
- MILLER, George A (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* [online]. 1956, 63(2), 81-97. ISSN 1939-1471. doi:10.1037/h0043158
- MILLER, Jason, C. Peter KELLER a Larry D. YORE (2004). Suggested Geographic Information Literacy for K-12. *International Research in Geographical and Environmental Education* [online]. 2005, 14(4), 243-250. ISSN 1038-2046. doi:10.1080/10382040508668358



- MILLER, Lyle H. a Barry M. SHMAVONIAN (1965). Replicability of two GSR indices as a function of stress and cognitive activity. *Journal of Personality and Social Psychology* [online]. 1965, 2(5), 753-756. ISSN 1939-1315. doi:10.1037/h0022680
- MILSON, Andrew J., Ali DEMIRCI a Joseph J. KERSKI, ed.(2012). *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands. ISBN 978-94-007-2119-7. doi:10.1007/978-94-007-2120-3
- MÍSAŘOVÁ, Darina, Hana SVOBODOVÁ, Vendula MAŠTNEROVÁ, Radek DURNA, Jan HERCIK, Petr ŠIMÁČEK, Hana ŠVEDOVÁ a Petr KUBÍČEK (2021). *Koncepce rozvoje geoinformačních dovedností ve výuce na základních a středních školách* [online]. Brno: Masaryk University Press, 2021. ISBN 978-80-280-0011-0. doi:10.5817/CZ.MUNI.M280-0011-2021
- MORENO, Roxana (2010). Cognitive load theory: more food for thought. *Instructional Science* [online]. 2010, 38(2), 135-141. ISSN 0020-4277. doi:10.1007/s11251-009-9122-9
- MORENO, Roxana a PARK, B. (2010). "Cognitive load theory: historical development and relation to other theories," in *Cognitive Load Theory*, eds J. L. Plass, R. Moreno, and R. Brünken (Cambridge, NY: Cambridge University Press), 9–28.
- MRÁZKOVÁ, Kateřina (2013). *Kartografické dovednosti ve výuce zeměpisu*. Brno, 2013. Disertační práce. Masarykova univerzita, pedagogická fakulta. Vedoucí práce Eduard Hofmann.
- MŠMT (2020). Hlavní směry vzdělávací politiky ČR do roku 2030+
- MŠMT (2021). Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. [online]. Praha <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcovy-vzdelavacici-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>
- MULDER, G. a L. J. M. MULDER (1981). Information Processing and Cardiovascular Control. *Psychophysiology* [online]. 1981, 18(4), 392-402. ISSN 0048-5772. doi:10.1111/j.1469-8986.1981.tb02470.x
- MUÑIZ SOLARI, Osvaldo, Ali DEMIRCI a Joop SCHEE, ed (2015). *Geospatial Technologies and Geography Education in a Changing World* [online]. Tokyo: Springer Japan, 2015. Advances in Geographical and Environmental Sciences. ISBN 978-4-431-55518-6. doi:10.1007/978-4-431-55519-3
- NANJAPPA, A., GRANT, M. (2003). Constructing on constructivism: The role of technology. *Electronic Journal for the integration of Technology in Education*, 2(1). Dostupné z [https://www.researchgate.net/publication/255583024\\_Constructing\\_on\\_Constructivism\\_The\\_Role\\_of\\_Technology](https://www.researchgate.net/publication/255583024_Constructing_on_Constructivism_The_Role_of_Technology)
- NABOURS, Robert E.; FISH, Raymond M.; HILL, Paul F. (2004). *Electrical injuries: engineering, medical, and legal aspects*. Lawyers a Judges Publishing Company, 2004
- NAKANO Tamami, YOSHIHARU Yamamoto, KEIICHI Kitajo, TOSHIMITSU Takahashi. (2009). Synchronization of spontaneous eyeblinks while viewing video stories. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 276(1673):3635-3644
- National Academies Press (2006). *Learning to think spatially*. Washington, D. C.: National Academies Press, c2006. ISBN 03-090-9208-6.

- NEWBLE, D. I. a N. J. ENTWISTLE (1986). Learning styles and approaches: implications for medical education. *Medical Education* [online]. 1986, **20**(3), 162-175. ISSN 03080110. doi:10.1111/j.1365-2923.1986.tb01163.x
- NIEMI, H., Toom, A., a KALLIONIEMI, A. (2012). *Miracle of education: The principles and practices of teaching and learning in Finnish schools*. Rotterdam: Sense Publishers.
- NOHAVOVÁ, Alena, Iva STUHLÍKOVÁ a kol. (2021). *Kritická místa kurikula ve vybraných vzdělávacích oborech*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, 2021. ISBN 978-80-7394-924-2.
- NOVOTNÁ, Eva. Klaudyánova mapa Čech v münsterově kosmografii: s příklady z mapové sbírky přírodovědecké fakulty univerzity Karlovy. *Kartografické listy*. 2021, **29**(2), 33-59. ISSN 1336-5274.
- NOVOTNÁ, Marie, VOŽENÍLEK, Vít (2003). Zkoumejme svět pomocí GIS. *GEOGRAFICKÉ ROZHLEDY*, **13**(2), 38–39.
- NOVOTNÁ, Marie (2005). *GIS Nečtinsko*. Západočeská univerzita v Plzni, 2005.
- NOVOTNÁ, Marie, Monika ČECHUROVÁ a Jakub BOUDA (2012). *Geografické informační systémy ve školách*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012. ISBN 978-80-7380-385-8.
- NOURBAKSH, Nargess, Fang CHEN, Yang WANG a Rafael A. CALVO (2017). Detecting Users' Cognitive Load by Galvanic Skin Response with Affective Interference. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems* [online]. 2017, **7**(3), 1-20. ISSN 2160-6455. doi:10.1145/2960413
- NYONI, Erick, Vivian MANYIKE a Eleanor LEMMER (2019). Difficulties in Geography teaching and learning in the ESL classroom in Zimbabwe. *Per Linguam* [online]. 2019, **35**(2). ISSN 22240012. doi:10.5785/35-2-810
- OECD (2018). *The future of education and skills. Education 2030*. Paris: OECD.
- OECD (2019), "Czech Republic", in *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris.
- OVIATT, Sharon, Rachel COULSTON a Rebecca LUNSFORD (2004). When do we interact multimodally? In: *Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces – ICMI '04* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2004, 2004, s. 129-. ISBN 1581139950. doi:10.1145/1027933.1027957
- PAPERT, Seymour (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: BasicBooks, 1980. ISBN 978-0-85527-163-3.
- PAPERT, Seymour (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer*. New York: BasicBooks, c1993. ISBN 978-0-46501-830-7.
- PAAS, Fred G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology* [online]. 1992, **84**(4), 429-434. ISSN 1939-2176. doi:10.1037/0022-0663.84.4.429
- PAAS, Fred G. W. C. a Jeroen J. G. VAN MERRIËNBOER (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology* [online]. 1994, **86**(1), 122-133. ISSN 1939-2176. doi:10.1037/0022-0663.86.1.122

- PAAS, Fred, Alexander RENKL a John SWELLER (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist* [online]. 2003, 38(1), 1-4. ISSN 0046-1520. doi:10.1207/S15326985EP3801\_1
- PAAS, Fred, Juhani E. TUOVINEN, Huib TABBERS a Pascal W. M. VAN GERVEN (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist* [online]. 2003, 38(1), 63-71. ISSN 0046-1520. doi:10.1207/S15326985EP3801\_8
- PAAS, Fred, RENKL, A., a John SWELLER (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 1–8.
- PECK, J. (1989). Using storytelling to promote language and literacy development. *The Reading Teacher*, 43(2), 138–141.
- PETERS, Dave (2015). The Evolution of GIS Software. *ARC user*. Redlands (CA), 2015, 18(2), 42-43. ISSN 1534-5467. Dostupné také z: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/the-evolution-of-gis-software/>
- PFEIFFER, Sabine (2017). The Vision of “Industrie 4.0” in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. *NanoEthics* [online]. 11(1), 107-121. ISSN 1871-4757. doi:10.1007/s11569-016-0280-3
- PIAGET, Jean (1955). *The Child's Construction of Reality*
- PINKOVÁ, V. (2016). Geografické informační systémy a možnosti jejich využití na základních školách. MS, Bakalářská práce, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Olomouc. 62 pp.
- PÎNZARU, F., VĂTĂMĂNESCU E.-M., MITAN, A., SĂVULESCU, R. (2016). Millennials at work: Investigating the specificity of generation Y versus other generations. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 4(2), 173–192.
- PLUHÁČKOVÁ, Markéta, Václav DUFFEK, Václav STACKE a Pavel MENTLÍK (2019). *Kritická místa kurikula zeměpisu na 2. stupni základní školy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2019-. ISBN 978-80-261-0924-2.
- PRITCHARD, R. M. (1961). Stabilized images on the retina. *Scientific American*, 204(6), 72–79.
- POPELKA, Stanislav (2018). Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii [online]. Křížkovského 8, 771 47 Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018. ISBN 978-80-244-5313-2. doi:10.5507/prf.18.24453132
- POMPLUN Marc, SUNKARA Sindhura (2003). Pupil Dilation as an Indicator of Cognitive Workload in Human-Computer Interaction. *Proceedings of the International Conference on HCI (2003)*, 542–546.
- PORTA Marco, Stefania RICOTTI a Calet JIMENEZ PEREZ (2012). Emotional E-Learning through Eye Tracking. In *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE*. IEEE, 1–6.
- QURESHI, Muhammad Imran, Nohman KHAN, Hamad RAZA, Amina IMRAN a Fadillah ISMAIL (2021). Digital Technologies in Education 4.0. Does it Enhance the Effectiveness of Learning? A Systematic Literature Review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijim)* [online]. 2021, 15(04), 31-47. ISSN 1865-7923. doi:10.3991/ijim.v15i04.20291



- RAFIKI Sohail, Chatchai Wangwiwattana, Jasmine Kim, Ephrem Fernandez, Suku Nair, and Eric C. Larson (2015). PupilWare: Towards Pervasive Cognitive Load Measurement Using Commodity Devices. In Proceedings of the 8th ACM International Conference on Evasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '15). ACM, New York, NY, USA, 1–8.
- REIMERS, Fernando M., ed. *Audacious Education Purposes* (2020). Cham: Springer International Publishing, 2020. ISBN 978-3-030-41881-6. doi:10.1007/978-3-030-41882-3
- REIMERS, Fernando M., ed. *Primary and Secondary Education During Covid-19* (2022). Cham: Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-81499-1. doi:10.1007/978-3-030-81500-4
- REIMERS, F. M. a CHUNG, C. K. (2016). *Teaching and learning for the twenty-first century: Educational goals, policies, and curricula from six nations*. Cambridge, MA: Harvard Education Press. ISBN 978-1-61250-922-8
- RENDL, M. a N. VONDROVÁ (2014). Kritická místa v matematice u českých žáků na základě výsledků šetření TIMSS 2007. *Pedagogická orientace* [online]. 2014, **24**(1), 22-57. ISSN 1805-9511. doi:10.5817/PedOr2014-1-22
- RICKEY, M. Gail a Frederick L. BEIN (1996). Students' Learning Difficulties in Geography and Teachers' Interventions: Teaching Cases from K-12 Classrooms. *Journal of Geography* [online]. 1996, **95**(3), 118-125. ISSN 0022-1341. doi:10.1080/00221349608978703
- ROBIN, B. (2005). Educational uses of digital storytelling. Main directory for the educational uses of digital storytelling. Instructional technology Program. University of Huston. Dostupné z <https://digitalstorytelling.coe.uh.edu/articles/Educ-Uses-DS.pdf>
- ROMINE, William L., Noah L. SCHROEDER, Josephine GRAFT, Fan YANG, Reza SADEGHI, Mahdieh ZABIHIMAYVAN, Dipesh KADARIYA a Tanvi BANERJEE (2020). Using Machine Learning to Train a Wearable Device for Measuring Students' Cognitive Load during Problem-Solving Activities Based on Electrodermal Activity, Body Temperature, and Heart Rate: Development of a Cognitive Load Tracker for Both Personal and Classroom Use. *Sensors* [online]. 2020, **20**(17). ISSN 1424-8220. doi:10.3390/s20174833
- Royal Society (Great Britain). (2012). Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. Royal Society.
- Royal Society (Great Britain). (2017). After the reboot: computing education in UK schools. Issued: November 2017 DES4633 ISBN: 978-1-78252-297-3
- RUDMANN, Darrell S., George W. MCCONKIE a Xianjun Sam ZHENG (2003). Eyetracking in cognitive state detection for HCI. In: Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces – ICMI '03 [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2003, 2003, s. 159-. ISBN 1581136218. doi:10.1145/958432.958464
- SAAVEDRA, Jaime a Marcela GUTIERREZ (2020). Peru: A Wholesale Reform Fueled by an Obsession with Learning and Equity. REIMERS, Fernando M., ed. *Audacious Education Purposes* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2020, 2020-04-24, s. 153-180 [cit. 2022-07-01]. ISBN 978-3-030-41881-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-41882-3\_6
- SADIK, Alaa (2008). Digital storytelling: a meaningful technology-integrated approach for engaged student learning. *Educational Technology Research and Development* [online]. 2008, **56**(4), 487-506. ISSN 1042-1629. doi:10.1007/s11423-008-9091-8

- SANDOVAL, William (2014). Conjecture Mapping: An Approach to Systematic Educational Design Research. *Journal of the Learning Sciences* [online]. 2014, **23**(1), 18-36. ISSN 1050-8406. doi:10.1080/10508406.2013.778204
- SCOTT, Emily E., Mary Pat WENDEROTH, Jennifer H. DOHERTY a Kimberly TANNER (2020). Design-Based Research: A Methodology to Extend and Enrich Biology Education Research. *CBE—Life Sciences Education* [online]. 2020, **19**(3). ISSN 1931-7913. doi:10.1187/cbe.19-11-0245
- SEIDL, Petr (2009). Co je GIS? *Vesmír*. 2009, **88**(634).
- SEYLE, H. (1956). The stress of life. New York:McGraw-Hill.
- SHEBILSKE, Wayne L. a Dennis F. FISHER (2021). Extended Discourse Through the Eyes: How and Why. s. 12. In: GRONER, Rudolf, Christine MENZ, Dennis F. FISHER a Richard A. MONTY. Eye Movements and Psychological Functions [online]. London: Routledge, 2021. ISBN 9781003165538. doi:10.4324/9781003165538
- SHI, Yu, Natalie RUIZ, Ronnie TAIB, Eric CHOI a Fang CHEN (2007). Galvanic skin response (GSR) as an index of cognitive load. In: CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems [online]. New York, NY, USA: ACM, 2007, 2007-04-28, s. 2651-2656. ISBN 9781595936424. doi:10.1145/1240866.1241057
- SHEKHAR, Shashi (2017). Encyclopedia of GIS. 2nd edition. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2017. ISBN 978-3-319-17884-4.
- SHELL E. M., EDELSON C. D., BEDNARZ W. S. (2013). Road Map for 21st Century Geography Education Project. National Geographic Society Dostupné z <https://mfpe.eventready.com/docs/download/Submission/Handouts/5358.pdf>
- SCHNOTZ, Wolfgang a Christian KÜRSCHNER (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review* [online]. 2007, **19**(4), 469-508. ISSN 1040-726X. doi:10.1007/s10648-007-9053-4
- SCHULTZ, R. B., J. J. KERSKI, and T. C. PATTERSON (2008). The use of virtual globes as a spatial teaching tool with suggestions for metadata standards. *Journal of Geography* **107**: 27-34.
- SIGUT, Jose a Sid-Ahmed SIDHA (2011). Iris Center Corneal Reflection Method for Gaze Tracking Using Visible Light. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* [online]. 2011, **58**(2), 411-419. ISSN 0018-9294. doi:10.1109/TBME.2010.2087330
- SMEDA, Najat, Eva DAKICH a Nalin SHARDA (2014). The effectiveness of digital storytelling in the classrooms: a comprehensive study. *Smart Learning Environments* [online]. 2014, **1**(1). ISSN 2196-7091. doi:10.1186/s40561-014-0006-3
- SONG, Yongze, Xiangyu WANG, Yi TAN, Peng WU, Monty SUTRISNA, Jack CHENG a Keith HAMPSON (2017). Trends and Opportunities of BIM-GIS Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: A Review from a Spatio-Temporal Statistical Perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 2017, **6**(12). ISSN 2220-9964. doi:10.3390/ijgi6120397
- SOLHJOO, Soroosh, Mark C. HAIGNEY, Elexis MCBEE (2019). Heart Rate and Heart Rate Variability Correlate with Clinical Reasoning Performance and Self-Reported Measures of Cognitive Load. *Scientific Reports* [online]. 2019, **9**(1). ISSN 2045-2322. doi:10.1038/s41598-019-50280-3

- SOSNOWSKI, Tytus, Beata KRZYWOSZ-RYMKIEWICZ a Joanna ROGUSKA (2004). Program running versus problem solving: Mental task effect on tonic heart rate. *Psychophysiology* [online]. 2004, 41(3), 467-475. ISSN 00485772. doi:10.1111/j.1469-8986.2004.00171.x
- SPLÍTEK, Ondřej (2017). Analýza vybraných učebnic zeměpisu pro 7. třídu základní školy a jejich využívání ve výuce [online]. Liberec, 2017. <https://theses.cz/id/fn7srt/>. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická. Vedoucí práce Mgr. Kateřina Rudincová, Ph.D
- STANĚK, Michal, Jiří RYPL a Lenka PODLEŠÁKOVÁ (2021). Kritická místa ve vzdělávacím oboru Zeměpis a geografie. NOHAVOVÁ, Alena a Iva STUHLÍKOVÁ. *Kritická místa kurikula ve vybraných vzdělávacích oborech*. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Pedagogická fakulta, 2021, s. 35-59. ISBN 978-80-7394-924-2.
- STARÝ, Karel a Veronika LAUFKOVÁ (2015). Kde žáci v polovině základního vzdělávání selhávají při porozumění čtenému polemickému textu. *Pedagogika*. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, 2015, 65(4), 392-412. ISSN 2336-2189. Dostupné také z: <https://ojs.cuni.cz/pedagogika>
- Statista (2022). Mobile operating systems' market share worldwide from January 2012 to January 2022. *Statista* [online]. <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>
- STERN, John A. a June J. SKELLY (1984). The Eye Blink and Workload Considerations. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting* [online]. 1984, 28(11), 942-944. ISSN 0163-5182. doi:10.1177/154193128402801101
- STERN, J. A., a DUNHAM, D. N. (1990). The ocular system. In J. T. Cacioppo a L. G. Tassinary (Eds.), *Principles of psychophysiology: Physical, social, and inferential elements* (pp. 513–553). Cambridge University Press
- STRACHAN, C. (2014). Teacher's perceptions of Esri story maps as effective teaching tools Master's thesis. University of South Carolina. ISSN 2146-0353.
- SUBRAMANIAM, Mega, Beth ST. JEAN, Natalie Greene TAYLOR, Christie KODAMA, Rebecca FOLLMAN a Dana CASCIOTTI (2015). Bit by Bit: Using Design-Based Research to Improve the Health Literacy of Adolescents. *JMIR Research Protocols*. 2015, 4(2). ISSN 1929-0748. doi:10.2196/resprot.4058
- SWELLER, John (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science* [online]. 1988, 12(2), 257-285. ISSN 03640213. doi:10.1207/s15516709cog1202\_4
- SWELLER, John, Jeroen J. G. VAN MERRIENBOER a Fred G. W. C. PAAS (1998). *Educational Psychology Review* [online]. 10(3), 251-296. ISSN 1040726X. Dostupné z: doi:10.1023/A:1022193728205
- SWELLER, John, Paul L. AYRES a Slava KALYUGA. *Cognitive load theory*. New York: Springer, c2011. ISBN 978-1-4419-8125-7.
- SZUKALSKI, Bern (2017). 10 Essential Steps for Story Map Success. *ARC User*. Redlands (CA): Esri, 2017, 20(1), 42-45. ISSN 1534-5467.
- TAELMAN, Joachim, Steven VANDEPUT, Elke VLEMINCX, Arthur SPAEPEN a Sabine VAN HUFFEL (2011). Instantaneous changes in heart rate regulation due to mental load in simulated office work. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2011, 111(7), 1497-1505. ISSN 1439-6319. doi:10.1007/s00421-010-1776-0

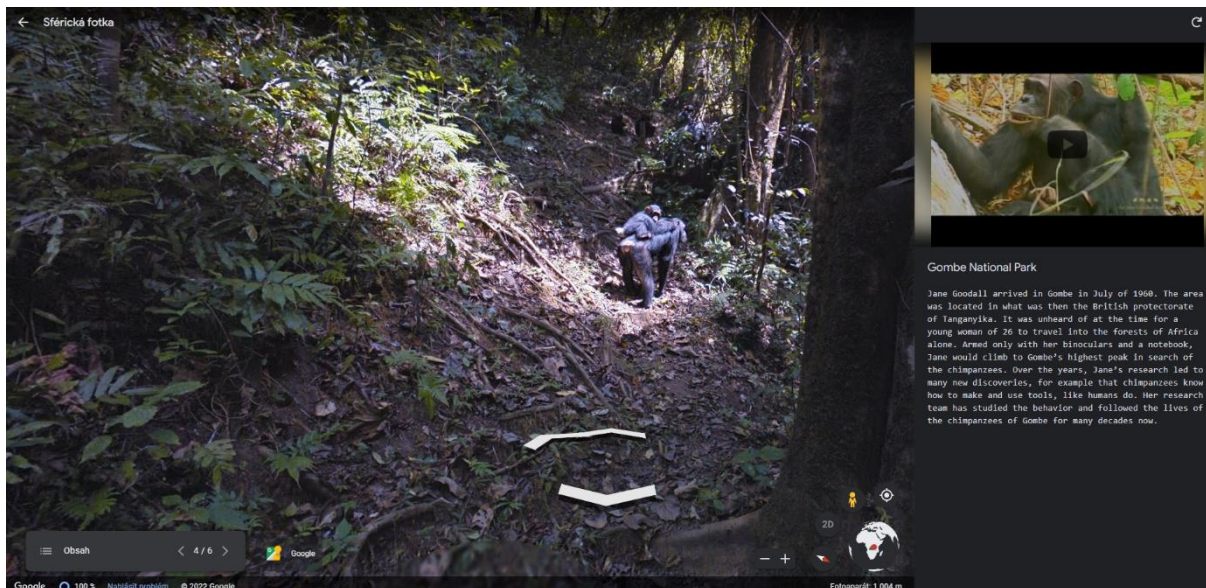
- TAPSCOTT, D. (2009). *Grown Up Digital: How the Net Generation Is Changing Your World*. New York: McGraw Hill.
- TANENBAUM, Andrew (2009). *Modern operating systems*. Pearson Education, Inc., 2009. ISBN 978-0133591620
- TEIGEN, Karl Halvor (1994). Yerkes-Dodson: A Law for all Seasons. *Theory a Psychology* [online]. 1994, 4(4), 525-547. ISSN 0959-3543. doi:10.1177/0959354394044004
- TIAN, Jing, Joyce Hwee Ling KOH, Chang REN a Yiheng WANG (2022). Understanding higher education students' developing perceptions of geocapabilities through the creation of story maps with geographical information systems. *British Journal of Educational Technology* [online]. 2022, 53(3), 687-705. ISSN 0007-1013. doi:10.1111/bjet.13176
- LISA TSUI (2007). Cultivating Critical Thinking: Insights from an Elite Liberal Arts College. *The Journal of General Education* [online]. 2007, 56(3-4), 200-227 [cit. 2022-07-01]. ISSN 1527-2060. Dostupné z: doi:10.1353/jge.0.0001
- VAN GERVEN, Pascal W. M., Fred PAAS, Jeroen J. G. VAN MERRIENBOER a Henk G. SCHMIDT (2004). Memory load and the cognitive pupillary response in aging. *Psychophysiology* [online]. 2004, 41(2), 167-174. ISSN 0048-5772. doi:10.1111/j.1469-8986.2003.00148.x
- VAN Gog, T., KIRSCHNER, F., KESTER, L., a PAAS, F. (2011). "When to measure cognitive load with mental effort rating scales," in Proceedings of the EARLI Conference 2011 "Education for a Global Networked Society": Book of Abstracts and Extended Summaries, ed. European Association for Research on Learning and Instruction (Exeter: University of Exeter),
- VANÍČEK, J. (2021). Towards a compulsory computing curriculum at primary and lower-secondary schools: the case of Czechia. In: Barendsen, E., Chytas, Ch. (eds): *Informatics in Schools. Rethinking Computing Education*. ISSEP 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol. 13057. Cham: Springer, p. 109–120, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90228-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90228-5_9)
- VÁVRA, Jaroslav (2012). *Geografické myšlení v českém geografickém vzdělávání*. Liberec, 2012, 9 s. Dostupné také z: [https://www.kge.tul.cz/attachments/article/312/Geograficke\\_mysleni.pdf](https://www.kge.tul.cz/attachments/article/312/Geograficke_mysleni.pdf).
- VILLAREJO, María Viqueira, Begoña García ZAPIRAIN a Amaia Méndez ZORRILLA (2012). A Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) Controlled by ZigBee. *Sensors* [online]. 2012, 12(5), 6075-6101. ISSN 1424-8220. doi:10.3390/s120506075
- VOGL, Jonathan (2014). Gaze point 3 Eye Tracker Manual: Rough draft. In: *University of South Dakota* [online]. Department of psychology – human factors: University of South Dakota, 2014. <http://apps.usd.edu/coglab/schieber/eyetracking/Gazepoint/pdf/GP3%20Manual.pdf>
- VOJTEKOVÁ, Jana, Michaela ŽONCOVÁ, Anna TIRPÁKOVÁ a Matej VOJTEK (2019). Evaluation of story maps by future geography teachers. *Journal of Geography in Higher Education* [online]. , 1-23. ISSN 0309-8265. doi:10.1080/03098265.2021.1902958
- Van MERRIENBOER, J. J. G., a SWELLER, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147–177.
- VRYSOULI, Nikol, Dimitrios KOTSIFAKOS, Michael DOSSIS a Christos DOULIGERIS (2021). STEAM in VET – An ArcGIS StoryMap Approach. In: *2021 6th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-*

- CECNSM) [online]. IEEE, 2021, 2021-9-24, s. 1-8. ISBN 978-1-6654-2742-5. doi:10.1109/SEEDA-CECNSM53056.2021.9566236
- WANG, Feng a Michael J. HANNAFIN (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development* [online]. 2005, 53(4), 5-23. ISSN 1042-1629. doi:10.1007/BF02504682
- WANG, Shuyan a Hong ZHAN (2010). Enhancing Teaching and Learning with Digital Storytelling. *International Journal of Information and Communication Technology Education* [online]. 2010, 6(2), 76-87. ISSN 1550-1876. doi:10.4018/jicte.2010040107
- WEBBER, Charles F. (2003). New technologies and educative leadership. *Journal of Educational Administration* [online]. 2003, 41(2), 119-123. ISSN 0957-8234. Dostupné z: doi:10.1108/09578230310477013
- WILBER, Hannah (2018). Five principles of effective storytelling. In: *ArcGIS Blog* [online]. Redlands CA: Esri, 2018, 31.5.2018. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/story-maps/mapping/5-principles-of-effective-storytelling/>
- WILLIAMS, Brett (2017). The next great social network: Google Earth? You could be posting about places in the future. *Mashable* [online]. 13.7.2017. <https://mashable.com/article/google-earth-voyager-social-network>
- WONG, K K W (2002). Blinking and operating: cognition versus vision. *British Journal of Ophthalmology* [online]. 86(4), 479-479. ISSN 00071161. doi:10.1136/bjo.86.4.479
- XIONG, Jianbin, Weichao XU, Wei LIAO, Qinruo WANG, Jianqi LIU a Qiong LIANG (2013). Eye Control System Base on Ameliorated Hough Transform Algorithm. *IEEE Sensors Journal* [online]. 2013, 13(9), 3421-3429. ISSN 1530-437X. doi:10.1109/JSEN.2013.2262934
- YAMANAKA, Shinichi a Kan Hiroshi SUZUKI (2020). Japanese Education Reform Towards Twenty-First Century Education. REIMERS, Fernando M., ed. *Audacious Education Purposes* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2020, 2020-04-24, s. 81-103. ISBN 978-3-030-41881-6. doi:10.1007/978-3-030-41882-3\_4
- YILMAZ İNCE, Ebru, Ahmet KABUL a İbrahim DILER (2020). Distance Education in Higher Education in the COVID-19 Pandemic Process: A Case of Isparta Applied Sciences University. *International Journal of Technology in Education and Science* [online]. 2020, 4(4), 343-351 ISSN 2651-5369. doi:10.46328/ijtes.v4i4.112
- YOUNG, L.R., a SHEENA, D. (1975). Survey of eye movement recording methods. *Behavior Research Methods a Instrumentation*, 7, 397-429.
- ZAGERMANN, Johannes, Ulrike PFEIL a Harald REITERER (2016). Measuring Cognitive Load using Eye Tracking Technology in Visual Computing. In: *Proceedings of the Beyond Time and Errors on Novel Evaluation Methods for Visualization – BELIV '16* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2016, 2016, s. 78-85. ISBN 9781450348188. doi:10.1145/2993901.2993908
- ZÁHOREC, Ján, Adriana NAGYOVÁ a Alena HAŠKOVÁ (2019). Teachers' Attitudes to Incorporation Digital Means in Teaching Process in Relation to the Subjects they Teach. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)* [online]. 9(4), 100-120. ISSN 2192-4880. doi:10.3991/ijep.v9i4.11064

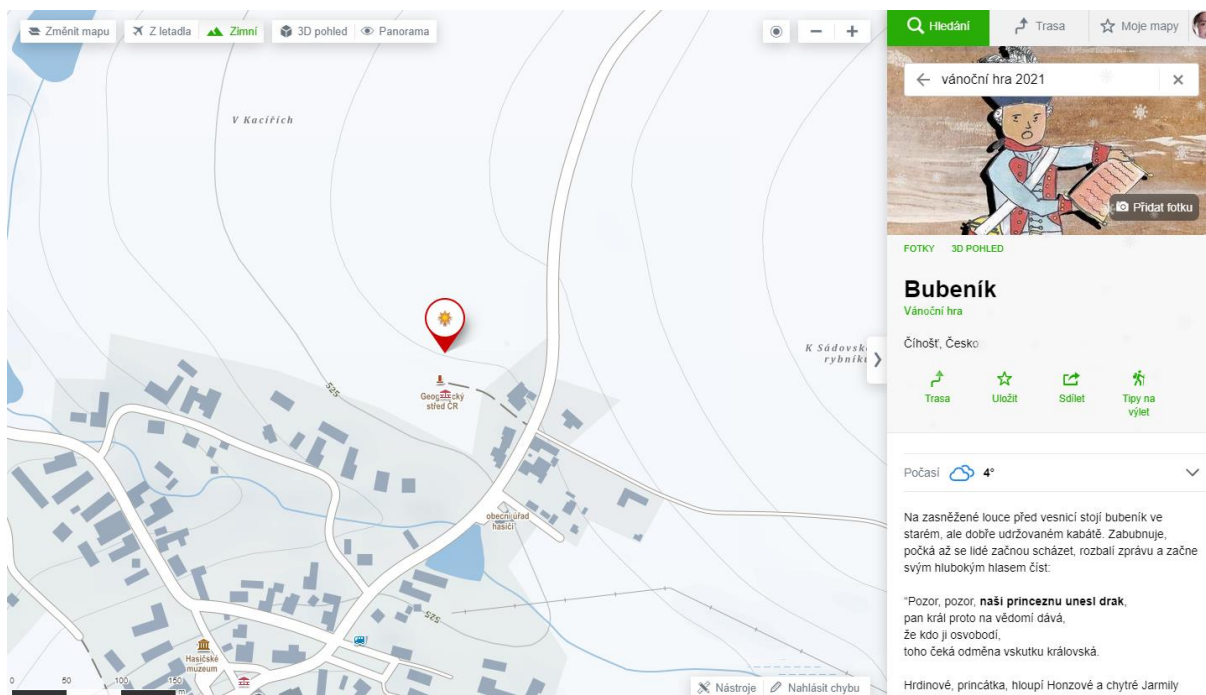
ZHANG, Xuebai, Shyan-Ming YUAN, Ming-Dao CHEN a Xiaolong LIU (2018). A Complete System for Analysis of Video Lecture Based on Eye Tracking. *IEEE Access* [online]. 2018, **6**, 49056-49066. ISSN 2169-3536. doi:10.1109/ACCESS.2018.2865754



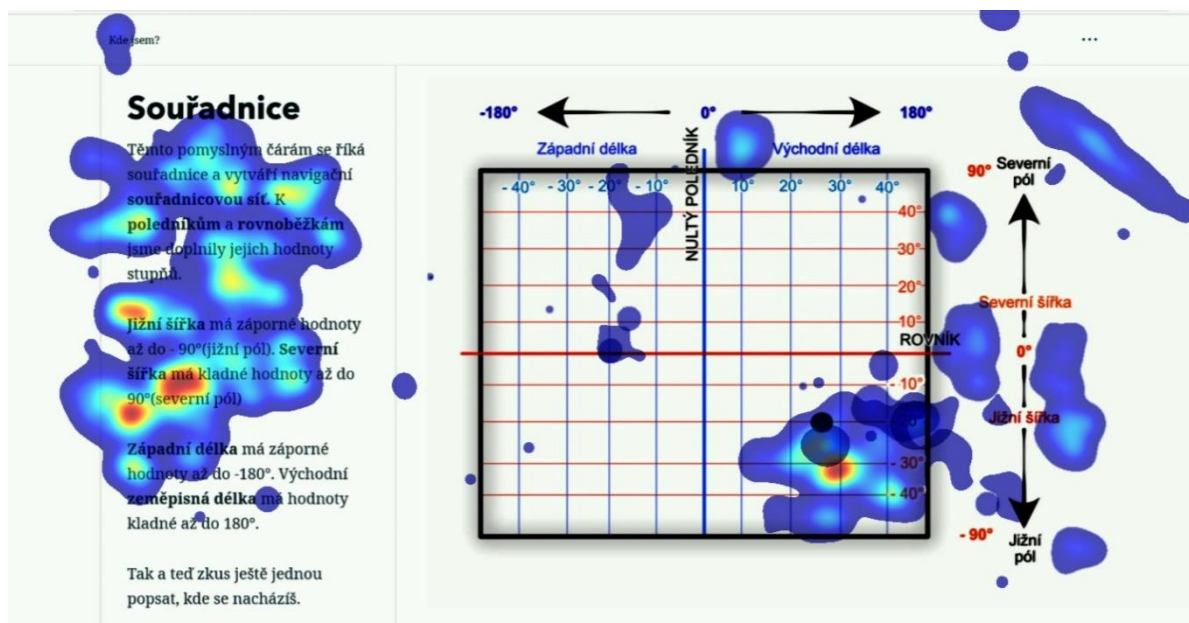
## 10. Přílohy



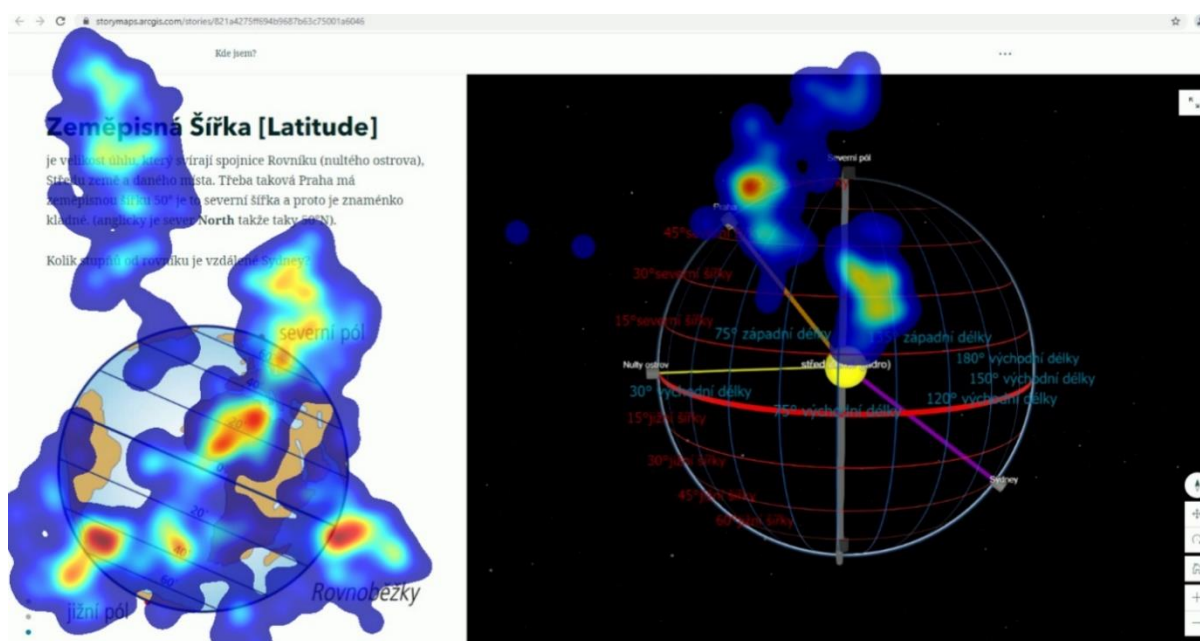
Příloha 1: Ukázka použití streetview v nadstavbě Voyager tool na příkladu příběhu o životě Jane Goodall. (Google Earth)



Příloha 2: Ukázka z vánoční hry serveru mapy.cz.

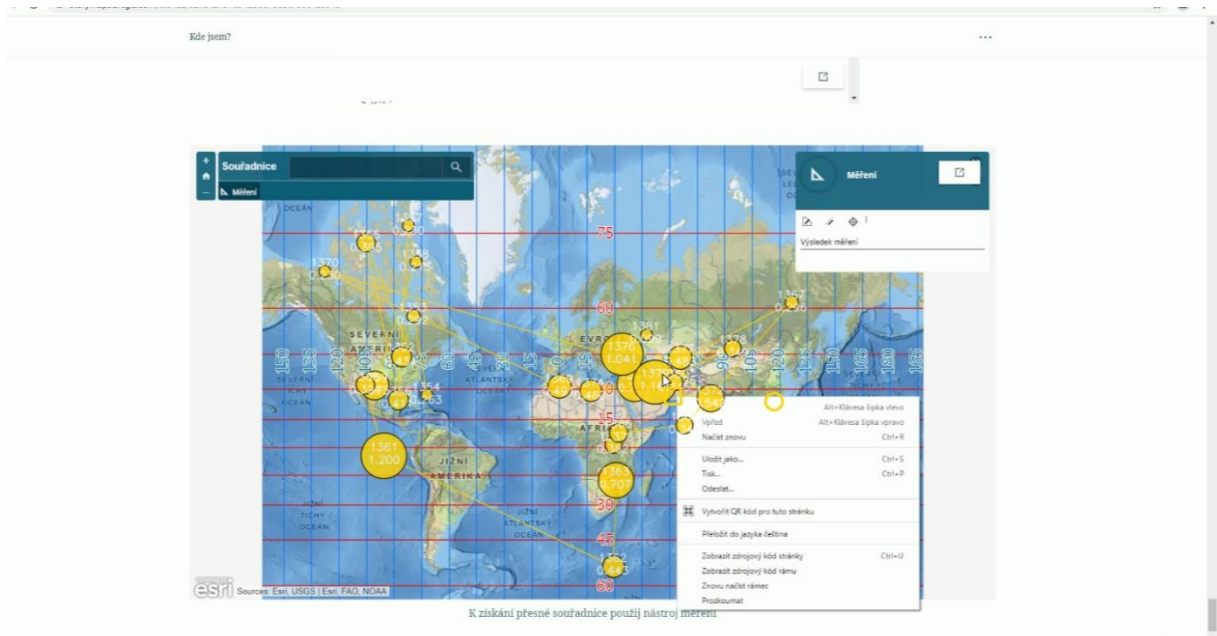
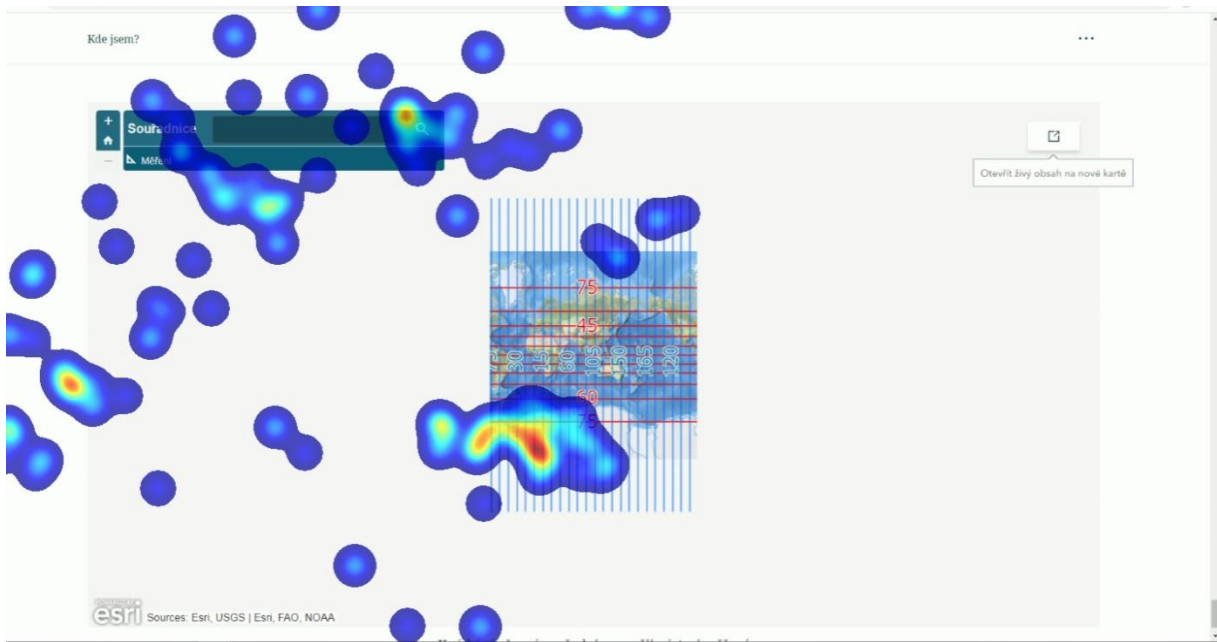


Příloha 3: Heat mapa – Cyklus 1: „kde je bod?“. (dle Pluháčková 2019). Je patrná orientace žáků na čtení textu a lokalizaci bodu. Okolní doprovodné informace o konkrétních hodnotách stupňů zůstávají bez významnější pozornosti.

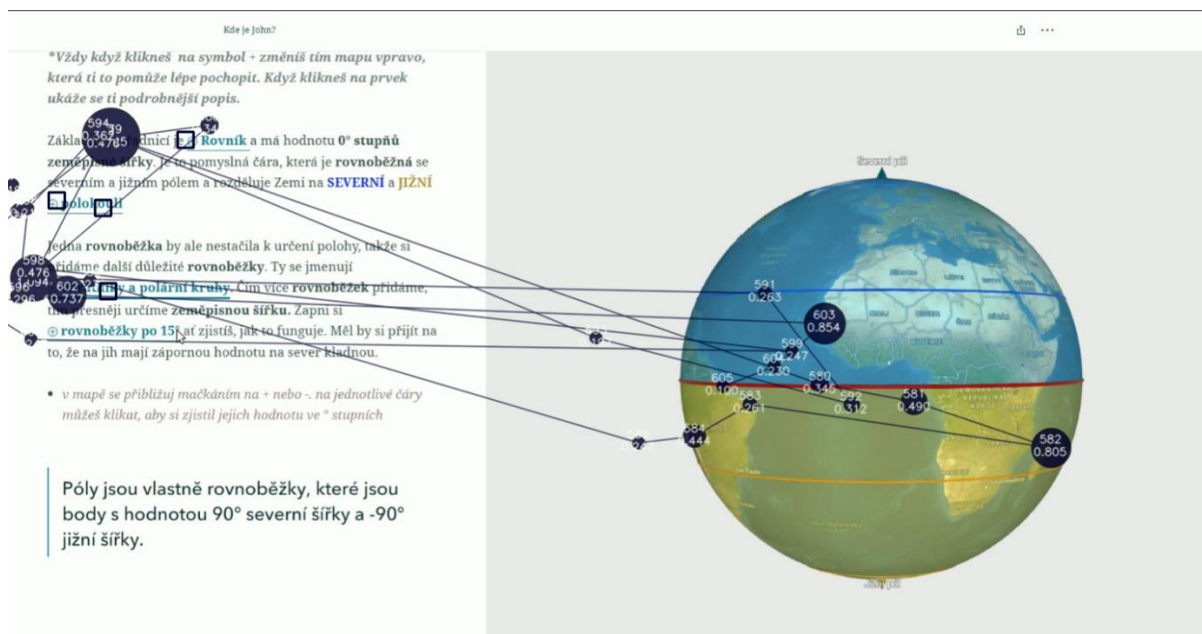


Příloha 4: Heat mapa – Cyklus 1: zeměpisná šířka. Většina pozornosti je na obrázku a textu. Mapě je věnována jen malá pozornost.

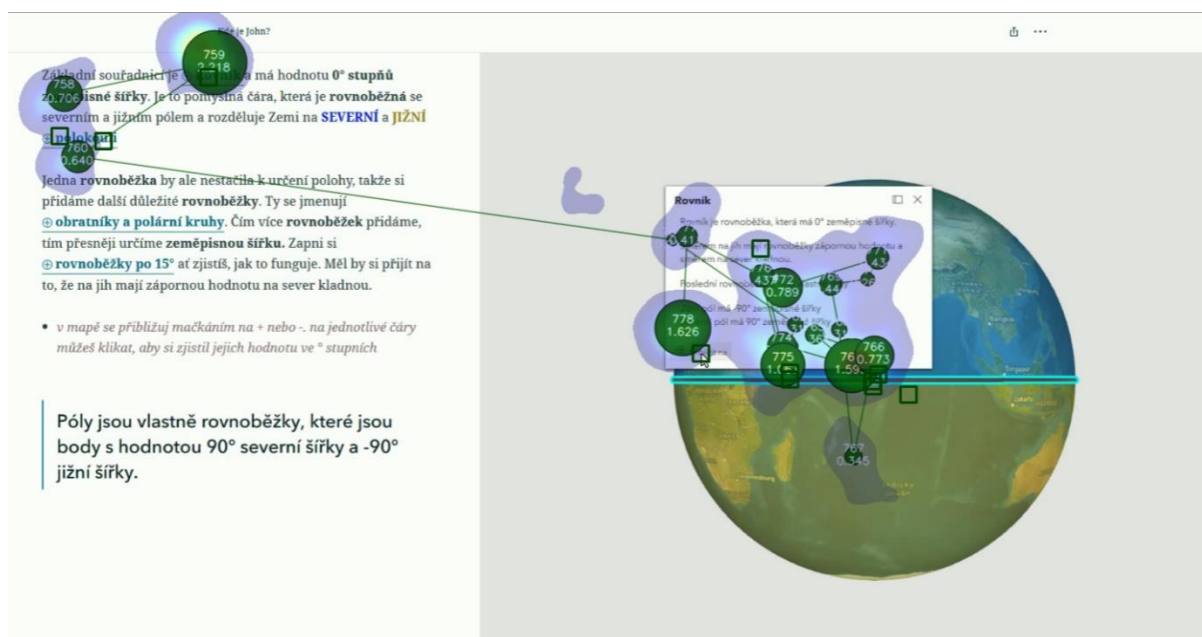




Příloha 5: Heat mapa a ScanPath – Cyklus 1: kvíz 2. Ukázka zmatečné práce s webovou mapou. Horní heat mapa zachycuje okamžik přílišného oddálení mapy a roztržitěné pozornosti na různá místa po velmi krátkou dobu. Dolní ScanPath zachycuje okamžik, kdy se žák snaží určit souřadnice New Yorku a Prahy. Jsou vidět dlouhé a krátké fixace s velkým množstvím sakád. Nahodilé klikání myši pravým(kolečko) a levým(čtvereček) tlačítkem ukazuje, že žák neví, co má dělat a jak s webovou mapou pracovat. Webové nástroje vyhledávání a měření jsou zcela mimo pozornost žáka.



Příloha 6: ScanPath – Cyklus 2: rovnoběžky. Funkcionalita tlačítka „akce příběhu“. Je patrné, že po kliknutí na odkaz (čtvereček) a změně mapové kompozice se pozornost žáka přesunuje na mapu.



Příloha 7: Scanpath s heat mapou – Cyklus 2: rovnoběžky. Pokud žák používá interaktivní prvky mapy, tak se jeho pozornost zcela přesouvá do mapy.

