

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra geomatiky



**Diplomová práce**

Marek Hoffmann

## **Webový GIS přírodních katastrof**

Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geomatika



Praha 2022

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE


### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hoffmann	Jméno: Marek	Osobní číslo: 477382
Zadávací katedra: Katedra geomatiky		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor/specializace: Geomatika		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Webový GIS přírodních katastrof	
Název diplomové práce anglicky: Web GIS of natural disasters	
<p>Pokyny pro vypracování:</p> <p>Proveďte rešerši světových dat o přírodních katastrofách. Z vybraných zdrojů proveďte sběr dat. Na základě výstupů semestrální práce z předmětu 155PKAR vytvořte webový GIS těchto dat. Zpracování dat automatizujte. Do GIS přidejte data humanitární pomoci. Výsledná webová mapová aplikace bude poskytovat informace o katastrofách v podobě interaktivních map s možností filtrace, doplňkové infografiky, atd.</p>	
<p>Seznam doporučené literatury:</p> <p>Muehlenhaus, I.: Web Cartography, Map Design for Interactive and Mobile Devices, Taylor&amp;Francis, 2014.                  Nétek, R.: Webová kartografie, UPOL, 2020.                  Hoffmann, M.: Natural Disasters in Europe within Years 2011–2020, Abstr. Int. Cartogr. Assoc., 3, 111, <a href="https://doi.org/10.5194/ica-abs-3-111-2021">https://doi.org/10.5194/ica-abs-3-111-2021</a>, 2021.</p>	
Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 14. 2. 2022 <span style="float: right;">Termín odevzdání DP v IS KOS: 15. 5. 2022</span>	
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<p><i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i></p>	
27. 3. 2022 Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Webový GIS přírodních katastrof“ zpracoval samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne .....

.....

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat prof. Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D. za jeho cenné rady, připomínky a čas věnovaný konzultacím a vedení této diplomové práce. Mé poděkování dále patří doktorandům Mgr. Petře Jílkové a Ing. Josefu Münzbergerovi za podporu a kartografické rady, a Ing. Tomáši Janatovi, Ph.D za pomoc se sdílením webové stránky na server.

# Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou webové kartografie a GIS s aplikací na výskyt a důsledky přírodních katastrof ve světě.

Teoretická část je věnována přehledu informací o existujících pramenech literatury a již zřízených databázích přírodních katastrof na internetu. Větší prostor je poskytnut databázi EM-DAT, která tvoří primární zdroj dat této práce. Důraz je taktéž kladen na princip geokódování, na němž stojí celý postup zpracování dat.

Praktická část se zabývá dílčími částmi pracovního postupu od výčtu zdrojů dat, jejich struktury a zpracování přes proces vyhledávání adres či práce v ArcGIS Pro až po sdílení dat na ArcGIS Online a následnou tvorbu webové stránky přírodních katastrof.

## Klíčová slova:

webový GIS, webová kartografie, EM-DAT, přírodní katastrofy, tématická mapa, hexagony, geokódování

# Abstract

This diploma thesis deals with the issue of applying web cartography and GIS to display the occurrence and impacts of natural disasters in the world.

The theoretical part presents an overview of existing literature on the topic and a description of several established databases of natural disasters on the Internet. A special focus is put on the EM-DAT database, which is the primary data source for this work, and the geocoding process, the essential part of data processing.

The practical part then describes the partial tasks of the entire workflow. First, the data sources are listed together with an overview of a data structure and necessary steps taken before data processing. Then the geocoding process of searching for addresses is put into practice and finally, the ArcGIS Pro workflow, data publishing to ArcGIS Online, and making of the final product are described at the end of this thesis.

## Key words:

Web GIS, Web Cartography, EM-DAT, Natural Disasters, Thematic Map, Hexagons, Geocoding

# Obsah

Úvod	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b>	<b>10</b>
<b>1 Související literatura</b>	<b>10</b>
<b>2 Přehled databází přírodních katastrof</b>	<b>11</b>
2.1 DesInventar . . . . .	11
2.2 Sigma Explorer . . . . .	11
2.3 NatCatSERVICE . . . . .	12
2.4 EM-DAT . . . . .	12
<b>3 The Humanitarian Data Exchange</b>	<b>14</b>
<b>4 EM-DAT - Emergency Event Database</b>	<b>15</b>
4.1 Klasifikace katastrof . . . . .	15
4.1.1 Geofyzikální katastrofy . . . . .	17
4.1.2 Meteorologické katastrofy . . . . .	18
4.1.3 Hydrologické katastrofy . . . . .	18
4.1.4 Klimatologické katastrofy . . . . .	19
4.1.5 Biologické katastrofy . . . . .	20
4.1.6 Kosmické katastrofy . . . . .	20
4.2 Kritéria katastrof pro vstup do databáze . . . . .	21
4.3 EM-DAT Atlas . . . . .	21
<b>5 Projekt kartografie</b>	<b>23</b>
<b>6 Geokódování</b>	<b>25</b>
6.1 Standardizace adres . . . . .	25
6.2 Referenční vrstva . . . . .	26
6.3 Lokátor . . . . .	26
6.4 Geokód . . . . .	26
6.5 Geokódovací (vyhledávací) služby . . . . .	27
6.5.1 ArcGIS Online World Geocoding Service . . . . .	27
6.5.2 PositionStack API . . . . .	27
<b>7 Arcgis API for Javascript</b>	<b>29</b>
7.1 API - Application Programming Interface . . . . .	29

<b>8</b>	<b>Python moduly a balíčky</b>	<b>30</b>
8.1	pycountry . . . . .	30
8.2	csv . . . . .	30
8.3	re . . . . .	30
8.4	http.client . . . . .	31
8.5	urllib.parse . . . . .	31
8.6	json . . . . .	31
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Použitý software</b>	<b>32</b>
9.1	ArcGIS Pro . . . . .	32
9.1.1	Jupyter Notebook . . . . .	32
9.1.2	ModelBuilder . . . . .	33
9.2	ArcGIS Online . . . . .	33
9.3	Visual Studio Code . . . . .	33
<b>10</b>	<b>Zdroje dat</b>	<b>34</b>
10.1	EM-DAT . . . . .	34
10.2	ArcGIS Online . . . . .	34
10.3	Eurostat . . . . .	34
<b>11</b>	<b>Struktura dat</b>	<b>35</b>
<b>12</b>	<b>Zpracování dat</b>	<b>37</b>
<b>13</b>	<b>Geokódování</b>	<b>39</b>
13.1	PositionStack API . . . . .	39
13.2	ArcGIS World Geocoding Service . . . . .	40
13.3	Manuální vyhledávání . . . . .	41
13.3.1	Kontrola geokódování . . . . .	42
<b>14</b>	<b>Práce v ArcGIS Pro</b>	<b>43</b>
14.1	Kartografické zobrazení . . . . .	43
14.2	Tvorba podkladové mapy v Eckertově zobrazení . . . . .	44
14.3	ModelBuilder . . . . .	45
14.3.1	Tvorba hexagonových vrstev . . . . .	45
14.3.2	Tvorba tématických map . . . . .	46
14.3.3	Výsledný model <i>DP - Create ND Thematic Map</i> . . . . .	51
14.4	Temporální data . . . . .	55

<b>15 ArcGIS Online</b>	<b>57</b>
15.1 Tématické hexagony . . . . .	57
15.2 Časová osa . . . . .	58
<b>16 Webová stránka přírodních katastrof</b>	<b>59</b>
16.1 HTML . . . . .	59
16.2 CSS . . . . .	60
16.3 JavaScript . . . . .	60
16.3.1 Vizualizace tématických hexagonů . . . . .	61
16.4 Časová osa a filtrace . . . . .	62
16.5 Výsledný produkt . . . . .	62
<b>Seznam zkratek</b>	<b>69</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>70</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>73</b>



# Úvod

Globální změna klimatu a její dopady na životy lidí na této planetě se v posledních letech stala jedním z nejdiskutovanějších problémů dnešního světa. Jedná se o téma, které se stalo předmětem politických debat a volebních programů napříč celým světem. Vznikají pravidelné stávky, objevují se výrazná jména spjatá s bojem za klima, konají se každoroční klimatické konference či vznikají závazky států k uhlíkové neutralitě. Přestože dosud nebyla dokázána přímá spojitost mezi klimatickou změnou a frekvencí výskytu přírodních katastrof [1], jsou tato témata médií často spojována. Zdá se, že přírodní katastrofy se vyskytují na různých místech světa stále častěji, za čímž přirozeně stojí vyšší míra medializace. Téma se tak stalo předmětem mnoha internetových článků, televizních pořadů či filmů, ale i všedních konverzací. Ve skutečnosti se však častější výskyt katastrof a jejich vzrůstající vliv na lidské životy zdůvodňuje vzrůstajícím počtem lidí žijících na Zemi a jejich rozšiřujícím se majetku, který katastrofami bývá často velmi poškozen.

Jak se v létě roku 2021 ukázalo, i pro nás, obyvatele České republiky, nemusí meteorologický jev jako tornádo představovat pouze abstraktní pojem známý z akčních amerických filmů. Naopak to může představovat něco, co běžným lidem dokáže rázem vzít střechu nad hlavou či jejich nejbližší. V takovou chvíli se však často projevuje obrovská vlna solidarity z řad lidí, kteří jsou v dané situaci schopni pomoci jak finančně, tak poskytnutím materiálu či fyzické síly na opravu bydlení obětí takto nevyzpytatelného jevu. Taková pomoc vzniká na různých místech po celém světě. Lidé pomáhají osobám postiženým válečnými konflikty, chudobou, či právě přírodními katastrofami.

Diplomová práce navazuje na semestrální práci z předmětu *155KAR Projekt - kartografie* z druhého semestru magisterského studia z oboru geomatika na Fakultě stavební ČVUT. Cílem této práce bylo vytvořit tištěnou tematickou syntetickou mapu libovolného tématu. Právě fakty zmíněné v předchozích odstavcích mě vedly ke zpracování práce věnující se přírodním katastrofám v Evropě mezi lety 2011 - 2020.

Cílem této diplomové práce je v semestrálním projektu pokračovat, tzn. rozšířit časový i prostorový aspekt dat a vizualizovat tak globální výskyt přírodních katastrof od roku 1900 do současnosti pomocí webové mapové aplikace. Z hlediska množství dat je nutné pracovní postup zpracování dat a jejich vizualizaci automatizovat. Dále je v plánu do aplikace přidat možnost vyhledat regiony, na jejichž území zasahuje některá z humanitárních organizací, a předat tak uživateli informace a způsobech, jakými lze postiženým lidem pomoci. Cílem je také zachovat grafický styl, s nímž byla tištěná mapa v rámci semestrálního projektu navržena.

## Část I

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 Související literatura

Webové kartografii se věnuje Rostislav Nėtek z Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci v knize s názvem „Webová kartografie - specifika tvorby interaktivních map na webu“ [2]. Dle autora si tato kniha klade za cíl „komplexně postihnout a popsat aspekty i principy webové kartografie“. V knize jsou z počátku vysvětleny základní pojmy spojené s kartografií, GIS či internetem, zbylá část publikace se věnuje jednotlivým aspektům webové kartografie jakožto soubor pravidel, zásad, doporučení či metod pro tvorbu webových map. V publikaci se nachází mnoho poznámek pod čarou, které odkazují na velmi užitečné zdroje dat, webové aplikace či webové stránky, které byly využity i při práci na této diplomové práci. Poznámky pod čarou ve formě odkazů jsou dostupné na webové stránce, kde je jejich vyhledávání velmi uživatelsky přívětivé.

Co se týče přírodních katastrof, v průběhu posledních let bylo sepsáno mnoha odborných studií, které zkoumají jejich dlouhodobé trendy z finančního či lidského hlediska [3], zjišťují souvislosti přírodních katastrof s klimatickou změnou a lidskou zranitelností [1] či např. hodnotí efektivitu státní politiky, krizového plánování, hodnocení rizik, správu dat či komunikaci v kontextu připravenosti na katastrofu [4]. Cílem diplomové práce však není vytvářet konkrétní analýzu jednoho ze zmíněných aspektů přírodních katastrof, ale vytvořit nástroj, který přírodní katastrofy pouze prezentuje prostřednictvím interaktivní webové stránky v obecném kontextu.

Pro tvorbu webové stránky bez vytvořených šablon pomocí software jako je WordPress, je nutné porozumět alespoň základům webových technologií, jakými jsou jazyky HTML, CSS a JavaScript. Jelikož má znalost těchto jazyků byla před zpracováním této práce téměř nulová, rozhodl jsem se absolvovat dva online kurzy na platformě *Udemy*. Prvním byl kurz od učitele, webového vývojáře a designera Jonasee Schmedtmanna s názvem *The Complete JavaScript Course 2022: From Zero to Expert!*, který popisuje základy i pokročilé aspekty zmíněných webových technologií ve formě poutavých přednášek, mnoha kódovacích výzev či kvízů. Druhý kurz s názvem *Introduction to web programming for GIS applications* od Michaela Millera představuje základy webového programování se zaměřením na vývoj mapových aplikací.

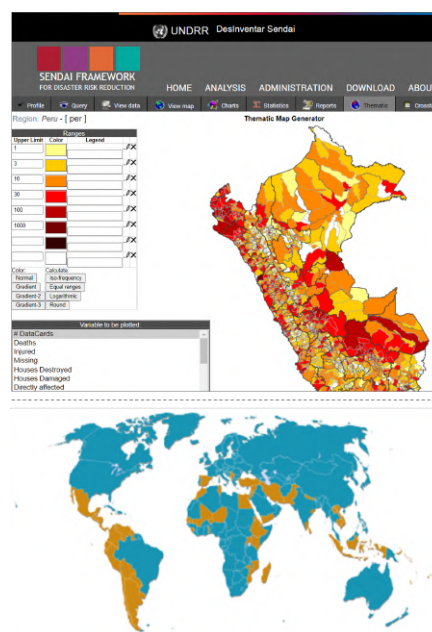
## 2 Přehled databází přírodních katastrof

V roce 2021 vznikla studie [5] dokumentující přehled globálních databází přírodních katastrof. Podobný přehled je poskytnut v následujících podkapitolách.

Databáze se od sebe rozlišují z hlediska zdroje dat, otevřenosti dat, podmínkami pro zápis katastrof do databáze, časovým a prostorovým rozsahem dat či jejich podrobností.

### 2.1 DesInventar

Úřad Organizace spojených národů pro snižování rizika katastrof (UNDRR) spravuje nástroj *Disaster Inventory System - DesInventar*. Jedná se o otevřený software a metodologii pro podporu budování národních databází. Metodologie navrhuje sběr podrobných dat přírodních katastrof na všech administrativních úrovních státu, jejich vyhledávání, dotazování, analýzy i vizualizaci. Vzhledem k tomu, že se jedná o metodiku, neobsahuje databáze data všech zemí světa. V současnosti lze z databáze získat a přímo na webu analyzovat data týkající se přírodních katastrof na území 87 států. Státy, jež databáze zahrnuje, jsou zobrazené na obrázku 1 dole. V horní části obrázku je zobrazen kartogram výskytu katastrof v Peru dle různých úrovní administrativního členění. Ze zmíněných databází přírodních katastrof se jedná o jedinou databázi na nižší úrovni administrativního dělení státu, než je stát samotný.

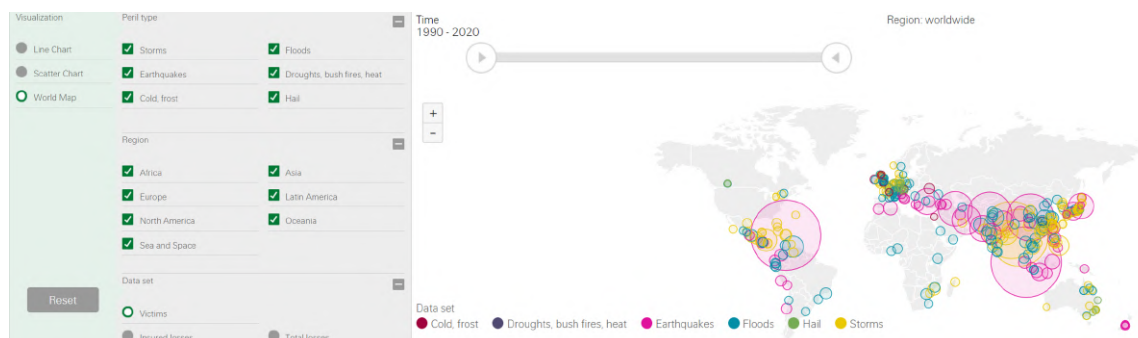


Obrázek 1: DesInventar; nahoře: kartogram výskytu katastrof v Peru dle různých úrovní administrativního členění, dole mapa států s dostupnými daty

### 2.2 Sigma Explorer

Aplikace *Sigma Explorer* od zajišťovací společnosti *Swiss Re* obsahuje data z ročních reportů o světových přírodních katastrofách, pojistným trhu a makroekonomických indikátorech. Databáze katastrofy rozděljuje na přírodní a člověkem vytvořené. Obsahuje data od roku 1970 do současnosti s informacemi o počtu obětí či pojištěných a nepojištěných ekonomických ztrátách. V aplikaci je možné zobrazit mapu odstupňovaných symbolů dle

vyhledávané informace a lze tvořit bodové či liniové grafy. Náhled na aplikaci je zobrazen na obrázku 2.



Obrázek 2: Aplikace Sigma Explorer

## 2.3 NatCatSERVICE

*NatCatSERVICE* je služba zajišťovny *Munich Re Group*. S přírůstkem zhruba tisíce záznamů přírodních katastrof ročně se jedná v daném kontextu o jednu z nejobsáhlejších databází. Katastrofy jsou datovány do roku 1980. Jde o proprietární databázi, není tak veřejně přístupná.



Obrázek 3: Aplikace NatCatSERVICE [6]

## 2.4 EM-DAT

Tato databáze je spravována výzkumnou jednotkou *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)*. Datuje přírodní a technologické katastrofy s ohledem na lidský život a finanční škody od roku 1900 do současnosti.

*NatCatSERVICE* a *Sigma Explorer* představují databáze vyvíjené zajišťovacími společnostmi, proto jsou orientovány především na ekonomické škody. V případě prvního

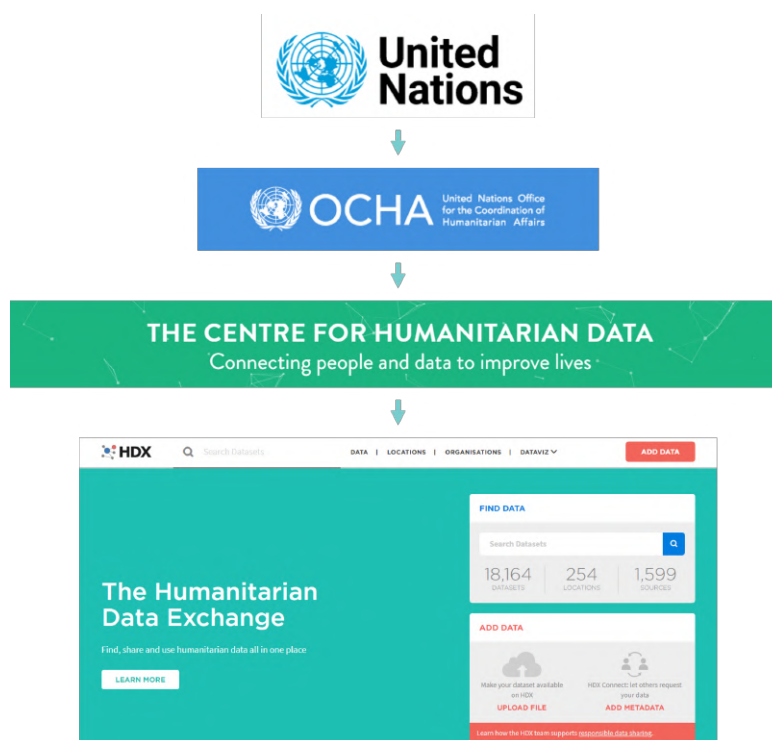
případu se jedná o proprietární službu, nelze tak k datům získat přístup bezúplatně. Druhá zajišťovna poskytuje pouze prohlížeč dat, ze kterého lze získat jednotlivé analýzy v podobě grafů, avšak samotná data pro pokročilé práce dostupná nejsou. Podrobná data *DesInventar* lze sice získat jednoduše, nástroj však slouží především jako metodologie pro tvorbu národních databází, a tak nemá celosvětové pokrytí. Z těchto důvodů byla jako zdroj pro práce na diplomové práci zvolena databáze EM-DAT. Je jí tak věnováno více pozornosti v kapitole *EM-DAT - Emergency Event Database*.

### 3 The Humanitarian Data Exchange

Dle [7] představuje *The Humanitarian Data Exchange (HDX)* otevřenou platformu, sloužící ke sdílení humanitárních dat, jejíž cílem je především rychlé zprostředkování jednoduchého přístupu k datům a jejich analýzám. Kromě samotného vyhledání humanitárních dat stránka také nabízí možnost přispívat do databáze vlastními datovými sadami či prohlížet již vytvořené analýzy. Organizace má sídlo v nizozemském Haagu a v současnosti čítá přes 19 tisíc datasetů.

HDX je spravována Centrem pro humanitární data, které vzniklo v Nizozemsku v roce 2017 pod Úřadem pro koordinaci humanitárních záležitostí (OCHA) jakožto orgánem Organizace spojených národů (OSN). Centrum pro humanitární data se zaměřuje na zvýšení využití dat v humanitárním sektoru, aby lidé, kteří v daných humanitárních krizích pomáhají, měli k datům okamžitý přístup, a tím tak mohli bezprostředně reagovat na aktuální krizovou situaci [8].

OCHA byla založena v roce 1991 Valným shromážděním OSN za účelem posílení mezinárodní pomoci při řešení nouzových situací či při zásahu u akutních záležitostí spojených s výskytem přírodních katastrof [9].



Obrázek 4: Struktura organizací zaštiťující vznik portálu HDX

## 4 EM-DAT - Emergency Event Database

Dle oficiálních stránek [10] byla EM-DAT založena v roce 1988 výzkumnou jednotkou *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)* za počáteční podpory Světové zdravotnické organizace (WHO) a Belgické vlády, jak vysvětluje obrázek 5. Sloužit má primárně k humanitárním zásahům na národní a regionální úrovni. Využívá se však i při rozhodování a stanovení priorit při řešení krizových situací, či slouží jako nástroj k přípravě státu či regionu na možné budoucí katastrofy.

Databáze obsahuje přes 22 tisíc katastrof, které jsou datovány od současnosti až do roku 1900. Editory jsou pak agentury OSN (WHO, WMO...), různé nevládní neziskové organizace, pojišťovny, výzkumné ústavy či zpravodajské agentury.

CRED umožňuje volný přístup k datům pro nekomerční účely.



Obrázek 5: Organizace stojící za vznikem EM-DAT databáze

### 4.1 Klasifikace katastrof

Databáze na nejvyšší úrovni rozděluje dva druhy katastrof: technologické a přírodní. Technologické katastrofy jsou dále děleny na 3 typy: průmyslová havárie, dopravní nehody a jiné nehody. Průmyslové havárie zahrnují např. únik ropy, plynu, chemikálií či radiace. Dopravní nehody se rozlišují na vodní, silniční, železniční či letecké. Poslední typ zahrnuje výbuchy nebo např. požáry. Druhou skupinu katastrof v databázi zastupují přírodní katastrofy, které dokumentuje následující tabulka 1.

Group	Sub-Group	Type	Sub-Type	Sub-Sub Type	
Natural	Geophysical	Earthquake	Ground movement		
			Tsunami		
		Volcanic activity	Ash fall		
			Lahar		
			Pyroclastic flow		
			Lava flow		
		Mass Movement	Rock fall		
			Landslide		
	Meteorological	Storm	Tropical storm		
			Extra-tropical storm		
			Convective storm	Derecho	
				Hail	
				Lightning/thunderstorm	
				Rain	
				Tornado	
				Sand/dust storm	
				Winter storm/blizzard	
				Storm/surge	
		Wind			
		Severe storm			
		Extreme Temperature	Cold wave		
			Heat wave		
			Severe winter conditions	Snow/ice	
		Frost/freeze			
	Fog				
	Hydrological	Flood	Coastal flood		
			Riverine flood		
			Flash flood		
			Ice jam flood		
		Landslide	Avalanche		
		Wave action	Rogue wave		
	Seiche				
	Climatological	Drought	Drought		
		Glacial Lake outburst			
		Wildfire	Forest fire		
	Land fire				
	Biological	Epidemic	Viral disease		
			Bacterial disease		
			Parasitic disease		
			Fungal disease		
			Prion disease		
		Insect Infestation	Locust		
Grasshopper					
Animal accident					
Extra-terrestrial	Impact	Airburst			
	Space weather	Energetic particles			
		Geomagnetic storm			
Shockwave					

Tabulka 1: Klasifikace přírodních katastrof



#### 4.1.1 Geofyzikální katastrofy

Dle [11], se jako geofyzikální katastrofy klasifikují nebezpečí spojená s fyzikálními jevy Země, a to nad i pod zemským povrchem.

Zahrnují zemětřesení a vulkanickou činnost, které vznikají náhlým uvolněním hlubinné zemské energie a jejím převedením na zemský povrch [12]. **Zemětřesení** je z těchto katastrof z globálního hlediska značně nejnebezpečnější, neboť polovina lidstva žije v seismicky aktivní oblasti Země [13]. EM-DAT zemětřesení dále dělí na **pohyb země** a **tsunami**, jakožto vlnu, která vzniká podmořským zemětřesením, sesuvem půdy či vulkanickou erupcí. Síla zemětřesení neboli magnituda se značí dle RichtEROVY stupnice s rozpětím od 1 (mikrozemětřesení) do 10 (masivní zemětřesení).

Katastrofy sopečné činnosti se dělí na **spad sopečného popela**, který je vyvrháváný výbuchem sopky v podobně malých pevných částic, jež po pádu na zem mohou formovat několikacentimetrovou vrstvu prachu a způsobit tak neúrodu či propadávání střech, a dále na lahárové, pyroklastické a lávové proudy. **Laharový proud** neboli sopečný bahnotok je velmi rychlý svahový pohyb, který vzniká z nahromaděného nebezpečného pyroklastického materiálu na svahu sopky. Dosahuje rychlosti i přes 100 kilometrů za hodinu, je tak mnohem nebezpečnější než pomalé lávové proudy. **Pyroklastické proudy**, které tvoří směs sopečných plynů, úlomků magmatu a sopečného popela, jsou považovány za nejnebezpečnější proces vulkanické činnosti, neboť dosahují vysokých teplot (až 1000°C) i rychlostí (100 km/h), a tak ničí vše, co jim stojí v cestě. Je ničena zástavba i krajina, vznikají požáry, lidé umírají na popáleniny, udušení či termošok [12]. **Lávové proudy** jsou tvořeny roztavenou horninovou hmotou, která se dostává na povrch po výbuchu sopky. Díky své nízké rychlosti nemají na svědomí mnoho lidských životů.

Geofyzikální katastrofy zahrnují také **svahové pohyby** vznikající působením zemské gravitace. Svahové pohyby jsou spolu s povodněmi nejnebezpečnější katastrofou na území České republiky. Patří mezi ně **řícení skal** či **sesuvy půdy**.



Obrázek 6: Geofyzikální přírodní katastrofy, zleva: zemětřesení [14], pyroklastický proud [15], řícení skal [16]

#### 4.1.2 Meteorologické katastrofy

Meteorologické katastrofy jsou na stránkách EM-DAT charakterizovány jako nebezpečí způsobená extrémními atmosferickými podmínkami, jež trvají v řádu minut až dnů. Řadí se mezi ně **extrémní teploty**, **mlhy** či **bouřky**.

Bouřky se dále klasifikují na mimotropické či tropické cyklóny a konvektivní bouře. Mimotropická cyklóna představuje rozsáhlou oblast nízkého tlaku s mraky, deštěm, silným větrem, tornády či kroupy vznikající v oblastech mezi 30 a 60 stupni zeměpisné šířky. Tropické cyklóny jsou pak tlakové níže vznikající nad oceánem v tropických oblastech. Oproti mimotropickým cyklónám mají mnohem menší rozměry, zato mnohem větší sílu. Konvektivní bouře značí obecný pojem pro meteorologické jevy, které se vyskytují při tvorbě oblaků typu cumulonimbus či jejich soustav [17]. Konvektivní bouře se dále dělí na následující meteorologické jevy.

**Derecho**, jež databáze Encyclopaedia Britannica [18] definuje jako pevninskou větrnou bouři, jejíž větrné poryvy pohybující se v přímém směru dosahují přes 93 kilometrů za hodinu a zasahují oblast širokou minimálně 400 kilometrů. Dále je to **krupobití** jakožto padání kusů ledu o průměru minimálně pěti milimetrů, **bouřky**, **děšť** či **tornádo**, které představuje rotující sloupec vzduchu spojeného se zemí, jehož rychlost vzduchu může dosahovat až 500 kilometrů v hodině. Konvektivní bouře se dále dělí na **písečné** či **prachové**, **sněhové** nebo **větrné**. Nakonec se rozlišuje **bouřlivý příboj**, který v důsledku silného větru nad vodní hladinou způsobuje i několikametrové zvednutí hladiny na pobřeží často doprovázené vysokými vlnami.

Kromě bouří se do meteorologických katastrof řadí extrémní teploty, které mohou představovat **vlny veder**, **studené vlny** či **extrémní zimní podmínky**, jako jsou **mráz** a **sníh**, a nakonec mlhy.



Obrázek 7: Meteorologické přírodní katastrofy, zleva: derecho [19], extrémní zimní podmínky [20], mlha [21]

#### 4.1.3 Hydrologické katastrofy

Hydrologické katastrofy představují nebezpečí způsobená výskytem, pohybem a distribucí povrchové a podpovrchové sladké či slané vody [10]. Dělí se na povodně, sesuvy půdy či činnosti vln. **Povodně** mohou být **pobřežní**, **říční** nebo **přívalové**.

Přívalové povodně jsou typické především pro suché oblasti a vznikají jako důsledek přívalových dešťů. Mohou také vznikat tzv. **ledové přehrady**, které vznikají na jaře, kdy taje sníh a led. Kusy ledu se v řece mohou shlukovat a vytvořit tak nepropustnou přehradu, která následně způsobí povodeň. Hydrologické katastrofy zahrnují také **sesuvy půdy** v podobě **sněhových** či **bahenních lavin**, a **vlny**. **Obří vlny** (*Rogue wave*) jsou neobvykle velké nepředvídatelné vlny vznikající tam, kde silný vítr společně se silným proudem vytvoří výjimečně velkou vlnu. Odlišuje se od tsunami, neboť ta bývá v hlubokých vodách často nerozeznatelná od ostatních vln a vzniká v důsledku jiných geofyzikálních jevů, jako je zemětřesení. Obří vlny jsou tak nebezpečné především pro lodě [22]. **Stojatými vlnami** se nazývá kmitání vodní hladiny na uzavřené či částečně uzavřené vodní ploše, jako jsou jezera, přístavy, zálivy či moře. Spouštěči bývají změna atmosferického tlaku, zemětřesení nebo také tsunami. Jakmile se hladina naruší, gravitační síly se jí snaží vyrovnat a vzniká harmonické kmitání, které putuje přes celou plochu vodní plochy a odráží se zpět. Opakovaným odrazem pak vznikají stojaté vlny s uzly, které nemění svou výšku [18].



Obrázek 8: Hydrologické přírodní katastrofy, zleva: ledová přehrada [23], bahenní lavina [24], obří vlna [25]

#### 4.1.4 Klimatologické katastrofy

EM-DAT [10] popisuje klimatologické katastrofy jako nebezpečí spojená s dlouhotrvajícími atmosférickými procesy měnící klima v periodách ročních období až dekadách. Databáze rozděluje sucha, náhlé vyprázdnění ledovcového jezera a požáry.

**Sucho**, jakožto dlouhodobý nedostatek vody v oblastech, kde míra výparu převyšuje míru spadlých srážek, způsobuje odumírání rostlin, úhyn živočichů a může vést až ke kolapsu celého ekosystému. **Náhlé vyprázdnění ledovcového jezera** představuje povodeň, která vzniká protrhnutím hráze z ledu zadržující ledovcové jezero v důsledku změny klimatu [26]. **Požáry** se rozlišují na lesní a stepní požáry, které jsou rozděleny mezní hodnotou 1.8 metrů výšky vegetace. Rozsah požáru je determinován suchem, teplotou vzduchu, rychlostí i směrem větru, stavem vegetace či sklonem terénu [18].





Obrázek 9: Klimatologické přírodní katastrofy, zleva: sucho [27], náhlé vyprázdnění ledovcového jezera [28], obří lesní požár [29]

#### 4.1.5 Biologické katastrofy

Biologické katastrofy představují nebezpečí spojená s vystavením se nebezpečným živým organismům a jejich toxickým látkám (*animal accident*) či nemocem, které mohou přenášet.

**Epidemie** je dle *Encyclopedia Britannica* výskyt onemocnění s dočasně vysokou prevalencí, tedy. podílem počtu onemocněných jedinců k počtu všem jedinců sledované populace v čase udávaný v procentech. Dělí se na epidemie **virových** (ebola, HIV, spalničky), **bakteriálních** (cholera, tuberkulóza), **parazitárních** (leishmanióza [30]), **plísňových** (*candida auris*) a **prionových** (kuru) onemocnění. Mezi biologické katastrofy se řadí také **napadení hejnem** kobylek (*locust, grasshoper*), které masově likvidují vegetaci.



Obrázek 10: Biologické přírodní katastrofy, zleva: příprava na vstup zdravotníků do karenténní zóny [31], škody na úrodě pšenice po napadení hejnem kobylek [32], hadí uštknutí [33]

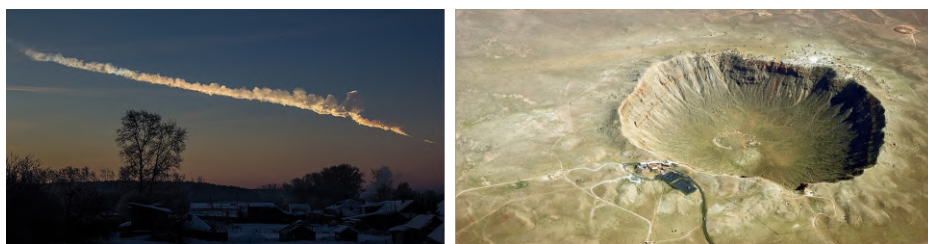
#### 4.1.6 Kosmické katastrofy

Kosmické katastrofy jsou dle oficiálních stránek EM-DAT [10] nebezpečí způsobená asteroidy, meteoroidy a kometami, které prolétají blízko Země, vstupují do zemské atmosféry či dopadají na Zem. Dále jsou to nebezpečí vzniklá změnami meziplanetárních podmínek, které ovlivňují zemskou magnetosféru, ionosféru a termosféru.

První zmíněný typ představuje impakt vesmírného tělesa. Malá kosmická tělesa v atmosféře shoří bez většího rizika, avšak kosmická tělesa větších rozměrů mohou v atmosféře vybuchnout a uvolnit obrovské množství energie v podobě tlakové vlny.

Zástupcem druhého typu katastrof spojeným s vesmírným počasím jsou geomagnetické bouře, které na planetě vznikají po tom, co vysokorychlostní proudy slunečního větru, tedy proudy energetických částic, naruší magnetické pole Země. Taková bouře může způsobit vznik celosvětové polární záře a může způsobit výpadek či poškození informačních systémů, jakými jsou navigační či telekomunikační satelity či komunikační služby [34].

Jediným záznamem kosmické katastrofy v EM-DAT databázi je událost z 22. února 2013, kdy nad sibiřským městem Čeljabinsk explodoval meteor, jehož tlaková vlna zranila téměř 1500 lidí a způsobila velké finanční škody [35].



Obrázek 11: Kosmické přírodní katastrofy, zleva: kouřová stopa Čeljabinského meteoru [36], kráter po dopadu vesmírného tělesa [37]

## 4.2 Kritéria katastrof pro vstup do databáze

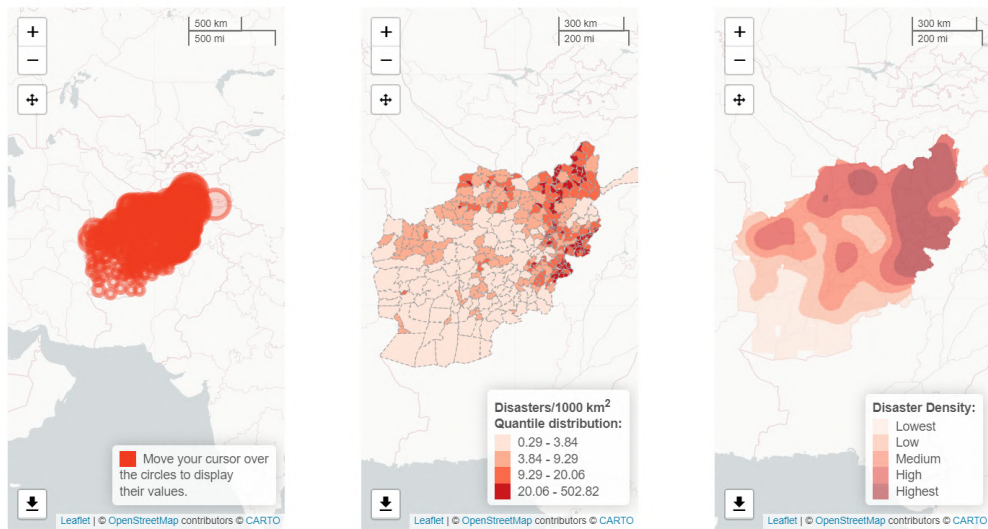
Aby mohla být katastrofa zaznamenána v databázi, musí splnit alespoň jednu z následujících podmínek:

- 10 a více zemřelých,
- 100 a více jinak zasažených lidí,
- vyhlášení nouzového stavu,
- žádost o mezinárodní pomoc.

## 4.3 EM-DAT Atlas

Na oficiálních stránkách EM-DAT existuje interaktivní aplikace [38], která na příkladu dvanácti států inspiruje k možným analýzám dat přírodních katastrof po jejich georeferencování. Pro každý stát jsou vypsány důležité informace o jeho geografické poloze, přírodních poměrech a základních statistikách. Následně jsou zde přítomny tři vložené mapy: kartodiagram s odstupňovanými symboly dle počtu výskytu katastrof, kartogram zobrazující hustotu přírodních katastrof na tisíc kilometrů čtverečních dle regionů, a nakonec vizualizace hustoty katastrof pomocí teplotní mapy.

Mapping natural disasters from 2000 until 2018



Obrázek 12: Vložené mapy na webově aplikaci EM-DAT atlas, zleva: kartodiagram, kvantitativní kartogram, teplotní mapa.

## 5 Projekt kartografie

Jak již bylo zmíněno, diplomová práce navazuje na semestrální práci, jejíž cílem bylo vytvořit tištěnou tematickou syntetickou mapu libovolného tématu. Z důvodů uvedených v úvodu tohoto textu jsem si zvolil téma, kterému se věnuje i tato diplomová práce.

Z důvodu velkého časového i prostorového rozsahu dat v databázi byla data pro účel tvorby tištěné mapy omezena pouze na přírodní katastrofy, a to za poslední desetiletí na území Evropy. Z těchto zadávajících podmínek a faktu, že jsem se vzhledem k mezinárodnímu charakteru dat rozhodl vyhotovit mapu v angličtině, pramení i její název **NATURAL DISASTERS IN EUROPE WITHIN YEARS 2011-2020**.

Jelikož byla zadáním stanovena tvorba syntetické mapy, mým cílem bylo zkombinovat několik základních kartografických metod a nekonvenčním způsobem je prezentovat v jedné tištěné mapě tak, aby výsledný produkt byl jednoduše čitelný, ale aby zároveň donutil uživatele pracovat s legendou a při opakovaném pohledu na mapu zkoumat několik různých aspektů zároveň.

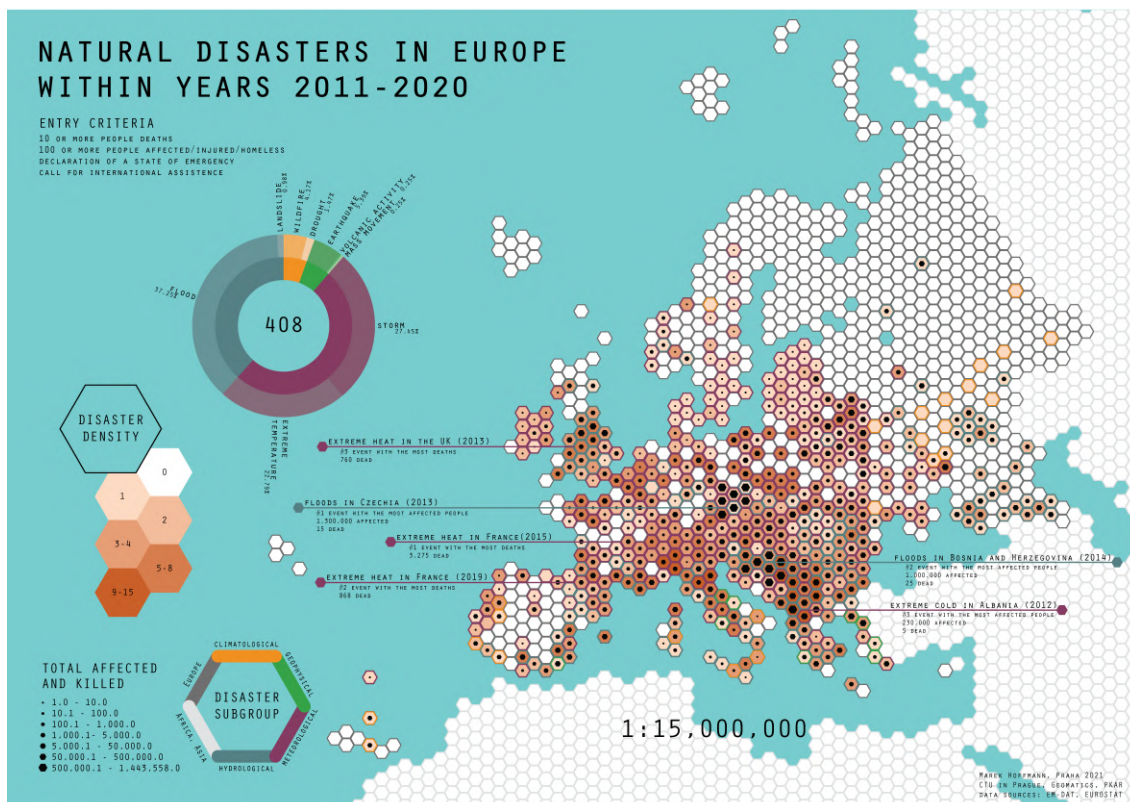
Zpracování dat pro účel diplomové práce se zakládá na postupu, který byl zvolen při práci na semestrální práci. Avšak vzhledem k tehdejšímu značně menšímu objemu dat nebylo třeba proces zpracování i vizualizace automatizovat. Postup se různí už při způsobu geokódování dat. Objem dat totiž dovolil z hlediska počtu virtuálních kreditů vyhledávat lokace katastrof dávkově v prostředí ArcGIS Pro vyhledávací službou od Esri a následně manuálně dohledat pouze malý počet nevyhledaných katastrof.

Z vizuální stránky bylo zamýšleno držet se hexagonového stylu, a to jak ve vizualizaci dat v pravidelné hexagonové mřížce, tak ve tvorbě doprovázejících legend a dalších mapových komponentů.

Výsledkem práce byla syntetická tematická mapa, která sestává ze tří dílčích map. První mapu představuje kvantitativní kartogram, který zobrazuje počet přírodních katastrof na plochu hexagonu, tj. na 10 000 km<sup>2</sup>. Kvalitativním kartogramem byla pomocí barvy obvodu hexagonu vizualizována nejčastější podskupina katastrof, která se na území daného hexagonu nacházela. Třetí mapa pomocí odstupňovaného symbolu černého hexagonu uvnitř území zobrazuje počet lidí, kterých se katastrofa nějakým způsobem dotkla, tzn. počet lidí, kteří se ocitli bez domova, počet zraněných, mrtvých a jinak zasažených lidí. Více se problematice vizualizaci dat věnuje kapitola *Tvorba tematických map*.

Následně byl vytvořen donutový graf dokumentující procentuální zastoupení katastrof v celé Evropě v daném časovém rozmezí, liniiovými segmenty byly zvýrazněny nejvážnější katastrofy z hlediska počtu úmrtí a zasažených lidí, a nakonec byla doplněna legenda, tiráž, název mapy a další prvky mapové kompozice.

Výslednou tištěnou mapu dokumentuje obrázek 13.



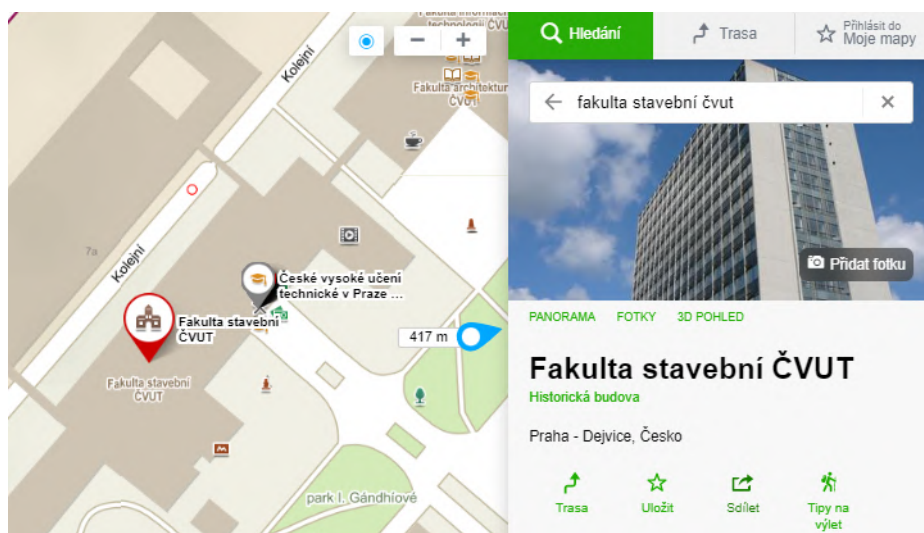
Obrázek 13: Výstup semestrální práce z předmětu Projekt - kartografie na téma NATURAL DISASTERS IN EUROPE WITHIN YEARS 2011-2020



## 6 Geokódování

Dle oficiálních stránek společnosti Esri, [39] geokódování znamená proces transformace popisu místa, jako jsou souřadnice, adresy či název, na konkrétní místo na zemském povrchu. Zpravidla se rozdělují dva typy geokódování, a to **dopředné**, kdy se textovému popisu místa snažíme přiřadit zeměpisné souřadnice, a geokódování **zpětné**, při kterém naopak zeměpisným souřadnicím přiřazujeme adresu či jiný název místa.

Ačkoliv si pod samotným názvem nemusíme mnohé představit, jedná se o obecně jednu z nejpoužívanějších gisových funkcí, neboť v podstatě každé vyhledávání v jakékoliv mapové aplikaci, jako jsou Google Maps či Mapy.cz, provádí právě proces geokódování. Jak víme, v těchto aplikacích lze vyhledávat adresy, souřadnice, ulice, města, regiony, státy, ale mohou to být i body zájmu (POI) v podobě restaurací, nemocnic, obchodů, parků, sportovních center, kulturních památek, přírodních rezervací, jezer atd.



Obrázek 14: Geokódování v aplikaci Mapy.cz

Geokódování lze mimo jiné využít při správě zákaznických dat. Většina organizací totiž uchovává údaje o svých zákaznících, kde jsou kromě zákaznickova jména a příjmení uchovávána jeho adresa či informace o posledním nákupu. Pomocí geokódování těchto adres lze pak vytvářet různé marketingové strategie či plánovat optimální trasu dodávek zákazníkům.

### 6.1 Standardizace adres

Proces geokódování začíná standardizací adres, která spočívá v automatickém rozdělení adresy na jednotlivé segmenty. V České republice představují jednotlivé části adresy při nejmenším název ulice či náměstí, domovní číslo, poštovní směrovací číslo a název sídelního útvaru, tj. název města, obce, městské čtvrti atd. Adresa Fakulty stavební ČVUT

by se tedy po stisknutí klávesy *enter* po zadání do vyhledávače v mapové aplikaci Mapy.cz ve tvaru „*Thákurova 7, Praha 6, 166 29*“ rozdělila do segmentů, jež zobrazuje tabulka 2.

ulice	domovní číslo	PSČ	sídelní útvar
Thákurova	7	166 29	Praha 6

Tabulka 2: Standardizace adresy

## 6.2 Referenční vrstva

Následně se standardizovaná adresa porovnává s dostatečně podrobnou vektorovou referenční vrstvou, která je rozdělena na jednotlivé segmenty. Každý segment pak obsahuje identifikační atributy alespoň v takovém detailu jako adresa vyhledávaná. V případě ulic by to tedy byly alespoň název ulice či náměstí, poštovní směrovací číslo a název sídelního útvaru. U každého segmentu se pak udává rozsah domovních čísel staveb, které se v daném segmentu nachází.

## 6.3 Lokátor

Lokátor je dle [39] a [40] datový soubor obsahující atributy adres z referenční vrstvy, parametry pro standardizaci adres a parametry pro vyhledávání adres.

Vyhledávaná adresa se tedy pomocí lokátoru nejdříve standardizuje, tj. rozdělí do jednotlivých adresních elementů. Následně vzájemně porovnává adresní elementy s referenční vrstvou a hodnotí se jejich míra shody. Ta se většinou udává v rozmezí od 0 do 100, kde 100 představuje perfektní shodu a 0 absolutní odlišnost adres. Lokátor následně vrací nejlepší shodu na základě skóre. U lokátorů lze i nastavit mezní hodnotu, nad kterou považujeme geokódování za dostatečně přesné.

V případě, že vyhledáváme polohu stavby s domovním číslem v rámci určitého, již přiřazeného, segmentu ulice s nejvyšším skórem shody, využívá lokátor lineární interpolaci mezi krajními hodnotami rozsahu domovních čísel v daném segmentu.

## 6.4 Geokód

Geokód představuje jedinečný identifikační kód reprezentující geografickou entitu. Užívá se pro rozlišování od ostatních objektů v konečné množině geografických entit. Kód je většinou krátký a obecně čitelný pro člověka. Známým geokódem je například poštovní směrovací číslo značící územní obvod adresní pošty v České republice, ZIP kód užívaný Poštovní službou Spojených států amerických či např. známé kódy států ISO

3166-1 alpha-2 (pro ČR: CZ) a ISO 3166-1 alpha-3 (Pro ČR: CZE). Geokódem lze však myslet i dvojici zeměpisných souřadnic [41].

## 6.5 Geokódovací (vyhledávací) služby

Existuje hned několik geokódovacích služeb, které lze ke geokódování využít. Různí se jak v lokátoru, tak především v ceně, které si služby účtují za vyšší počet geokódování či extra službu, jako je např. možnost hromadného vyhledávání.

Přehled geokódovacích služeb je shrnut v článku na webových stránkách *GISGeography* [42]. Za zmínku stojí služba od *Google Maps* [43], která těží z obrovské databáze referenční vrstvy, avšak zdarma lze geokódovat pouze jednu adresu současně pomocí vyhledávacího pole. Hromadné geokódování je účtováno pěti americkými dolary za tisíc vyhledaných adres. Dále existuje hned několik pluginů pro QGIS, které jsou volně dostupné bez poplatků. Jsou to pluginy *MMQGIS plugin*, *GeoCoding plugin* či *Python geocoder*. Vyhledávacích služeb existuje opravdu mnoho. V následujících podkapitolách budou představeny ty, které byly v rámci diplomové práce implementovány. Vlastní vyhledávací službu nad daty RÚIAN provozuje i ČÚZK [44], pomocí které lze vyhledávat a lokalizovat územní prvky od vyšších územně samosprávních prvků až po adresu a parcelu.

### 6.5.1 ArcGIS Online World Geocoding Service

ArcGIS Online World Geocoding Service je placená geokódovací služba od společnosti Esri. Esri za 1000 geokódovaných adres účtuje 40 virtuálních kreditů. V ArcGIS Pro lze geokódování spustit pomocí nástroje *Geocode Table*, která automaticky spouští průvodce. Lze zde nastavit lokátor, standardizaci adres a omezení vyhledávání dle státu a kategorie. V ArcGIS Pro lze také vytvořit vlastní adresní lokátor, který již při využívání nečerpá virtuální kredity. Uživatelem vytvořený lokátor lze následně sdílet na ArcGIS Online. Služba je vhodná především pro vyhledávání míst, adres a ZIP kódů na území Spojených států amerických, avšak pro územní prvky vyšší administrativní úrovně než adresy, nebo jednotky, které nemají specifický identifikační kód jako právě ZIP kód, je služba spolehlivě použitelná globálně.

Esri nabízí také *Esri World Geocoding Service API*, které hromadné geokódování zpřístupňuje skrze Python API. Na stránce *ArcGIS Developer* [45] je však nutné vygenerovat token se čtrnáctidenní platností, jenž vyhledávání zpřístupňuje.

### 6.5.2 PositionStack API

PositionStack API dle svých oficiálních stránek [46] nabízí celosvětovou vyhledávací službu s více než dvěma miliardami adres v databázi. Služba je denně aktualizována

a bezplatně nabízí až deset tisíc vyhledávání denně, měsíčně je limit stanoven až na 25 tisíc vyhledávání. Se základní verzí předplatného za cenu deseti amerických dolarů měsíčně lze odeslat až sto tisíc žádostí o vyhledávání. S předplatným PositionStack nabízí API hned v několika programovacích jazycích či např. možnost vkládat mapu s geokódovanými adresami na webovou stránku.

Pro využívání vyhledávací služby je nutné si na stránkách založit účet a vygenerovat jedinečný přístupový klíč API, jímž je nutné se při jeho používání autorizovat.

## 7 Arcgis API for Javascript

### 7.1 API - Application Programming Interface

Dle Rostislava Nétka [2] představuje API rozhraní pro programování aplikací, pomocí kterého může uživatel využívat předpřipravených nástrojů, knihoven, služeb či dat pro programování aplikací. API umožňuje autorovi využívat zdrojový kód, zavazuje se však respektovat licenční podmínky poskytovatele, která jeho práva limitují. Limitovány tak bývají např. počet zobrazení či počet datových vrstev. V případě PositionStack API jsou tak dle předplatného limitovány pokročilé nástroje geokódovací služby jako hromadné kódování či omezení počtu vyhledaných adres [47]. Podmínkou užívání API je nutnost tzv. API klíče, jenž slouží jako jedinečný identifikátor pro sledování užívání a pro ověření přístupu uživatele k API. V případě ArcGIS API for JavaScript je klíč požadován k přístupu ke službám ArcGIS, jako jsou základní mapy či geokódování. Pro přístup k těmto službám je nutné klíč vygenerovat po registraci na ArcGIS API Developer.

Jak doplňují E. Chow a Y.Yuan ve své publikaci [48], rozhraní poskytují komunikační protokol pro zpracování požadavků ze strany klienta, tj. webového prohlížeče, a následné vrácení odpovědi zpět ze serveru v podobě poskytovaných GIS funkcí či datových vrstev prostřednictvím webové služby. Tím je zajištěna vzájemná interoperabilita napříč platformami, systémy či zařízeními. Klient navíc může zpracovávat, analyzovat a vizualizovat prostorové informace bez nutnosti instalace jakéhokoliv GIS software či pluginu.

ArcGIS API for JavaScript představuje komerční rozhraní, tj. proprietární software šířený za finanční úplatu.

## 8 Python moduly a balíčky

Dle stránky *Nauč se Python* [49] lze za modul považovat jakýkoliv Python soubor. Jedná se o kód souvisejících funkcí, tříd či proměnných uložených v souboru s příponou `.py`. Modul se následně do kódu importuje. Balíček je pak instalovatelný adresář obsahující importovatelné moduly pro Python.

Následující podkapitoly představují moduly a balíčky, které byly využity při zpracování dat. Z výčtu je pouze první zmíněný balíček externí, zbylé moduly jsou součástí standardní knihovny Python, která je poskytována s podrobnou dokumentací [50].

### 8.1 `pycountry`

Balíček *pycountry* obsahuje seznam následujících ISO standardů [51]:

- ISO 3166 - kódy současných států,
- ISO 3166-2 - kódy územních jednotek států a závislých území,
- ISO 3166-3 - kódy zaniklých států,
- ISO 639-3 - kódy světových jazyků,
- ISO 4217 - kódy měn,
- ISO 15924 - kódy písem.

Kódy *ISO 3166* současných států byly využity při transformaci třímístného kódu *alpha-3* původních dat na dvoumístný kód *alpha-2*, jímž jsou státy identifikované v `PositionStack` lokátoru.

### 8.2 `csv`

Jedná se o modul zjednodušující práci s CSV soubory různých formátů. Modul byl využit při načítání surových dat přírodních katastrof a následném ukládání geokódovaných záznamů.

### 8.3 `re`

Modul *re* pracuje s tzv. regulárními výrazy, které formou řetězce znaků se speciálním významem slouží jako vzor pro vyhledávání částí textu. Modul byl využit při úpravě textových polí zaznamenávajících místo postižené katastrofou.

## 8.4 `http.client`

Modul definuje třídy s metodami pro vytváření HTTP požadavků na server a následné přijímání odpovědí. V rámci práce byl využit pro vytvoření spojení s PositionStack API a k zasílání požadavků na vyhledávání katastrof.

## 8.5 `urllib.parse`

Tento modul definuje standardní rozhraní pro rozdělení URL adresy na jednotlivé komponenty, jako jsou například cesta ke stránce, číslo portu či parametry stránky, nebo naopak pro kombinování jednotlivých komponent zpět do URL adresy. Funkce `urlencode()` byla využita pro převedení slovníku parametrů do textového řetězce, který vystupuje jako požadavek na webový server.

## 8.6 `json`

Modul `json` slouží pro kódování a dekódování formátu JSON pomocí Python skriptu. Binární zápis objektu Python se převádí do objektu JSON v textovém řetězci pomocí serializace, objekt JSON se naopak převádí do objektu Python pomocí deserializace.

JavaScript Object Notation neboli **JSON** představuje datový formát určený pro výměnu dat především mezi klientem a serverem. Jde o textový formát, který je jednoduše čitelný pro člověka. Je podporován prakticky všemi programovacími jazyky, jedná se tak o velmi univerzální datový formát [52].

Formát JSON je syntakticky totožný s vytvářením objektů v JavaScriptu, tj. jedná se o neuspořádnou množinu párů název/hodnota, kdy název je vždy textový řetězec, zatímco hodnota může být číslo, textový řetězec, `true`, `false`, `null`, objekt či pole. Tyto datové struktury mohou být vnořovány. Příklad JSON formátu je zobrazen na obrázku 18.

Modul `json` bylo nutné využít pro deserializaci odpovědi serveru na požadavek při vyhledávání adresy pomocí lokátoru od PositionStack.

## Část II

# PRAKTICKÁ ČÁST

## 9 Použitý software



Obrázek 15: Použitý software, zleva: ArcGIS Pro, Jupyter Notebook, ArcGIS Online, Visual Studio Code

### 9.1 ArcGIS Pro

ArcGIS Pro ve verzi 2.9.0 je nejnovější desktopová aplikace společnosti Esri určená především pro práci s geografickými informačními systémy (GIS).

Prostředí ArcGIS Pro sloužilo v rámci pracovního postupu k několika úkonům. V první řadě zde byla vygenerována podkladová mapa s ekvivalentním zobrazením *Eckert IV* (EPSG: 54012) za účelem její publikace na ArcGIS Online. Software také nabízí několik možností automatizace, které byly využity jak pro úpravu dat, tak pro jejich zpracování a následnou vizualizaci. V ArcGIS bylo také částečně provedeno geokódování a nakonec zde byla upravena symbologie vrstev před sdílením na server.

#### 9.1.1 Jupyter Notebook

Dle webových stránek *Esri UK and Ireland* [53] je Jupyter Notebook online interaktivní vývojové prostředí, pro které jsou typické tzv. buňky. Toto vývojové prostředí s sebou přináší několik výhod. V první řadě je to možnost psát kód v mnoha programovacích jazycích, jako jsou mimo jiné např. jazyky tvořící název samotné aplikace: julia, Python a R. Buňky jsou navíc vzájemně nezávislé a lze v nich opakovaně spouštět část kódu bez nutnosti spouštění celého skriptu. Jupyter Notebook také podporuje vykreslování obrázků, tabulek, grafů, matematických vzorců či map.

V Jupyter Notebooku bylo nahlíženo na surová data stažená z EM-DAT, která se následně upravila do potřebného formátu pro geokódování. Poté se větší část záznamů geokodovala a výsledek se zobrazil v mapovém poli.



### 9.1.2 ModelBuilder

Na webu společnosti Esri [54] je ModelBuilder definován jako „vizuální programovací jazyk pro vytváření pracovních postupů geoprocessingu“. V principu jde o nástroj, kterým lze automatizovat a zároveň dokumentovat složitější prostorové či datové analýzy. Model je reprezentován jako diagram tvořený vzájemně navazujícími procesy, přičemž výstup jedné funkce slouží jako vstup funkce druhé.

V ModelBuilderu byl vytvořen automatizovaný proces vytváření hexagonové sítě států dle nastavených parametrů a proces vizualizace všech dílčích map, která přebírá symbolologii z tištěné mapy, jež byla výsledkem semestrální práce popsané v kapitole *Projekt kartografie*. Zároveň model zpracovává data a ukládá je do nových polí jedné z vrstev pro následnou vizualizaci na webové stránce.

## 9.2 ArcGIS Online

ArcGIS Online je cloudový produkt společnosti Esri s uzavřeným kódem [2], který propojuje desktopové a serverové produkty Esri, umožňuje sdílet a publikovat vlastní data či užívat již sdílené datové produkty jiných uživatelů. ArcGIS Online také umožňuje vytvářet interaktivní mapové aplikace s pomocí šablon v uživatelském rozhraní v prostředí internetu, jako jsou *WebAppBuilder*, *Experience Builder* či *StoryMaps*. Cloudová řešení jako ArcGIS Online jsou sice uživatelsky přívětivá a fungují bez nutnosti editování zdrojového kódu, avšak mají omezené možnosti kartografické vizualizace, výběru z dostupných nástrojů či grafiky.

Do ArcGIS Online byly sdíleny jednotlivé mapové vrstvy z ArcGIS Pro a vytvořeny zde byly webové mapy, které se následně přes ID skrze ArcGIS API for JavaScript načítaly do webové aplikace.

## 9.3 Visual Studio Code

Visual Studio Code či VS Code je editor zdrojového kódu podporující řadu programovacích jazyků, jako jsou Python, JavaScript, Java, Node.js, C++ a další. VS Code je populární nejen mezi vývojáři webových stránek, jedná se o jedno z nejpoužívanějších vývojových prostředí vůbec. Tento otevřený software je vyvíjený společností Microsoft.

Ve VS Code byla naprogramována webová stránka v jazycích JavaScript pomocí ArcGIS API for JavaScript, HTML a CSS.

## 10 Zdroje dat

### 10.1 EM-DAT

Z databáze popsané v kapitole *EM-DAT - Emergency Event Database* byly pomocí dotazu získány přírodní katastrofy od počátku jejich záznamu, tj. od roku 1900, do současnosti (březen 2022). Surová data jsou poskytována ve formátu .xlsx.

### 10.2 ArcGIS Online

Z ArcGIS Online byly do webových map připojeny datové vrstvy publikované společností Esri. Jedná se o polygonové vrstvy států, územních administrativních celků a rastrová vrstva digitálního model terénu.

### 10.3 Eurostat

Eurostat jakožto statistický úřad Evropské unie sloužil jako zdroj dat polygonové vrstvy států, která byla využita při zpracování a vizualizaci geokódovaných dat pomocí ModelBuilderu.

## 11 Struktura dat

Zdroj dat a klasifikace přírodních katastrof již byly popsány v kapitole *EM-DAT - Emergency Event Database*. Na obrázku 16 je zobrazen náhled na surová data v MS Excel.

Dis No	Year	Seq	Disaster Group	Disaster Subgroup	Disaster Type	Disaster Subtype	Disaster Subsubtype	Event Name	Entry Criteria	Country	ISO	Region	Continent
2013-0009	2013	0009	Natural	Meteorological	Extreme temperature	Severe winter conditions			Affected	Belarus	BLR	Eastern Europe	Europe
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm			Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe
2013-0547	2013	0547	Natural	Meteorological	Storm	Convective storm	Hail	Storm Dirk	SigDam	Germany	DEU	Western Europe	Europe
2013-0205	2013	0205	Natural	Hydrological	Flood	Riverine flood			Kill	Germany	DEU	Western Europe	Europe
2013-0398	2013	0398	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Christian	Kill	Denmark	DNK	Northern Europe	Europe
2013-0215	2013	0215	Natural	Hydrological	Flood	Flash flood			SigDam	France	FRA	Western Europe	Europe
2014-0026	2014	0026	Natural	Hydrological	Flood	Flash flood			Affected	Italy	ITA	Southern Europe	Europe

Location	Origin	Associated Dis	Associated Dis2	OFDA Response	Appeal	Declaration
Brest, Pinsk, Luninac, Stolín districts (Brest province), Verhnedansk, Miory, Sharkovshchina, Shumilino, Gorodok, Beshenkovichi districts (Vitebsk province)						
Aargau, Appenzell Ausser-rhoden, Appenzell inner-rhoden, Basel-landschaft, Basel-stadt, Bem, Fribourg, Geneva, Glarus, Graubünden, Jura, Luzern						
Wassel village (Niedersachsen province) ; Baden-Württemberg province						
Gera, Greiz, Saale-Holzland-Allenburger cities (Thuringen province), Magdeburg city (Sachsen-Anhalt province), Würzburg						Yes
Aarhus, Bornholm, Frederiksberg, Fyn, Nordjylland, Ribe, Ringkøbing, Sønderjylland, Storstrøm, Vejle, Vestsjælland, Viborg, Frederiksberg						
Luz-Saint-Sauveur city (Hautes Pyrénées district), Saint-Béat city, (Haute-Garonne district) (Mid-Pyrénées province) ; Garonne						
Bastiglia, Carpi, Medolla, Mirandola cities (Modena district, Emilia-romagna province), Genova, La Spezia districts (Liguria province), Pisa	Heavy rains					
						Slide (land, mud, snow, rock)

Aid Contribution	Dis Mag Value	Dis Mag Scale	Latitude	Longitude	Local Time	River Basin	Start Year	Start Month	Start Day	End Year	End Month	End Day	Total Deat	No Injured	No Affected	No Homeless	Total Affected	Reconstru Insured D	Total Dam	CPI	
	-25 °C						2013	1		2013		2		4	1325	10000		11325		91.12079	
	Kph						2013	12	24	2013		12	24							91.12079	
	Kph						2013	7	27	2013		7	28						3700000	4900000	91.12079
	241204 Km2		49.1358	12.11		Danube, Elbe	2013	5	28	2013		6	18	4		6350		6350	18000000	12900000	91.12079
	195 Kph						2013	10	27	2013		10	28	1							91.12079
	Km2						2013	6	18	2013		6	19	2		2000		2000		655000	91.12079
	Km2		43.9958	7.1		Secchia	2014	1	18	2014		1	31	2	1	600	1000	1601		120000	92.56998

Obrázek 16: Náhled na data

Každý záznam katastrofy je opatřen specifickým kódem *Dis\_No* ve formě *YYYY-NNNN-ISO*, kde *YYYY* představuje rok výskytu katastrofy, *NNNN* značí unikátní kód katastrofy a *ISO alpha-3* je jedinečné třímístné označení státu, na jehož území se katastrofa vyskytla. Pro multitemporální zobrazení dat byl využit atribut *YEAR*, který se shoduje s prvními čtyřmi čísly atributu *Dis\_No*. Dále se využila všechna pole s klasifikačními parametry, tj. *Disaster Group*, *Disaster Subgroup*, *Disaster Type*, *Disaster Subtype* a *Disaster Subsubtype*. V attributech *Country*, *ISO*, *Region*, *Continent*, *River Basin*, *Latitude*, *Longitude* a *Location* jsou pak v textové podobě uvedeny informace o poloze. Zbývající atributy uchovávají informace temporální, a to vždy rok a někdy i měsíc a den začátku a konce působení dané katastrofy, a informace spojené s fyzikálními charakteristikami katastrof (*Origin*, *Associated Disasters*, *Dis Mag Value*, *Dis Mag scale*) a jejich rozsah z hlediska lidského života (*Total Deaths*, *No Injured*, *No Affected*, *No Homeless*, *Total Affected*) či finančních škod (*Reconstruction costs*, *Insured damages*, *Total Damages*...).

*Total Deaths* kromě obětí katastrof zahrnuje také pohřešované. *Injured* jsou myšleni lidé s fyzickými zraněními, psychickými traumaty či nemocemi, kteří v přímém důsledku katastrofy vyžadovali okamžitou lékařskou pomoc. *Affected* představuje počet lidí, kteří vyžadovali jakoukoliv jinou okamžitou pomoc v nouzové situaci. Pod atributem *Homeless* se skrývá počet lidí, jejichž dům byl v důsledku katastrof silně poškozen, a tudíž vyžadovali dočasný přibytěk. *Total damages* uvádí hodnotu všech finančních škod. Hodnota je udávána neočistěná o inflaci v tisících amerických dolarů.

Jednotlivé atributy jsou podrobněji popsány v sekci *Guidelines* na webových stránkách EM-DAT [55].

Při pohledu na data z obrázku 16 si lze povšimnout, že zeměpisné souřadnice jsou uvedeny pouze pro určité typy katastrof, jako jsou zemětřesení, záplavy či sopečné erupce, a to pouze v omezeném počtu případů. Na druhou stranu, geografická poloha na různých administrativních úrovních je v poli *Location* uvedena u téměř každého záznamu. Jako řešení pro absenci zeměpisných souřadnic se v takovémto případě, tj. při existenci textového popisu místa, nabízí využít procesu geokódování, jenž byl představen v kapitole *Geokódování*. Jelikož však katastrofy většinou postihují hned několik měst, krajů, či regionů, uvádí atribut *Location* všechny zasažené oblasti. Abychom tedy mohli přistoupit ke geokódování, je třeba pro každé místo postihnuté danou katastrofou vytvořit samostatný záznam, jako ilustruje obrázek 17. Python skript provádějící úpravu byl vypracován v prostředí Jupyter Notebook v rámci ArcGIS Pro a je podrobněji rozebrán v následující kapitole.

Location	Origin	Associated Dis	Associated Dis2
Brest, Pinsk, Luninac, Stolin districts (Brest province), Verhnedvinsk, Miory, Sharkovshchina, Shumilino, Gorodok, Beshenkovichi districts (Vitebsk province)			
Aargau, Appenzell Auser-rhoden, Appenzell Inner-rhoden, Basel-Landschaft, Basel-stadt, Bern, Fribourg, Geneve, Glarus, Graubunden, Jura, Luzern			
Wassel village (Niedersachsen province), Baden-Wuerttemberg province			
Gera, Greiz, Saale-Holzland, Altenburger cities (Thueningen province), Magdeburg city (Sachsen-Anhalt province), Wurzburg			
Aarhus, Bornholm, Frederiksberg, Fyn, Nordjylland, Ribe, Ringkoebing, Soenderjylland, Storstrom, Vejle, Vestsjaelland, Viborg, Frederiksberg			
Luz-Saint-Sauveur city (Hautes Pyrenees district), Saint-Béat city, (Haute-Garonne district) (Midi-Pyrenees province) : Garonne			
Bastiglia, Carpi, Medolla, Mirandoli cities (Modena district, Emilia-romagna province), Genova, La Spezia districts (Liguria province), Pisa	Heavy rains	Slide (land, mud, snow, rock)	

↓

Dis No	Year	Seq	Disaster Group	Disaster Subgroup	Disaster Type	Disaster Subtype	Disaster Subsubtype	Event Name	Entry Criteria	Country	ISO	Region	Continent	Location
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Aargau
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Appenzell Auser-rhoden
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Appenzell Inner-rhoden
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Basel-landschaft
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Basel-stadt
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Bern
2013-0530	2013	0530	Natural	Meteorological	Storm	Extra-tropical storm		Storm Dirk	Affected	Switzerland	CHE	Western Europe	Europe	Fribourg

Obrázek 17: Tvorba samostatných záznamů pro jednotlivé lokality zasažené shodnou katastrofou

## 12 Zpracování dat

Abychom mohli data automatizovaně geokódovat a následně načíst do mapy, je nutné provést několik změn v původním souboru.

V první řadě je nutné tabulku ve formátu XLSX převést do formátu CSV. Jako separátor se použil znak hashtagu (#), neboť ostatní znaky jako mezera, dvojtečka či středník jsou obsaženy v některých attributech záznamů, a tudíž pak při načítání souboru dochází k rozdělení řádku do více polí, než je skutečně atributů. Následně je nutné CSV soubor řádek po řádku načíst a v každém provést určité úpravy.

Jelikož PositionStack API při geokódování využívá pro identifikaci státu *ISO alpha-2* kód, tedy pouze dvoumístný kód státu, a v databázi EM-DAT jsou uvedeny kódy třímístné - *ISO alpha-3*, bylo nutné třímístný kód nahradit za dvoumístný. K tomu se využil balíček *pycountry*, ve kterém byl nalezen stát na základě *alpha-3* kódu a navrácen byl jeho *alpha-2* ekvivalent. V některých případech však docházelo k chybě, neboť balíček neobsahoval požadovaný třímístný kód. Zpravidla se jednalo o bývalé státy, které se v průběhu 20. století rozpadly, jako např. Československo, Jugoslávie, Sovětský svaz, či Nizozemské Antily. Často to také byla autonomní území v podobě ostrovů, jako jsou např. portugalské Azory či španělské Kanárské ostrovy. Jako řešení byl vytvořen slovník, jehož klíč obsahuje původní třímístný kód, a jehož hodnotou je řetězec alespoň jednoho dvoumístného kódu současně existujícího státu, jemuž původní označení odpovídá. Tedy bývalé, již zaniklé, státy byly nahrazeny nově vzniklými státy na jejich území a autonomním ostrovům byl přiřazen kód nadřazeného státního útvaru.

Např. kód ISO alpha-3 „*CSK*“ označující Československo byl nahrazen textovým řetězcem „*CZ,SK*“, tedy dvoumístnými kódy České republiky a Slovenské republiky, které vznikly po jeho rozpadu. Podobně třímístný kód Azor „*AZO*“ byl nahrazen dvoumístným „*PT*“ označující Portugalsko, jemuž dané souostroví náleží.

Náhradu všech původních států označených kódem *ISO alpha-3* za současné ekvivalenty označené kódem *ISO alpha-2* dokumentuje tabulka 3.

Následně byly z určovaného místa odstraněny obecné názvy, jako jsou obce (*municipality*), oblasti (*area*), čtvrti (*district*), regiony (*region*), provincie (*provinces*), okresy (*counties*), státy (*states*). Podobně byly odstraněny speciální znaky, jako jsou středník (;), výpustky (...), ampersand (&) a další znaky, které se využívaly pro dělení jednotlivých postihnutých oblastí.

Nakonec se pro každý záznam katastrofy vytvořily samostatné záznamy pro každé postihnuté místo, jako bylo zobrazeno na obrázku 17.

Z původních 16333 záznamů katastrof se tak databáze rozšířila na 62826 jednotlivě zasažených míst.

Alpha-3	Původní stát	Alpha-2	Současný stát
CSK	Českoslovesnko	CZ,SK	Česko, Slovensko
SCG	Srbsko a Černá Hora	RS,ME	Srbsko, Černá Hora
DDR	NDR	DE	Německo
DFR	SRN	DE	Německo
YMD	Jižní Jemen	YE	Jemen
YMN	Severní Jemen	YE	Jemen
SPI	Kanárské ostrovy	ES	Španělsko
ANT	Nizozemské Antily	NL	Nizozemsko
AZO	Azory	PT	Portugalsko
YUG	Jugoslávie	BA, HR, KS, ME, MK, RS, SI	Bosna a Hercegovina, Chorvatsko, Kosovo, Černá Hora, Severní Makedonie, Srbsko, Slovinsko
SUN	Sovětský svaz	AM, AZ, EE, GE, KZ, KG, LV, LT, MD, RU, TJ, TM, UZ, BY, UA	Arménie, Ázerbájdžán, Estonsko, Gruzie, Kazachstán, Kyrgyzstán, Lotyšsko, Litva, Moldávie, Rusko, Tádžikistán, Turkmenistán, Uzbekistán, Bělorusko, Ukrajina

Tabulka 3: *ISO alpha-2* ekvivalenty zaniklých států označených *ISO alpha-3* kódem

Jelikož mají biologické katastrofy v zásadě jiný charakter než ostatní podskupiny katastrof, byly příslušné záznamy, stejně jako v podobných řešeních zmíněných studií a webových aplikací, z dat odstraněny.

## 13 Geokódování

K vyhledávání souřadnic místům postihnutých přírodními katastrofami se využily dvě geokódovací služby. Pomocí Python API od PositionStack pod základní placenou verzí se nejdříve geokódovaly všechny záznamy najednou. Záznamy, které se nepodařilo vyhledat pomocí Python skriptu se průběžně ukládaly do nového textového souboru. Ten byl následně naimportován do ArcGIS Pro a poté byly záznamy geokódovány druhotně pomocí ArcGIS World Geocoding Service. Ta místa, která se nepodařila vyhledat ani jednou geokódovací službou, byla následně vyhledána manuálně.

### 13.1 PositionStack API

Pro vytvoření spojení s vyhledávací službou, je nutné načíst modul *HTTP.client* a zavolat jeho funkci *HTTPConnection()*, jejíž argumentem je URL adresa API od PositionStack. Odpověď webového serveru na připojení se následně ukládá do proměnné *conn*. Modul *urllib.parse* se používá k rozdělení URL adresy na jednotlivé komponenty. Pomocí funkce *urlencode()* poté převedeme slovník parametrů na textový řetězec dotazů. Jako parametry musíme určit alespoň přístupový klíč k vyhledávací službě a název adresy. Volitelně byl nastaven parametr *country*, který filtruje výsledky vyhledávání dle státu pomocí jednoho či více států označených dvoumístným *ISO alpha-2* geokódem. Do tohoto argumentu byly předávány kódy z modulu *pycountry*, či slovníku, který obsahuje země, jejichž *ISO alpha-3* kód v modulu *pycountry* neexistuje. V případě, že neexistovalo geografické určení místa katastrofy v poli *Location*, byly katastrofy vyhledány pomocí názvu státu. S katastrofami na celostátní úrovni se nadále pracovalo v ArcGIS Pro. Parametrem *limit* se omezuje seznam navrácených přiřazených adres na adresu s nejvyšší mírou shody. Objektu *conn* následně voláme funkci *request* s již definovanými parametry k určení typu požadavku. Odpověď URL adresy ukládáme do proměnné *res* a přečteme ji voláním metody *read()*. Odpověď je nutné ještě dekodovat z UTF8 textového řetězce do Python unicode formátu. Tímto způsobem dostaneme validní JSON textový řetězec, který poté metodou *loads()* z modulu *json* převedeme do Python slovníku, ze kterého můžeme jednoduše získat souřadnice vyhledané adresy. Příklad zadávání parametrů a výsledku vyhledávání je zobrazen na obrázku 18.

```

import http.client, urllib.parse, json

conn = http.client.HTTPConnection('api.positionstack.com')

params = urllib.parse.urlencode({
    'access_key': '7a6...',
    'query': 'Thákurova 7',
    'country': 'CZ',
    'limit': 1,
})

conn.request('GET', '/v1/forward?{}'.format(params))

res = conn.getresponse()
data = res.read()
data_uni = data.decode('utf-8')
data_json = json.loads(data1)
print(data_json)

lat = data_json['data'][0]['latitude']
lng = data_json['data'][0]['longitude']
print([lat, lng])

{'data': [['latitude': 50.104022, 'longitude': 14.388066, 'type': 'address', 'name': 'Thákurova 2077/7', 'number': '2077/7', 'postal_code': '16000', 'street': 'Thákurova', 'confidence': 1, 'region': 'Prague', 'region_code': 'PM', 'county': None, 'locality': 'Prague', 'administrative_area': None, 'neighbourhood': 'Bubeneč', 'country': 'Czechia', 'country_code': 'CZE', 'continent': 'Europe', 'label': 'Thákurova 2077/7, Prague, Czechia']]}

```

Obrázek 18: Vlevo Python skript pro vyhledání adresy Fakulty stavební ČVUT pomocí PositionStack API, vpravo odpověď serveru ve formátu JSON

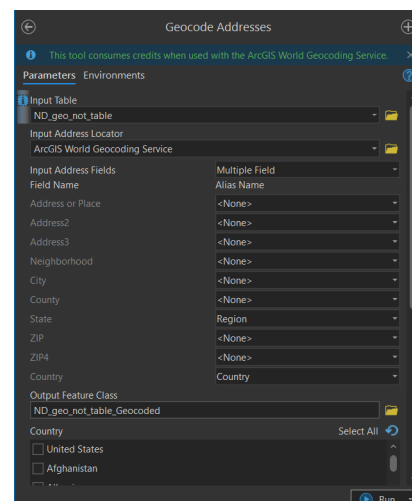
Jak je zobrazeno v tabulce 4, pomocí vyhledávací služby PositionStack se podařilo vyhledat téměř 93% všech 62826 záznamů. Ze zbylých sedmi procent se následně vytvořil nový soubor, jehož záznamy poté byly geokódovány pomocí ArcGIS World Geocoding Service v prostředí ArcGIS Pro.

	přirazeno	%	nerozhodnuto	%	nepřirazeno	%
PositionStack	58314	92.82	-	-	4511	7.18
ArcGIS World Geocoding Service	1445	32.03	1675	37.13	1391	30.84
<b>Celkem</b>	<b>59759</b>	<b>95.12</b>	<b>1675</b>	<b>2.67</b>	<b>1391</b>	<b>2.21</b>

Tabulka 4: Výsledky vyhledávání adres pomocí různých vyhledávacích služeb

## 13.2 ArcGIS World Geocoding Service

Pomocí dialogového okna zobrazeného na obrázku 19 byly v ArcGIS Pro nastaveny parametry lokátoru ArcGIS World Geocoding Service. Nejdříve bylo lokátoru sděleno, v jakých atributech se nachází adresa. Podobně jako u prvotního geokódování to jsou atributy *Location* a *Country*. V dialogovém okně lze nastavit filtraci dat dle států, avšak vzhledem ke globálnímu charakteru dat nebyla tato filtrace využita. Naopak bylo limitováno vyhledávání míst dle typu, čímž bylo lokátoru zadáno, ať vyhledává sídelní útvary. Z nástroje vystu-



Obrázek 19: Nástroj *Geocode Addresses* v ArcGIS Pro



puje tabulka s původními atributy s předponou *USER\_* a sada nově vzniklých atributů s informacemi o přiřazeném místě [56].

Výsledky vyhledávání jsou funkcí klasifikovány do tří kategorií, jak zobrazuje tabulka 4. Úspěšné vyhledané záznamy se řadí do kategorie *Matched*. Tam, kde došlo ke shodě skóre dvou kandidátů z referenční vrstvy, a tudíž o přiřazení adresy nebylo rozhodnuto, došlo k přiřazení do třídy *Tied*. Nevyhledané záznamy se označily kategorií *Unmatched*. Vyhledané záznamy se rozdělily poměrně rovnoměrně do všech tříd.

Celkově se pomocí obou vyhledávacích služeb podařilo vyhledat přes 95% záznamů z 62826 katastrofou postihnutých míst. Zbylé záznamy tak bylo nutné vyhledat manuálně.

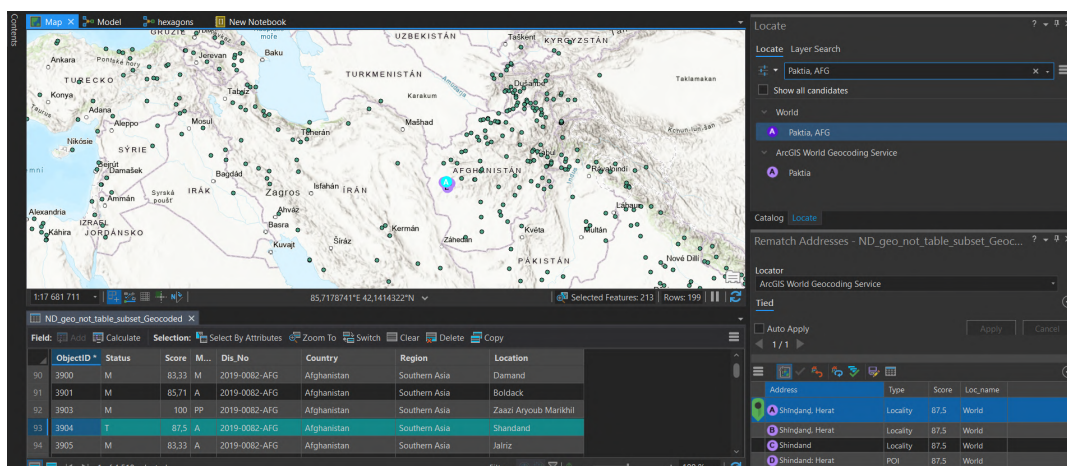
### 13.3 Manuální vyhledávání

Při pohledu na data, kterým nebyly vyhledány souřadnice ani jedním lokátorem, bylo identifikováno několik problémů, které k takovému výsledku vedly. Ve většině případů chyba vznikla kvůli překlepům, které vznikly při vkládání dat do databáze. Dále se jednalo o chyby v kódování, především pak chyby vzniklé transliterací nelatinkových písem. V takovém případě se jednalo zejména o asijské státy, zejména Čínu, Indii a Írán.

K manuálnímu geokódování slouží v ArcGIS Pro nástroj *Rematch Addresses*, který interaktivní formou vyhledávání adres značně zjednodušuje. Adresy, které skončily shodou skóre několika kandidátů, nástroj nabízí k výběru v dialogovém okně. Následně je možné označit pouze toho kandidáta, který subjektivně nejvíce odpovídá vyhledávané adrese.

Jak lze vidět na obrázku 20, v mnohých případech se kandidáti shodovali a označovali téměř totožné místo. V takovém případě je výběr jednoduchý. Někdy však nástroj nenabízí žádného kandidáta nebo vygeneruje několik územních celků se shodným názvem nacházejících se v různých regionech. Pokud se v této situaci jednalo o lokaci, která byla jednou z mnohých míst zasažených shodnou katastrofou v regionu, záznam byl odstraněn. Pokud to však byl jediný záznam o katastrofě, byla jeho poloha vyhledána manuálně pomocí mapové aplikace *Google Maps*. Nebylo-li možné kvůli chybnému zápisu názvu místa polohu vyhledat, byl správný název postihnuté oblasti vyhledán dle uvedených informací pomocí webového vyhledávače. Tomu již nebylo těžké souřadnice přiřadit. Popsaným postupem musely být identifikovány zejména katastrofy datované v první polovině 20. století, neboť se často jednalo o místa již zaniklá.

Dále zde byly nepřřiřazené záznamy s hodnotami *countrywide*, *nationawide*, *whole country* atd. Těmto řádkům byly hodnoty *location* odstraněny a bylo jim ponecháno prázdné pole. Později byly záznamy s chybějící hodnotou tohoto pole kvůli celostátnímu charakteru odstraněny.



Obrázek 20: Nástroj *Rematch Addresses* při shodě skóre více kandidátů

### 13.3.1 Kontrola geokódování

Jelikož byla geokódovací služba od Esri spuštěna v dávkovém režimu, kdy jsme pro všechny záznamy využili stejné nastavení lokátoru, a vzhledem ke globálnímu charakteru dat jsme přímo nefiltrovali záznamy dle státu, mohly se místu přiřadit i stejnojmenné názvy sídelních oblastí z jiné země. Z tohoto důvodu byla provedena kontrola, která chybně přiřazená místa odhaluje. U manuálně geokódovaných záznamů bylo vytvořeno nové pole, do kterého byl vypočten kód *ISO alpha-3* z identifikačního kódu katastrofy. Jelikož geokódovaná tabulka obsahuje také třímístný kód státu přiřazeného místa, lze tyto dvě hodnoty následně porovnat. Ze záznamů, jimž se *ISO alpha-3* kódy vyhledávané a přiřazené adresy neshodovaly, byla vytvořena nová vrstva, která byla následně manuálně upravena.

Jakmile se podařilo vyhledat a opravit všechny katastrofy, spojily se všechny vrstvy do jedné, a pokračovala s nimi práce v ArcGIS Pro.

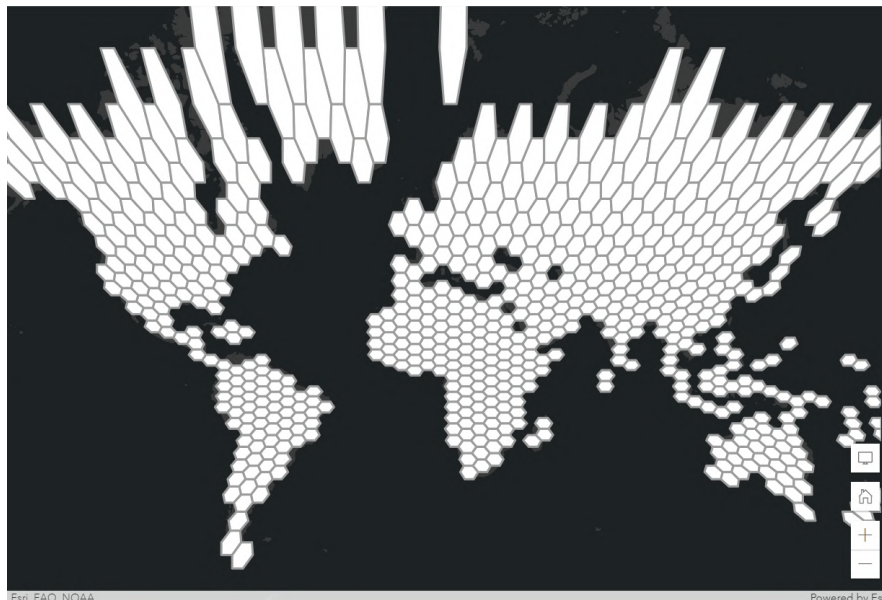
## 14 Práce v ArcGIS Pro

V software ArcGIS Pro byla nejdříve manuálně vytvořena podkladová mapa v souřadnicovém systému Eckert IV. Následně bylo vytvořeno několik modelů pomocí nástroje *ModelBuilder*, které automatizují jak tvorbu hexagonové vrstvy, tak zpracovávají a následně vizualizují data do map. Vytvořené mapy byly následně sdíleny na ArcGIS Online.

### 14.1 Kartografické zobrazení

Jak zmiňují autoři knihy *Mapping for Sustainable World* [57], abychom mohli porovnávat jednotky různých velikostí a tvarů, je nutné absolutní hodnoty pro účel zobrazení v kartogramu normalizovat. S tím souvisí i fakt, že abychom zachovali shodnou plochu hexagonů, a tím pádem i možnost vzájemně porovnávat jednotlivé plochy mezi sebou, je nutné tématickou mapu zobrazit v ekvivalentním zobrazení.

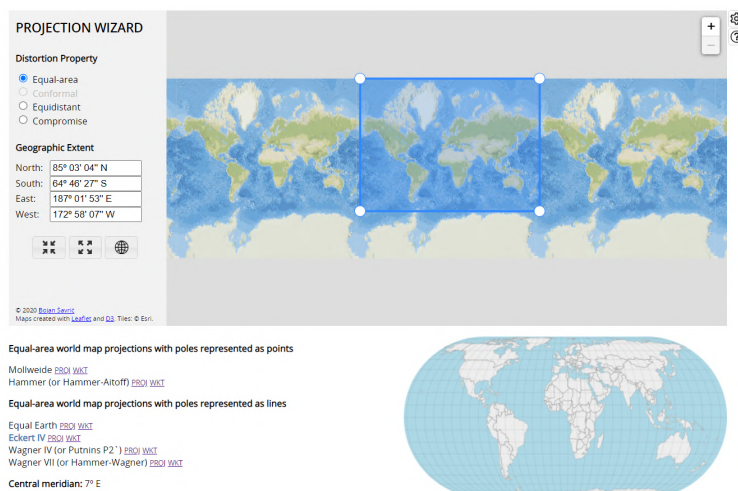
Mercatorovo zobrazení je zobrazení, které se stalo standardem pro tvorbu webových mapových aplikací a slouží taktéž jako výchozí podkladová mapa pro tvorbu mapových aplikací v prostředí ArcGIS Online. Toto úhlojevné zobrazení sice zachovává úhly, avšak směrem k polárním oblastem dochází k extrémnímu zkreslení ploch, což na příkladu hexagonů zachycuje obrázek 21.



Obrázek 21: Hexagony o stejné ploše v Mercatorově zobrazení v prostředí ArcGIS Online

Jedním z řešení navrhovaných autory zmíněné knihy je vizualizace dat pomocí karto-diagramů. Cílem této práce však bylo zachovat vizualizaci semestrálního projektu a držet se tak hexagonové mřížky. Z toho důvodu bylo přistoupeno k alternativnímu řešení - tvorbě vlastní podkladové mapy s ekvivalentním zobrazením. Při rozhodování o využitel-

ném zobrazení byla využita webová aplikace *Projection Wizard* [58], doporučená knihou *Webová kartografie* [2]. Aplikace slouží jako nástroj k výběru vhodného kartografického zobrazení dle zobrazovaného území a požadavků na zkruslení. Jak je zobrazeno na obrázku 22, zvoleno bylo zobrazení **Eckert IV**. Jedná se o nepravé válcové zobrazení zachovávající plochy. Toto zobrazení je mimo jiné využíváno pro tvorbu většiny map pro analýzu sedmácti cílů udržitelného rozvoje (SDG) v knize prof. Kraaka a jeho spoluautorů [57]. Do webových map s jiným než Mercatorovým zobrazením je možné přidávat jak rastrová, tak vektorová data, avšak rastrové dlaždice budou pravděpodobně deformovány a vektorové dlaždice nelze přidávat vůbec.

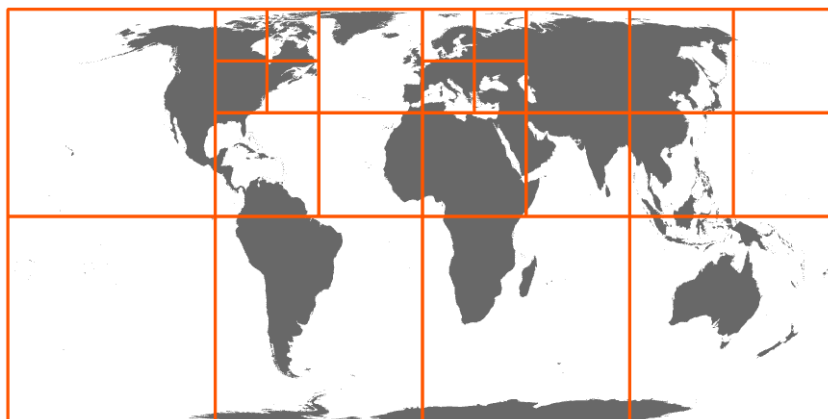


Obrázek 22: Webová aplikace Projection Wizard

## 14.2 Tvorba podkladové mapy v Eckertově zobrazení

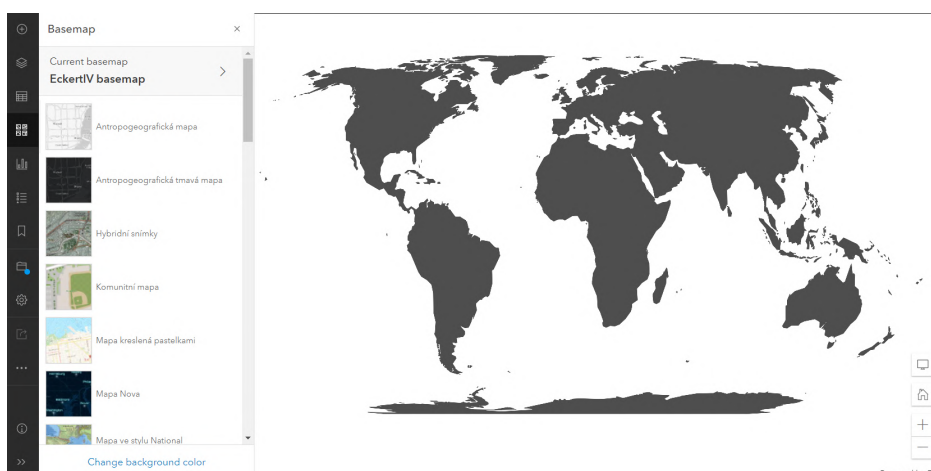
Článek [59] Johna Nelsona na stránkách *ArcGIS Blog* nabízí několik autorem vytvořených podkladových map v Albersově zobrazení, pokrývající území Asie, Evropy či Spojených států amerických. Zároveň však přikládá návod, jak v prostředí ArcGIS Pro vytvořit vlastní podkladovou mapu s jakýmkoliv kartografickým zobrazením.

Nejdříve je nutné nastavit požadované kartografické zobrazení mapy. Následně se nahrají jednotlivé datové vrstvy, které chceme v podkladové mapě zobrazovat, a případně se nastaví hodnoty maximálního a minimálního měřítka zobrazení jednotlivých vrstev pro účely dynamického zoomu. Dále se vytvoří síť indexovaných polygonů s různou úrovní podrobnosti dle vstupní vrstvy, jako zobrazuje obrázek 23.



Obrázek 23: Tvorba indexovaných dlaždic v ArcGIS Pro

Z indexovaných dlaždic se následně vytvoří balíček vektorových mapových dlaždic ve formátu **.tpkx**, který lze jednoduše nahrát do ArcGIS Online. Vytvořená mapa se následně zobrazuje v nabídce podkladových map v aplikaci *Map Viewer 24*.



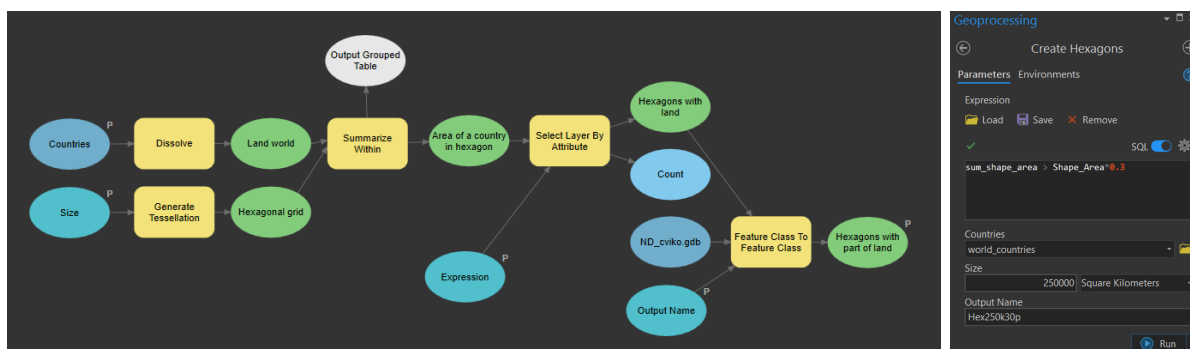
Obrázek 24: Vytvořená podkladová mapa v ArcGIS Online

## 14.3 ModelBuilder

### 14.3.1 Tvorba hexagonových vrstev

#### Submodel *Create Hexagons*

Pomocí nástroje ModelBuilder byl v ArcGIS Pro vytvořen model s názvem *Create Hexagons*. Jak lze vidět na obrázku 25, vstupními parametry modelu jsou polygonová vrstva států světa, podmínka stanovující minimální procentuální zastoupení plochy pevniny uvnitř každého polygonu a parametr plochy jednotlivých hexagonů s jednotkami.

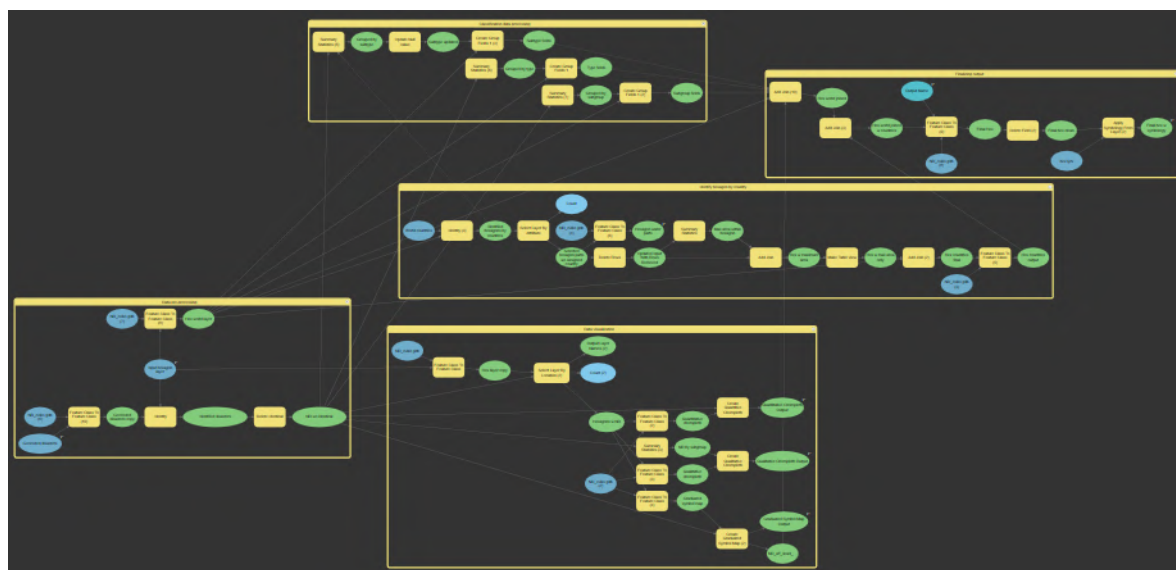


Obrázek 25: Model *Create Hexagons*

Z polygonové vrstvy států se nejdříve vytvoří jednotný polygon světa, který zároveň určuje rozsah oblastí pro tvorbu hexagonové sítě s nastavenou plochou. Následně se vypočte plocha, kterou v každém polygonu zaujímá pevnina. Poté je vytvořena nová vrstva hexagonů, na jejichž území leží takový podíl pevniny, jež byl nastavený v dialogovém okně. Dle obrázku 25, byla tato hodnota při generování vrstvy s hexagony o ploše 250 tisíc kilometrů čtverečních stanovena na 30 procent.

### 14.3.2 Tvorba tématických map

Pomocí nástroje *ModelBuilder* byl následně vytvořen model provádějící celý proces od zpracování dat do jejich vizualizace. V rámci tohoto modelu bylo vytvořeno několik submodelů, které budou představeny v následujících několika odstavcích. Celkový model je zobrazen na obrázku 26.

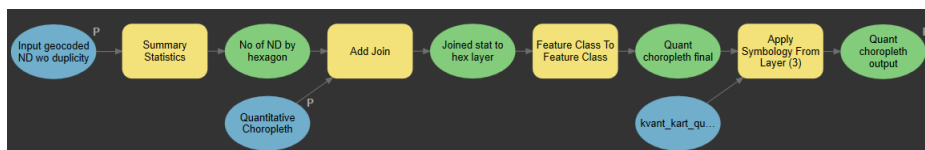


Obrázek 26: Model *Create ND Thematic Map*



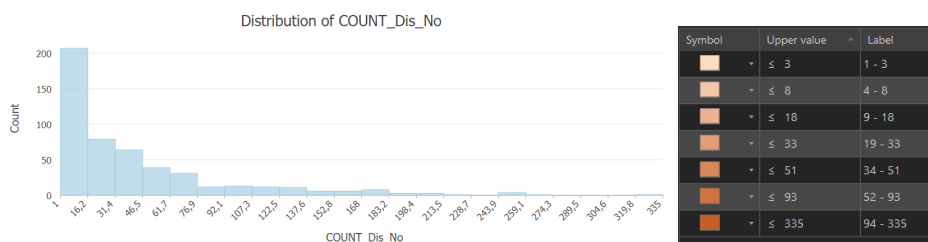
## Submodel *Create Quantitative Choropleth*

První dílčí model představuje model s názvem *Create Quantitative Choropleth* zobrazený na obrázku 27. Slouží k tvorbě a vizualizaci kvantitativního kartogramu.



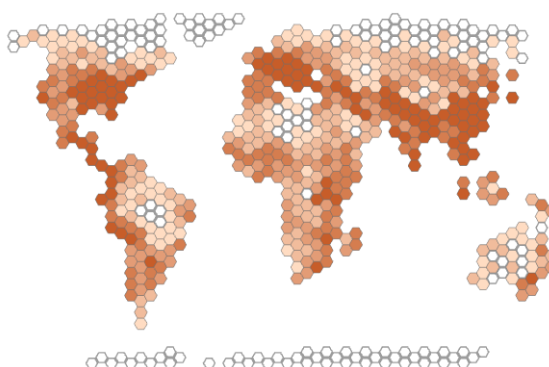
Obrázek 27: Submodel *Create Quantitative Choropleth*

Jeho vstupním argumentem je vrstva geokódovaných přírodních katastrof očištěná o duplicitní záznamy v rámci hexagonu a polygonová vrstva hexagonů, na nichž se nachází alespoň jeden záznam katastrofy. Následně je vytvořena tabulka s počtem záznamů katastrof v každém hexagonu. Tato tabulka je následně připojena k vrstvě hexagonů. Poté je vytvořena výstupní vrstva, která přebírá symbologii z vrstvy vytvořené v rámci semestrálního projektu. Vzhledem k exponenciálnímu rozdělení dat zobrazených na obrázku 28 byla data rozdělena do tříd pomocí metody kvantilů, která rozděluje soubor na díly se stejnou pravděpodobností výskytu jevu, tzn. v každé třídě je shodný počet přírodních katastrof.



Obrázek 28: Třídy vytvořené metodou kvantilů na základě exponenciálního rozdělení dat v histogramu

Výsledný kvantitativní kartogram zobrazující hustotu přírodních katastrof dle hexagonů je zobrazen na obrázku 29.



Obrázek 29: Kvantitativní kartogram

## Submodel *Create Qualitative Choropleth*

Druhým dílčím modelem je model s názvem *Create Qualitative Choropleth* 30, jenž slouží k tvorbě kvalitativního kartogramu. Vstupními parametry jsou tabulka s počtem katastrof dle podskupiny v každém hexagonu, polygonová vrstva hexagonů, na nichž se nachází alespoň jeden záznam přírodní katastrofy, a SQL dotaz na omezení tabulky.

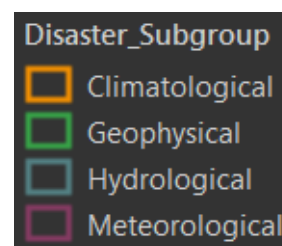


Obrázek 30: Submodel *Create Qualitative Choropleth*

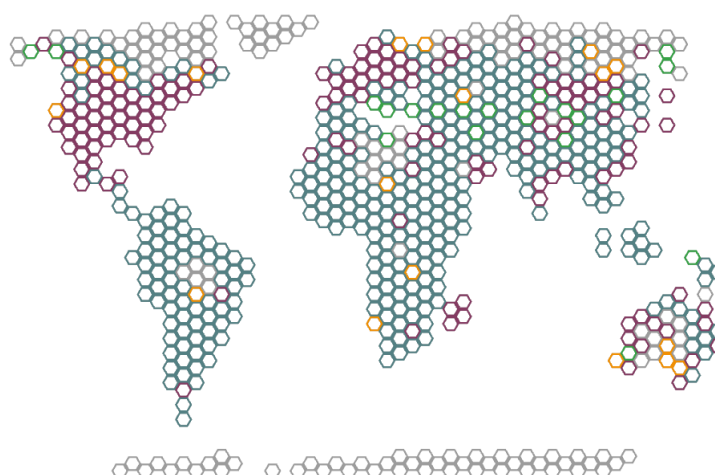
Ze vstupní tabulky se nejdříve vytvoří další tabulka, která vypočte hodnotu výskytu přírodní katastrofy té podskupiny, která se v území vyskytuje nejčastěji. Následně se tabulky spojí a zavolá se SQL dotaz omezující tabulku na ty záznamy, jejichž atribut počtu katastrof se shoduje s hodnotou maximálního počtu katastrof.

Tato tabulka je připojena k hexagonové vrstvě a ta je vizualizována dle připravené symbologie mapy zobrazující katastrofy dle kategorií, tedy podskupin přírodních katastrof. Tyto třídy jsou zobrazeny na obrázku 31.

Výsledný kvalitativní kartogram zobrazující nejčastěji vyskytující se podskupinu katastrofy v hexagonu je dokumentován na obrázku 32.



Obrázek 31: Nominální legenda zobrazující podskupiny katastrof

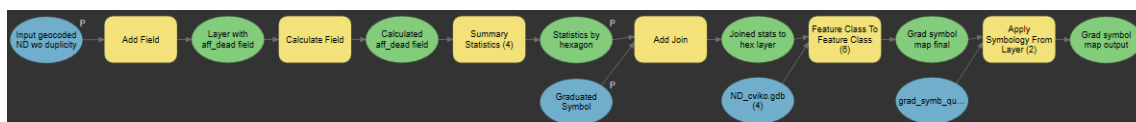


Obrázek 32: Kvalitativní kartogram



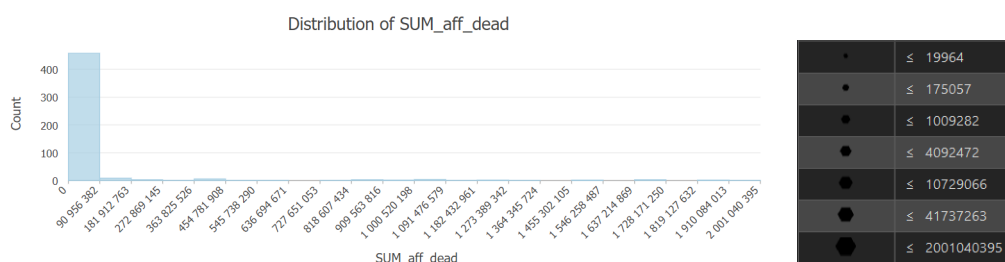
## Submodel *Create Graduated Symbol Map*

Parametry posledního submodelu 33 s názvem *Create Graduated Symbol Map* představují vrstva geokódovaných přírodních katastrof očistěná o duplicitní záznamy a polygonová vrstva hexagonů, na nichž se nachází alespoň jeden záznam katastrofy. Model slouží k tvorbě mapy s odstupňovanými symboly.



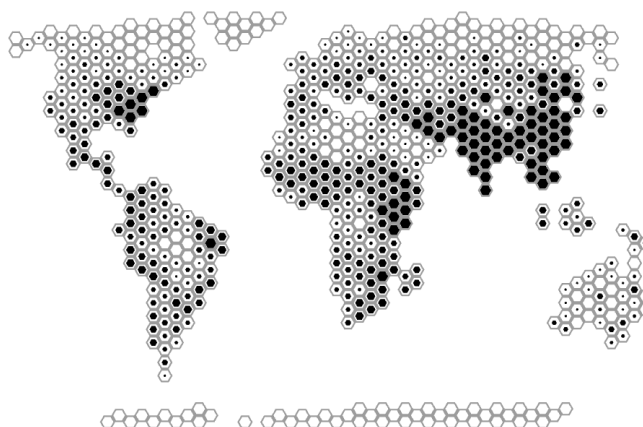
Obrázek 33: Submodel *Create Graduated Symbol Map*

Ve vstupní tabulce se nejdříve vytvoří nové pole, do kterého je uložen součet počtu všech lidí vyžadující pomoc v nouzové situaci a počtu mrtvých či pohřešovaných lidí. Z původní tabulky a z nově vytvořeného pole byly následně vypočteny statistiky dle hexagonu. Následně se tabulka připojila k hexagonové vrstvě, která přebírá předpřipravenou symbologii. Data mají exponenciální rozdělení, proto byla zvolena metoda kvantilů pro tvorbu tříd pro zobrazení různé velikosti černých vnitřních hexagonů.



Obrázek 34: Třídy vytvořené metodou kvantilů na základě exponenciálního rozdělení dat v histogramu

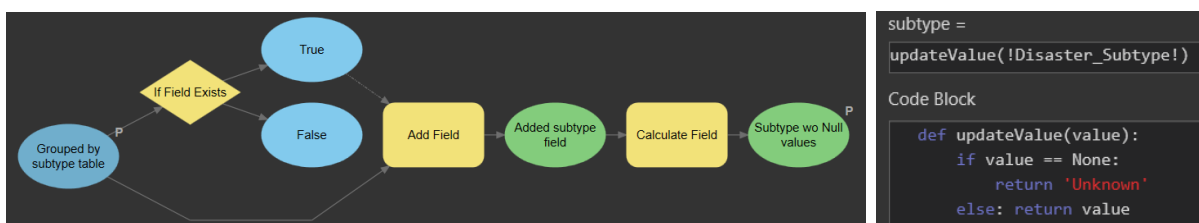
Výsledná mapa odstupňovaných symbolů znázorňující počet celkově zasažených lidských životů zobrazuje obrázek 35.



Obrázek 35: Mapa odstupňovaných symbolů

### Submodel *Update Null Value*

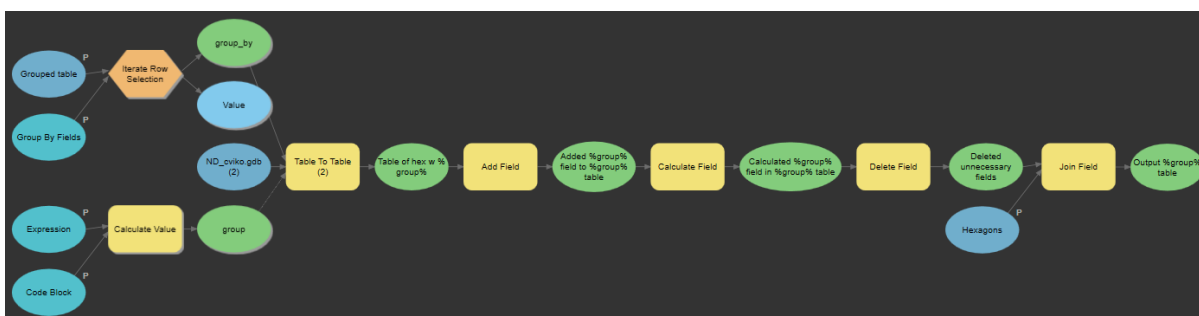
Tento model slouží pro úpravu dat v poli dělicí katastrofy dle podtypu. V některých případech je totiž u záznamu katastrofy uvedena klasifikace pouze vyšší úrovně, tzn. podskupina či typ katastrofy. Aby se informace o takto klasifikovaných katastrofách neztratila, bylo vytvořené nové pole podtypu katastrof, ve kterém byla následně prázdná hodnota nahrazena textovým řetězcem „Unknown“.



Obrázek 36: Vlevo submodel *Update Value*, vpravo Python kód funkce *updateValue()*

### Submodel *Create Group Fields*

Model zobrazený na obrázku 37 slouží k vytvoření atributů v hexagonové vrstvě s počtem jednotlivých podskupin, typů a podtypů v každém hexagonu. Vstupními parametry jsou tabulka s počtem katastrof v hexagonu dle zvolené úrovně klasifikace a název pole využitý pro seskupení záznamů ve vstupní tabulce. Dále parametry zahrnují výraz, Python kód a polygonovou vrstvu hexagonů.



Obrázek 37: Submodel *Create Group Fields*

První dva parametry vstupují do iterátoru, který prochází tabulkou a shlukuje záznamy dle vybrané úrovně klasifikace. Výstupem iterátoru jsou tabulka s vybranými záznamy a název aktuální hodnoty z vybraného pole. Tato hodnota je následně opravena funkcí *update Value()* zobrazené na obrázku 38. Funkce upravuje především ty názvy, které se skládají z několika slov oddělených mezerou či názvy obsahující speciální znaky. Názvy v takovémto tvaru totiž nelze použít jako název nově vytvořeného pole.

```
Code Block
def updateValue(val):
    regex = '(.*?)'
    upVal = re.sub(regex, "", val)
    upUpVal = upVal.replace(" ", "_").replace(".", "").replace("-", "").replace(",", "").replace(";", "_")
    return upUpVal
```

Obrázek 38: Funkce *updateValue()*

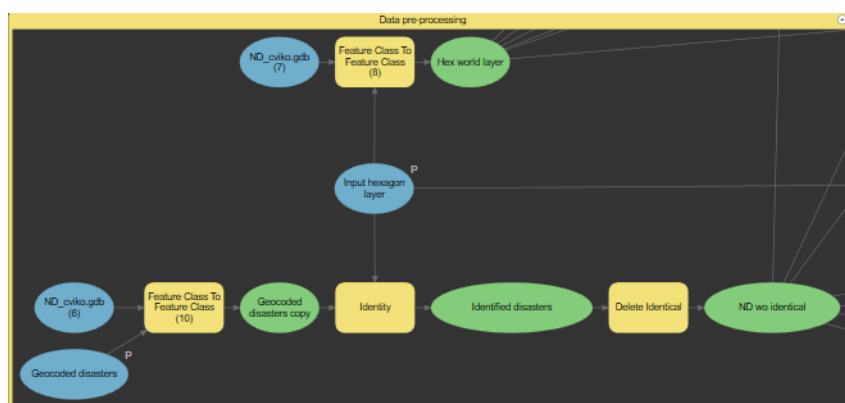
Upravený název následně dynamickou proměnnou určuje název výstupní tabulky vytvořené iterátorem. V této tabulce je dále vytvořeno nové pole, jehož název je taktéž určen dynamickou proměnnou, a přisouzeny mu jsou hodnoty příslušných počtů katastrof dané kategorie. Následně jsou z tabulky odstraněna nepotřebná pole a výsledná tabulka je připojena k polygonové vrstvě hexagonů.

### 14.3.3 Výsledný model DP - *Create ND Thematic Map*

Výsledný model je za účelem lepší čitelnosti rozdělen do několika skupin, ve kterých jsou implementovány popsané submodely. Model byl zobrazen na obrázku 26.

#### *Data pre-processing*

V úvodním bloku se nachází vstupní data, jež tvoří bodová vrstva geokódovaných katastrof a hexagonová vrstva jakožto výstup z modelu *Create Hexagons*. Vstupní data jsou následně upravena pro aplikaci následujících operací.

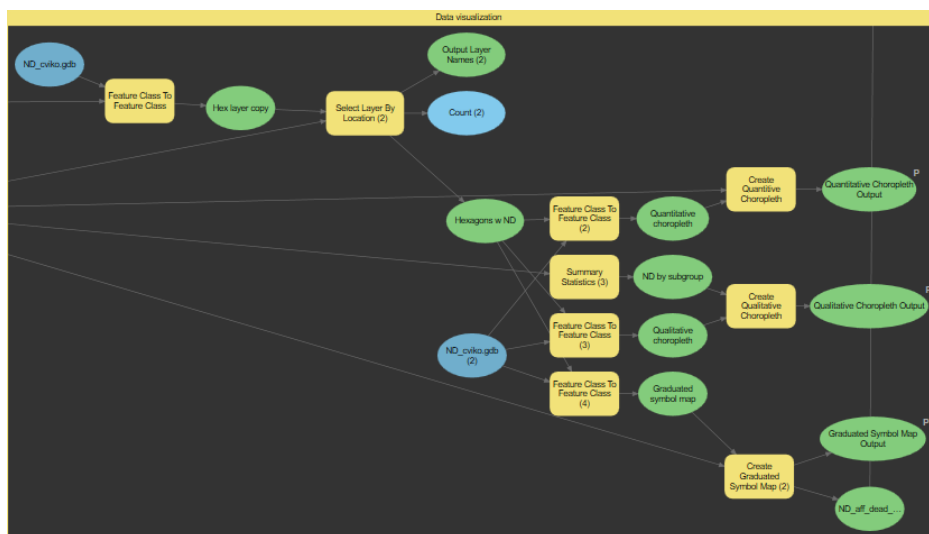


Obrázek 39: Blok *Data pre-processing*

Bodům přírodních katastrof byla nejdříve přiřazena jedinečná hodnota označující hexagon, na jehož ploše se katastrofa nachází. Jelikož byly katastrofy v rámci přípravy dat pro geokódování rozděleny na jednotlivé záznamy dle lokací, nacházelo se v rámci jednoho hexagonu několik záznamů o téže katastrofě. Proto byly duplicitní záznamy v následujícím kroku odstraněny tak, aby v každém hexagonu zůstal pouze jeden záznam se stejným identifikačním označením katastrofy. V této sekci byly také vytvořeny dvě kopie hexagonové vrstvy, aby nedocházelo k jejímu přepisování při následujícím zpracování.

## Data visualization

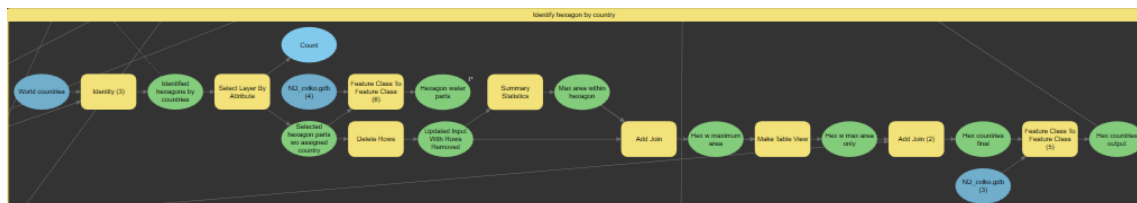
V tomto bloku, zobrazeném na obrázku 40, jsou v první řadě vybrány ty hexagony, na jejichž území se nachází alespoň jedna přírodní katastrofa, a pro každou kartografickou metodu vizualizace je z nich vytvořena vlastní vrstva. Tyto vrstvy společně s bodovou vrstvou geokódovaných katastrof následně vstupují do již popsanych dílčích modelů pro vizualizaci tématických map. Model pro tvorbu kvalitativního kartogramu ještě vyžaduje třetí parametr, a to tabulku s počtem záznamů v hexagonu roztríděných dle jejich podskupiny.



Obrázek 40: Blok *Data visualization*

## Identify hexagon by country

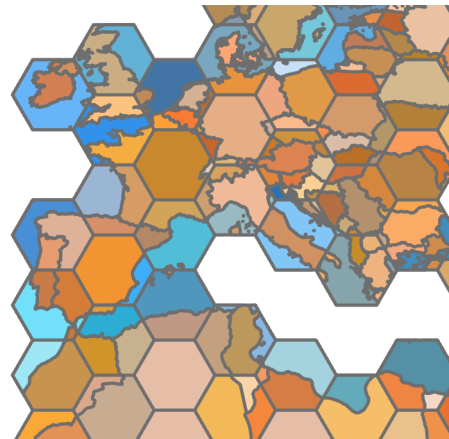
Abychom mohli identifikovat území státu, na kterém se hexagon rozléhá, vytvořila se sekvence navazujících funkcí, které jsou soustředěny v bloku s názvem *Identify hexagon by country*. Příslušnost státu je v hexagonu přiřazena tomu státu, který zaujímá největší část území, které hexagon vymezuje. Schéma tohoto bloku dokumentuje obrázek 41.



Obrázek 41: Blok *Identify hexagon by country*

Abychom mohli hexagony identifikovat, je nutné do modelu načíst polygonovou vrstvu států celého světa. Následně se každý hexagon rozdělí na několik částí podle toho, na kolika státech se území rozkládá. Myšlenka je vizualizovaná na obrázku 42, kde vodní částí hexagonů zastupují odstíny modré barvy, pevninské části jsou zobrazeny v odstínech oranžové barvy.

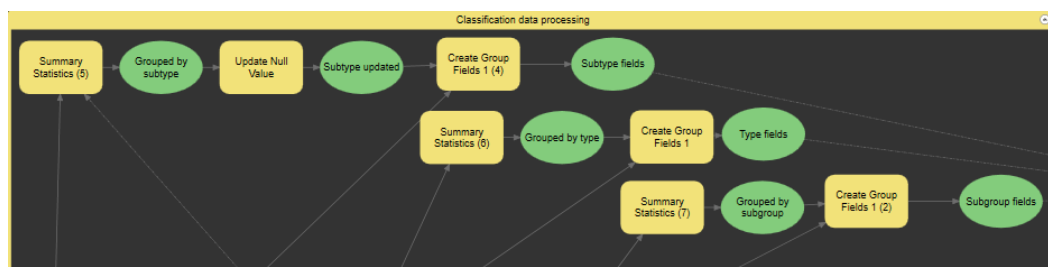
Každé části se pak připisují atributy příslušné země. Jelikož některé hexagony svou plochou zasahují do vodní plochy, nejsou této části přisouzeny žádné atributy. Z vodních částí byla nejdříve vytvořena nová polygonová vrstva a následně se tyto části z původní vrstvy odstranily. V dalším kroku byla v každém hexagonu zjištěna hodnota největší rozlohy z jemu příslušných částí. Tabulka s touto statistikou byla poté připojena k původní vrstvě rozdělených hexagonů a SQL dotazem se záznamy omezily pouze na ty, kde se maximální plocha shodovala s plochou části hexagonu. Tabulka byla následně připojena k polygonové vrstvě hexagonů zobrazující celý svět. Aby se připojené atributy v tabulce zachovaly, bylo nutné spojené datové vrstvy vyexportovat do nové polygonové vrstvy.



Obrázek 42: Hexagony rozdělené hranicemi států na samostatné části. Odstíny modré zobrazují vodní plochy, odstíny oranžové naopak pevninu

### *Classification data processing*

Tato část se primárně soustředí na aplikaci submodelu *Create Group Fields* pro různé úrovně klasifikací.



Obrázek 43: Blok *Classification data processing*

Do každého vnořeného modelu vstupuje tabulka, která sdružuje záznamy dle jedinečného označení hexagonu a variací analyzované klasifikační úrovně. V průběhu zpracování bylo zjištěno, že některé podtypy jako např. sesuvy půdy v hydrologické a geofyzikální podskupině, se v podskupinách opakují. Aby se všechny sesuvy neslučovaly do společné třídy, rozčlenily se katastrofy (na rozdíl od zbylých dvou členění) kromě hexagonů a podtypu ještě navíc dle podskupiny. Následně se upravil Python kód, který vstupuje jako parametr do submodelu pro zpracování klasifikací dat tak, aby před název podtypu katastrofy přidal první písmeno identifikující příslušnou podskupinu. Tím se tak shodné názvy podtypů různých podskupin rozlišují pro následující zpracování. Kód je zdokumentován na obrázku 44.

```
updateValue("%Value%")
import re
def updateValue(val):
    subgroup = val.split("_")
    subgroup_letter = subgroup[0][0]
    val2 = subgroup_letter + "_" + subgroup[1]
    regex = '\(.*?\)'
    upVal = re.sub(regex, "", val2)
    upUpVal = upVal.replace(" ", "_").replace(".", "").replace("-", "").replace(" ", "").replace("-", "_")
    return upUpVal
```

Obrázek 44: *updateValue()* funkce upravující názvy podtypů katastrof

Před spuštěním submodelu pro klasifikaci dle podtypu je také nutné pomocí submodelu *Update Null Value* nahradit prázdné hodnoty textovým řetězcem.

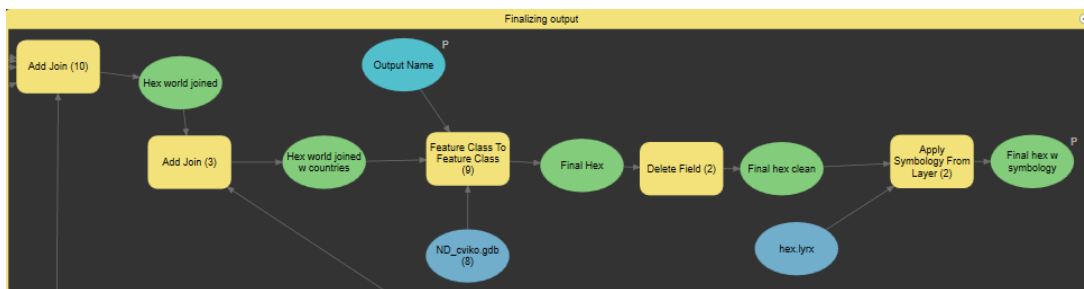
Výsledkem tohoto zpracování dat je tabulka s atributy dokumentující zastoupení katastrof v hexagonu dle různých úrovní klasifikace. Náhled na data je poskytnut v obrázku 45.

GRID_ID	C_Drought	G_Tsunami	H_Flash_flood	H_Riverine_flood	H_Unknown	M_Tropical_cyclone	M_Heat_wave	Drought	Earthquake
AU-14	8	1	1	3	4	5	<Null>	8	1
	Flood	Storm	Volcanic_activity	Wildfire	Climatological	Geophysical	Hydrological	Meteorological	Extra_terrestrial
	8	5	<Null>	<Null>	8	1	8	5	<Null>

Obrázek 45: Náhled na data po jejich zpracování v sekci *Classification data processing*

### Finalizing output

V poslední části modelu jsou všechny tabulky připojeny k původní hexagonové vrstvě a odstraněna jsou duplicitní pole identifikačního označení hexagonů, která se využívala pro propojení tabulek. Nakonec je vrstvě taktéž nastavena požadovaná symbologie.



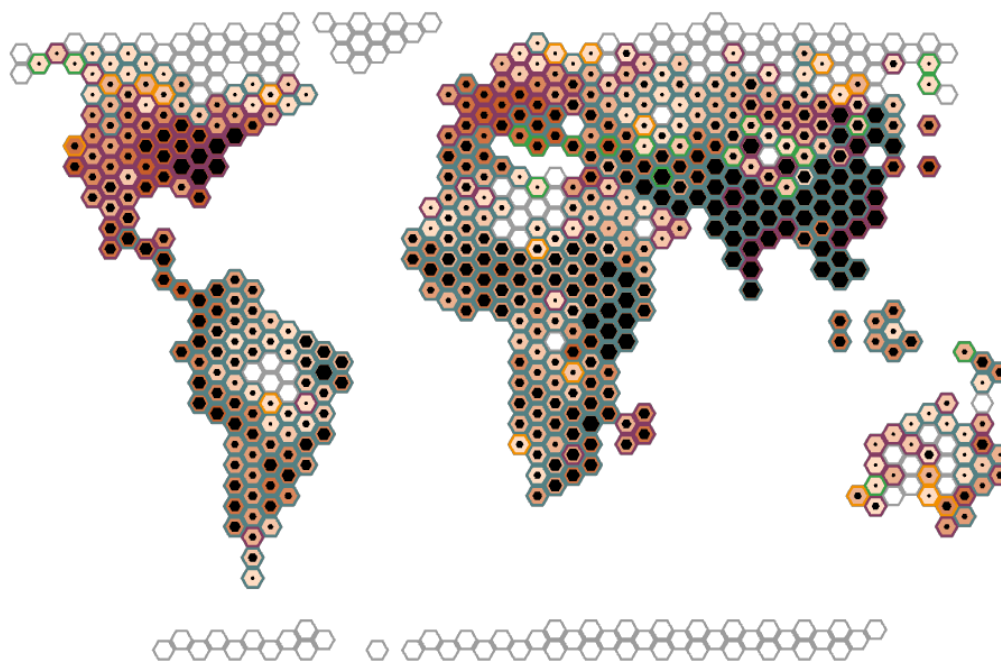
Obrázek 46: Blok *Finalizing output*

Obrázek 47 zobrazuje náhled na atributovou tabulku dat po proběhnutí všech funkcí modelu.

GRID_ID	C_Drought	C_Forest_fire	C_Land_fire	C_Unknown	E_Unknown	G_Ash_fall	G_Avalanche	G_Ground_movement	G_Landslide	H_Coastal_flood	H_Flash_flood	H_Landslide	G_Lava_flow	G_Pyroclastic_flow	G_Rockfall
AU-14	8	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	1	<Null>	<Null>
G_Subsidece	G_Tsunami	G_Unknown	H_Avalanche	H_Mudslide	H_Riverine_flood	H_Rockfall	H_Subsidece	H_Unknown	M_Cold_wave	M_Convective_storm	M_Extra_tropical_storm	M_Heat_wave	M_Severe_winter_conditions	<Null>	<Null>
<Null>	1	<Null>	<Null>	<Null>	3	<Null>	<Null>	4	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
M_Tropical_cyclone	M_Unknown	Drought	Earthquake	Extreme_temperature	Flood	Fog	Glacial_lake_outburst	Impact	Landslide	Mass_movement	Storm	Volcanic_activity	Wildfire	Climatological	Extra_terrestrial
5	<Null>	8	1	<Null>	8	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	5	<Null>	<Null>	8	<Null>
Hydrological	Meteorological	OBJECTID	GRID_ID	SUM_aff_dead	SUM_total_aff	SUM_homeless	SUM_injured	SUM_total_damages_adj	SUM_Total_Deaths	SUM_affected	OBJECTID	CNTR_ID	CNTR_NAME	NAME_ENGL	
8	5	207	<Null>	20559022	20533827	1700	323	345813	21195	20531804	<Null>	ET	Federal Democratic R...	Ethiopia	
ISO3_CODE	Shape_Length	Shape_Area													
ETH	1861209,718182	249999999993,95874													

Obrázek 47: Náhled na atributovou tabulku hexagonové vrstvy po spuštění modelu

Výsledná tématická mapa hexagonů je zobrazena na obrázku 48.



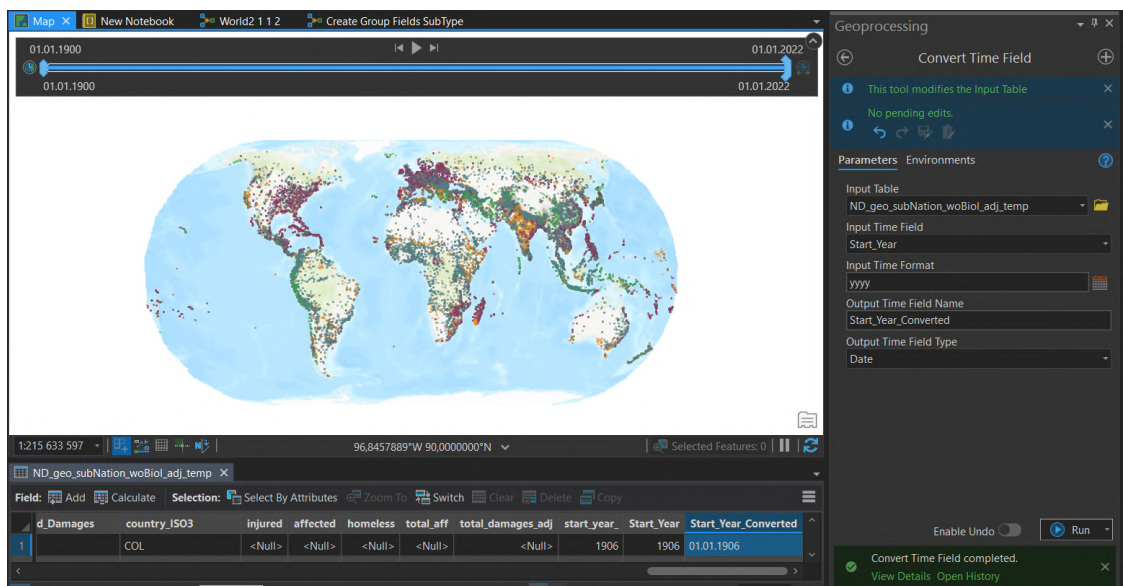
Obrázek 48: Výsledná tématická mapa hexagonů s rozlohou 250 tisíc km<sup>2</sup>

Model byl spuštěn pro všechny hexagonové vrstvy s různou velikostí plochy. Všechny příslušné dílčí mapy jednoho měřítka byly následně seskupeny a sdíleny na ArcGIS Online.

## 14.4 Temporální data

Jelikož mají všechny záznamy katastrof údaj o roku, kdy se katastrofa vyskytla, nabízí se data vizualizovat na časové ose. K tomu je nutné vytvořit nové pole datového typu *date* a transformovat do něj numerickou hodnotu roku výskytu. V ArcGIS Pro existuje pro tuto transformaci nástroj zobrazený na obrázku 49. Následně je nutné povolit časovou vizualizaci ve vlastnostech datové vrstvy.





Obrázek 49: Funkce *Convert Time Field* v ArcGIS Pro a výsledná vizualizace pomocí časové osy



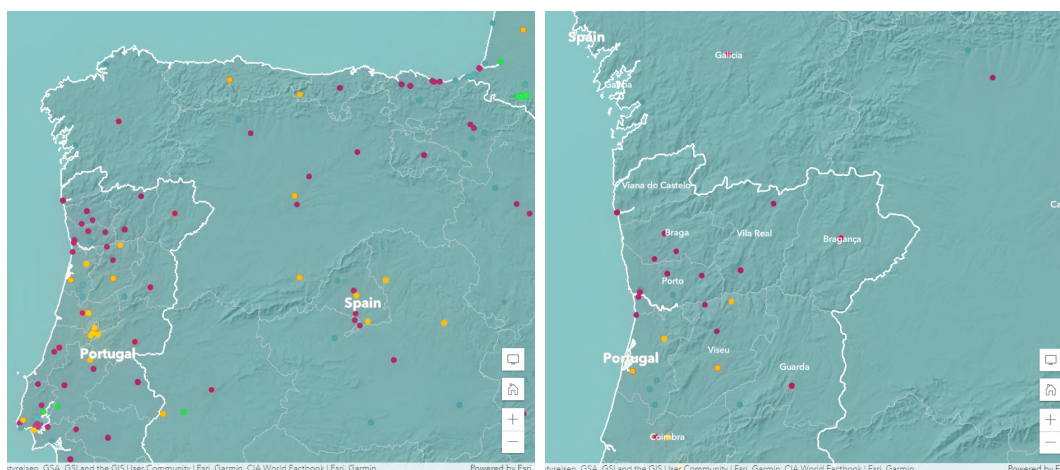
## 15 ArcGIS Online

V prostředí ArcGIS Online byly vytvořeny dvě webové mapy, které budou stručně popsány v následujících podkapitolách.

### 15.1 Tématické hexagony

Tato webová mapa je vytvořena na připravené podkladové mapě s Eckertovo zobrazením. Mapa obsahuje seskupené tématické mapy vygenerované pro různá měřítka. Každé vrstvě byla následně nastavena maximální a minimální hodnota měřítka, v jejichž intervalu se bude daná vrstva vykreslovat. Tímto způsobem je vytvořen tzv. dynamický zoom, který se zvětšujícím se měřítkem zobrazuje hexagonové vrstvy se zmenšující se plochou.

Za účelem zobrazení jednotlivých katastrof v dostatečně velkém měřítku, ve kterém od sebe lze rozlišit dvě různé katastrofy, byla do webové mapy přidána také vytvořená geokódovaná vrstva katastrof. Abychom mohli snáze identifikovat přírodní katastrofu v prostoru, bylo nutné mapu doplnit o prostorovou informaci. Avšak jak bylo zmíněno v kapitole *Kartografické zobrazení*, do webové mapy s jiným než Mercatorovým zobrazením nelze přidávat dlaždicové vrstvy, které by pro tento účel byly vhodné. Lze však přidávat vektorová a rastrová data, proto do webové mapy byla z ArcGIS Online nahrána polygonová vrstva států společně s vrstvou administrativních celků. Obě vrstvy byly vizualizovány bílou linií, avšak polygony států byly zvýrazněny. Nastaveno bylo také automatické generování názvů, přičemž textové označení státu se generuje v menších měřítkách, zatímco při přiblížení do větších měřítek se zobrazují názvy územního členění. Pro vizualizaci výškových poměrů byla také přidána vrstva digitálního modelu terénu, ze kterého byl vytvořen stínovaný reliéf. Tato vrstva byla částečně zprůhledněna. Vizualizaci webové mapy v měřítku 1 : 5 000 000 a větší zobrazuje obrázek 50. Všechny vrstvy připojené z ArcGIS Online byly sdíleny organizací Esri.



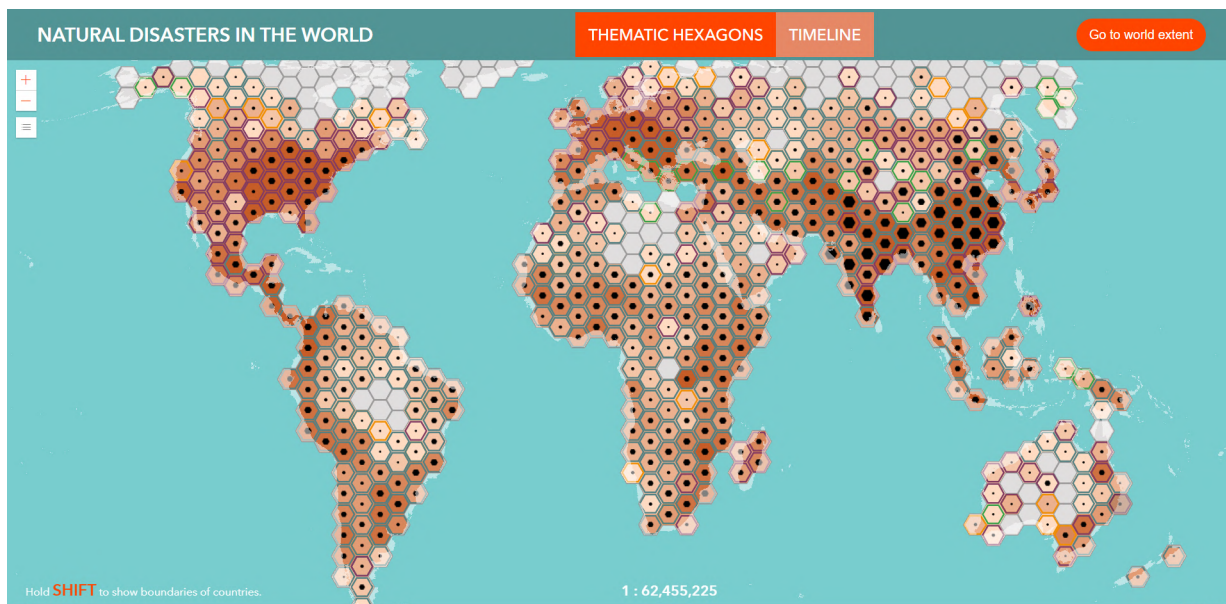
Obrázek 50: Vizualizace webové mapy v měřítku 1 : 5 000 000 a větší

## 15.2 Časová osa

Druhá webová mapa čítá pouze temporální bodovou vrstvu přírodních katastrof nad vytvořenou podkladovou mapou s Eckertovo kartografickým zobrazením. Podobně jako u tématických hexagonů byly do mapy z ArcGIS Online připojeny vrstvy digitálního modelu terénu, států a jejich administrativních členění.

## 16 Webová stránka přírodních katastrof

Pomocí ArcGIS API for JavaScript byla následně vytvořena webová stránka, která data z vytvořených webových map prezentuje pomocí interaktivní mapové aplikace. Její podoba při počátečním načtení je zobrazena na obrázku 51. V následujících podkapitolách bude stručně popsána tvorba webové stránky a nakonec budou představeny jednotlivé komponenty a funkcionality webové aplikace jako výsledný produkt.



Obrázek 51: Webová stránka přírodních katastrof

### 16.1 HTML

Základem každé webové stránky je soubor HTML, který tvoří její obsah. Ten je vytvářen pomocí tzv. tagů a jejich atributů. HTML má stanovenou strukturu, jejíž hlavní části představují hlavička a tělo dokumentu. V hlavičce se nastavují vlastnosti celého dokumentu, jako je např. jeho název, autor a kódování, či se zde k němu připojují soubory se skripty či kaskádovými styly. Abychom mohli pracovat s ArcGIS API for JavaScript, právě zde je na něj nutné vytvořit odkaz. Na obrázku 52 je zobrazen způsob referencování JavaScriptového API a kaskádových stylů od Esri.

```

<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8" />
    <meta
      name="viewport"
      content="initial-scale=1,maximum-scale=1,user-scalable=no"
    />
    <title>Natural Disasters in Hexagons</title>
    <script src="https://js.arcgis.com/4.23/"></script>
    <link
      rel="stylesheet"
      href="https://js.arcgis.com/4.23/esri/themes/light/main.css"
    />
  </head>

```

Obrázek 52: Referencování CSS a JavaScript API v HTML souboru

V těle HTML dokumentu se pak definuje samotný obsah webové stránky, jako jsou tlačítka, mapové okno či např. navigační panel.

## 16.2 CSS

Ke stanovení toho, jak mají být jednotlivé HTML elementy vizualizovány, se využívají tzv. kaskádové styly neboli CSS. Ty se dají definovat v hlavičce dokumentu uvnitř tagu `<style>`, či je možné je připojit jako externí soubor. Definice kaskádových stylů se skládají z pravidel. Každé pravidlo sestává ze selektoru, jímž vybíráme HTML elementy, které chceme tímto pravidlem stylizovat, a souborem deklarací, ve kterých stanovujeme hodnoty různých typů vlastností elementu. Obrázek 53 ukazuje příklad pravidla pro stanovení stylu `viewDiv` selektoru. Deklarovány jsou mu rozměry, způsobu vykreslení, okraje či barva pozadí.

```

#viewDiv {
  display: flex;
  padding: 0;
  margin: 0;
  height: 100%;
  width: 100%;
  background-color: #78cdce;
}

```

Obrázek 53: CSS pravidlo pro vykreslování HTML elementu `viewDiv`

## 16.3 JavaScript

Funkčnost stránky je pak definována pomocí JavaScriptu. ArcGIS API for JavaScript je nutné nejdříve referencovat v hlavičce HTML souboru, stejně tak jako externí soubor s vlastním kódem.

Před tím, než budeme moci vytvořit jednotlivé mapové objekty, je nutné načíst příslušné moduly. To je dosaženo pomocí funkce `require()`. Prvním argumentem funkce je pole názvů modulů. Z počátku tedy byly načteny moduly JavaScriptového API, jako jsou `Map`, `WebMap`, `TimeSlider`, `Legend`, `Expand`, `MapView`, `Portal`, `FeatureLayer`, `Query`, a `WatchUtils`. V této části byla také naimportována knihovna `Chart.js` pro tvorbu grafů a plugin `dojo/domReady`, který zajišťuje načtení všech HTML elementů před jejich voláním v kódu. Druhým argumentem `require()` funkce je anonymní `callback` funkce, která je zavolána po úspěšném načtení modulů.

```
require([
  "esri/Map",
  "esri/WebMap",
  "esri/widgets/TimeSlider",
  "esri/widgets/Legend",
  "esri/widgets/Expand",
  "esri/views/MapView",
  "esri/layers/FeatureLayer",
  "esri/tasks/support/Query",
  "https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/2.7.2/Chart.js",
  "esri/core/watchUtils",
  "dojo/domReady!"
], function (
  Map,
  WebMap,
  TimeSlider,
  Legend,
  Expand,
  MapView,
  FeatureLayer,
  Query,
  Chart,
  watchUtils
) {
  // vlastní kód
});
```

Obrázek 54: Načítání modulů pomocí `require()` funkce.

Parametry `callback` funkce představují aliasy načtených modulů, které slouží k jejich referencování v kódu. V těle `callback` funkce je následně umístěn celý JavaScriptový kód.

Nejdříve je nutné vytvořit instance tříd, které náleží příslušným načteným API modulům. Konstruktory vždy obsahují referenci k HTML elementu a další parametry, jimiž se objekty inicializují. Vytvořeny tak byly objekty `WebMap` načítající dvě vytvořené webové mapy, `MapView` pro jejich zobrazení, dále časová osa (`timeSlider`) a objekty widgetů legendy a filtrace (`Expand`). Parametry konstruktorů třídy `MapView` lze například nastavit počáteční měřítko při prvním načtení stránky či styl zvýraznění vybraného hexagonu. U legendy lze nastavit jeden ze dvou nabízených stylů vykreslování legendy či požadavek na rozbalení widgetu při načtení stránky. Třída `TimeSlider` zase nabízí možnost nastavit rychlost animace, kroky časové osy, jednotky, automatické přehrávání animace či mód, jakým způsobem se v mapě budou zobrazovat data v interakci s časovou osou.

Následně byly vytvořeny dvě hlavní funkce, které pracují s vytvořenými webovými mapami. Tyto funkce budou stručně představeny níže.

### 16.3.1 Vizualizace tématických hexagonů

Webová mapa tématických hexagonů byla zpracována pomocí funkce `visualizeHexagonsZoom()`. Její parametry představují mapový objekt s daty tématických hexagonů a aktuální vrstva, která je v mapovém okně uživatelem zobrazena. Ta je zjištěna na základě srovnání aktivního měřítko mapy s minimálními a maximálními hodnotami vykreslování jednotlivých vrstev. Uvnitř funkce byly vytvořeny tři ovladače událostí (`event handler`) pracující s individuálnímu hexagony: klik, dvojklik a pohyb myši. Kliknutím na hexa-

gon se uživateli zobrazí modální okno, jež obsahuje graf počtu přítomných katastrof dle podskupiny a jejich podrobnější informace. Po dvojkliku na hexagon se mapové okno přiblíží na oblast vymezenou hexagonem do měřítka, kde jsou již vidět jednotlivé katastrofy. S pohybem myši se aktuální hexagon zvýrazní a zobrazí panel se základními informacemi o katastrofách a rozsahu jejich škod.

Vytvořeny zde také byly tři ovladače událostí pro zavření modálního okna. Aby člověk z detailních informací vystoupil, může kliknout na tlačítko křížku uvnitř okna, kliknout kamkoliv mimo okno či stisknout klávesu *escape*. Do ovladačů vstupuje callback funkce, která modální okna skrývá.

## 16.4 Časová osa a filtrace

Webová mapa s temporální informací o katastrofách je vizualizována pomocí funkce *visualizeTimeSlider()*. Jediným parametrem funkce je mapový objekt se všemi datovými vrstvami webové mapy. Uvnitř funkce je vytvořen ovladač události, který sleduje kliknutí na widget filtrace. Po kliknutí ukládá název zvolené podskupiny a vkládá ho do dotazu pro filtraci.

Funkce je volána po stisknutí tlačítka *Timeline*, které webové mapy přepíná a upravuje viditelnost jednotlivých komponentů, tzn. zobrazuje widget filtrace a časovou osu. Po přepnutí webové mapy zpět na tématickou mapu hexagonů tyto elementy opět zmizí.

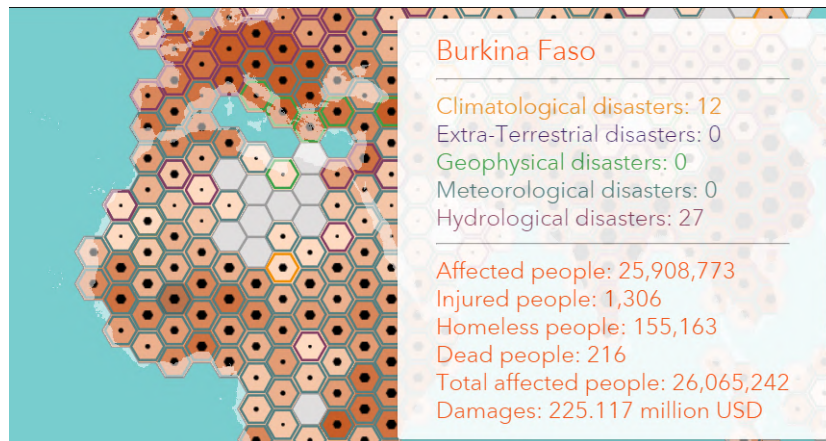
## 16.5 Výsledný produkt

V této části je webová stránka prezentována jako výsledný produkt. Vypsány budou jednotlivé komponenty a funkce mapové aplikace.

### Informační okno

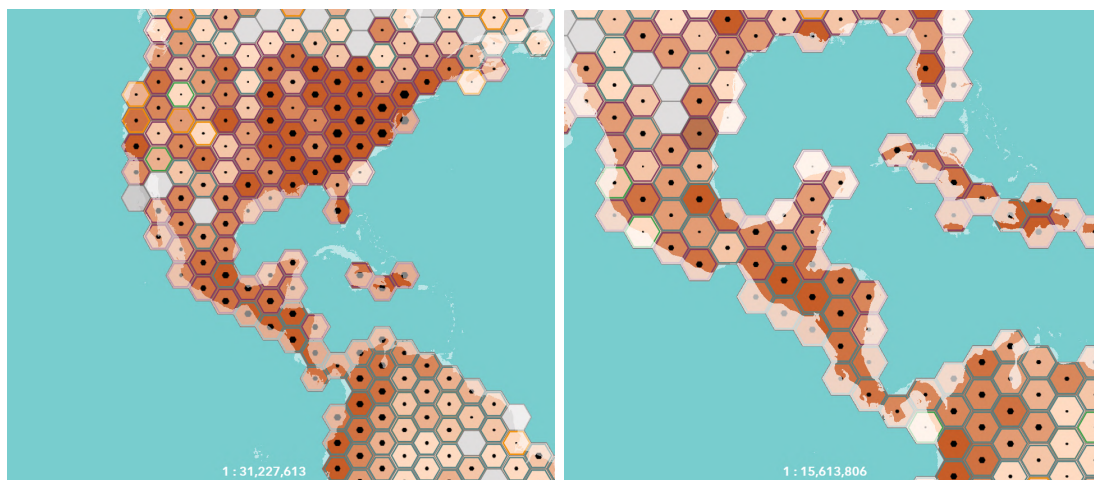
Základní informace o přírodních katastrofách jsou uživateli zobrazeny v pravém horním rohu mapového okna po přejetí ukazatele myši nad daným hexagonem. V zobrazeném informačním oknu jsou vyčteny informace o počtu katastrof každé z podskupin a o základních statistikách. Zobrazen je také název státu, jehož území hexagon překrývá.





Obrázek 55: Informační okno zobrazené po přejetí ukazatele nad hexagonem  
**Dynamický zoom**

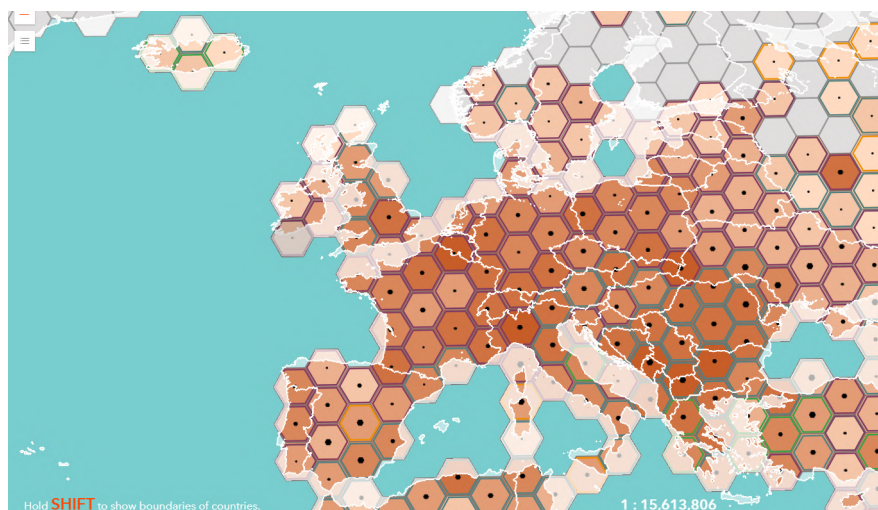
V aplikaci je implementován dynamický zoom, kdy při každém kroku přiblížení se mapové okno překreslí do hexagonů o menší ploše. Tématické hexagony jsou vykreslovány až do měřítka  $1 : 5\,000\,000$ . Od tohoto měřítka jsou již rozeznatelné jednotlivé body katastrof na mapě, proto bylo přistoupeno k odlišné vizualizaci. Dynamický zoom je představen v následujícím obrázku 56. Z obrázku si lze povšimnout, že s dynamickým zoomem se také překresluje číselné měřítko mapy.



Obrázek 56: Dynamické zoom

### Zobrazení hranic států

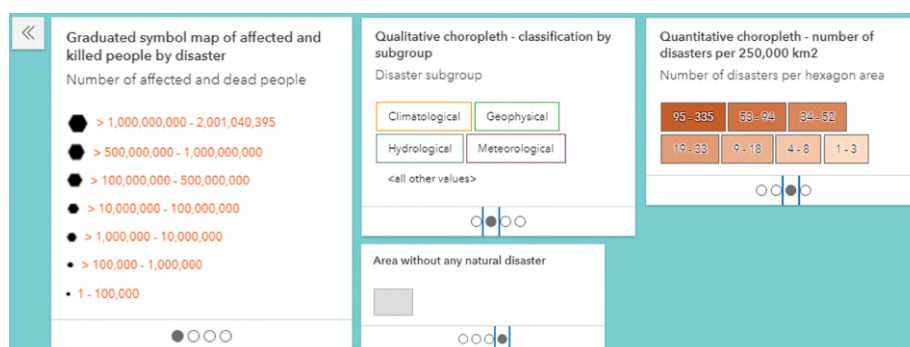
Lze si všimnout, že v levém dolním rohu se nachází instrukce „*Hold SHIFT to show boundaries of countries.*“ Po stisknutí a následném držení klávesy *SHIFT* se totiž v mapě zobrazí hranice států. Tato funkce byla zavedena za účelem zlepšení prostorové orientace v mapě.



Obrázek 57: Stisknutím tlačítka SHIFT se v mapě zobrazí hranice států

## Legenda

V levém horním rohu je dále přítomen widget, po jehož rozvinutí se zobrazí legenda v jednotlivých záložkách.



Obrázek 58: Legenda po kliknutí na příslušný widget

## Panel s tlačítky

V horní části aplikace se pak nachází navigační panel s nápisem a funkčními tlačítky.



Obrázek 59: Navigační panel s tlačítky

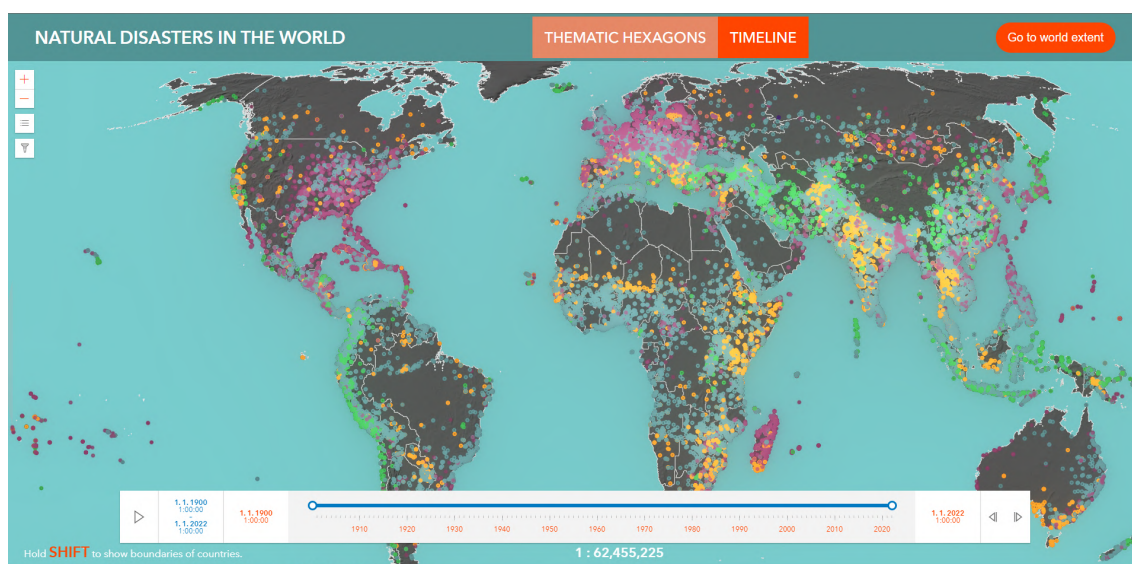
### *Tlačítko Go to world extent*

Jak napovídá název, tlačítko slouží k nastavení mapy do původní podoby při načítání, tj. do takového měřítka, kdy lze vidět celý svět.



## Dvojice tlačítek *THEMATIC HEXAGONS* - *TIMELINE*

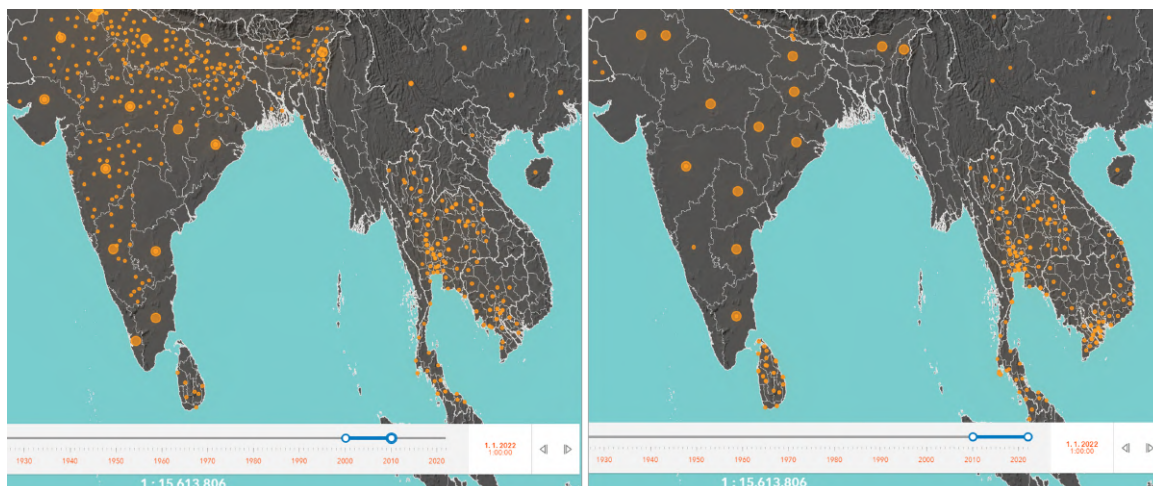
Dvojice těchto tlačítek slouží k přepínání zobrazované webové mapy v mapovém okně. Při prvotním načtení mapy se zobrazí mapa *THEMATIC HEXAGONS*, ve které je vizualizována tématická mapa s hexagony s výše popsanou funkcionalitou. Po stisknutí tlačítka *TIMELINE* se mapa přepne do webové mapy s temporálními daty katastrof, které jsou vizualizovány dle podskupiny, do které se klasifikují.



Obrázek 60: Webová mapa s temporálními daty

## Časová osa

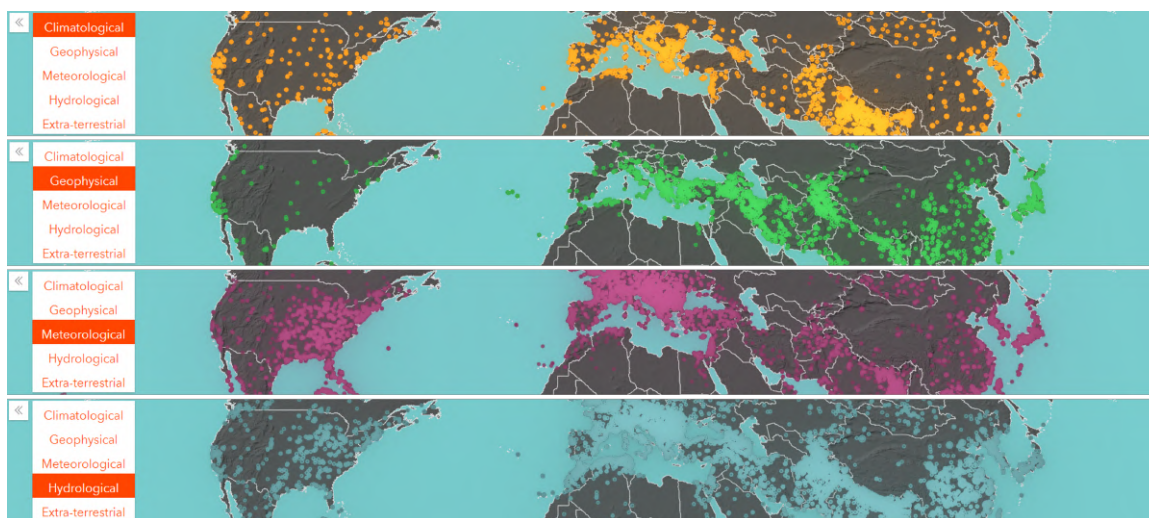
Na časové ose lze pomocí posuvníků specifikovat časové rozmezí, ve kterém chceme sledovat přírodní katastrofy. Lze tak například porovnávat, jakým způsobem bylo území zasaženo v různých dekadách, jako zobrazuje obrázek 61.



Obrázek 61: Časová osa umožňující filtrovat data dle roku výskytu

## Filtrace

V levém horním rohu se také vytvořil nový widget, po jehož rozbalení můžeme data filtrovat dle podskupiny katastrof, jako dokumentuje obrázek 62.



Obrázek 62: Filtrace dat

Filtraci s časovou osou lze také kombinovat.

## Závěr

V rámci diplomové práce se podařilo získat přehled o databázích přírodních katastrof a vybrat z nich takovou, která je nejvíce vhodná pro účely dalšího zpracování. Z této databáze se úspěšně získala data, která se na základě předchozího průzkumu podařilo v několika krocích geokódovat. Následně se povedlo automatizovat postup zpracování a vizualizace dat, jejichž základy byly definovány semestrální prací z předchozích let magisterského studia. Vytvořený ModelBuilder byl aplikován pro určenou sadu měřítek za účelem vytvoření dynamického zoomu. Zpracování dat bylo obohaceno o automatickou identifikaci hexagonů dle státu, který v dané oblasti zaujímá největší plochu, či se podařilo implementovat automatické generování hexagonové sítě světa dle stanovených parametrů na plochu hexagonů a minimální procentuální zastoupení pevniny v území jež definuje svými hranicemi. Následně bylo vytvořeno řešení, které upravuje možnou zkreslenou představu o topologických aspektech jednotlivých států, kdy hexagon ve výsledné mapě spojoval ostrovy s pevninou.

Nakonec se pomocí ArcGIS API for JavaScript podařilo vytvořit webovou aplikaci, která data přírodních katastrof prezentuje v interaktivní podobě.

Při vytváření zadání této práce byla vyslovena snaha o implementaci humanitárních dat. Projekt jako takový má humanitární aspekt ve své podstatě, neboť vizualizuje data o tom, jakým způsobem byli lidé zasaženi přírodními katastrofami a jak velké finanční škody byly v postihnuté oblasti katastrofami způsobeny. Nicméně myšlenkou bylo vytvořit takovou funkcionalitu, která by umožňovala vyhledat oblasti, ve kterých je zavedená aktivní humanitární pomoc jakékoliv humanitární organizace. Nicméně tento nápad je těžko proveditelný ze dvou důvodů. První z důvodů je fakt, že přírodní katastrofy vzhledem ke svému charakteru globálně nevznikají tak často, a tudíž v současné době neexistuje mnoho možností pomoci v aktuálně postižených oblastech. S tím je spojena skutečnost, že humanitární organizace se často soustředí na pomoc v oblastech s ozbrojenými konflikty, dlouhodobým nedostatkem základních lidských potřeb či nedostatečným zdravotnickým zázemím. Druhý důvod, proč tato funkcionalita není snadno implementovatelná, pramení ze způsobu zpracování dat v této diplomové práci. Aby ji totiž mělo smysl zavádět, bylo by nutné data z databáze zpracovávat v reálném čase přímo na straně klienta. Taková věc však předpokládá mnohem širší znalosti JavaScriptu, které zatím nebyly získány, neboť jsem se webovým technologiím začal věnovat až pro účely této diplomové práce. Na druhou stranu tento fakt vybízí k rozvoji těchto znalostí a poskytuje prostor pro rozšiřování různých aspektů vyvíjené webové aplikace.

Při implementaci zpracování dat v reálném čase by se tak nabízelo např. změnit systém, jakým by se data ukládala do databáze. Uživatel s právem zápisu by mohl interaktivně vkládat záznamy o katastrofách do databáze např. pomocí polygonu, jímž by

místo vypisování postihnutých oblastí v textovém řetězci mohl postiženou oblast vyznačit v mapě a v dialogovém okně jí pak definovat jak fyzikální charakteristiky katastrofy, tak její finanční i lidské škody.

Mimo zmíněné je v aplikaci prostor také pro implementaci rozšířené filtrace dle nižších úrovní členění či SQL dotazů nebo např. možnost exportovat mapy do statického obrázku ve formátu PNG dle aktivního okna a automaticky pak mapě vygenerovat mapovou legendu, měřítko a další prvky mapové kompozice.

Aplikaci je v plánu nadále rozvíjet.

Webová stránka je přístupná na adrese: [https://rozvoj.fsv.cvut.cz/natural\\_disasters/](https://rozvoj.fsv.cvut.cz/natural_disasters/).

## Seznam zkratek

UNDRR - Úřad Organizace spojených národů pro snižování rizika katastrof

HDX - The Humanitarian Data Exchange

OCHA - Úřad pro koordinaci humanitárních záležitostí

OSN - Organizace spojených národů

CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

WHO - Světová zdravotnická organizace

GIS - Geografický informační systém

POI - Bod zájmu

ČÚZK - Český úřad zeměměřický a katastrální

RÚIAN - Registr územní identifikace, adres a nemovitostí

SDG - Cíl udržitelného rozvoje

API - Rozhraní pro programování aplikací

ADRC - Asian Disaster Reduction Centre

## Seznam obrázků

1	DesInventar; nahoře: kartogram výskytu katastrof v Peru dle různých úrovní administrativního členění, dole mapa států s dostupnými daty . . . . .	11
2	Aplikace Sigma Explorer . . . . .	12
3	Aplikace NatCatSERVICE [6] . . . . .	12
4	Struktura organizací zaštiťující vznik portálu HDX . . . . .	14
5	Organizace stojící za vznikem EM-DAT databáze . . . . .	15
6	Geofyzikální přírodní katastrofy, zleva: zemětřesení [14], pyroklastický proud [15], řícení skal [16] . . . . .	17
7	Meteorologické přírodní katastrofy, zleva: derecho [19], extrémní zimní podmínky [20], mlha [21] . . . . .	18
8	Hydrologické přírodní katastrofy, zleva: ledová přehrada [23], bahenní lavina [24], obří vlna [25] . . . . .	19
9	Klimatologické přírodní katastrofy, zleva: sucho [27], náhlé vyprázdnění ledovcového jezera [28], obří lesní požár [29] . . . . .	20
10	Biologické přírodní katastrofy, zleva: příprava na vstup zdravotníků do karanténní zóny [31], škody na úrodě pšenice po napadení hejnem kobylek [32], hadí uštknutí [33] . . . . .	20
11	Kosmické přírodní katastrofy, zleva: kouřová stopa Čeljabinského meteoru [36], kráter po dopadu vesmírného tělesa [37] . . . . .	21
12	Vložené mapy na webové aplikaci EM-DAT atlas, zleva: kartodiagram, kvantitativní kartogram, teplotní mapa. . . . .	22
13	Výstup semestrální práce z předmětu Projekt - kartografie na téma NATURAL DISASTERS IN EUROPE WITHIN YEARS 2011-2020 . . . . .	24
14	Geokódování v aplikaci Mapy.cz . . . . .	25
15	Použitý software, zleva: ArcGIS Pro, Jupyter Notebook, ArcGIS Online, Visual Studio Code . . . . .	32
16	Náhled na data . . . . .	35
17	Tvorba samostatných záznamů pro jednotlivé lokality zasažené shodnou katastrofou . . . . .	36
18	Vlevo Python skript pro vyhledání adresy Fakulty stavební ČVUT pomocí PositionStack API, vpravo odpověď serveru ve formátu JSON . . . . .	40
19	Nástroj <i>Geocode Addresses</i> v ArcGIS Pro . . . . .	40
20	Nástroj <i>Rematch Addresses</i> při shodě skóre více kandidátů . . . . .	42
21	Hexagony o stejné ploše v Mercatorově zobrazení v prostředí ArcGIS Online	43
22	Webová aplikace Projection Wizard . . . . .	44
23	Tvorba indexovaných dlaždic v ArcGIS Pro . . . . .	45

24	Vytvořená podkladová mapa v ArcGIS Online . . . . .	45
25	Model <i>Create Hexagons</i> . . . . .	46
26	Model <i>Create ND Thematic Map</i> . . . . .	46
27	Submodel <i>Create Quantitative Choropleth</i> . . . . .	47
28	Třídy vytvořené metodou kvantilů na základě exponenciálního rozdělení dat v histogramu . . . . .	47
29	Kvantitativní kartogram . . . . .	47
30	Submodel <i>Create Qualitative Choropleth</i> . . . . .	48
31	Nominální legenda zobrazující podskupiny katastrof . . . . .	48
32	Kvalitativní kartogram . . . . .	48
33	Submodel <i>Create Graduated Symbol Map</i> . . . . .	49
34	Třídy vytvořené metodou kvantilů na základě exponenciálního rozdělení dat v histogramu . . . . .	49
35	Mapa odstupňovaných symbolů . . . . .	49
36	Vlevo submodel <i>Update Value</i> , vpravo Python kód funkce <i>updateValue()</i> . .	50
37	Submodel <i>Create Group Fields</i> . . . . .	50
38	Funkce <i>updateValue()</i> . . . . .	51
39	Blok <i>Data pre-processing</i> . . . . .	51
40	Blok <i>Data visualization</i> . . . . .	52
41	Blok <i>Identify hexagon by country</i> . . . . .	52
42	Hexagony rozdělené hranicemi států na samostatné části. Odstíny modré zobrazují vodní plochy, odstíny oranžové naopak pevninu . . . . .	53
43	Blok <i>Classification data processing</i> . . . . .	53
44	<i>updateValue()</i> funkce upravující názvy podtypů katastrof . . . . .	54
45	Náhled na data po jejich zpracování v sekci <i>Classification data processing</i> .	54
46	Blok <i>Finalizing output</i> . . . . .	54
47	Náhled na atributovou tabulku hexagonové vrstvy po spuštění modelu . . .	55
48	Výsledná tématická mapa hexagonů s rozlohou 250 tisíc km <sup>2</sup> . . . . .	55
49	Funkce <i>Convert Time Field</i> v ArcGIS Pro a výsledná vizualizace pomocí časové osy . . . . .	56
50	Vizualizace webové mapy v měřítku 1 : 5 000 000 a větší . . . . .	57
51	Webová stránka přírodních katastrof . . . . .	59
52	Referencování CSS a JavaScript API v HTML souboru . . . . .	60
53	CSS pravidlo pro vykreslování HTML elementu <i>viewDiv</i> . . . . .	60
54	Načítání modulů pomocí <i>require()</i> funkce. . . . .	61
55	Informační okno zobrazené po přejetí ukazatele nad hexagonem . . . . .	63
56	Dynamické zoom . . . . .	63
57	Stisknutím tlačítka SHIFT se v mapě zobrazí hranice států . . . . .	64

58	Legenda po kliknutí na příslušný widget . . . . .	64
59	Navigační panel s tlačítky . . . . .	64
60	Webová mapa s temporálními daty . . . . .	65
61	Časová osa umožňující filtrovat data dle roku výskytu . . . . .	65
62	Filtrace dat . . . . .	66



## Seznam tabulek

1	Klasifikace přírodních katastrof . . . . .	16
2	Standardizace adresy . . . . .	26
3	<i>ISO alpha-2</i> ekvivalenty zaniklých států označených <i>ISO alpha-3</i> kódem .	38
4	Výsledky vyhledávání adres pomocí různých vyhledávacích služeb . . . . .	40

## Použitá literatura

- [1] H. Visser, A. C. Petersen a W. Ligtoet. „On the relation between weather-related disaster impacts, vulnerability and climate change“. English. In: *Climatic change* 125.3-4 (2014), s. 461–477.
- [2] Rostislav NÉTEK. *Webová kartografie - specifika tvorby interaktivních map na webu [online]*. Rigorózní práce. SUPERVISOR: prof. RNDr. Vít Voženilek, CSc. 2021. URL: <https://theses.cz/id/s5bqu6/>.
- [3] Pascaline Wallemacq, UNISDR a CRED. „Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017. Technical report“. In: *Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017*. 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.35610.08643. URL: [https://www.researchgate.net/publication/331642958\\_Economic\\_Losses\\_Poverty\\_and\\_Disasters\\_1998-2017/citations](https://www.researchgate.net/publication/331642958_Economic_Losses_Poverty_and_Disasters_1998-2017/citations).
- [4] Safar Yaacob, S Inderjit a Nora Ibrahim. „THE EFFECTIVENESS OF POLICY, PLANNING, RISK ASSESMENT, DATA MANAGEMENT AND COMMUNICATION ON DISASTER PREPAREDNESS AMONG 8TH INFANTRY BRIGADE IN KE-LANTAN“. In: *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* 12.14 (2021). ISSN: 2986-2993.
- [5] Rino Sekhar Rajasekharan, Robert Bestak a Gilles Dusserre. „A Study on Disaster Management Databases“. In: *2021 International Conference on Military Technologies (ICMT)*. 2021, s. 1–6. DOI: 10.1109/ICMT52455.2021.9502784.
- [6] Munich Re Group. *NatCatService*. URL: <https://twitter.com/munichre/status/910488939508654080>.
- [7] *The Humanitarian Data Exchange*. 2014. URL: <https://data.humdata.org/>.
- [8] *Centre for humanitarian data: connecting people and data to improve lives*. URL: <https://www.unocha.org/story/centre-humanitarian-data-connecting-people-and-data-improve-lives>.
- [9] Wikipedia. *United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*. 2022. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/United\\_Nations\\_Office\\_for\\_the\\_Coordination\\_of\\_Humanitarian\\_Affairs%20\[cit.%202022-05-09\]..](https://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Office_for_the_Coordination_of_Humanitarian_Affairs%20[cit.%202022-05-09]..)
- [10] *EM-DAT*. 2009. URL: <https://www.emdat.be/>.
- [11] Česká geologická služba. *Geofyzika*. URL: <http://www.geology.cz/extranet/vav/zemska-kura/geofyzika%5C#>.
- [12] MUNI. *Přírodní katastrofy a environmentální hazardy. multimediální výuková příručka*. URL: <https://www.sci.muni.cz/~herber/terms.htm>.

- [13] Svět geologie. *PŘÍRODNÍ KATASTROFY*. URL: <http://www.geology.cz/svet-geologie/poznej-geologii/geologicka-temata/prirodni-katastrofy%5C#>.
- [14] IFRC. *Earthquakes*. URL: <https://www.ifrc.org/earthquakes>.
- [15] USGS. *Pyroclastic flow*. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Menlo Park, California, USA. URL: [https://volcanoes.usgs.gov/Imgs/Jpg/Mayon/32923351-020\\_caption.html](https://volcanoes.usgs.gov/Imgs/Jpg/Mayon/32923351-020_caption.html).
- [16] Columbia Climate School. *A section of the Palisades in Alpine, NJ, fell on May 12, creating a new boulder pile along the Hudson River*. URL: <https://news.climate.columbia.edu/wp-content/uploads/2012/05/rock-fall-jack-g-300x200.jpg>.
- [17] *Elektronický meteorologický slovník*. URL: <http://slovník.cmes.cz/>.
- [18] *Britannica ACADEMIC*. URL: <https://academic-eb-com.ezproxy.techlib.cz/levels/collegiate>.
- [19] NWS. *The gust front "arcus" cloud on the leading edge of a derecho-producing storm system. The photo was taken on the evening of July 10, 2008 in Hampshire, Illinois. Credit: Brittney Misialek*. URL: [https://www.weather.gov/images/lmk/canned\\_pages/derecho/HampshireIL2008July10.jpg](https://www.weather.gov/images/lmk/canned_pages/derecho/HampshireIL2008July10.jpg).
- [20] Boston Globe. *During winter storm Juno in the Boston's South End, Mike Poremba walks his dog Cali past snow-covered cars*. URL: <https://www.theguardian.com/world/2015/dec/27/us-natural-disasters-extreme-weather-west-coast-wildfires-boston-snow-texas-south-carolina-floods>.
- [21] The National News. *Morning fog descends over Dubai Marina in Dubai. The UAE has seen blankets of severe fog in January*. URL: <https://www.thenationalnews.com/uae/middle-east-snow-extreme-heatwaves-and-uae-fog-what-s-going-on-with-the-weather-1.644687>.
- [22] Wikipedia. *Rogue wave*. San Francisco (CA), 2022. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rogue\\_wave%5C#cite\\_note-Econ1-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Rogue_wave%5C#cite_note-Econ1-1).
- [23] NWS. *February 12 Aerial View of Bighorn RIVER Ice Jam Flooding in Worland at U.S. Highway 20 Bridge*. URL: [https://www.weather.gov/riw/Feb9-10\\_WinterStormandFlood](https://www.weather.gov/riw/Feb9-10_WinterStormandFlood).
- [24] David Jacobson. *This photo from the Ventura County Sheriff's Office shows a massive mudflow that destroyed homes and killed at least 15 people in Montecito, CA*. URL: <https://temblor.net/landslide-insights/southern-california-mudflows-what-other-areas-are-at-risk-6059/>.
- [25] Richard Behn. *Heavy Seas*. URL: <https://www.nationalgeographic.org/article/rogue-waves/>.

- [26] Wikipedia. *Glacial lake outburst flood*. San Francisco (CA), 2021. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Glacial\\_lake\\_outburst\\_flood](https://en.wikipedia.org/wiki/Glacial_lake_outburst_flood).
- [27] FAO. *Assessing risks and impacts from extreme events/natural hazards on the agriculture sector with focus on drought*. URL: <https://www.fao.org/emergencies/la-fao-en-action/histoires/histoire-detail/fr/c/888875/>.
- [28] NationalParkService. *Glacial lakes, dammed by rocks and/or ice jams, can burst suddenly and cause catastrophic damage in nearby communities*. URL: <https://news.climate.columbia.edu/2018/05/21/climate-change-glacial-lake-outburst-floods/>.
- [29] Joan Mateu Para. *High temperatures and strong winds fanned the flames west of Barcelona*. URL: <https://www.dw.com/en/italy-wildfires-rage-through-sardinia-forcing-evacuations/a-58635590>.
- [30] Médecins Sans Frontières. „Kala azar“. In: *Médecins Sans Frontières* (2021). URL: <https://www.lekari-bez-hranic.cz/kala-azar>.
- [31] Vincent Tremeau. *Health workers put on personal protective equipment (PPE) before entering an Ebola quarantine zone in the Democratic Republic of the Congo*. URL: <https://news.un.org/en/story/2022/04/1116762>.
- [32] AWE. *Aerial photo of damage to a wheat crop caused by bands of Australian plague locust nymphs*. URL: <https://www.awe.gov.au/biosecurity-trade/pests-diseases-weeds/locusts/about/history%5C#locusts-as-pests>.
- [33] Fabian Lange. *Snakebite*. URL: <https://www.kofiannanfoundation.org/combating-hunger/snakebite/>.
- [34] ESA. „Kosmické počasí“. In: *European Space Agency: ESA BLOG NAVIGATOR* (2019). URL: <https://blogs.esa.int/space19plus/cs/programmes/kosmicke-pocasi/>.
- [35] Wikipedia. *Chelyabinsk meteor*. San Francisco (CA), 2013. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Chelyabinsk\\_meteor](https://en.wikipedia.org/wiki/Chelyabinsk_meteor).
- [36] Alex Alishevskikh. *Chelyabinsk meteor*. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2013\\_Chelyabinsk\\_meteor\\_trace.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2013_Chelyabinsk_meteor_trace.jpg).
- [37] Shane Torgerson. *Meteor Crater, Arizona*. URL: <https://openeducationalberta.ca/introductorystructuralgeology/chapter/n-extraterrestrial-impact-structures/>.
- [38] *The EM-DAT Atlas. The Georeferenced Emergency Events Database*. URL: [https://www.emdat.be/emdat\\_atlas/](https://www.emdat.be/emdat_atlas/).
- [39] *What is geocoding?* URL: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/geocoding/what-is-geocoding.htm>.

- [40] *GIS Dictionary*. URL: <https://support.esri.com/en/other-resources/gis-dictionary/term/e9e234ac-2d46-40a4-b67c-4250428b9018>.
- [41] *What is a Geocode? What Is Geocoding?* URL: <https://www.smarty.com/articles/what-are-geocodes>.
- [42] „10 Geocoders for Pinpointing Addresses [Free and Paid]“. In: *GISGeography* (). URL: <https://gisgeography.com/geocoders/>.
- [43] *What is geocoding?* URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/overview>.
- [44] *Vyhledávací (geokódovací) služba nad daty RÚIAN*. 2010. URL: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(cmhsintznlw0kpyatukc4ecr\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta%5C&side=sit.vyhled%5C&metadataID=CZ-CUZK-GeocodeSOE%5C&metadataXSL=metadata.sluzba](https://geoportal.cuzk.cz/(S(cmhsintznlw0kpyatukc4ecr))/Default.aspx?mode=TextMeta%5C&side=sit.vyhled%5C&metadataID=CZ-CUZK-GeocodeSOE%5C&metadataXSL=metadata.sluzba).
- [45] *ArcGIS Developers. APIs, Tools, and Location Services*. URL: <https://developers.arcgis.com/>.
- [46] *Positionstack*. 2022. URL: <https://positionstack.com/>.
- [47] ArcGIS API for JavaScript. *Get started*. URL: <https://developers.arcgis.com/javascript/latest/get-started/>.
- [48] E. Chow, Y. Yuan a John P. Wilson. „GIS APIs. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge“. In: *GIS APIs*. 2019. DOI: 10.22224/gistbok/2019.2.15. URL: <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/gis-apis>.
- [49] Miro Hrončok a Petr Viktorin. *Moduly*. URL: <https://naucse.python.cz/lessons/intro/distribution/>.
- [50] *The Python Standard Library*. URL: <https://docs.python.org/3/library/index.html>.
- [51] PyPi. *pycountry*. URL: <https://pypi.org/project/pycountry/>.
- [52] *Úvod do JSON*. URL: <https://www.json.org/json-cz.html>.
- [53] „Getting Started with ArcGIS Notebooks“. In: *Resource Centre* (). URL: <https://resource.esriuk.com/blog/getting-started-with-arcgis-notebooks/>.
- [54] Suzanne Boden. „ModelBuilder 101: For ArcGIS Pro users who want to automate workflows“. In: *Arcuser* (). URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/modelbuilder-101-for-arcgis-pro-users-who-want-to-automate-workflows/>.
- [55] *EM-DAT guidelines*. URL: <https://www.emdat.be/guidelines>.

- [56] *What's included in the geocoded results*. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.7/help/data/geocoding/what-is-included-in-the-geocoded-results-.htm>.
- [57] Menno-Jan Kraak et al. *Mapping for a Sustainable World*. 1. New York, NY (USA): United Nations, 2020. ISBN: 978-92-1-604046-8.
- [58] *PROJECTION WIZARD*. URL: <https://projectionwizard.org/>.
- [59] John Nelson. „Here Are Some Equal Area Projected Maps for ArcGIS Online (and how to make them)“. In: *ArcGIS Blog* (2020). URL: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-online/mapping/here-are-some-equal-area-projected-maps-for-arcgis-online-and-how-to-make-them/>.