



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství**

**Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

**Úloha geografických informačních systémů při přípravě a  
plánování na krizové situace**

**The role of geographic information systems in the  
preliminary and planning for crisis situations**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí diplomové práce: Ing. René Mildorf

**Bc. Michaela Vašková**

---

**Kladno 2016**

## Zadání diplomové práce

Student: **Michaela Vašková**  
Studijní obor: Civilní nouzové plánování  
Téma: **Úloha geografických informačních systémů při přípravě a plánování na krizové situace**  
Téma anglicky: The role of geographic information systems in the preliminary and planning for crisis situations

### Zásady pro vypracování:

Tato diplomová práce bude pojednávat o možnostech využití geografických informačních systémů v oblasti krizového řízení. V teoretické části se bude věnovat základním pojmům, legislativě vztahující se k danému tématu a dále softwarovým aplikacím využívající GIS. Náplní práce bude provedení analýzy současného stavu využití GIS v oblasti krizového řízení. V praktické části budou simulovány krizové situace a navrženy vrstvy využitelné ke zvládnutí těchto situací společně se stanovením požadavků na obsluhu GIS.

Cíl 1: Bude provedena analýza současného trhu s aplikacemi využitelnými v krizovém řízení, jejichž součástí je GIS.

Hypotéza 1: V současné, technologicky vyspělé, době je GIS částečně využíván v oblasti krizového řízení.

Cíl 2: Budou stanovena důležitá data, která lze využít k řešení modelových krizových situací.

Hypotéza 2: GIS je pro tento účel užitečným nástrojem.

Cíl 3: Budou navrženy požadavky na zajištění obsluhy GIS.

Hypotéza 3: K zabezpečení provozuschopnosti a akceschopnosti GIS je nutný kvalifikovaný personál.

### Seznam odborné literatury:

- [1] Antonín Krómer, Petr Musial, Libor Folwarczny, Mapování rizik, ed. 1., Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010, ISBN 978-80-7385-086-9
- [2] Klimešová, Dana, Geografické informační systémy a zpracování obrazů, ed. 2., ČZU PEF ve vydavatelství Credit, 2001, ISBN 80-213-0834-6
- [3] Oršulák, Tomáš a Pacina, Jan, Geoinformatika, ed. 1., Tomáš Mikulěnka, 2012, ISBN 978-80-904927-5-2

Vedoucí: Ing. René Mildorf

Zadání platné do: 20.08.2017

.....  
vedoucí katedry / pracoviště

l.s

.....  
děkan

V Kladně dne 01.11.2015

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Úloha geografických informačních systémů při přípravě a plánování na krizové situace“ vypracovala samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v přiloženém seznamu literatury.

V .....dne.....

.....

Bc. Michaela Vašková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala panu Ing. Mildorfovi za odborné vedení, ochotu, vstřícnost a trpělivost kterou mi v průběhu zpracování práce věnoval.

### **Abstrakt:**

Úkolem diplomové práce s názvem „Úloha geografických informačních systémů při přípravě a plánování na krizové situace“ je splnění následujících tří hlavních cílů. Za účelem zorientování se v problematice bude provedena analýza současného trhu s aplikacemi zaměřenými na geografický informační systém a jejich využití v krizovém řízení. Následně budou určena důležitá data, která lze účinně využít při řešení modelových krizových situací. Závěr práce bude obsahovat návrh požadavků kladených na obsluhu geografického informačního systému. K dosažení cílů bude využito metod komparace, myšlenkové mapy a analýzy pomocí kontrolního seznamu - Check listu. Výstupem práce bude navržení nových vrstev geografického informačního systému využitelných k řešení krizových situací.

### **Klíčová slova:**

geografický informační systém, krizová situace, mimořádná událost, vrstva, model, zemětřesení, sesuvy půdy, sucho

### **Abstract:**

The task of the diploma thesis called “The Role of Geographic Information Systems while Preparing for the Solution of Crisis Situations” is to achieve the following three main goals. For the purpose of our being oriented very well in this issue an analysis of the present-day market will be carried out making use of the applications focused on the geographic information system and their use in crisis proceedings. Subsequently, all important data that can be used effectively while dealing with model crisis situations will be identified. The conclusion of this thesis will contain a proposal required for the operation of the geographic information system. Comparative methods along with mind maps and data analyses will be made use of by means of a Checklist. The outcome of this thesis will be identified as a proposal of new layers of the geographic information system utilizable for the purpose of solving crisis situations.

### **Keywords:**

Geographic information system, crisis situation, extraordinary event, layer, model, earthquake, soil slides, drought

# Obsah

1	Úvod .....	10
2	Současný stav .....	11
2.1	Pojmy .....	12
2.1.1	Geografický informační systém .....	12
2.1.2	Zeměťřesení .....	17
2.1.3	Sesuvy půdy .....	22
2.1.4	Nedostatek vody způsobený suchem.....	24
2.1.5	Krizové řízení .....	27
2.2	Legislativa a doporučení .....	31
2.2.1	Legislativa týkající se GIS .....	31
2.2.2	Legislativa týkající se zeměťřesení.....	32
2.2.3	Legislativa týkající se nestabilit terénu .....	33
2.2.4	Legislativa týkající se nedostatku vody způsobené suchem .....	34
2.2.5	Legislativa týkající se krizového řízení.....	35
2.3	Získávání a sběr dat.....	36
2.3.1	Mapa.....	37
2.3.2	Dálkový průzkum Země.....	38
2.3.3	Globální družicový polohový systém.....	37
2.3.4	Centrální datový sklad.....	39
2.4	Software využívající geografické informační systémy .....	43
2.4.1	Povodně .....	43
2.4.2	Nebezpečné chemické látky .....	46
2.4.3	Blackout.....	47
2.4.4	Sesuvy půdy .....	48

2.4.5	Nedostatek vody způsobený suchem.....	49
2.5	Požadavky na obsluhu GIS HZS ČR .....	49
2.6	Zeměřesení .....	50
2.6.1	Inženýrské sítě.....	52
2.6.2	Hydrologická a hydrogeologická data.....	53
2.6.3	Důlní činnost .....	53
2.6.4	Geologická a geomorfologická data.....	54
2.6.5	Konstrukce.....	55
2.6.6	Nouzové služby .....	56
2.6.7	Doprava .....	57
2.6.8	Případy zeměřesní .....	57
2.7	Sesuvy půdy .....	59
2.7.1	Inženýrské sítě.....	59
2.7.2	Hydrologická a hydrogeologická data.....	59
2.7.3	Důlní činnost .....	60
2.7.4	Geologická a geomorfologická data.....	60
2.7.5	Doprava .....	61
2.7.6	Případy sesuvů.....	62
2.8	Nedostatek vody způsobený suchem .....	63
2.8.1	Inženýrské sítě.....	66
2.8.2	Hydrologická a hydrogeologická data.....	66
2.8.3	Objekty využívající vodu .....	68
2.8.4	Meteorologická data .....	69
2.8.5	Případy nedostatku vody způsobeného suchem .....	71
3	Cíle práce.....	72
3.1	Cíl práce .....	72
3.2	Stanovené hypotézy .....	72



4	Metodika.....	73
5	Výsledky.....	74
5.1	Zeměřesení.....	79
5.2	Sesuvy půdy.....	82
5.3	Nedostatek vody způsobený suchem.....	85
6	Diskuse.....	88
6.1	Výsledky zeměřesení.....	88
6.2	Výsledky sesuvy půdy.....	92
6.3	Výsledky nedostatek vody způsobený suchem.....	94
6.4	Zhodnocení hypotéz.....	96
7	Závěr.....	97
	Seznam použité literatury.....	98
	Seznam obrázků.....	112
	Seznam schémat.....	113
	Seznam tabulek.....	114
	Seznam příloh.....	115

# 1 Úvod

Mapy a geografické podklady jsou lidstvu známy již mnoho let. Samotná možnost vrstvení určitých, do podskupin rozdělených, důležitých údajů a jejich následné promítnutí na mapový podklad je velice efektivním způsobem sdílení a využívání informací. Tato specifická data by při normálním používání mapy překážela a byla na obtíž. V dnešní době, využitím informačních technologií, se data analyzují snadnějším, rychlejším a efektivnějším způsobem.

Spojení map, specifických dat a informačních technologií dalo vzniknout geografickým informačním systémům. Obecně je oblast informačních technologií a geografických informačních systémů, již dlouhou dobu neodmyslitelnou součástí života. Toto interdisciplinární prolínání do různých oborů lidské činnosti, značně obohacuje a usnadňuje prováděnou činnost. Mnohem jednodušší a účinnější z hlediska pochopení formulovaného problému je jeho následné zobrazení pomocí vizuálního vjemu. I tímto pravidlem se geografické informační systémy zákonitě a úspěšně řídí.

Geografické informační systémy našly uplatnění i u činností a organizací, které se zabývají ochranou života, zdraví, majetku, životního prostředí aj. Znázornění důležitých dopravních tepen, chemických a jaderných zařízení společně s jejich vymezenými zónami havarijního plánování, počtem obyvatel na daném území či mírou rizika vzniku konkrétní události na daném území a další informace k úspěšnému řešení krizových situací. To je jen malý výčet toho, co jsou geografické informační systémy spolu s proškolenou obsluhou schopné řešit.

K výběru a řešení diplomové práce mě vedlo několik důvodů. Jedním z nich je zájem o informační technologie a jejich spojení obecně s pomáhajícími profesemi a vlastní prohlubování znalostí v daném problému. Dále je to poskytnutí návodu nebo směru, kterým by mohlo dojít ke zlepšení stavu v problematice spojení GIS a plánování v krizovém řízení.

Cílem práce je průzkum trhu s aplikacemi využívajícími geografické informační systémy, navržení nových mapových vrstev aplikovatelných při přípravě na řešení konkrétních krizových situací v geografickém informačním systému společně se stanovením minimálních požadavků kladených na obsluhu těchto systémů.

## 2 Současný stav

Příprava, plánování a řešení krizových situací prošly od svého vzniku po dnešní stav několika etapami vývoje. Od vzniku a schválení ucelené krizové legislativy do dnešních dnů uplynulo přibližně 15 let, v průběhu kterých došlo k vývoji a velkému pokroku i v oblasti krizového řízení (dále jen KŘ), integrovaného záchranného systému (dále jen IZS), ochrany obyvatelstva a informačních technologií (dále jen IT). V začátcích byly KŘ a IZS brány jako jeden celek, až v roce 2001 přijetím zákona č. 239/2000 Sb. o IZS a zákona č. 240/2001 Sb. o KŘ došlo fakticky k oddělení těchto dvou oblastí.

Další oblastí, kterou začalo KŘ využívat, byly informační systémy (dále jen IS). Snaha o využití IS a osobních počítačů k usnadnění a zefektivnění práce vedla k tvorbě informačních systémů pro podporu KŘ (dále jen ISKŘ).

Následovalo řešení otázky zabezpečení obyvatelstva nezbytnými prostředky v případě přírodních nebo antropogenních mimořádných událostí, včetně energií, vody, potravin a ubytování. Po vstupu do Evropské Unie (dále jen EU) následovalo řešení tohoto problému i v rámci Evropy a našich nejbližších přeshraničních sousedů - došlo ke zpracování a následné ochraně tzv. krizové infrastruktury a evropské krizové infrastruktury.

Po dalším rozvoji v oblasti hardwaru a softwaru došlo k boomu geografických informačních systémů (dále jen GIS). Oblasti KŘ, IZS a ochrany obyvatelstva nezáhálely a implementovaly GIS. V rámci Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen HZS ČR) jsou GIS využívány hlavně ve třech oblastech [1].

Jedná se o oblasti:

- zajišťování jednotného čísla nouzového volání 112,
- operačního řízení, kde jsou přínosem, jak na operačním informačním středisku (dále jen OPIS), tak přímo na místě mimořádné události, (společně s rozvojem éry tzv. tabletů, což jsou přenosné počítače ve tvaru desky s integrovanou dotykovou obrazovkou, která současně slouží k ovládání.
- KŘ a prevence [2].

## 2.1 Pojmy

### 2.1.1 Geografický informační systém

#### Informační systém

Informačním systémem rozumíme soubor lidí, metod a technických prostředků zajišťujících sběr, uchování, zpracování a prezentaci dat určených pro poskytování informací mnoha uživatelům různých profesí [3].

Informační systém se skládá z několika důležitých komponent:

- Technické prostředky (hardware) – počítačové systémy doplněné o periferní jednotky.
- Programové prostředky (software) – jsou tvořené systémovými programy, které řídí chod počítače, efektivní práci s daty, komunikaci počítačového systému s reálným světem a aplikačními programy.
- Datové zdroje (data) – využívaná programovými prostředky.
- Organizační prostředky (orgware) – soubor pravidel a příkazů definující provozování systémů a technologií.
- Lidská složka (peopleware) – řeší problematiku přizpůsobování a fungování člověka v kybernetickém prostředí [4].

#### Geografický informační systém

Popsat pojem GIS je velmi obtížné neboť neexistuje jedna, nejkompexnější a nejužitečnější definice. Většina definic se shoduje v komponentech a základních funkcích, které by měl GIS splňovat.

*Geografický informační systém je organizovaný soubor počítačového hardware, software a geografických údajů (naplněné báze dat) navržený pro efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací [5].*

*Geografický informační systém je soubor prostředků pro sběr, ukládání, vyhledávání, transformaci, analyzování a zobrazování prostorových údajů z reálného světa z hlediska: 1. jejich polohy vzhledem k souřadnicovému systému; 2. jejich popisných – atributových vlastností; 3. jejich topologie [6].*

*Geografický informační systém je organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a zaměstnanců navržený tak, aby mohl efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat všechny druhy geograficky vztažených informací.*

Geografický informační systém je informační systém zaměřený na analýzu, modelování a využití kontextu pro získání kvalitativně nových informací. Jedná se o systém pro podporu rozhodování [7].

Geografické informační systémy umožňují:

- Zobrazovat geografická data.
- Ukládat množství popisných charakteristik geografických objektů.
- Vybírat geografické objekty podle jejich vlastností.
- Sestavovat dotazy na jednotlivé geografické objekty.
- Vytvářet nová geografická data pomocí prostorových operací.
- Vytvářet počítačové mapy [8].

### **Geografická data**

Zvláštním typem prostorových dat, se kterými GIS pracuje, jsou geografická data. Geodata obsahují informace vztahující se k zemskému povrchu. Data mohou být dvojrozměrná, sloužící k vyjádření zemského povrchu v rovině. Trojrozměrná data jsou určena pro modelování podpovrchových útvarů nebo atmosférických pochodů [7].

### **Geoobjekt**

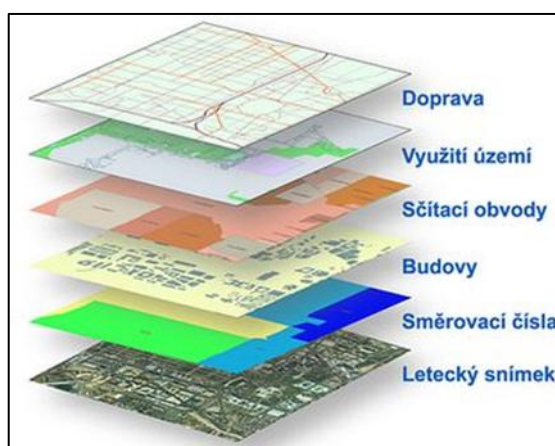
Geoobjektem se rozumí prostorový reálný nebo imaginární objekt, který se vztahuje k určité části prostoru v krajinné sféře. Odlišují se od sebe svými vlastnostmi jako je geometrie, topologie a atributy. Geoobjekty obsahují dva druhy informací:

- prostorové informace (tvar, poloha),
- neprostorové informace (atributy, specifické pro každý typ objektu = popisné informace) [4].

## Mapové vrstvy

Do mapových vrstev se sdružují a ukládají geoobjekty popisující stejné téma. Někdy jsou také nazývány tematickými mapovými vrstvami. Tématem se myslí např. vodstvo, typy půd, nadmořská výška, apod. Právě tematické vrstvy kladené na mapový podklad tvoří základ GIS. Smyslem dělení geodat do mapových vrstev je usnadnění následné analýzy dat [9].

Obrázek 1 – Mapové vrstvy [9]



## Metadata

Jedná se o strukturovaná data o datech. Metadata označují údaje o prostorových datech. Jedná se o popis geodat, který obsahuje informace o zdrojích prostorových dat, o datu pořízení informací, detaily o atributech aj. Metadata jsou důležitá pro uživatele, který na jejich základě zjistí použitý souřadnicový systém nebo zjistí přesnost, se kterou byla data shromažďována [9] [10].

## Model

Modelem chápeme abstraktní konstrukci, která napodobuje část reality. Jedná se o objekty a vztahy, které jsou pro daný model důležité. Cílem modelování je snaha zjistit, jak se model zachová při různých situacích. Na základě transformace modelu do digitální formy se vyvinuly dva rozdílné způsoby prezentace dat – vektorová a rastrová.

## Vektorová prezentace

Vektorové zobrazení je založeno na objektovém pojetí prostoru (objekt a atributy). Vektorem se rozumí přímá čára s danou velikostí a směrem. Základním stavebním kamenem ve vektorovém datovém modelu je vektor.

Základní geometrické objekty můžeme členit na:

- bod, který je definován souřadnicemi. Prezentuje objekty, jejichž rozměry jsou natolik malé, že je není možné v dané rozlišovací úrovni zaznamenat jako plochy;
- linii, která tvoří spojnici mezi dvěma body. Používá se k prezentaci objektů, u kterých lze zaznamenat délku, ale šířku nikoliv;
- plochu, která definuje uzavřenou linii. Prezentuje objekty, jejichž plošné rozměry mohou být v dané rozlišovací úrovni zaznamenány a vizualizovány.

Jiné definování typů objektů je založeno na jejich topologii (vztazích mezi objekty):

- uzel, který je topologickým zobrazením bodu a je na začátku a konci každé linie;
- hrana, která je topologickým zobrazením linie a je součástí linie nebo hranice mezi plochami;
- řetězec, který je složený z jednotlivých úseček;
- polygon, což je plocha ohraničená řetězcem linií [4].

Podle způsobu ukládání dat se vektorové modely dělí na tři typy.

Špagetový model, kde jsou všechny typy objektů uloženy v jednom seznamu. Tento seznam má pouze dvě položky, typ objektu (bod, čára, polygon) a parametry objektu (jedna nebo více souřadnic). V tomto modelu není obsažena žádná informace o topologii a proto je tento model pro analýzu geodat obtížně použitelný. Navíc zde dochází k redundanci dat.

Hierarchický model ukládá data posloupně. Vychází z faktu, že polygon se skládá z několika linií, linie z několika úseček, úsečky jsou pak spojením dvou bodů. Tyto prvky jsou uloženy samostatně, nejčastěji v geodatabázi.

Topologický model využívá uzly, hrany a plochy. K hraně lze navíc připojit informaci o její orientovanosti, podle které lze určit sousední polygon. Jedná se o kompromis mezi dvěma předešlymi modely [9] [10].

### **Rastrová data**

Rastrové datové modely zobrazují svět jako pravidelnou soustavu polí, s pravidelným uspořádáním v osách x a y. Plocha je tvořena mozaikou jednotlivých polí, která dělí prostor. Prostor může být členěn pravidelně, kdy je každý tvar pole stejný (čtverec, trojúhelník, šestiúhelník). V některých případech lze využít i nepravidelného členění, kdy jsou pole různých tvarů a rozměrů. Nejčastější a nejvýhodnější členění je stále čtvercové, u kterého lze využít kartézskou soustavu souřadnic. Jednotlivá pole se ve čtvercovém dělení nazývají pixely a prezentují nejmenší, dále nedělitelnou jednotku. Každému poli je následně přidělena hodnota atributu, který má představovat (pole vodního toku jsou označena modrou barvou). V případě rastrového modelu jsou pro jednotlivé atributy vytvořeny tematické vrstvy. V praxi to znamená, že rastrové databáze mohou obsahovat i stovky tematických vrstev (povodí, pohoří, města, nížiny aj.) Analýzou rastrových dat lze řešit hledání nejkratší cesty nebo hledání koridoru mezi dvěma místy [4] [7] [10].

### **Topologie**

Topologie patří mezi matematický obor, který se zabývá popisem a analýzou prostorových vztahů mezi geometrickými objekty. Zkoumá geometrické vlastnosti, jež jsou pro určité druhy transformací neměnné. Topologický model vyjadřuje spojení a vazby mezi objekty nezávisle na jejich souřadnicích [7].

### **Model krajiny**

Model uvádí zjednodušený pohled na vybranou část reálného světa a lze jej definovat jako souborný popis množiny krajinných prvků a vztahů mezi nimi. Jak je uvedeno, je tvořen krajinnými prvky.

Prvky rozumíme útvary nebo jevy, které existují v krajině, jsou odlišitelné a nedělitelné na další prvky (např. hora, silnice, vodní zdroj, kostel). Na každý prvek jsou navázány atributy, které blíže specifikují vlastnosti prvku (např. přesnou adresu, typ stanice, předurčenost aj.) V počítačových systémech jsou atributy uloženy v tabulkách s hodnotami atributů pro jeden každý objekt [7].



Pomocí klasifikace jsou prvky, podle společných vlastností, rozřazovány do tříd (třída silnic dané kategorie, vegetační druhy, hustota obyvatelstva aj.) a následně slučovány do kategorií (všechny typy komunikací, všechny prvky jednotného systému varování a vyzoomění). Pro členění do tříd a kategorií musí být stanovena jasná pravidla a specifikace rozdělování [7] [10].

## **Mapa**

Mapa pro potřeby GIS definována jako základní model prostorových dat v tradičním dvojrozměrném analogovém provedení. Obsahuje dva druhy informací – druhovou charakteristiku objektu a polohu, kde se objekt nachází [7] [11].

## **Digitální mapa**

Digitální model prostorových dat musí v digitální formě zabezpečit minimálně stejnou úroveň informací jako mapa analogová. Jedná se tedy o vykreslenou podobu digitálních prostorových dat. GIS produkuje analogové mapy z digitálních dat [7].

Pod pojmem digitální mapa je třeba chápat prostorové informace uložené ve formě digitálních dat. Jako příklady digitální mapy je možno uvést státní mapová díla Digitální katastrální mapa (DKM), či topografické databáze Digitální model území 25 (DMÚ 25) a Základní báze geografických dat (ZABAGED) [12].

### **2.1.2 Zemětřesení**

Zemětřesením se rozumí fyzikální jev, který se projevuje krátkodobými rychlými pohyby zemského povrchu. Tyto pohyby trvají několik sekund až několik desítek sekund. Vyvolávají je tzv. seismické vlny [13] [14].

Zemětřesení je relativně rychlý pohyb dílčích bloků ve svrchních vrstvách planety Země, který je projevem uvolnění napětí mezi těmito bloky – např. vyvolaný pohyb zemských litosférických desek nebo uvolnění napětí mezi vnitrodeskovými zlomy [15].

Slovem zemětřesení označujeme také půdní otřesy způsobené uvolněním mechanické energie pod zemským povrchem [16] [17].

## **Hypocentrum a epicentrum**

Oba pojmy spolu úzce souvisejí. Proces zemětřesení se začíná rozvíjet v bodě, který se nazývá hypocentrum (ohnisko zemětřesení). Jde o místo pod zemským povrchem, přesně v bodu zlomu, kde prasklina začala vznikat. Odtud vychází pohyb hornin [16] [17].

Svislý průmět hypocentra na zemský povrch se nazývá epicentrum. Leží přímo nad ohniskem zemětřesení [16] [17].

## **Seismické vlny**

Otřesy se přenášejí horninami na všechny strany, a tak vzniká zemětřesné vlnění. Seismické vlnění existuje současně v několika druzích. Vibrace, které se šíří z hypocentra zemětřesení podzemím, nazýváme podzemní vlny. Rozeznáváme tzv. podélné vlnění, taktéž známé jako primární (označované zkratkou P-vlny). Příčné vlnění, známé jako sekundární (označované zkratkou S-vlny) [16] [17] [18].

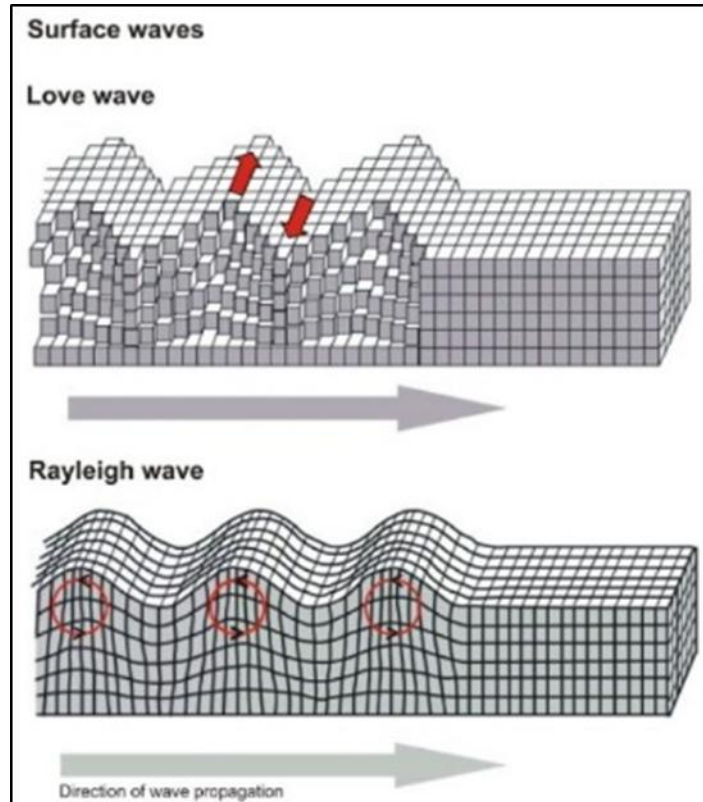
Podélné (P-vlny) kmitají ve směru šíření od hypocentra zemětřesení. Můžeme si je představit jako postupné zhušťování a zředování hmoty. Vlny se šíří rychleji a vytvářejí v horninách tlak nebo tah, kterým na horniny působí jako na pružinu [16][17].

Příčné vlny (S-vlny) se šíří klikatě. Pohybují zemí nejen nahoru a dolů, ale i do stran. Při tomto vlnění kmitají vlny kolmo ke směru šíření. Z hypocentra přichází příčné vlny později, proto jsou označovány jako sekundární.

Vibrace pohybující se podél povrchu nazýváme povrchové seismické vlny. Povrchové vlny se šíří pomaleji než podélné vlnění. Jsou však příčinou většiny způsobených škod, z části proto, že odeznívají relativně déle. Rozlišujeme dva druhy povrchových vln, které jsou pojmenovány po jejich objevitelích.

Rayleghovy vlny pohybují zemí vertikálně - nahoru a dolů, podobně jako mořské vlny. Loveovy vlny smýkají zemí horizontálně - ze strany na stranu [16][17].

Obrázek 2 - Rayleghovy a Loveovy vlny [16]



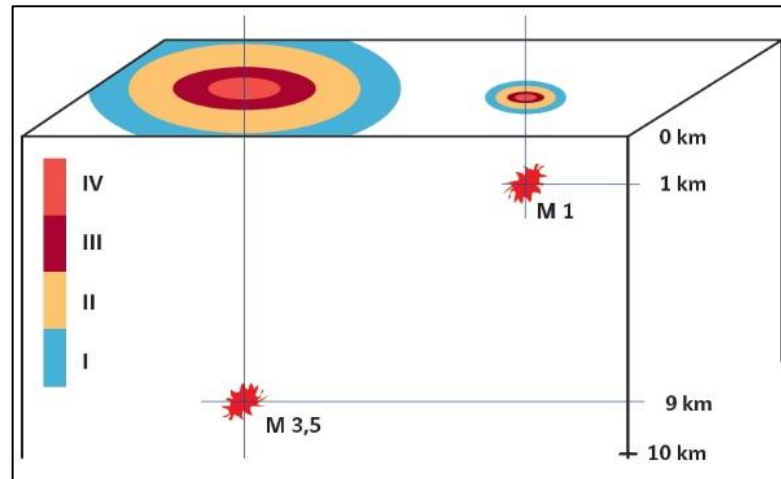
### **Magnitudo**

Pro objektivní a jednodušší určování velikosti zemětřesení bylo nutné ustanovit konkrétní veličinu. Magnitudem rozumíme míru seismické energie vyzážené z ohniska zemětřesení. Podle definice je magnitudo logaritmus největšího rozkmitu seismické vlny (v tisícinách mm), zachycené standardním seismografem ve vzdálenosti 100 km od epicentra. Nezáleží tedy na tom, jaký druh vln měříme [14] [17].

Magnitudo se určuje pomocí různých útlumových charakteristik z měřené výchylky seismometru. Jedná se o jednu ze dvou podstatných hodnot, podle kterých je zemětřesení charakterizováno.

Podstatnou skutečností zůstává, že mělkí zemětřesení s menší hodnotou magnituda dosahuje stejných intenzit jako hlubší zemětřesení s vyšší hodnotou magnituda. Rozdíl je pouze v plošném rozsahu zemětřesení [15].

*Schéma 1 - Vliv hloubky na intenzitu zemětřesení [15]*



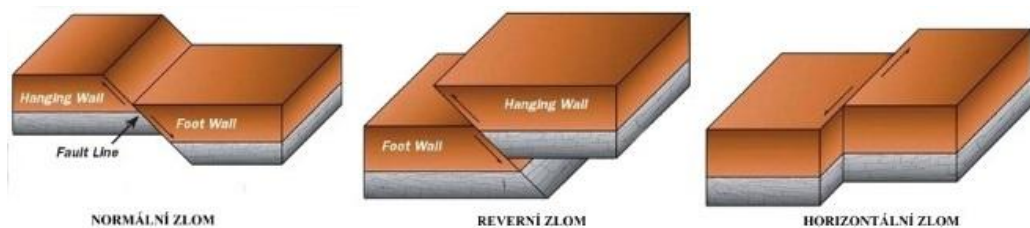
Intenzita otřesu zemětřesení v epicentru je zhruba o 2 jednotky větší než magnitudo. V praxi to znamená, že pro velikost 4 stupně na Richterově stupnici je očekávaná intenzita do 6 stupně makroseizmické stupnice MSK-64 [19].

### **Zlomy**

Desky tvořící zemskou kůru jsou při svém pohybu a vzájemných kolizích vystaveny obrovskému tlaku. V případech, kdy dojde k jejich prasknutí, vzniká zlom. Tyto trhliny označujeme jako zlomové linie.

Podle pohybu zemských desek dělíme zlomy do tří skupin. Normální zlom, kdy jsou desky tlačeny od sebe. Jedna z desek klesá podél plochy zlomu. Reverzní zlom, kdy jsou desky tlačeny k sobě. Jedna deska se zvedá podél plochy zlomu. Horizontální zlom, kdy se desky vůči sobě pohybují do stran [16] [20].

*Schéma 2 – Typy zlomů*



## **Seismické ohrožení a riziko**

*Seismickým ohrožením rozumíme velikost zemětřesení, kterou lze v daném místě za specifikovaný časový interval očekávat s pravděpodobností rovnou taxativně stanovené hodnotě. Stanovení seismického ohrožení lokality je založeno na deterministickém nebo pravděpodobnostním přístupu. Z pohledu odborníků je pro nalezení optimální výsledné hodnoty vhodné brát v potaz úvahy z obou přístupů [13].*

*Seismické riziko je soubor jevů, které nastanou při dopadu zemětřesení. Je určeno jednak seismickým ohrožením dané lokality a jednak zranitelností objektů, technologických zařízení a podloží.*

Seismické riziko v lokalitách se stejným seismickým ohrožením se mění hlavně podle rizikovosti objektů nacházejících se na daném území. Objekty s rizikovými technologiemi (jaderné elektrárny) mají vyšší seismické riziko, kvůli možným dopadům na člověka, majetek a životní prostředí [14].

## **Makroseismické účinky**

Jedná se o škálové hodnocení dopadů zemětřesení. Nejčastěji je používána popisná makroseismická stupnice MSK-64. Stupnice dělí dopady podle závažnosti do 12 stupňů. Makroseismické projevy se odvíjejí od velikosti zemětřesení, rozměru a hloubky ohniska zemětřesení a vzdálenosti místa pozorování od epicentra [15] [18].

## **Pasivní a aktivní ochrana**

Naprosto účinná predikce a ochrana před zemětřesením neexistuje. V případě živelních pohrom můžeme uvažovat o aktivní a pasivní ochraně. Aktivní ochrana zahrnuje aktivní přístup k seismickému riziku v dané lokalitě (např. zvýšení seismické odolnosti konstrukcí). Aktivní ochrana má podobu dlouhodobých opatření.

Mezi nejefektivnější způsoby ochrany obyvatelstva patří pasivní ochrana. Myslí se jí evakuace a ukrytí. Pasivní forma ochrany představuje postupy v krizových situacích [14] [17].

## **Seismická odolnost konstrukcí**

Seismická odolnost je schopnost objektů, zařízení a podloží zabránit vlastnímu kolapsu, porušení celistvosti, tvaru nebo funkčnosti vlivem seismických kmitů. Dále se jí rozumí zachování všech bezpečnostních funkcí objektu, které zajistí spolehlivé ukončení provozu, a to i v případech poškození části technologie závodu [14].

### 2.1.3 Sesuvy půdy

#### Svahové pohyby

Za svahový pohyb je považován posun masy hornin, suti nebo zeminy ze svahu dolů [21].

Sesuvy v užším slova smyslu jsou pohyby, které vznikají poruchou stability svahu podmíněné účinkem zemské tíže, při nichž těžiště pohybujících se hmot vykonává dráhu po svahu dolů. Jsou to náhlé pohyby, při nichž jsou sesouvající se hmoty odděleny od pevného podloží zřetelnou smykovou plochou [22].

Sesuvy jsou, jak velmi rychlé, tak i extrémně pomalé pohyby svrchních materiálů. Nejsou materiálově omezeny pouze na zeminu a nemusí ani nutně znamenat jen sesuv. Jevy popisované, jako sesuvy, mohou zahrnovat až pět různých mechanismů pohybu [23].

Ploužení (creep) – dlouhodobý a obvykle nezrychlující se pohyb, při kterém rychlost pohybu horninových hmot dosahuje hodnot řádově milimetry až centimetry za rok. Hranice mezi pevným podložím a pohybujícími se hmotami bývá nezřetelná. Představuje nejpomalejší typ svahového pohybu. Je zcela přirozeným procesem, při kterém jsou nebezpečné části působením gravitace transportovány do nižších poloh. Pro plouživé pohyby jsou charakteristické dva projevy. Prvním jsou tzv. opilé stromy, kdy se strom snaží udržovat kolmou polohu kmene k zemskému povrchu. Vzhledem k pomalému posouvání půdy pod ním, vzniká charakteristický prohnutý tvar kmene. Druhým je hákování vrstev, kdy dochází vlivem gravitace k ohýbání vrstevních ploch směrem po svahu [24] [25].

Sesouvání (sliding) – krátkodobý rychlý pohyb, kdy se horninové hmoty pohybují rychlostí řádově asi v metrech za den podél jedné nebo více smykových ploch. Sesuvy vznikají, pokud dojde k porušení rovnováhy mezi smykovým odporem a smykovým napětím a svah se stane nestabilním. Smyková plocha je charakteristicky ostře vymezena od okolí [22] [24] [25].

Tečení (Stékání) – krátkodobý rychlý pohyb, kdy se horninový materiál většinou ve viskózním stavu pohybuje rychlostí řádově v kilometrech za hodinu. Stékající hmoty bývají od podloží jasně odděleny. Podstatnou složku tvoří voda (výjimku tvoří pouze málo časté suché proudy).

Voda vytváří vztlak, pomocí kterého dochází ke snižování smykového odporu a nestabilitě svahu. Dalším druhem svahových pohybů jsou přívalové proudy, při nichž pohybující se hmoty obsahují takové množství vody, že pohyb má charakter tečení [22] [24] [25].

Řícení (falling) – náhlý, krátkodobý pohyb, během kterého alespoň část pohybu probíhá volným pádem. Příčinou vzniku jsou strmé svahy, eroze a přítomnost puklin ve skalních útvech. Tyto druhy sesuvů se vyskytují na strmých skalních svazích, kde se působením eroze uvolňují bloky pevných hornic a ty poté padají k úpatí svahu [22] [24] [25].

Soliflukce, geliflukce – jsou pomalé svahové pohyby, které vznikají, tam kde je vrstva půdy nebo zvětralin nasycena vodou. Soliflukcí rozumíme pomalé tečení nasycené půdy ze svahu. Vzniká v horských terénech s vlhkým klimatem a s nízkými teplotami. Geliflukcí rozumíme proces, kdy rozmrzne pouze svrchní vrstva půdy, zatímco spodní část zůstane zmrzlá. Svrchní vrstva pak pomalu klouže po zmrzlém podkladu [25].

Sesuvné oblasti v ČR:

- Česká křídová tabule (Praha, Turnov, Mladá Boleslav, Mělník)
- Český permokarbon (západní Čechy)
- Neovulkanity Českého masívu (České středohoří – Teplice, Most, Ústí nad Labem)
- Flyšové pásmo (Moravskoslezské Beskydy) [26].

### **Geohazardy**

Jedná se o extrémní přírodní události probíhající v zemské kůře, které představují ohrožení života a zdraví lidí, poškození majetku nebo životního prostředí (např. zemětřesení, sopečné výbuchy, tsunami, sesuv půdy) [27] [28].

Obecně představují živelní pohromy spojené s procesy probíhajícími v horninovém prostředí zemského tělesa. V rámci ČR je používáno slovo „geohazardy“ pro přírodní a zčásti i lidskou činností vyvolané rizikové jevy a procesy týkající se horninového prostředí [29].

## **Smyková plocha**

Plocha, po níž dochází ke svahovému sesouvání. Může být predisponována (vrstevní plochy, pukliny, povrch skalního podkladu) nebo se při sesouvání teprve vytváří. Většinou se vytváří několik smykových ploch nad sebou. Smyková plocha v zeminách je idealizována jako přímka či křivka, ve skutečnosti je dána kontaktem částic zemin [30] [31].

Podle průběhu smykových ploch členíme sesuv půdy na asekventní, konsekvntní a insekventní. Asekventní sesuvy se tvoří ve stejnorodých soudržných zeminách. K pohybu dochází po zakřivených smykových plochách, zhruba tvaru rotačního válce. U konsekvntního typu sesuvu nastává pohyb po plochách vrstevnosti nebo jiných predisponovaných plochách nakloněných po svahu. Insekventní sesuvy probíhají napříč vrstvami, jsou zpravidla velkých rozměrů a smykové plochy zasahují hluboko do svahu [22].

### **2.1.4 Nedostatek vody způsobený suchem**

#### **Sucho**

Sucho lze definovat jako prodloužené období, ve kterém je úroveň dešťových srážek nižší než obvyklý průměr v určitém regionu. To může vést k dlouhodobému vyčerpání podzemních vod a omezení růstu nebo odumírání zemědělských plodin [32].

Sucho je časový úsek, během něhož jsou na určitém území v daném časovém období výrazně nižší průměrné srážky. Voda se následně stává nedostatkovou komoditou, která omezuje průmyslové odběratele, zemědělce i volně žijící živočichy [33].

Sucho je často označováno jako „plíživý fenomén“ jehož důsledky se liší region od regionu. Sucho vzniká jako souhra přírodních faktorů (méně srážek), životních potřeb obyvatelstva (pitná voda) a účelové potřeby vody (průmysl, JE). Na sucho nelze nahlížet pouze jako na fyzikální jev.



Proto je sucho definováno koncepčně a operačně. Koncepční definice pomáhá lidem pochopit pojem sucha v obecné rovině, jako delší období s nedostatkem srážek, které má za následek škody v zemědělství a následně ztrátu zisku. Operativní definice pomáhá definovat začátek, závažnost a konec sucha v různých odvětvích lidské činnosti. Pro definování je zapotřebí získat dlouhodobá data z daného oboru (zemědělství, meteorologie) [34].

Sucho představuje dočasný pokles průměrné dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev, pro který je charakteristický pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání, přičemž je možné rozlišovat sucho meteorologické, půdní, hydrologické a socioekonomické [35].

### **Meteorologické sucho**

Meteorologické sucho se projevuje dlouhodobým nedostatkem srážek. Jeho příčinou je primárně deficit srážek v určitém časovém období. Další negativní vývoj prohlubují ostatní meteorologické prvky, jako např. vysoká teplota, rychlost větru, nízká relativní vlhkost vzduchu [35].

Jedná se o hodnocení z hlediska klimatických a meteorologických vlastností, kdy dochází k narušení rozsáhlých globálních cirkulací v atmosféře [36].

Podle Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ) označované také jako klimatické sucho. Je nejčastěji definováno srovnáním srážkových poměrů aktuálního období k období dlouhodobému. Základním předpokladem identifikace možného klimatického sucha je porovnání hodnot vybraných klimatických prvků (srážek a evapotranspirace) dosažených v aktuálním období a v dlouhodobém průměru [37].

### **Půdní sucho**

Je způsobeno výskytem sucha meteorologického a je charakterizováno dlouhodobějším nedostatkem vody v půdě a její nedostupností, která rostliny limituje v jejich normálním růstu a vývoji [35].

Půdní sucho lze obecně definovat jako nedostatek vody v kořenové soustavě půdního profilu, který způsobuje poruchy ve vodním režimu zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. V důsledku půdního sucha vzniká zemědělské sucho. Intenzita a dopady zemědělského sucha jsou ovšem kromě vlastního deficitu vody v půdě ovlivňovány řadou dalších faktorů biologických (momentální stav porostů, odolnost jednotlivých odrůd vůči suchu), technických (způsob zpracování půdy, úroveň zemědělských strojů) i ekonomických (využití závlah) [33] [37].

### **Hydrologické sucho**

Hydrologické sucho se vyskytuje zpravidla v průběhu nebo ke konci déletrvajících období, ve kterém se neobjevily kapalně ani smíšené srážky. Pro povrchové toky je hydrologické sucho charakteristické určitým počtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců i roků s výskytem nízkých průtoků vzhledem k měsíčním nebo ročním normálovým hodnotám [35].

Hydrologické sucho vzniká následkem nedostatku srážek a projevuje se jako nedostatek zdrojů povrchových a podzemních vod. Nedostatek srážek se v podzemní části hydrologického cyklu projevuje s určitým zpožděním [33] [37].

### **Socioekonomické sucho**

O socioekonomickém suchu se hovoří v případech, kdy je intenzita nebo délka sucha natolik závažná, že má přímý vliv na obyvatelstvo (snížení dostupnosti zdrojů pitné vody) a ekonomiku země (ohrožení zemědělské výroby v masivním měřítku, narušení výrobně obchodních vztahů). Jde o sucho s potenciálním dopadem na životní prostředí, lidské potřeby a kvalitu života [36].

*Socioekonomické sucho je definované pomocí ekonomických ukazatelů, kdy poptávka po nejrůznějších produktech a službách nemůže být uspokojena v důsledku nedostatku vody. Bývá vyvoláno meteorologickým, agronomickým nebo hydrologickým suchem, podstatnou roli však hrají i antropogenní faktory, jako rychlost socioekonomického vývoje, vodohospodářská opatření apod. [38].*

### **Indikátory sucha**

Indikátory jsou nepostradatelným nástrojem k detekci, sledování a hodnocení epizod sucha. Reprezentují vztah mezi pozorovanými hodnotami sledované veličiny a jejich dlouhodobými normálami. Jejich účelem je zprostředkovat popis a mapování případů sucha [35] [39].

### **Minimální zůstatkový průtok**

Podle vodního zákona se jím rozumí *průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s vodami a ekologické funkce vodního toku* [40].

### **Evapotranspirace**

Evapotranspirace je fyzikální proces, kterým se voda z kapalného či tuhého stavu přeměňuje na vodní páru. Termín evapotranspirace vznikl spojením slov evaporace (výpar z půdního nebo vodního povrchu nezakrytého vegetací) a transpirace (výdej vody z vegetace). Vyjadřuje se jako vrstva vody v milimetrech, která se za určitý čas uvolní do atmosféry [33] [41].

### **Srážkový stín**

Za srážkový stín označujeme jev, kdy oblasti s vysokou nadmořskou výškou blokuje proudění vzduchu, který přináší dešťové srážky. Vlhký vzduch stoupá, sráží se a klesá, jako déšť na straně odkud přichází, takže vzduch, který dorazí na opačnou stranu horských oblastí, je suchý [42].

## **2.1.5 Krizové řízení**

### **Hrozba**

Pojmem hrozba se rozumí jakýkoli fenomén, který má potenciální schopnost poškodit zájmy ČR. Hrozba může být přírodního nebo antropogenního původu [43].

Hrozba je synonymem k pojmu nebezpečí. V rámci jejího působení může způsobit ztráty na životech, zdraví, škody na majetku a životním prostředí. Užívá se obvykle ve vztahu k závažným nebezpečím [44] [45].

Pojem nebezpečí je prakticky stejně definovaný, jako pojem hrozba. Hrozba je užívána v souvislosti s bezpečnostní strategií a má spíše vojenský „nádech“. Proto se ztotožňuji s názorem, že pro účely práce je vhodnější použít pojem nebezpečí [52].

## **Riziko**

Riziko je pravděpodobná újma způsobená dotčené osobě (nositeli rizika), vyjádřená buď penězi, nebo jinými jednotkami (počtem lidských obětí) [46].

*Možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí. Riziko je vždy odvoditelné a odvozené z konkrétní hrozby. Míru rizika, tedy pravděpodobnost škodlivých následků vyplývajících z hrozby a ze zranitelnosti zájmu, je možno posoudit na základě tzv. analýzy rizik, která vychází i z posouzení naší připravenosti hrozbám čelit [43].*

Bezpečnostní rizika jsou jevy a procesy, které mohou přímo nebo nepřímo negativně působit na společnost, funkce státu nebo na občany ČR [47].

Riziko je pravděpodobnost vzniku nežádoucího specifického účinku, ke kterému dojde během určité doby nebo za určitých okolností a který se považuje z bezpečnostního hlediska za nežádoucí. Riziko je vždy spojeno s konkrétním typem nebezpečí [45] [48].

## **Mimořádná událost**

*Škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací [49].*

Mimořádná událost je blíže specifikována druhem a rozsahem škodlivého působení a objektem, který je jejím působením dotčen. Ke vzniku mimořádných událostí dochází nahodile. Jejich predikce je zatížena nejistotou [50].

Událost nebo situace vzniklá v určitém prostředí v důsledku živelní pohromy, havárie, nezákonnou činností, ohrožením kritické infrastruktury, nákazami, ohrožením vnitřní bezpečnosti a ekonomiky, která je obvykle řešena orgány a složkami bezpečnostního systému podle zvláštních právních předpisů [51].

## **Krizová situace**

*Mimořádná událost, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav, stav ohrožení státu nebo válečný stav. Jsou při ní ohroženy důležité hodnoty, zájmy či statky státu a jeho občanů a hrozící nebezpečí nelze odvrátit a způsobené škody odstranit běžnou činností orgánů veřejné moci, ozbrojených sil a ozbrojených bezpečnostních sborů, záchranných sborů, havarijních a jiných služeb a právnických a fyzických osob [53].*

Je časově a prostorově ohraničený průběh jevů a procesů, který nastane po narušení rovnovážného stavu společenských, přírodních a technologických systémů. V důsledku jsou následně ohroženy životy lidí, životní prostředí, ekonomika, duchovní a hmotné hodnoty státu nebo regionu a jeho obyvatel. Dále může být narušeno i fungování institucí veřejné správy. Jde o situaci, která svým charakterem, negativními účinky a rozsahem vážně naruší hospodářský nebo společenský chod územního celku, státu, nebo konkrétního subjektu [54].

Některé mimořádné situace mohou dosáhnout takových rozměrů, že k jejich zdolání nestačí předurčené zdroje sil a prostředků daného územního celku. Pro rychlejší a snadnější získání dalších zdrojů potřebných ke zvládnutí situace je nutné vyhlásit některý z krizových stavů. Aktem vyhlášení některého z krizových stavů se z mimořádné situace stává krizová situace. V roce 2016 byla, v rámci požadavků EU v oblasti preventivních aktivit, vypracována již druhá Analýza hrozeb pro Českou republiku (Příloha 1). První analýza hrozeb vyšla již v roce 2002 pod názvem Přehled typů krizových situací [50].

## **Krizové řízení**

*Souhrn řídicích činností orgánů krizového řízení zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik a plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a jejich řešením, nebo ochranou kritické infrastruktury [53].*

System opatření (souhrn vědeckých poznatků, odborných postupů, aplikačních nástrojů, rozhodovacích a technologických opatření apod.) ke zvládnutí mimořádných nebo krizových situací, a to pracovníky státní správy a samosprávy nebo manažery odpovídajícími za určitou oblast nebo výrobu v domácím i mezinárodním měřítku.

Krizový management je brán jako běžná součást života, která je uplatňovaná při řešení preventivních opatření ke zvládnání mimořádných nebo krizových situací a při zvládnání v případech když nastanou [1].

### **Krizové plánování**

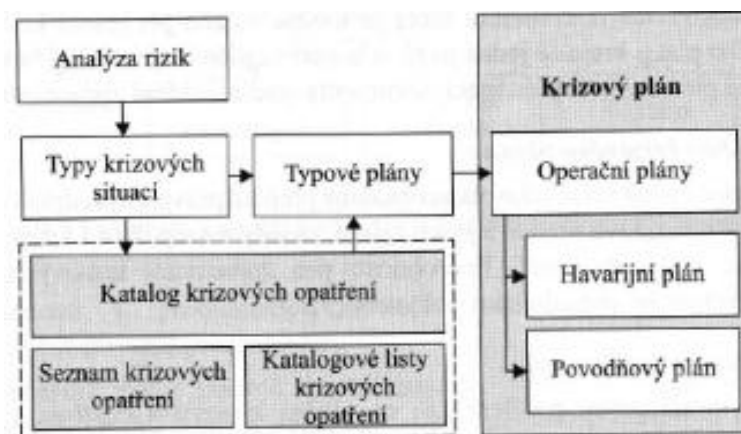
*Krizovým plánováním se rozumí ucelený soubor postupů, metod a opatření, které věcně příslušné orgány a určené subjekty užívají při předcházení, přípravě a odezvě na činnosti v krizových situacích [55].*

Výstupem krizového plánování je pak krizový plán nebo plán krizové připravenosti. Krizový plán je základním plánovacím dokumentem obsahujícím souhrn krizových opatření a postupů k řešení krizových situací. Jeho účelem je vytvořit podmínky pro zajištění připravenosti na krizové situace a jejich řešení pro orgány KŘ a další dotčené subjekty [44].

V oblasti krizového plánování se zejména odvíjí informační příprava na krizové situace. Příprava probíhá hlavně tvorbou plánovací dokumentace (krizové plány, plány krizové připravenosti) [50].

Krizové plánování je soubor postupů, metod a opatření, které se užívají při přípravě na činnosti v krizových situacích a k minimalizaci možných zdrojů krizových situací a jejich škodlivých následků.

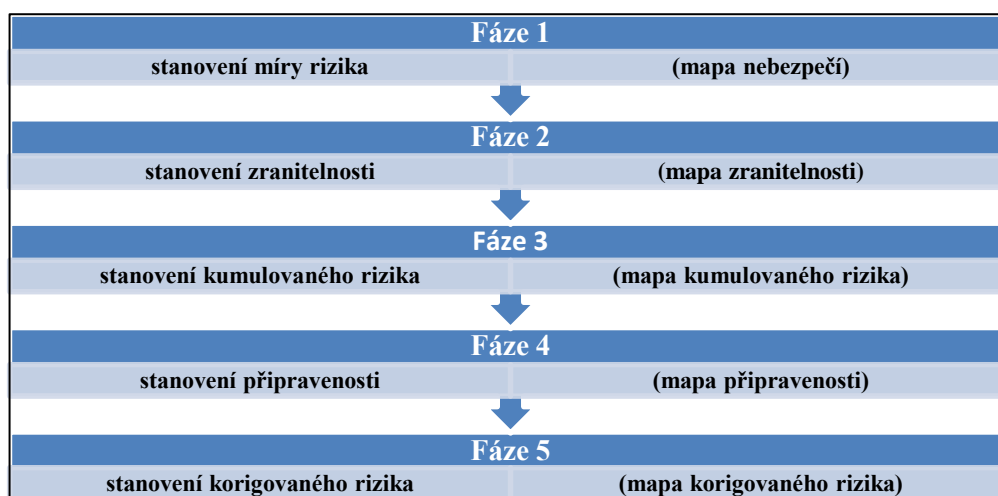
*Schéma 3 - Koncept krizového plánování v ČR [50]*



## Mapování rizik

Jedná se o důležitý nástroj vizualizace informací o nebezpečí, náchylnostech a rizicích v konkrétní oblasti. Výstupem metody mapování rizik se stávají mapa rizik, mapa zranitelnosti a mapa ohrožení. Mapy vykreslují stupně rizik v dané oblasti. Z pohledu krizového plánování je mapování rizik vhodným zdrojem dat při tvorbě krizových plánů kraje. Poukazuje na slabá místa v rámci územního celku a usnadňuje proces rozhodování o plánovaných opatřeních [44] [52].

Schéma 4 – Fáze mapování rizika [52]



## 2.2 Legislativa a doporučení

### 2.2.1 Legislativa týkající se GIS

**Nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání**

Nařízení stanovuje, jaké druhy map spadají pod státní mapová díla. Jedná se o katastrální mapy, Státní mapu v měřítku 1:5000, základní mapu ČR v různých měřítcích, topografickou mapu v různých měřítcích a Vojenskou mapu ČR v různých měřítcích. V § 4 je uvedeno, že pro potřeby KŘ a IZS se mohou využít všechna státní mapová díla [56].

## **Zákon č. 240/2000 Sb., Zákon o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)**

Zákon ve IV. hlavě obecných ustanovení v § 26 o zabezpečení informačních systémů krizového řízení (ISKŘ) uvádí pravidla, která musí systémy splňovat. Jedná se o bezproblémový přenos informací nadřízeným, podřízeným a spolupracujícím orgánům KŘ. Dalším pravidlem kladeným na ISKŘ je odolnost technického a programového vybavení v obtížných podmínkách.

Jednotnost geografických podkladů je určena § 26a. V rámci zákona je stanoveno, že geografické podklady musejí efektivně spolupracovat na národní i mezinárodní úrovni. Dále rozšiřuje geografické podklady, kromě státních mapových děl, i o další geografické produkty použitelné pro zajišťování obrany státu [53].

### **2.2.2 Legislativa týkající se zemětřesení**

V problematice zemětřesení česká legislativa moc zdrojů neposkytuje. Důvodem je fakt, že ČR leží v seismicky klidné oblasti. Podloží, na kterém se Česká republika (dále jen ČR) rozprostírá, není zatíženo žádnými významnými tektonickými zlomy. Otřesy, které se v ČR vyskytují, pocházejí z oblasti Karpat a z oblasti Alp.

### **Vyhláška č. 215/1997 Sb., o kritériích pro umístování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření**

Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost se zabývá hlavně posouzením vhodnosti vybrané lokality při umístování jaderných zařízení a pracovišť s velmi významnými zdroji ionizujícího záření. V rámci vylučujících kritérií umístování, uvádí §4 i skutečnosti seismické aktivity a zemětřesení (např. dosažení nebo překročení hodnoty intenzity maximálního výpočtového zemětřesení 8 ° MSK-64 na pozemcích předpokládaného umístování, výskyt zón pohybové a seismicky aktivních zlomů se současnými deformacemi povrchu území) [57].

### **Typový plán v působnosti Ministerstva vnitra - Silné zemětřesení**

Cílem plánu je poskytnout základní informace o zemětřesení na území ČR a popis činností při koordinovaném postupu složek IZS. Dokument z roku 2010 se dále zmiňuje o nejvíce ohrožených místech celé ČR. Vychází při tom z mapy očekávané maximální intenzity zemětřesné činnosti pocítěné na území ČR (Příloha 2) [19].



## **Česká státní norma EN 1998-1 (730036) Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení**

V konečné verzi má dokument šest částí, postupně schválených v letech 2004 až 2008. V našich podmínkách je uplatnitelná a dosud přeložená pouze první část normy - Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby. První část definuje základní pojmy a požadavky na seizmickou bezpečnost pozemních staveb, charakter a velikost seizmických zatížení v návaznosti na mapu seizmických oblastí ČR. Právě mapa seizmických oblastí ČR je využívána při analýze rizik, kdy míra rizika odpovídá tzv. efektivnímu špičkovému zrychlení<sup>1</sup> [58] [59].

### **2.2.3 Legislativa týkající se nestabilit terénu**

#### **Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu**

Zákon pověřuje Ministerstvo životního prostředí k vymezení území se zvláštními podmínkami geologické stavby. Ústřední správní úřad v tom případě vymezí území, kde mohou stavební úřady vydat územní rozhodnutí pouze na základě jeho závazného stanoviska. Jedná se o případy míst s předpokládanými ložisky nerostů nebo se zvlášť nepříznivými inženýrskogeologickými poměry [60].

#### **Vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek**

Vyhláška člení průzkum geologických prací do 3 etap (vyhledávání, průzkum a podrobný průzkum) podle zkoumaného objektu nebo procesu. V rámci inženýrskogeologického průzkumu se u sesuvných území zkoumají i možné příčiny vzniku geomechanických jevů a procesů. Dále definuje pojem rizikový geofaktor. Rozumí se jím přírodní stavy nebo procesy v horninovém prostředí, které mohou znamenat významné přírodní riziko pro člověka a jeho činnosti. Příloha vyhlášky blíže popisuje, které jevy jsou považovány za rizikové geofaktory životního prostředí. Jedním z faktorů jsou i svahové pohyby a řícení skal [61].

---

<sup>1</sup> Ohrožení uvnitř každé seizmické oblasti se považuje za konstantní. Většinou je ohrožení popsáno jedním parametrem – hodnotou špičkového zrychlení. Rozlišuje se podle typu podloží. V našich podmínkách se jedná o typ A (skalní horninový masiv nebo geologická formace typu skalních hornin při nadloží z měkčího materiálu v max. mocnosti do 5m) [58].

## 2.2.4 Legislativa týkající se nedostatku vody způsobené suchem

### **Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)**

Hned v úvodu si zákon dává za cíl, kromě ochrany povrchových a podzemních vod společně s ochranou před povodněmi, i snižování nepříznivých účinků sucha. Za zájmy uvádí ochranu vod jako složky životního prostředí, snížení nepříznivých účinků povodní a sucha, udržitelné užívání vodních zdrojů.

Druhy plánů povodí jsou uvedeny v § 24. Člení se do třech úrovní, mezinárodní plány povodí, národní plány povodí a dílčí povodí. Přičemž jedním ze stanovených cílů národních plánů povodí jsou i opatření ke snížení nepříznivých účinků povodní a sucha.

Následně dodatečně vložený § 28a uvádí možnost ochrany daného území před stavebními aktivitami. Dále odkazuje na Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území [40].

### **Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území**

Generel stanovuje soubor lokalit vhodných pro rozvoj vodních zdrojů. Plochy těchto lokalit jsou morfologicky, geologicky a hydrologicky vhodné pro akumulaci povrchových vod a mohou sloužit jako jedno z adaptačních opatření pro případné řešení dopadů klimatické změny v dlouhodobém horizontu (v příštích 50 - 100 letech), především pro zajištění zdrojů pitné vody a snížení nepříznivých účinků povodní.

Dokument uvádí 65 lokalit rozdělených do dvou kategorií A/B, dle jejich vodohospodářského významu, s přihlédnutím k veřejnému zájmu zajištění pitné vody pro velké aglomerace. V podstatě jde o ochranu vybraných území před možností jejich zatížení stavbami, jinými než pro realizaci vodních nádrží [62] [63].

### **Koncepce pro zmírnění dopadů sucha a nedostatku vody**

Koncepce vznikla v důsledku evropských požadavků i s ohledem na dosud pozorované změny klimatu. Jejím cílem je sjednotit terminologii v oblasti sucha a nedostatku vody, připravit prostor pro vytvoření Plánů pro zvládání sucha a také minimalizovat dopady sucha na lidské životy a zdraví, životní prostředí, ekonomiku a společnost [35].

## **Typový plán – Narušení dodávek pitné vody**

Na začátku plánu jsme seznámeni se stručným popisem situace a jejím výskytem na území ČR. Plán definuje pojem nouzové zásobování vodou, příčiny vzniku a trvání krizové situace a možné scénáře dalšího vývoje. V další části zpracovatel uvádí výčet dopadů na obyvatelstvo, životní prostředí, ekonomiku a sociální služby. Následně plán formuluje postupy, zásady a opatření pro řešení krizové situace. Jednou z oblastí jsou i opatření s ohledem na možný vznik extrémního snížení hladin v důsledku extrémního sucha a extrémní zhoršení kvality vody ve vodních zdrojích [19].

### **2.2.5 Legislativa týkající se krizového řízení**

#### **Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)**

Zákon stanovuje působnost a pravomoc státním orgánům, orgánům územních samosprávních celků a právnickým a podnikajícím osobám. Vytyčuje kompetence vlády, která v případě vyhlášení krizových stavů může vyhlášovat krizová opatření [53].

#### **Nářizení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení zákona o krizovém řízení**

Tato norma se zabývá obsahem činností a složením bezpečnostní rady a krizového štábu kraje a obce s rozšířenou působností. Dále formuluje způsob zpracování a náležitosti krizového plánu [65].

#### **Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů**

Zákon vymezuje IZS, stanovuje jeho základní a ostatní složky a určuje jejich působnost. Dále vymezuje působnost a pravomoc státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků. Upravuje práva a povinnosti právnických a fyzických osob při přípravě na mimořádné události, záchranných a likvidačních pracích [49].

#### **Vyhláška Ministerstva vnitra č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva**

Důležitou částí vyhlášky je způsob informování právnických a fyzických osob o charakteru možného ohrožení, připravovaných opatřeních a způsobu jejich provedení. Vyhláška obsahuje i způsob provádění evakuace a jejího zabezpečení [66].

## **Vyhláška Ministerstva vnitra č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému**

Vyhláška určuje zásady a úrovně koordinace složek IZS při společném zásahu. Věnuje se zásadám spolupráce OPIS základních složek, která vyhodnocují a předávají informace základním složkám IZS. Stanovuje a popisuje stupně poplachů IZS a zásady a způsob zpracování, schvalování a používání havarijního plánu kraje a vnějšího havarijního plánu [67].

## **Nařízení vlády č. 463/2000 Sb., o stanovení pravidel zapojování do mezinárodních záchranných operací, poskytování a přijímání humanitární pomoci a náhrad výdajů vynakládaných právními osobami a podnikajícími fyzickými osobami na ochranu obyvatelstva**

Nařízení upravuje pravidla zapojování do mezinárodních záchranných operací. Další oblastí, kterou právní předpis upravuje, jsou pravidla poskytování a přijímání humanitární pomoci [68].

## **Zákon č. 12/2002 Sb., o státní pomoci při obnově území a změna zákona o pojišťovnictví (zákon o státní pomoci při obnově území)**

Zákon stanovuje zásady pro poskytnutí státní finanční pomoci při obnově území postiženého živelní nebo jinou pohromou (mj. při svahových nestabilitách). Zásady poskytnutí státní pomoci při mimořádných událostech uvedené formulují komu a za jakých podmínek bude poskytnuta státní pomoc [64].

## **2.3 Získávání a sběr dat**

Obecně je získávání důležitých dat pro potřeby HZS ČR problematickou oblastí. V dnešní době jsou informace považovány za nejcennější zdroj konkurenceschopnosti na trhu. Každá firma a instituce střeží své informace a „know-how“. Pro tvorbu databází jsou užity smluvně ošetřené podklady – digitální a analogové mapy státních mapových služeb, krajských úřadů a dalších spolupracujících firem [7].

Právě ona neochota a nedůvěra brání kvantitativně a kvalitativně lepšímu množství dat v GIS. V kapitole se budeme pohybovat od obecných ke konkrétním metodám získávání dat. Volba způsobu pořizování dat závisí na požadavcích přesnosti, měřítku mapy, rozsahu mapovaného území, časovém omezení a ekonomických možnostech. Zdroje dat tvoří tři skupiny, ze kterých je možné data čerpat. Jedná se o tištěná data, tedy informace získané ve formě psaných, kreslených nebo tištěných dokumentů. Dále se jedná o digitální data, což jsou prostorová data, určená pro zpracování v počítači. Patří sem souřadnicové informace, seznamy objektů a jejich vlastností (atributů), družicové snímky v digitální podobě. Třetí skupina spočívá v mapování terénu pomocí geodetických měření. V případě geodetických měření se shromážděné údaje přepisují do počítače. Jedná se o nejpřesnější, nejdokonalejší ale také nejpracnější způsob získávání prostorových dat [10].

### **2.3.1 Mapa**

Do doby rozšíření GIS nejčastěji používaným zdrojem prostorových dat. Jedná se o stálý a srozumitelný způsob vizualizace geografických údajů. Díky digitalizaci<sup>2</sup> se může stát zdrojem digitálních dat. Rozlišujeme manuální digitalizaci a digitalizaci skenováním [10].

### **2.3.2 Globální družicový polohový systém (Global Navigation Satellite System) GNSS**

Jedná se o službu, pomocí které dokážeme určit polohu kdekoliv na Zemi. Služba využívá systém družic umístěných na oběžné dráze Země. Pro určení polohy je nutné mít elektronický rádiový přijímač (v dnešní době součást mobilních telefonů). Na základě odeslaných signálů z družic je možné určit polohu. Nejznámějšími představiteli globálního družicového polohovacího systému jsou americký systém GPS a evropský projekt Galileo [4] [69].

---

<sup>2</sup> Digitalizace je postup, kterým se polohové údaje z mapy, leteckých či družicových snímků, z plánů a dalších podkladů převádějí do číselného tvaru. Takto upravená informace je možné dále využít jako zdroj dat pro GIS [10].

## **Globální polohovací systém**

Důvodem vzniku globálního polohovacího systému (GPS) byla snaha Spojených států amerických o přesné zaměření jaderných ponorek v době studené války. V roce 2000 byla zrušena záměrná chyba, která v signálu civilního sektoru uměle snižovala přesnost určení polohy [4][69].

Systém GPS tvoří kosmický, monitorovací a řídicí a uživatelský segment. Kosmický segment tvoří celkem 32 satelitů. Satelity poskytují kontinuální, globální navigační a polohovací technologie za všech povětrnostních podmínek. Satelity obíhají v 6 dráhových rovinách. Každou rovinu zastupuje 4-5 satelitů, které oběhnou Zemi za přibližně 12 hodin. Cílem je zajistit viditelnost vždy alespoň na minimálně 4 satelity. Monitorovací a řídicí segment tvoří pozemní stanice rozmístěné podél rovníku. Stanice přijímají signály z družic, analyzují je a v případě potřeby vysílají příkaz ke změně polohy satelitu. Uživatelský segment tvoří koncoví uživatelé GPS, těm slouží systém jednak k navigaci a jednak k měření a polohování [4][69].

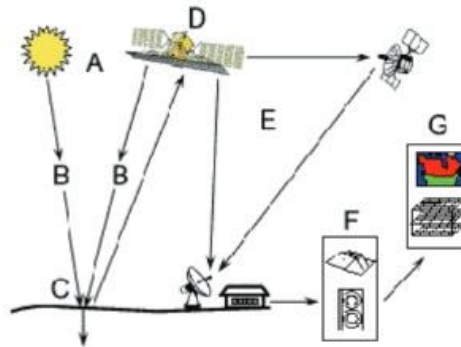
## **Navigační systém Galileo**

Projekt EU pojmenovaný podle známého vědce Galilea Galileiho, je evropským autonomním globálním družicovým polohovacím systémem. Jeho výstavbu zajišťují státy EU skrze Evropskou kosmickou agenturu a další instituce. Projekt zatím stále není kompletní. Celý systém navigace by mělo zajišťovat celkem 30 družic. V současné době se na oběžné dráze nachází 10 družic, které poskytují první omezené služby. Celý projekt by měl být plně funkční na přelomu roku 2019 / 2020 [4] [10] [69].

### **2.3.3 Dálkový průzkum Země**

Dálkovým průzkumem Země rozumíme schopnost získávat užitečné informace o objektech, plochách nebo přírodních jevech prostřednictvím snímků pořízených měřeními na dálku, zpracováním a analýzou těchto dat. Při získávání dat jsou využívána zařízení, která se zkoumanými objekty, plochami nebo jevy nejsou v přímém kontaktu (družice, letadla) [4] [7].

*Schéma 5 – Princip fungování DPZ  
[70][4]*



1. Zdroj elektromagnetické záření (A nebo D) - první krokem pro dálkový průzkum Země je zdroj přírodního nebo umělého elektromagnetického záření, který ozařuje předmět zájmu.
2. Atmosféra (B) – elektromagnetické záření prochází nadvrát atmosférou. Jednou při ozařování a podruhé při odrazu energie od objektu zájmu.
3. Interakce s objektem zájmu (C) – při ozáření objektu zájmu dochází k interakci s objektem.
4. Zaznamenání energie senzorem (D) - odraženou energii od objektu zájmu je nutné zaznamenat pomocí senzoru.
5. Přenos, příjem a zpracování (E) – informace zaznamenané senzorem jsou přeneseny do stanice, kde dochází k jejímu zpracování do použitelné podoby (obraz).
6. Vyhodnocení a analýza (F) – obraz je vyhodnocen a jsou získány vizuální nebo digitální informace o objektu zájmu.
7. Aplikace (G) – konečná fáze DPZ, kdy dokážeme získanou informaci využít k řešení dalších úkolů [70].

### **2.3.4 Centrální datový sklad**

Vývoj a fungování GIS v oblasti hasičského záchranného sboru se blíží k 20 letům. Prvním impulsem pro aktivní rozvoj GIS byla realizace projektu Telefonního centra tísňového volání TCTV 112. O výstavbě systému bylo rozhodnuto v roce 2001 a důležitou součástí systému měly být také digitální mapové podklady. V prvopočátcích bylo nutné, ale také obtížné, sehnat a personálně obsadit místa specialistů přes GIS. Jednotliví odborníci spolu nespolupracovali, byli rozmístěni po celé republice, zařazeni na rozdílných organizačních stupních a měli různé zkušenosti a priority.

Právě chybějící řád a ucelený náhled na problematiku vedl v roce 2003 Generálního ředitele HZS ČR k sestavení Komise GIS HZS ČR [71] [72].

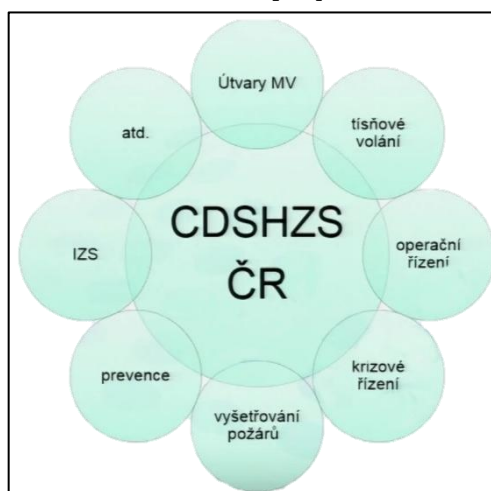
### **Komise GIS HZS ČR**

Komise byla zřízena jako koordinační orgán HZS ČR pro posuzování návrhů rozvoje, koordinaci tvorby a provozování GIS u HZS ČR. Funguje jako poradní orgán složený z odborníků nejen na poli GIS. Už při řešení množství otázek a problémů ohledně získávání, formátu a zobrazování dat, došla komise k závěru, že sebelepší IS bez centrální správy dat by byl jen těžko realizovatelný. Z tohoto poznání došlo ke zřízení a následnému budování Centrálního datového skladu v Institutu ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč [71] [72].

### **Centrální datový sklad**

Centrální datový sklad byl založen roku 2005 v IOO LB. Sklad slouží přednostně k tvorbě mapových podkladů HZS ČR, plní funkci bezpečného úložiště geografických dat pro operační řízení HZS krajů, základních složek IZS a MVČR a k provádění analýz.

*Schéma 6 – Oblasti zásobené daty z CDS [71]*



Na tomto pracovišti dochází k úpravám geografických dat do stanoveného jednotného datového modelu, jejich verifikaci, začištění a atributovým úpravám. Úpravy dat jsou velmi zásadní činností, je totiž potřeba si uvědomit, že pracovníci GIS HZS ČR vytvářejí speciální mapy pro potřeby mateřské organizace i celé IZS, které jsou svým tematickým obsahem nenahraditelné [71].



V současné době disponuje CDS daty od více než 20 poskytovatelů. Celkový objem dat uložených v CDS včetně záloh a historie přesahuje 1 TB<sup>3</sup>. Zejména se jedná o data veřejné správy a některých komerčních dodavatelů. Jejich přehled je pro úplnost znázorněn v následující tabulce 1.

Tab. 1 – Obsah datového skladu

Název dodavatele dat	Počet vrstev	Počet vrstev využitých ve vizualizačním projektu
ČÚZK	140	97
ČSÚ	40	3
ČD	4	2
ŘSD	14	1
VÚV	51	5
CEDA	16	
Telekomunikační společnosti	12	
ÚHÚL	70	
ČEPS	5	
RWE	15	
SŽDC	3	1
Česká pošta	2	2
PČR	15	
ZZS	1	
JEDU	10	
JETE	17	
SHOCART	4	
AČR	70	
Správa CHKO	5	
Eltodo	1	
Ministerstvo zdravotnictví	1	1
Ministerstvo školství	1	1
Řízení leteckého provozu	5	

Jedním z hlavních poskytovatelů je především Český úřad zeměměřický a katastrální, který poskytuje pro HZS zcela zásadní data jako ZABAGED<sup>4</sup>, Ortofoto ČR<sup>5</sup> a GEONAMES<sup>6</sup>[71] [72].

<sup>3</sup> TB neboli terabyte je jedna z jednotek kapacity paměťových médií. Jedná se o 1024 GB.

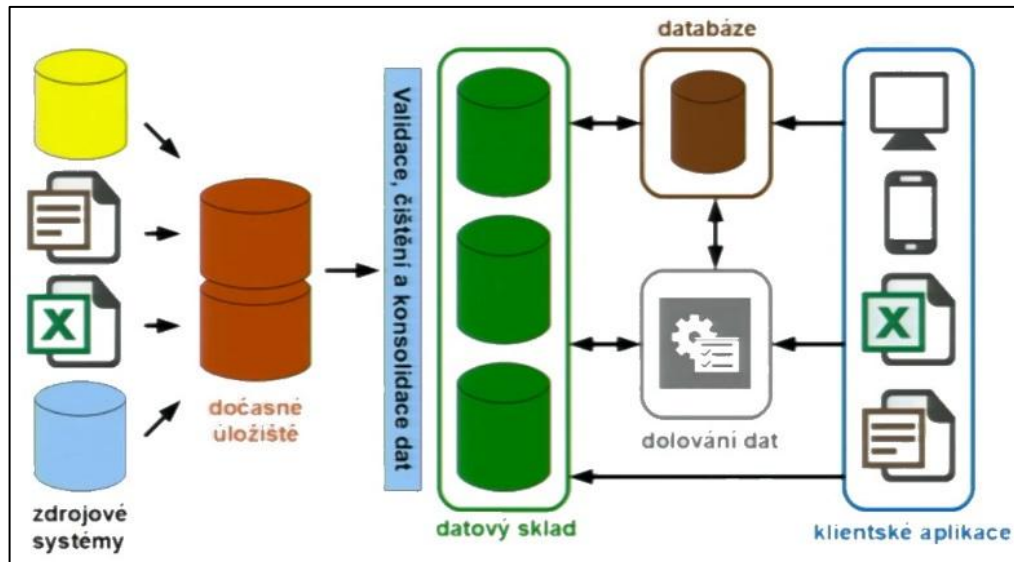
<sup>4</sup> Základní báze geografických dat, která slouží jako digitální model území ČR.

<sup>5</sup> Ortofoto představuje periodicky aktualizovanou sadu barevných leteckých snímků ČR.

<sup>6</sup> Databáze geografických jmen ČR řešící pomístní názvosloví.

Distribuce dat z CDS pro složky IZS a další probíhá v rámci celé ČR na základě jednotného datového modelu. Jednotnost dat je nutným předpokladem pro funkčnost celého systému v rámci spolupráce krajů.

Schéma 7 – Zpracování dat v CDS [71]



Data do CDS přichází od dodavatelů v různých formátech. Jedná se o soubory shapefile (shp), tabulky Excel (xls) a u vyspělejších dodavatelů i geodatabáze od společnosti ESRI.

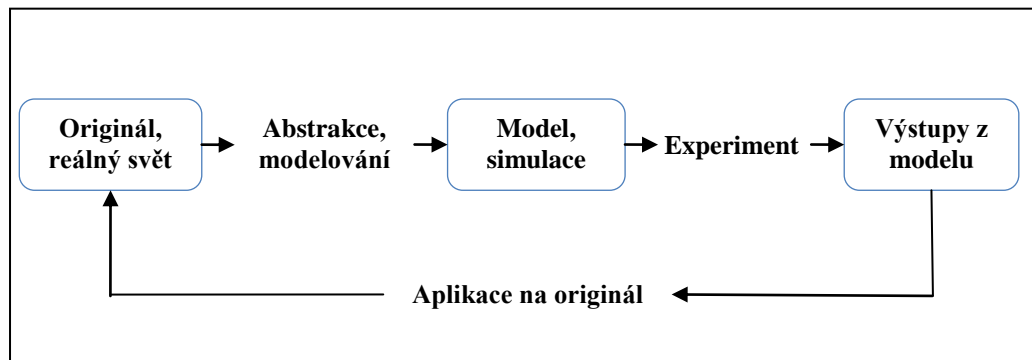
Tato data jsou uložena do dočasného úložiště, kde jsou upravena, verifikována, začištěna a zpracována, tak aby vyhovovala jednotnému datovému modelu v rámci HZS ČR. Samotná data při zpracování vyžadují velkou pozornost s ohledem na atributovou část, kde dochází k přiřazení a dopočítání různých vazebných položek s cílem jejich maximálního využití.

V poslední fázi jsou data přesunuta do databázového úložiště nazvaného „datový sklad“ pomoci tzv. „datové pumpy“. Zde se již nachází data zpracovaná, vyčištěná, v přesně odpovídajících datových modelech. Takto upravená a uložená data jsou připravena pro distribuci do jednotlivých systémů HZS ČR v předepsaných distribučních periodách, dále jsou využívána k publikování ve formě webové služby a v neposlední řadě slouží k provádění různých prostorových analýz [71] [72].

## 2.4 Software využívající geografické informační systémy

Modelování obecně umožňuje získání výsledků, které můžeme následně podrobit další analýze. V modelové situaci jsou vytvářeny vztahy mezi objekty na základě analogie.

Schéma 8 – Postup modelování [54]



Scénáře živelních pohrom, havárií nebo zásahu jsou procesními modely. Jejich tvorba má za cíl vytyčit oblasti, kterým je potřeba věnovat pozornost [54].

Geografické informační systémy se ve spojení s modelovými nástroji staly cenným pomocníkem pro KŘ. V našich podmínkách jsou, nejlépe prozkoumané a v zákoně ošetřené problematiky povodní a úniku nebezpečných chemických látek. Zvláště pro detailní modelování úniků nebezpečných látek a následků požárů, výbuchů nebo šíření toxických mraků lze využít celé řady softwaru.

Některé programy jsou volně dostupné na internetu, další jsou komerčními produkty významných společností zabývajících se analýzou rizik. Problematikou analýzy rizika území se zabývá tuzemský software SFERA [52] [73].

### 2.4.1 Povodně

#### VLNA

Software je vhodným nástrojem pro stanovení výšky čela záplavové vlny v závislosti na vzdálenosti od vodního díla a charakteru terénu. Model je vhodný spíše pro orientační analýzy v případě zvláštních povodní (větších vodních děl) a členitějšího terénu.

V návaznosti na výsledky lze provést vizualizaci v prostředí MaGIS Professional Studio. Pomocí GIS lze zobrazit 3D model zasaženého území a profilu terénu podél vodního toku [74] [75].

### **POSIM**

Program se cíleně zaměřuje na povodně, které každoročně ohrožují ČR. Aplikace slouží pro demonstraci a modelování stavů a důsledků povodní. Následná vizualizace a promítnutí do mapových podkladů je možná na základě jednoduché prohlížečky povodňových map instalovaných v systému. Mapové podklady lze do systému jednoduše implementovat. Přidávat a analyzovat tak lze libovolné povodí nebo řeku.

Model nabízí dva základní režimy provozu. Aktuální stav, který zobrazuje aktuální povodňovou situaci vybraného území na základě dat o stavech a průtocích příslušných měrných profilů. Simulaci, kde se zobrazuje námi uměle vytvořená data průtoku a jejich důsledky [76].

### **POVIS**

Software tvoří ucelenou informační základnu o průběhu povodňových událostí včetně možnosti převodu dat do digitálních povodňových plánů. Výstupem programu jsou mapy povodňového nebezpečí a povodňového rizika.

Systém tvoří tři základní moduly. Prvním je digitální povodňový plán, který shromažďuje informace do jednotné databáze. Databáze umožňuje zpracování map se zobrazením objektů ohrožujících jakost vod, míst s rizikem vzniku přívalových povodní nebo hlásných profilů. Dalším je editor dat, který umožňuje aktualizaci, změnu nebo přepracování dat uložených v databázi. Posledním je tzv. digitální povodňová kniha, která funguje jako webová, lokální aplikace. Slouží k tvorbě reportů dokumentace činnosti povodňových komisí na všech úrovních řízení [77].

### **MIKE FLOOD**

Jedná se o programový nástroj určený pro modelování povodní. Aplikace může být využita pro simulaci záplav způsobených řekami a vlnobitím v pobřežních oblastech nebo záplavové vlny způsobené poškozením vodního díla.

Pro znázornění rozvoje modelu povodně a mapování inundačního území jsou využívány GIS. Díky možnosti použití GIS, lze software aplikovat i k výpočtu vzniklých škod na majetku v důsledku povodně [74] [75].

### **Risk-EOS**

Projekt Risk-EOS využívá informace a data z evropského programu dálkového průzkumu Země - Copernicus. Služba KŘ v programu Copernicus poskytuje povodňové mapy a mapy lesních požárů vytvořené na podkladu satelitních dat. Podpora KŘ je poskytována ve dvou režimech. Urgentní režim slouží pro rozhodování bezprostředně při krizové situaci. Podpůrný režim je využíván především pro dlouhodobou prevenci. Aktivovat službu mohou pouze oprávnění uživatelé, za ČR jím je Generální ředitelství HZS ČR [78] [79].

### **HAZUS**

Softwarový nástroj Hazards U. S. využívá GIS pro analýzu možných ztrát vzniklých v důsledku živelních pohrom. Odhady možných škod zahrnují fyzické poškození budov a kritické infrastruktury, ekonomické ztráty a sociální dopady na zasažené obyvatelstvo.

Model pro zemětřesení aplikuje systém posuzování seizmické odolnosti konstrukcí. Tento přístup umožňuje stanovit ekonomické ztráty vzniklé na průmyslových budovách, obytných domech nebo infrastruktuře.

Model pro povodně se využívá pro predikci vývoje povodňových vln. Aplikace umožňuje odhad poškození na všech typech staveb a komunikací [80].

### **HEC-GeoRAS**

Pomocí programu je možné provádět predikci vývoje ustálených a nestabilních toků. Program umožňuje do výpočtu zahrnout také pohyb splavenin. K modelaci vývoje toků jsou použita geometrická data, zjištěná běžným měřením [74] [81].

## 2.4.2 Nebezpečné chemické látky

### TerEx

Jde o nástroj pro modelování, simulaci a vyhodnocení dopadů úniku nebezpečné chemické látky, otravné látky nebo použití výbušného systému. V samotné databázi, která se postupem času aktualizuje, se nachází přes 120 nadefinovaných nebezpečných chemických látek.

Hlavními přednostmi této aplikace je velmi intuitivní ovládání, které je zvláště cenné při mimořádných událostech, které vyžadují rychlé a účinné prvotní řešení. Navíc nezahluje uživatele zbytečnými informacemi a své výsledky dokáže srozumitelně a rychle promítnout do mapových podkladů.

Program umožňuje vyhodnocení čtyř základních modelů úniku nebezpečných chemických látek [82].

Tab. 1 – Modely úniku NCHL v TerEx[82]

Model úniku NCHL	Popis modelu
TOXI	únik toxické NL - vyhodnocuje dosah a tvar oblaku, který je dán zvolenou koncentrací
VCE, UVCE	moduly vyhodnocují dosah působení vzdušné rázové vlny, vyvolané detonací látky se vzduchem
POOL FIRE, JET FIRE, FLASH FIRE A BLEVE	únik hořlavé nebezpečné látky – modely vyhodnocují velikost prostoru ohrožení osob plamennou zónou
TEROR	použití výbušnin – vyhodnocuje možné dopady detonace výbušných systémů, použité s cílem ohrozit okolí detonace

### ROZEX Alarm

Program umožňuje modelaci úniku NCHL, vytváření prognóz havarijních projevů a rychlé zobrazení potřebných informací pro zasahující složky IZS. Aplikace obsahuje databázi NCHL přibližně 8000 látek.

Generované následky chemické havárie lze vizualizovat do mapových vrstev. Výstupy pro komunikaci s GIS jsou generovány jako XML (GML) soubory. V datech jsou obsaženy všechny potřebné údaje k zobrazení výsledků výpočtu v mapovém podkladu (záleží na typu geografického systému u uživatele) [83].

V rámci projektu Informační systém pro podporu hodnocení domino efektů slouží komponenta ROZEX k matematickému modelování následků primárních i sekundárních událostí [84].

### **ALOHA Areal Locations of Hazardous Atmospheres**

Jedná se o počítačový program modelující rozptyl NCHL při chemické havárii. ALOHA je navržena, tak aby poskytovala výsledky přímo v průběhu havárie. Z toho důvodu představuje model kompromis mezi přesností a rychlostí výsledků.

Mezi klady aplikace patří minimalizace možných chyb při zadávání dat, implementovaná databáze vlastností NCHL, zónování ohrožených oblastí podle nebezpečí a možnost zobrazení výsledku v GIS [85] [86].

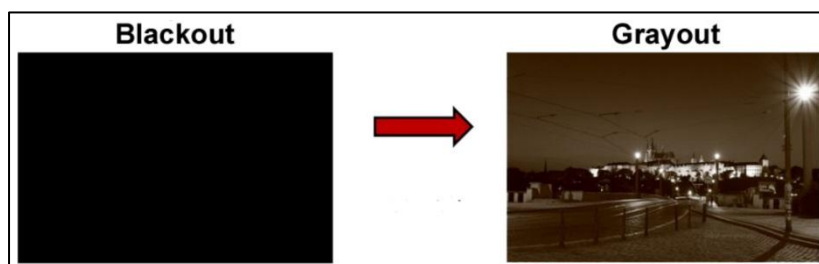
## **2.4.3 Blackout**

### **RESPO Analyzátor**

Aplikace je určena k proaktivnímu vyhodnocení a modelování situace, kdy dojde k plošnému narušení dodávek elektrické energie v území (Blackout).

Cílem programu je podpořit využití dostupné elektrické energie z místních decentralizovaných zdrojů pro zajištění bezpečného chodu území měst a obcí, a zamezit tak jejímu totálnímu výpadku. Namísto celkového výpadku elektřiny je ustaven a udržován „nouzový stav“ označovaný jako „grayout“<sup>7</sup>.

*Obrázek 3 – Rozdíl Blackout vs. Grayout [87]*

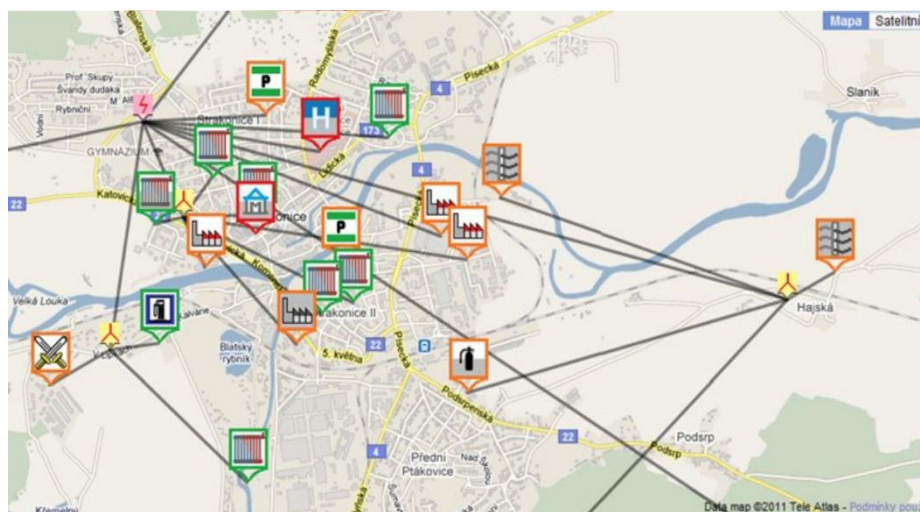


V rámci řešení situace je následně vytvořen tzv. krizový ostrovní provoz s řízenou výrobou a spotřebou energie podle priorit území.

<sup>7</sup> V rámci tohoto stavu dochází pouze ke snížení komfortu, „pohasnutí“ oproti stavu normálnímu.

V rámci modelu jsou do mapové vrstvy pro GIS přeneseny údaje o jednotlivých důležitých prvcích infrastruktury daného území [87].

*Schéma 9 - Krizový ostrovní provoz*



## 2.4.4 Sesuvy půdy

### Mapa svahové nestability

V našich podmínkách zajišťuje informace o svahových nestabilitách Česká geologická služba (dále jen ČGS). Organizace za účelem zobrazení nebezpečí spravuje webové stránky s mapou svahových nestabilit.

Stránky zajišťují volné a stálé on-line poskytování harmonizovaných, odborně zpracovaných a aktualizovaných údajů o nebezpečí porušení stability svahů (Příloha 3) [88].

### SHALSTAB (SHALlow STABility)

Program je určený pro modelování mělkých sesuvů na podkladě fyzikálních vlastností pláště. Výsledkem je stanovení množství srážek, na základě kterých dojde k sesuvu [89].

### SINMAP

Pro vytvoření modelu je nutné zadat množství vstupních dat. Jedná se o mechanické a hydraulické vlastnosti půdy, seznam zdrojových oblastí sesuvů a další. Výsledky modelování jsou prezentovány ve formě map - pravděpodobná stabilita vyjádřená jako index stability rozdělený do 6 tříd, graf výskytu sesuvů v závislosti na sklonu a specifické plochy povodí [90].



## 2.4.5 Nedostatek vody způsobený suchem

Data o dlouhodobé předpovědi úhrnu srážek vydávají dvě mezinárodní instituce.

### **The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)**

Jedná se o instituci, která jednou měsíčně vydává sezonní předpověď na čtyři překrývající se tříměsíční období. Předpověď je udávána pro rozličné meteorologické prvky (úhrn srážek, teplota vzduchu, tlak vzduchu, teplota povrchu oceánu). Předpověď možného vývoje sucha je vydávána formou mapy charakterizující pravděpodobnost podnormálních, normálních či nadnormálních hodnot meteorologických prvků.

### **The International Research Institute for Climate Prediction (IRI)**

Model dlouhodobého vývoje se týká pouze úhrnů srážek a teploty vzduchu. Získané výsledky jsou prezentovány formou mapy s pravděpodobností překročení podnormálních a nadnormálních úhrnů srážek [91].

## 2.5 Požadavky na obsluhu GIS HZS ČR

V rámci výběrových řízení na obsazení služebního místa komisař geografické informační služby byly stanoveny následující požadavky:

- minimální stupeň vzdělání: vyšší odborné nebo vysokoškolské v bakalářském studijním programu
- zaměření vzdělání: informatika nebo technické.

Náplní služebního místa byla koordinace programovacích prací na aplikačním programovém vybavení. Zpracovávání dílčího aplikačního programového vybavení s vazbou na hlavní aplikační programové vybavení a s vazbami na další databázové systémy nebo sítě.

Na pozice jsou vybíráni absolventi středoškolských a vysokých škol technických oborů. Jedná se především o technické obory s výukou IT, operačních systémů, počítačových sítí, programování (např. v jazyku C++, Pascal, Java, SQL), databázových systémů (Oracle, Microsoft Access, Microsoft SQL Server, MySQL) nebo se zaměřením na geoinformatiku a geoinformační technologie.

Do základního zaměření pravidelné odborné přípravy jednotek požární ochrany a příslušníků HZS ČR byly v roce 2016 zařazeny i kurzy pro uživatelskou obsluhu GIS nebo aplikace Flex a kurzy obsluhy IS pro operační řízení. Tyto kurzy jsou primárně určeny pracovníkům OPIS.

Samotní pracovníci mají možnost podílet se na zlepšování mapových vrstev a mapového klienta pomocí diskuzního fóra Komise GIS HZS ČR [92] [93].

## 2.6 Zemětřesení

Z analýzy historických zemětřesení vyplývá, že z celosvětového pohledu je zemětřesné ohrožení na území ČR malé. Pouze v některých místech naší republiky se mohou vyskytnout otřesy o intenzitě 7° až 8° MSK-64 [14] [16] [94].

Účinná a jistá predikce zemětřesení, která by vedla ke snížení makroseizmických projevů, zatím neexistuje, má mnoho nejistot a neurčitostí, které se doposud nepodařilo pochopit a ocenit. Jedinou předpovědí možného zemětřesení jsou signální otřesy, což jsou mírné záchvěvy či série záchvěvů, která se někdy objevují před vlastním zemětřesením a jsou pro obyvatele jistým druhem varování. Současně je možná jen dlouhodobá předpověď, tj. určení seismického ohrožení dané lokality, kterou používá seismické inženýrství [14] [16].

Pro posouzení velikosti zemětřesení existují dva přístupy: prvním je posouzení makroseizmických účinků, druhým je výpočet magnituda. Jako první byly používány makroseizmické stupnice. Velikost zemětřesení se posuzuje podle účinku otřesů na člověka, stavby a krajinu. Na základě různých projevů a jejich důsledků (pocítění záchvěvů, poškození staveb, změny v krajině) je zemětřesení přiřazována konkrétní číselná hodnota na makroseizmické stupnici. Propojením míst se stejnou intenzitou zemětřesných projevů dostaneme křivku nazývanou izoseista.

Intenzita určována na základě pozorování makroseizmických účinků zemětřesení vychází ze stupně poškození staveb, vzniku prasklin a puklin v povrchu, případně poklesu nebo vzestupu terénu, sesuvů apod. [95] [96].

Jedná se o subjektivní veličinu, která slouží k určení míry škod vzniklých v souvislosti s otřesy, její velikost v každém místě pozorování je odlišná a klesá se vzdáleností od epicentra.

## Seismologické stupnice

Richterova stupnice se používá v seismologii pro popis velikosti zemětřesení (tj. pro hodnocení intenzity zemětřesení podle hodnoty magnituda). Richterova stupnice je založena na množství energie v hypocentru zemětřesení. *"Richterova stupnice udává intenzitu pohybu země měřenou ve vzdálenosti 100 km od epicentra zemětřesení."* Richterova stupnice je logaritmická a nemá horní hranici. Pro dané zemětřesení platí jediná hodnota magnituda, které charakterizuje velikost daného zemětřesení (Příloha 4)[96].

Další používanou stupnicí v seismologii je Mercalliho škála. Mercalliho stupnice byla sestavena na základě pozorování následků zemětřesení (tj. ne pomocí přístrojů). Mercalliho stupnice tedy slouží pro měření makroseizmické intenzity. Pro dané zemětřesení má makroseizmická intenzita na různých místech pozorování obecně různé hodnoty. Největší hodnoty jsou často, ale ne vždy, zjištěny na místě, které je v epicentru zemětřesení. Tato nejvyšší hodnota se může uvádět jako velikost zemětřesení.

Evropská makroseizmická stupnice (EMS-98) je současná 12 stupňová škála, založené na makroseizmických projevech. Tato stupnice se používá v zemích EU včetně ČR (zároveň se starší stupnicí MSK-64). Stupnice obsahuje označení stupně intenzity zemětřesení, jeho název, popis účinků [96].

Stupnice MSK-64 patří mezi další možnosti hodnocení makroseizmických účinků. Jedná se o dvanáctistupňovou škálu, hodnotící makroseizmické projevy (Příloha 7). Stupnice se používala a používá ve východní Evropě [16] [96].

Tab. 2 - Porovnání Mercalliho a Richterovi stupnice[16][20][96].

Stupnice makroseizmických účinků		Popis účinků
Mercalli	Richter	
I	0,4	Nepozorovatelné
II	1,5	Nenápadné
III	2,5	Rozpoznatelné citlivějšími jedinci
IV	3,5	Rozpoznatelné většinou obyvatel
V	4,4	Budící spící obyvatelstvo
VI	5,2	Děsivé s menšími škodami
VII	6	Poškozující malé budovy
VIII	6,7	Narušující statiku budov
IX	7,4	Poškozující všechny budovy
X	8	Narušující statiku všech budov
XI	8,5	Katastrofické
XII	8,9	Měnicí ráz krajiny

Zemětřesení na území ČR nejsou tak silná, aby vyvolávala katastrofální škody. Je ale potřeba s nimi počítat jako s jevem, jež se periodicky opakuje a patří k některým regionům.

### 2.6.1 Inženýrské sítě

V oblastech, kde se v minulosti vyskytlo zemětřesení s intenzitou 6° MSK-64 a výše, je nutno počítat s možností vzniku škod. Zvláště pak na seizmicky zranitelných objektech a na technologických objektech, u kterých by narušení vyvolalo značné komplikace. Závažnou hrozbu může představovat ve spojení s prvky kritické infrastruktury.

Zpřetrhání vedení elektrického proudu, přerušení dodávek plynu a ropy nebo havárie na vodovodních soustavách. Tyto a další kombinace událostí mohou vést ke škodám nebo následně i ke vzniku sekundárních mimořádných událostí.

Stavba přehrad představuje velké riziko. Nejničivější zemětřesení, způsobené člověkem, trvalo pouhé dvě minuty a vypuklo brzy ráno roku 2008 ve východočínské provincii Sečuán. Makroseizmické účinky byly zaznamenány i v městech 1700 km vzdálených od epicentra. Otřesy dosáhly síly 8,0 RichtEROVY stupnice. Epicentrum se nacházelo poblíž budované přehrady Zipingpu [97].

Dnes již víme, že podzemní voda může vytvořit tlak, který dokáže uvést zemi do pohybu. Vědci z Rangely v Coloradu na základě řízeného experimentu zjistili, že čím je tlak vody vyšší, tím častěji dochází k drobným otřesům. Voda působí v prasklinách jako mazivo. Snižuje tření a usnadňuje tak pohyb hornin a tedy i vznik půdních otřesů [16].

### **2.6.2 Hydrologická a hydrogeologická data**

Bylo zjištěno, že před zemětřesením dochází ke změně množství minerálů a plynů v podzemní vodě. Změny souvisejí s tím, jak se horniny pohybují, a voda se přemísťuje mezi trhlinami. Proto je hladina vod pravidelně kontrolována [16].

Čerpání podzemních vod bylo v roce 2011 ve Španělské Lorce příčinou zemětřesení o síle 5,1 stupně RichtEROVY škály. Podzemní rezervoár vody pro město byl téměř vyčerpán a vznikla nebezpečná prázdná podzemní dutina. Vodou nevyplněný prostor se pod tlakem nadloží zhroutil a vyvolal následné zemětřesení [95].

### **2.6.3 Důlní činnost**

Otřesy spojené s důlní činností tzv. horské otřesy, mohou být základním spouštěčem zemětřesení. Z hlediska činnosti v podzemí rozlišujeme čtyři druhy nežádoucích jevů vyskytujících se při činnosti v hlubinných či povrchových dolech a kamenolomech.

Jedná se o pád části horninových masívů, kdy uvolněná hornina padá v důsledku své vlastní váhy. Mezi další patří horské (důlní) otřesy, které jsou doprovázeny seismickými kmity. Dále sem řadíme rány (úder), které mohou doprovázet zpožděné uvolnění napjatosti části masívu, který byl od okolního masívu již oddělen (příbramské doly). A v poslední řadě se může jednat o výrony plynu [14].

V důsledku narušení tektonické rovnováhy lidskou činností dochází k hromadění napětí, které se uvolňuje ve formě indukovaných tektonických otřesů (důlní otřesy na Ostravsku) [96].

Těžba ropy nebo zemního plynu a další činnosti spojené s čerpáním tekutin z horninových masívů mohou být také zdrojem zemětřesení. Slabé otřesy se vyskytují v bezprostředním okolí místa čerpání tekutin z horninových masívů. Ohniska silnějších otřesů se nacházejí v blízkosti zlomů, které se ožívují v důsledku přídavného napětí vyvolaného právě čerpáním tekutin [14].

Oblasti ropných vrtů, jejichž médium je již vyčerpané následně slouží k ukládání tekutých odpadů. Ty jsou do podzemí vháněny pod tlakem tzv. injektáží. Injektované látky mají úplně jiné vlastnosti, než původní surovina. Následkem tohoto nesouladu dochází v podzemí k dalekosáhlým změnám napětí v horninách. Napětí se kumuluje a po náhlém uvolnění dochází k zemětřesením, která dosahují i síly 5,6 stupňů Richterovi stupnice [95].

#### **2.6.4 Geologická a geomorfologická data**

Geotermální oblasti se zvýšeným tepelným gradientem se nacházejí v blízkosti zlomů. Místa zlomů se stávají ohniskem silnějších otřesů a větší lidská aktivita v jejich blízkosti se stává nebezpečnou. Značením aktivních zlomů, do mapových podkladů, můžeme blíže lokalizovat místa, ve kterých dochází k otřesům [14].

Mapování makroseizmických účinků a jejich intenzita probíhá v rámci webových stránek Geofyzikálního ústavu Akademie věd ČR. Na stránkách jsou k vidění mapy intenzity otřesů, ale také možnost ohlášení otřesů vyplněním formuláře [16] [98].

Znalost a dokonalý popis míst, kde v minulosti docházelo k zemětřesení, nám může poskytnout lepší obraz o výskytu jevu v dané lokalitě. Obecné vytyčení seizmických oblastí je znázorněno v mapě seizmických oblastí (Příloha 5). Mapa může posloužit k lepší obeznámenosti a připravenosti obyvatelstva na následné jevy pojící se s daným stupněm otřesů.

Struktura podloží má značný vliv na přenášení seizmických vln od hypocentra zemětřesení. U tvrdších podloží se seizmická energie ( $E$  v Joulech) šíří rychle. Naopak v měkkém podloží se vlny šíří pomaleji. Vlny mohou při průchodu různými druhy hornin měnit směr, a když dosáhnou povrchu, mohou se odrážet opět zpátky dolů do země [16].

U měkkých podloží mohou také nastat jevy známé jako ztekucení zemin. Ztekucení může nepříznivě ovlivnit stabilitu, funkčnost a celkovou bezpečnost všech objektů [14].

Ztekucení se odvíjí od faktu, že každá sypká zemina se za určitých podmínek může dostat do stavu tekutosti (Příloha 8). K pohybu dochází účinkem sil způsobených prouděním vody pískem. Prosakuje-li voda písčitou zeminou, překonává tření v mezerách mezi zrny. Složitým procesem pak dochází k tomu, že se tlak vody přenáší na zrna písku a dochází ke ztekucení [29].

*Tab. 3 – Rozdělení půdy podle procenta obsahu částic < 0,01 mm [99]*

Skupiny zrnitosti půdy	Typy půdy	Procenta obsahu částic 0,01 mm
Lehké půdy	Písčité	0-10%
Lehké půdy	Hlinitopísčité	10-20%
Střední půdy	Písčitohlinité	20-30%
Střední půdy	Hlinité	30-45%
Těžké půdy	Jílovitohlinité	45-60%
Těžké půdy	Jílovité	60-75%
Těžké půdy	Jíl	< 75%

Pravděpodobnost ztekucení je zpravidla větší u jemných písků než u hrubých písků a štěrků [22].

## 2.6.5 Konstrukce

Vyznačení havarijních zón nebezpečných objektů a zařízení v GIS se stává cenným zdrojem informací. Samotné přidání mapové vrstvy nebezpečných objektů společně s atributovými daty, by se dala využít až už v operačním nebo KŘ.

Výškové budovy nebo jiné stavby velkých rozměrů, mohou být zdrojem možných zemětřesení<sup>8</sup>. Zakreslení takovýchto konstrukcí společně s atributy jejich odolnosti vůči nepříznivým vlivům seizmické aktivity může usnadnit práci krizovým manažerům. Na základě informací poskytovaných GIS si můžeme utvořit komplexní obraz o nastalé situaci.

<sup>8</sup> Mrakodrap Taipei vyvolal roku 2002 v Číně zemětřesení o síle 6,8 Richterovi stupnice. Stavba byla postavena na měkkých usazeninách, které neunesly váhu 770 000 tun stavebního materiálu. Podloží se pod touto váhou pohnulo a způsobilo zemětřesení [95].

Složení podpěr, zdiva, ale i váha a konstrukce střechy hrají při zemětřesení důležitou roli. Proto byly v minulosti i současnosti přijímány normy, které popisují požadavky seizmické odolnosti konstrukcí.

V souvislosti s konstrukcí střechy může při seizmické aktivitě dojít k tzv. palačinkovému efektu. Nastává k němu v případě, kdy váha střechy převyšuje konstrukční prvky a odolnost zdiva. Následkem seizmických vln dojde ke zboření podpěr střechy, která padá a boří stopy pod sebou [100].

Zemětřesení se na našem území vyskytují v rojích, proto je vhodné po prvním otřesu zkontrolovat poškození staveb. Případné předměty hrozící pádem (uvolněné tašky, narušené komíny, poškozené části fasády) opravit nebo odstranit.

### **2.6.6 Nouzové služby**

Mapová vrstva základních složek IZS již existuje. V případech zemětřesení je vhodné disponovat také daty o ostatních složkách IZS (Báňská služba, USAR týmy, speleologické společnosti aj.).

V důsledku krizových situací může být nařízena evakuace, jako jeden z prostředků ochrany obyvatelstva. Pro účely evakuace mohou být v mapových vrstvách znázorněny počty obyvatel, evakuační trasy a střediska. Znázornění počtu obyvatel na určitém území pomůže při představě o možném množství nezbytné pomoci. Zvláště zaznamenané mohou být imobilní osoby, kterým by měla být poskytnuta přednostní pomoc.

V případech, kdy obyvatelé přijdou o vlastní domovi, je nutné jim poskytnout nouzové ubytování. Účelné se tak jeví, mít přehled o ubytovacích kapacitách v nejbližším okolí společně s informacemi o jejich provozovatelích, počtech lůžek a vybavenosti.

Problematické jsou i situace, ve kterých figurují turisté. Zvláště v případech živelních pohrom, zemětřesení nevyjímaje. Z tohoto důvodu by měla existovat vrstva znázorňující největší turistické zajímavosti a střediska sloužící k rekreaci a odpočinku [94].



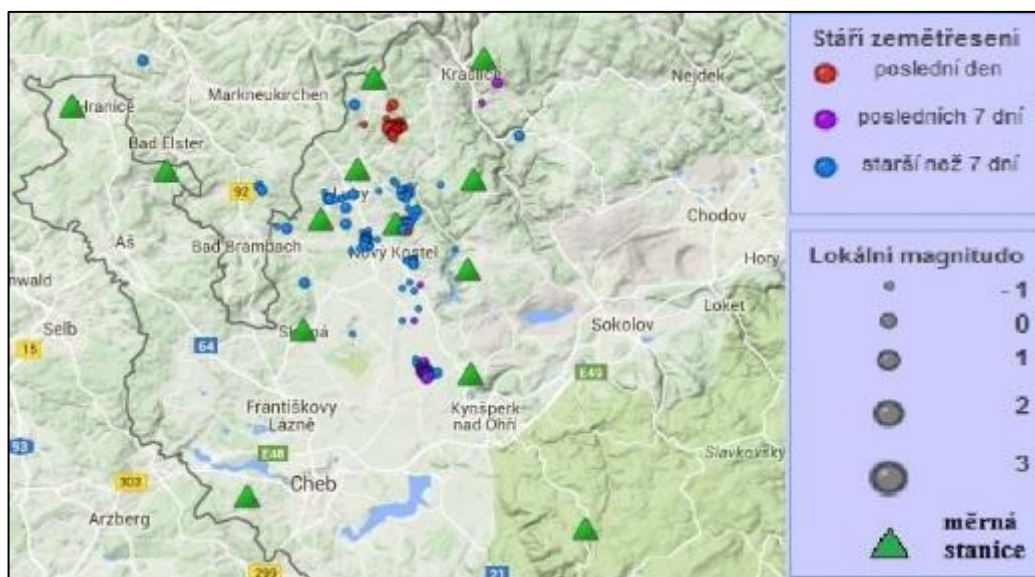
## 2.6.7 Doprava

Při zemětřesení mohou být silniční a železniční komunikace naprosto paralyzovány. Poruchy na dopravních uzlech mohou mít vliv na rychlou odezvu při mimořádných událostech. Na frekventovaných silničních tepnách a železničních koridorech nebo v tunelových systémech se pohybuje, nehledě na hodinu a den, velké množství potencionálních obětí živelní pohromy.

## 2.6.8 Případy zemětřesení

Na území ČR se zemětřesení smrtícího nebo devastujícího charakteru skoro nevyskytuje. Slabší zemětřesení v podobě tzv. zemětřesných rojů<sup>9</sup> jsou však v ČR zaznamenávány poměrně často.

Obrázek 4 - Mapa seizmické aktivity – Západní Čechy [29]



### Zemětřesení roku 1985

To nejsilnější zemětřesení za posledních 100 let o magnitudu 4,6 postihlo západ Čech 21. prosince 1985. Otřes způsobil praskliny ve zdech domů, poškození komínů a opadání omítky. Největší škody vznikly v obcích na Chebsku, kde bylo poškozeno přibližně 15% domů. Na mnoha místech se dočasně ztratila voda ze studní [101].

<sup>9</sup> V období několika dnů až měsíců dochází ke stovkám až tisícům otřesů. Některé z otřesů mohou být pocítny obyvateli. Mezi jednotlivými zemětřesnými roji bývají několikaleté období klidu [https://www.natur.cuni.cz/geologie/hydrogeologie/veda/projekty/projekt\_roje].

### **Zemětřesení roku 2011**

Seismický roj se řadí k nejsilnějším instrumentálně zaznamenaným rojům. Nejsilnější jev má magnitudo 3.7, dalších deset jevů dosáhlo magnituda  $>3.0$ . Celkové množství detekovaných jevů bylo zhruba 25000. Přestože roj trval celkem čtyři měsíce, převážná část energie se uvolnila během prvních tří týdnů, kdy vzniklo nejvíce jevů včetně těch nejsilnějších s magnitudem  $>3.0$  [101].

### **Zemětřesení roku 2013**

Seismický roj z roku 2013 byl energeticky slabší v porovnání se zemětřesnými roji z let 1985, 2011 a 2014. Nejsilnější jev dosáhl magnituda 2.3. Celkový počet detekovaných jevů byl zhruba 1500. Tento roj trval přibližně čtyři měsíce.

Významným rysem roje bylo, že vznikl na stejných dvou místech jako roj z roku 2011. Roj z roku 2013 můžeme označit jako doplněk k roji z roku 2011.

### **Zemětřesení roku 2014**

V květnu a srpnu 2014 se v oblasti Nového Kostela vyskytla tři silná zemětřesení. Nejsilnější jev měl magnitudo 4.3 a došlo k němu v sobotu 31. 5. 2014. Další dva jevy byly slabší. Jev o magnitudu 3.5 zasáhl stejnou oblast v sobotu 24. 5. 2014. K poslednímu ze silných otřesů o magnitudu 3.6 došlo v neděli 3. 8. 2014.

Ohniska všech tří jevů byla zhruba na stejném místě, pod obcí Nový Kostel v hloubce přibližně 9 km. Každý z těchto silných otřesů spustil sérii slabších zemětřesení, z nichž nejsilnější jevy měly magnitudo 3.0 a 2.0. Nejvíce jevů každé série vzniklo během několika dní, poté již aktivita pokračovala velmi slabými jevy nebo zcela vymizela. Celkové množství detekovaných jevů o magnitudu  $> 0$  bylo zhruba 6500. Nejsilnější jev o magnitudu 4.3 se zařadil mezi dva nejsilnější otřesy zaregistrované v této oblasti za posledních 100 let. Otřes byl srovnatelný se zemětřesením v roce 1985 [29].

## 2.7 Sesuvy půdy

Česká republika patří mezi země s vysokým výskytem ohrožení svahovými nestabilitami. Důvodem je především pestré geologické podloží a husté osídlení [88].

Rozmanitost svahových pohybů je podmíněna nejen geologickou strukturou, ale také růzností faktorů, které sesuvy způsobují. U všech typů sesuvů by měly být znázorněny tři hlavní zóny. Jedná se o odlučnou oblast, která jasně označuje místo oddělení od neporušeného svahu. Dále jde o transportní zónu, která tvoří střední část sesuvu. Transportní zóna je místem, kde dochází k přemístování hmoty z odlučné do akumulační oblasti. Místem, kde se sesutý materiál hromadí je akumulační oblast [22].

### 2.7.1 Inženýrské sítě

Plouživé sesuvy jsou omezeny na povrchovou vrstvu zeminy. Zasahují pouze do hloubky, kde se výraznějším způsobem projevují povětrnostní změny během roku. Posuny jsou řádově jen několik centimetrů za rok. Na svazích, kde se plouživé pohyby projevují, dochází k vychýlení sloupů elektrického vedení [22].

### 2.7.2 Hydrologická a hydrogeologická data

Podzemní vody mohou na svahy působit hned několika způsoby, které mohou být následně příčinou svahových nestabilit.

Samotný tlak proudící podzemní vody působí na částice zeminy, čímž dochází ke zhoršování stability svahu. Podzemní vody mohou také vyplavovat částice zeminy ze svahu. Následkem eroze vznikají podzemní dutiny, které porušují stabilitu svahu. Napjatá hladina podzemní vody také působí na nepropustné vrstvy v nadloží. Pomocí vztlaku může docházet k nadzvedávání svrchnějších vrstev zeminy [22].

Sledováním výšky hladiny podzemních vod se primárně zabývá ČHMÚ. Problematiku ale dále také monitorují Česká inspekce životního prostředí, těžební organizace a majitelé jímacích objektů, které zajímá především kvalita respektive možné znečištění spodních vod [29].

V důsledku intenzivních srážek, tání sněhové pokrývky a obecně při zvýšení hladiny vodních toků dochází k erozi. Po přechodu povodňové vlny a návratu řeky do koryta zůstává na březích nestabilní břehová linie. Vlhké nánosy zeminy mohou ohrožovat okolí nenadálými svahovými pohyby [102].

Další z jevů, který narušuje stabilitu svahu, je boční eroze vodních toků. Dochází k ní v zákrutech řek, kdy je nárazový břeh rozrušován a přemísťován. Údolí se postupně rozšiřuje a na dolních tocích se vytvářejí meandry. Vymílaný nárazový břeh bývá erodován, zatímco rychlost vody u nánosového břehu je nepatrná a unášený materiál se zde ukládá. Meandr je nejčastěji tvořen písky nebo prachovitými sedimenty, které jsou nestabilní [15] [24].

Možnost svahových nestabilit se zvyšuje při výskytu nadprůměrných atmosférických srážek. Srážky či voda z tajících sněhů vniká do puklin a vyvolává hydrostatický tlak. V zemině vzrůstá napětí vody a klesá pevnost svahu ve smyku.

Naopak v období sucha, zvláště jílovité zemin, vysychají a zmenšují svůj objem. Vysycháním vznikají hluboké trhliny, které zmenšují soudržnost hornin na svazích. Navíc jsou trhliny místem, kterým vniká voda hlouběji do jílovitých zemin.

### **2.7.3 Důlní činnost**

Sesuvy ztěžují a ohrožují práci a pracující v lomech. Naopak nesprávně založené a neodpovědně provozované lomy mohou ohrozit stabilitu svahu [22].

Při mělkém sesuvu půdy na dálniční úsek D8 u Lovosic v roce 2013 byly označeny hlavní příčinou přívalové deště. Následný posudek expertů z brněnského Vysokého učení technického, ale označoval jako viníka blízký lom Dobkovičky. Společnost vlastní lom údajně na jeho hranu vyvezla stovky tun kamenné drtě, která následně podmáčený svah strhla [103].

### **2.7.4 Geologická a geomorfologická data**

Významným faktorem ovlivňujícím vznik svahových nestabilit je složení půdy. V našich končinách převládá skalnaté podloží společně s jílovitě-písčitou půdou, hlušinami a útvary vzniklými sopečnou činností. Při porovnávání mapy svahových nestabilit (Příloha 3) s půdní mapou ČR (Příloha 9), vyplynulo, že v místech svahových nestabilit se vyskytují druhy půd (hnědozem, podzoly, hnědé půdy s podzoly a černozem) [22] [104].

Sklon svahu, je další důležitou podmínkou sesuvů půdy. Právě velikost sklonu svahu způsobuje v horninách změnu napětí, kdy bývá porušena rovnováha a dochází k nárůstu napětí ve smyku [22].

V našich podmínkách podporuje vznik sesuvu už svah se sklonem větším než 10°. Zpravidla k sesuvu půdy stačí úhel sklonu svahu větší než 22°. Oblasti s úhlem sklonu svahu větším než 45° jsou označovány jako vysoce nebezpečné [29][105].

Zlomovými liniemi se rozumí vylámaný zářez pro silnice a železnice jdoucí po vrstevnici. Velkým nebezpečím se stávají zlomové linie právě u vrstevnic svahu [104].

Zemětřesením, ale i výbuchy náloží trhavin a otřesy strojů vznikají v horninách kmity o různé frekvenci. V horninách dochází ke změně napětí, které může porušit rovnováhu svahu [22]. Nicméně ani maximální magnitudo naměřené při zemětřesení v západních Čechách o síle 4,8 nevyvolalo sesuvy půdy. V ČR nebyla dokázána souvislost zemětřesení a sesuvů (sesuvy nastaly v jiný čas a za jiných podmínek, než zemětřesení). Indukovaná zemětřesení nepřesahující intenzitu IV by neměla, na základě vědecký argumentů, způsobit svahové pohyby v ČR [15].

V souvislosti se schopností půdy zadržovat vodu mohou nastat dva odlišné extrémy. V případě podprůměrně nízkých srážek dochází ke geomorfologickým změnám a erozi půdy. Při nadprůměrně velkých objemech srážek dochází ke zvýšení obsahu vláh v půdě. Vstřebáním vlhkosti do půdy se zvyšuje tlak v pórech půdy a zmenšuje se pevnost půdy ve smyku [94][102][104].

Kořeny stromů a keřů svým působením udržují stabilitu svahu a současně přispívají i k jeho vysoušení. Odlesněním svahu se tedy mění vodní rovnováha v povrchových vrstvách svahu. Některé rizikové svahy působí opticky jako dostatečně stabilní. Je nutné ale odlišit zdali se nejedná o tzv. náletovou vegetaci, která dostatečně nezpevňuje svah proti sesuvu (Příloha 10) [22] [94].

Katalog geohazardů je součástí Portálu geohazardů ČGS. V současné době katalog zahrnuje 45 geohazardů. Ty jsou katalogizovány podle geovědních disciplín, původu a podmínek vzniku [29].

### **2.7.5 Doprava**

Silniční a železniční tratě vedené v územích náchylných k sesouvání bývají často porušeny jak přírodními, tak umělými sesuvy, byla-li při jejich stavbě porušena stabilita svahu. Většinou jde o sesouvání silničních zářezů a náspů v zeminách a polo-skálních horninách. Vyskytují se však i případy, kdy jsou ohroženy skalními sesuvy, které se působením mrznoucí vody v trhlinách uvolní v jednotlivých blocích [22].

Skalní řízení mohou vznikat na základě otřesů půdy při železniční či silniční dopravě. Zvláště u tahů, které vedou podél skalních útvarů (viz železniční spoj Ústí nad Labem – Praha) jsou vidět ochranné sítě připevněné do skal zamezující jejich řízení.

### **2.7.6 Případy sesuvů**

Sesuvy půdy jsou v některých oblastech ojedinělým úkazem, jinde se vyskytují často. Jedná se o živelní pohromy neovladatelné a tudíž i velmi nebezpečné. Jejich predikce, sledování a odhad vedou pouze ke zmírnění následků [22].

#### **Štěchovice – Třebenice 2013**

Při tomto sesuvu půdy v meandru řeky Vltavy došlo k destrukci jedné z rekreačních chat, která se nacházela přímo v cestě daného sesuvu. V této oblasti nebyly známy žádné záznamy o dřívější aktivitě svahových pohybů. Tlaky při tomto sesuvu dosahovaly podle modelu RAMMS Akademie Věd ČR až 20kPa, což jsou síly, při kterých dochází k těžkému poškození budov.

#### **Dálnice D8 – Dobkovičky 2013**

Při výstavbě dálnice D8 došlo v okolí obce Dobkovičky k mělkému sesuvu půdy. Samotné území je k sesuvu predisponováno složením půdních vrstev. Dalšími faktory působícími na svahovou stabilitu bylo množství vydatných srážek, které v té době oblast zasáhly. Podíl viny na sesuvu měl i nedaleký kamenolom. Ten v rámci své činnosti hromadil suť na okraji lomu. Sklon svahu nebyl velký, ale zlomová linie (silnice) v profilu krajiny stačily k jeho vyvolání [106].

#### **Poláky 2015**

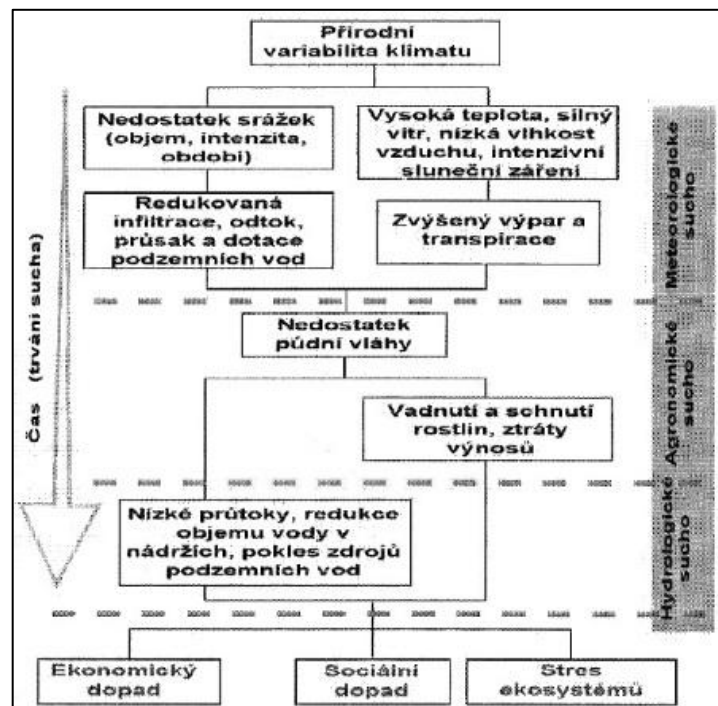
Obec Poláky se rozprostírá na pravém břehu Nechanické přehrady. V obci byla do roku 1985 stanovena stavební uzávěra. Jednalo se o oblasti s vysokou pravděpodobností sesuvu půdy. Po roce 1985 byla stavební uzávěra zrušena a v oblasti přehrady, si začali lidé stavět rekreační zařízení. V roce 2015 zde došlo k aktivaci starších poruch sesuvů půdy a ke značným škodám na majetku. Důležitými faktory vzniku události bylo zrušení stavební uzávěry v oblasti, která je již od 60. let minulého století sledována z důvodů nestabilit terénu. Další faktor, který měl vliv na sesuv, byl zánik tzv. paměti obce. Jedná se o situace, kdy obyvatelé obce zapomínají na události, které se na daném území staly. Svou roli v tom hrál i fakt, že na území došlo během 20-30 let k obměně obyvatel obce [106].

## 2.8 Nedostatek vody způsobený suchem

Sucho patří mezi extrémní přírodní jevy. Nedostatek vody způsobený suchem je nejhůře zvládatelnou krizovou situací. Nastupuje pomalu a nenápadně. Příslušné orgány proto začínají konat se zpožděním, v době, kdy jsou již možnosti řešení velmi omezené. Přitom nelze zcela odhadnout, jak dlouho bude období sucha trvat [91].

Sucho se v jednotlivých fyzicko-geografických sférách se projevuje odlišně. Vzhledem k multidisciplinárnímu přesahu sucha neexistuje jednoduchá a univerzální metoda jeho stanovení [91].

Schéma 10 – Vznik sucha



Na řešení déletrvajícího sucha není naše krizová legislativa připravena. Zná pouze nouzové zásobování pitnou vodou (příděly 5-10 l vody na osobu a den) v případě jiných krizových situací [107].

Sucho může působit jako primární spouštěč sekundárních jevů spojených s nedostatkem vody v půdě. Zemina vyschne a stane se neúrodnou. Dochází ke zkoncentrování minerálních solí, a půda už není schopna podpořit rostliny k většímu růstu. V případech, kdy není jiná možnost jak zajistit plodiny, může v některých oblastech naší planety docházet k hladomoru.

Zeměpisná poloha ČR je označována jako střecha Evropy. Z našeho území naprostá většina vodních toků odtéká pryč a téměř veškerá voda, která se u nás vyskytuje, pochází z atmosférických srážek. Proto jsou pro nás životně důležité přehrady, jako zdroje pitné vody. Naší výhodou je bezesporu fakt, že zachytáváme čistou dešťovou vodu, která spadne na našem území [35] [108] [109].

Ve středověku se na našem území neřešila otázka sucha a s tím související problémy. Nevznikaly žádné rybníky či nádrže k zásobování vodou nebo pro potřeby člověka. Až v 15. století vznikla nádrž Jordán na jihu Čech v Táboře. Tato nádrž byla původně budována jako vodárenská nádrž [109].

Ve 20. století se stále problematika sucha příliš neřešila, ale začaly se pomalu zvyšovat nároky na zásobování vodou ve městech. To souviselo jednak se zvýšenou aglomerací do měst a jednak s rozvojem průmyslu, pro který je voda důležitým chladicím médiem. I proto se v reakci na stále se zvětšující potřeby obyvatelstva, začaly budovat nádrže pro zásobování vodou (např. Janov, Kamenička ve středních Čechách) [109].

V celé západní, severní i střední Evropě jsou obyvatelé zvyklí na tzv. vodní komfort, který zaručuje dostupnost a nezávadnost kohoutkové vody. Na jihu Evropy už je situace s nezávadností kohoutkové vody o poznání horší [109].

Za oblasti ohrožené suchem nebo negativními dopady sucha označuje, koncepce řešení krizové situace sucho, regiony středních, severozápadních Čech a tradičně oblast střední a jižní Moravy [35]. Jedná se konkrétně o čtyři deficitní oblasti - Rakovnicko-Žatecko, Českobudějovicko, Královéhradecko a celkově jižní Moravu. V těchto místech naší republiky nedosahují vodní srážky průměrných hodnot a projevují se následky sucha [109].

Okolí Rakovníka se nachází ve srážkovém stínu Krušných hor a dochází zde k regulaci s nakládáním vody [109].



Na Českobudějovicku je nejvýznamnějším činitelem, který modifikuje podnebí poloha na dně mělké a široké pánve. Dalším významným faktorem je horské pásmo Šumavy a Novohradských hor, částečně je patrný i vliv Alp. Při jižním a jihozápadním proudění se projevuje tzv. fénový efekt<sup>10</sup> nebo srážkový stín<sup>11</sup>. Oblast je ale dobře zásobována z vodní nádrže Římov [109].

Odborníci řadí Královehradecký region převážně do teplé klimatické oblasti (Příloha 11). Hrozí zde, že při trvale se zvyšujících teplotách bude území zatíženo vysokými teplotami. Mezi hlavní důvody vzniku sucha v této oblasti patří špatné zadržování vody v krajině a vysoký odtok srážkových vod mimo území. Prameniště v této oblasti v posledních letech nestíhají vytvořit dostatečné zásoby podzemních vod [110].

Vláda v reakci na problém extrémního sucha v červenci roku 2015 schválila nový dokument - Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. V rámci dalšího boje se suchem mají vzniknout čtyři nové vodní nádrže. První hráz má být postavena ve Zlínském kraji v obci Vlachovice na řece Vláře. Druhá přehrada má být vytvořena v Královehradeckém kraji u obce Pečín na řece Zdobnici. Třetí a čtvrtá zásobárna vody má vzniknout ve Středočeském kraji na Rakovnicku v Šanově a Senomlatech [111].

Informace o současném stavu sucha poskytují ČHMÚ a Informační systém veřejné správy Voda (ISVS Voda). Tyto organizace poskytují základní přehled o stavu a vývoji srážek, průtoků, stavu podzemních vod, vody v nádržích a stavu sněhové pokrývky na území ČR [39].

---

<sup>10</sup> Pod pojmem fénový efekt se rozumí zvýšení teploty a snížení vlhkosti vzduchu.

<sup>11</sup> Pod pojmem srážkový stín se rozumí rozpouštění oblačnosti a zeslabování srážek.

## 2.8.1 Inženýrské sítě

V ČR existuje dohromady kolem 50 vodárenských společností. Poskytovatelé se starají o plynulé zajišťování pitné vody v požadovaném množství a odpovídající kvalitě společně s odvodem a likvidací odpadních vod [112]. Období sucha a povodní sebou přináší také zhoršení kvality surové vody. Dochází k tzv. eutrofizaci<sup>12</sup> a tím i ke znehodnocení vody. Vodárenské společnosti, proto v rámci prevence nedostatku pitné vody, začaly budovat akumulární nádrže čisté vody. Velký objem akumulárních nádrží<sup>13</sup> umožňují mírné předzásobení vodou pro extrémní případy jejího nedostatku [91] [113]. Dále se vodohospodáři, v rámci boje se suchem, snaží vzájemně vypomáhat zvýšeným odběrem vody z jiných měst<sup>14</sup>.

## 2.8.2 Hydrologická a hydrogeologická data

U podzemních vod je sucho určováno nedosažením stanoveného limitu. Mezní hodnota odpovídá 85% výskytu průměrných měsíčních stavů hladin ve sledovaných vrtech [39]. Jako indikátor poklesu hladiny podzemních vod slouží tzv. vydatnost pramene<sup>15</sup> [35]. Stav podzemních vod je hodnocen v hlásné síti mělkých vrtů. Hodnocení probíhá na základě pravděpodobnosti překročení hladiny ve vrtu vzhledem k příslušnému kalendářnímu měsíci [35].

Pro hodnocení stavu zdrojů podzemních vod jsou vhodnými ukazateli indikátor DMGI a SGI [35].

Tab. 4 - Upozornění na výskyt hydrologického sucha na základě indikátoru DMGI [35]

Stav	DMGI stanic v kraji nebo jeho části	Sucho	Kategorie sucha
Bdělost	-1 až -1,5	Mírné	1
Pohotovost	$\leq -1,5$	Silné až mimořádné	2 až 3

Půdní sucho (Příloha 12) je následkem výskytu meteorologického sucha. Jedná se o dlouhodobější nedostatek vody v půdě a její nedostupnosti, která limituje flóru v růstu a vývoji. V našich končinách dokáže kvalitní půda zadržet až 400 l vody na 1 m<sup>2</sup> [35].

<sup>12</sup> Pod pojmem eutrofizace rozumíme zvyšování produkce řas v rybnících a vodních nádržích přísunem živin, zejména dusíku a fosforu.

<sup>13</sup> Úpravna vody z vodní nádrže Znojmo vybudovala 2 akumulární nádrže o objemu 4000 m<sup>3</sup>.

<sup>14</sup> Výpomoc v srpnu 2015 mezi městy Pardubice a Hradec Králové.

<sup>15</sup> Množství vody vyvěrající za jednotku času. Zpravidla se vyjadřuje v litrech za minutu nebo sekundu.

Vzhledem k tomu, že většina pitné vody pochází z horských oblastí<sup>16</sup>, mohou k nedostatku vody vést i změny v dynamice ukládání sněhu [35]. Mapové podklady o vodě uložené ve sněhové pokrývce jsou k dispozici na webových stránkách ČHMÚ (Příloha 13). Informace jsou součástí každotýdenní zprávy o hydrometeorologické situaci a suchu na území ČR [114]. Mapa sněhové pokrývky poskytuje náhled na množství vody v ní zadržované. Nepočítá ale s již uvolněným množstvím vody skrze tání, které může doplnit stavy podzemních vod nebo zásob vody v nádržích [39].

Také evapotranspirace ovlivňuje vývoj sucha. Na velikost evapotranspirace mají vliv meteorologické, hydrologické a půdní faktory. Odběr vody z půdy závisí na výparu z povrchu půdy (evaporaci) a na průběhu transpirace rostlin. Hodnota značí množství vody ztracené z určitého území. Nastává hlavně v případech vysokých teplot. V kombinaci s nedostatkem srážek a vody v povodí může způsobovat hydrologické sucho [35][113].

Průtok a jeho vývoj na vodním toku je charakterizován několika stavy. Průměrný nebo zvýšený průtok je charakterizován normálním stavem, 3 stupni povodňové aktivity a jedním zvláštním stupněm (zvláštní povodeň). Deprivace průtoku je popisována jedním stavem, který upozorňuje na sucho. Nedostatek je určován na základě nedosažení tzv. Q355. Jedná se o průtok, který je dlouhodobě překročen po 355 dní v roce [39]. V našich podmínkách jsou data o ovlivňování průtoků odběry, vypouštěním vody a manipulacemi na nádržích evidovány od roku 1979. Po celé ČR existují data o průtocích minimálně 185 vodoměrných stanic. Jedná se tedy o kvalitní informace o vývoji průtoků na území celé ČR (Příloha 14) [39].

K odvození indikátorů je vhodné použít data průměrných týdenních průtoků. Sucho je v rámci predikce popsáno indexem SRI<sup>17</sup>. Do budoucna by bylo efektivnější a přehlednější získávat hodnoty daného indexu místo údajů jednotlivých průtoků [35] [39].

---

<sup>16</sup> V Rakousku má 40% spotřebované vody původ v Alpách.

<sup>17</sup> SRI = Standardized Runoff Index – hodnocení týdenních průtoků v povrchových tocích, velikost průtoku v povrchových tocích [39].

### 2.8.3 Objekty využívající vodu

Evropská komise uvádí, že dopady klimatické změny výrazným způsobem ovlivní dostupnost vody v Evropě. Změny by se také negativně projevíly při provozu hydroelektráren, které jsou v řadě zemí primárním zdrojem energie [35] [115]. Důležité se jeví stanovení alespoň přibližného množství vody, potřebného k provozu elektráren, průmyslových objektů a pro potřeby zemědělců [107].

Potřeba vody skiareálů je vzhledem k povaze jejich činnosti zřejmá. Při vhodných meteorologických podmínkách využívají provozovatelé areálů vodu k umělému zasněžování pomocí zasněžovacích děl. Existují tři způsoby zásobování vodou pro umělé zasněžování. První je přímý odběr vody z povrchových nebo podzemních toků. Druhým způsobem je odběr z retenčních nádrží a třetí způsob spočívá v přímém napojení na síť pitné vody.

V prvním případě dochází ke shodě období nejnižších průtoků v tocích a nejintenzivnějších odběrů vody pro zasněžování. U nás se vyskytují jarní – letní maximální hladiny a podzimní minimální hladiny. Jarní maximální hladiny jsou výsledkem intenzivního doplňování zásob podzemní vody v důsledku tání sněhové pokrývky a vysoké infiltrace srážek při minimální evapotranspiraci [35] [116]. Při druhém způsobu odběru vody pro umělé zasněžování, vyvstává otázka, kam retenční nádrží umístit. Ve spojitosti s rekreačními lyžařskými středisky se stává velké množství vody určitým rizikem. Při třetí situaci může dojít k nedostatku vody v síti a ohrožení koncových odběratelů. V takových případech mají provozovatelé vleků povinnost zastavit umělé zasněžování a dát přednost zásobování obyvatelstva pitnou vodou [116].

Celková spotřeba vody se, díky rozrůstání areálů vybavených zasněžovací technikou, stále zvyšuje. Pro jeden hektar sjezdovky se při zasněžovací výšce 30 cm sněhu spotřebuje kolem 600 000 až 1 500 000 l vody. Krkonošské sjezdovky tak spotřebují za jednu lyžařskou sezónu tolik vody jako 13 000 město za celý rok [111].

Majitelé skiareálů se údajně striktně řídí limity průtoků stanovenými povodím daného toku. Argumentují tím, že ani oni sami nemají zájem na vyschnutí toku. Existuje ovšem riziko, že provozovatelé umělým zasněžováním vyčerpají tok. Může se tak stát v případech, kdy v zimě pouze mrzne, ale nesněží (je v podstatě sucho). Následně může proud řeky úplně vymrznout a způsobit větší škody než v letním horkém a suchém počasí [111].

Aktuální stav naplněnosti vody v nádržích je informativní především z hlediska povodňových rizik. V našich podmínkách panuje všeobecná obava z velké naplněnosti vodních nádrží, které nejsou následně schopny pojmout větší množství vody při povodních [39] [109].

Sucho z hlediska zásob vody v nádržích je hodnoceno podle velikosti naplnění zásobního prostoru nádrže. Pro výpočet se používá následující rovnice,

$$\% RES = \frac{V_t}{V_{RES t}} \times 100$$

kde  $V_t$  je aktuální objem zásobního prostoru nádrže,  $V_{RES t}$  je maximální objem zásobního prostoru a  $t$  vyjadřuje časové měřítko dat. Výsledkem je procentuální naplněnost nádrže [39].

*Tab. 5 - Indikátor nízkého stavu zásob vody v nádržích*

Stav	Indikátor naplnění nádrže RES	Sucho	Kategorie sucha
Bdělost	< = 50 %	Mírné	1
Pohotovost	< = 30 %	Silné až mimořádné	2 až 3

Hodnocení stavu vodních zdrojů v přehradách se provádí v rámci větších územních celku, krajů nebo jejich částí. Upozornění na sucho se vydává pro konkrétní vodní dílo až na základě souhlasu jeho příslušného provozovatele [39].

Efektivní a opětovné užívání odpadních vod, patří mezi jeden z návrhů řešení případů sucha. Společně s daty o umístění čističek vody by v atributové části mohly být i informace o době a množství, po kterou jsou zařízení schopna filtrovat vodu.

#### 2.8.4 Meteorologická data

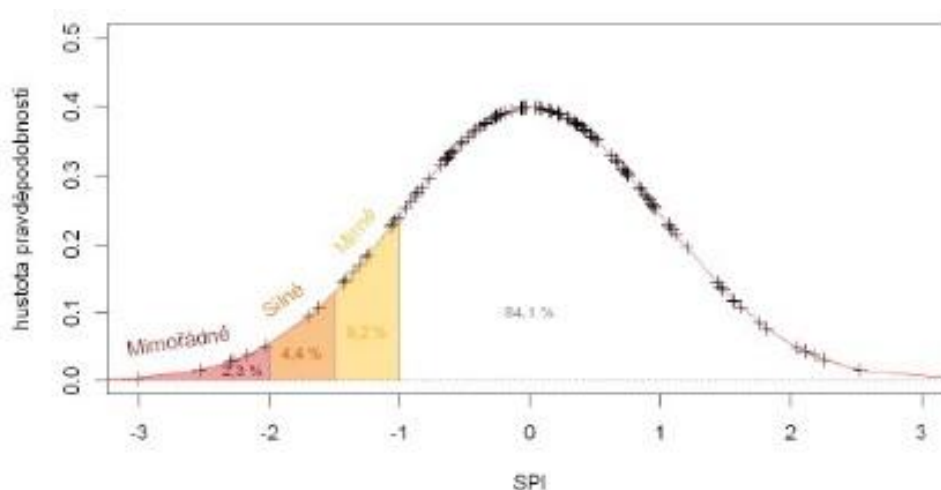
Klimatické a hydrologické veličiny mají v podmínkách ČR výrazně sezónní charakter, proto je nutné hodnotit veličiny podle zatřídění k jednotlivým měsícům [39].

Primární příčinou meteorologického sucha je deficit atmosférických srážek v daném období a lokalitě. Dlouhodobá předpověď srážek patří mezi nejvíce problematické součásti prognóz sucha. Hlavní problém spočívá v jejich časově a prostorově nespojitém charakteru. Navíc je předpověď vázána na kvalitní předpovědi dalších meteorologických prvků (vlhkost vzduchu, množství a druh oblačnosti) [35] [91].

Srážkové modely dostupné z portálu ČHMÚ – Sucho jsou znázorněny jako mapy týdenních srážkových úhrnů v mm. Tento krátký časový horizont nemůže být využit v případech výskytu sucha, které se blíží pozvolna a trvá delší časová období. K odvození indikátorů pro hodnocení srážek je vhodné použít data měsíčních úhrnů srážek [39].

Pro následné vyjádření pravděpodobnosti výskytu určitého stupně sucha je vhodné použít tzv. standardizovaný srážkový index (SPI), který byl původně určen k pozorování srážkových úhrnů. V podmínkách ČR by umožňoval vyjádření extremity aktuálního stavu [35] [39].

*Obrázek 5 - Klasifikace sucha podle SPI. V procentech je vyjádřena pravděpodobnost výskytu příslušné kategorie sucha [39]*



Výhodami tohoto indikátoru jsou jednoduchost, kdy se zaměřujeme pouze na pozorování jedné veličiny - srážkových úhrnů. Naopak nevýhodami jsou časový interval pozorovaných srážkových úhrnů, který by měl mít délku alespoň 30 let a nemožnost určení lokalit, které jsou k výskytu sucha více náchylné [39].

Na prohlubování následků meteorologického sucha se také podílí další meteorologické faktory, jako je vysoká teplota a nízká relativní vlhkost vzduchu. Průměrná teplota na našem území roste (Příloha 20). Na většině míst republiky lze pozorovat nárůst teploty o 2 až 5 °C. Poslední 2 roky 2014 a 2015 byly teplotně nadprůměrné a lze očekávat, že tento trend bude pokračovat dále [35] [117].

Vysoká horská pásma mohou zabránit diverzifikaci srážek v daném kraji. V našich podmínkách se jedná převážně o oblasti Rakovnicka a Kladenska, která se nacházejí ve srážkovém stínu Krušných hor.

## 2.8.5 Případy nedostatku vody způsobeného suchem

Problém sucha se netýká pouze méně vyspělých kontinentů a zemí. Ve třicátých letech 20. století postihlo USA období tzv. „suchopáru“. Jeho vzniku předcházelo spojení špatných zemědělských postupů spolu s neobvykle suchým obdobím. Oba faktory nakonec vyústily ve vážnou krizovou situaci [42].

Rekordní sucha a teploty kolem 40 °C způsobila v roce 2010 v Moskvě stovky požárů. Ohně zničily velkou část úrody a vedlo Ruskou federaci k zákazu vývozu obilí. Důsledkem bylo zvýšení cen potravin na světových trzích.

### **Sucho 2003**

V roce 2003 po katastrofálních záplavách přišla také neobvykle velká sucha. V období od začátku roku do konce září 2003 spadlo na většině území ČR méně než 500 mm srážek. To představovalo méně, než 80% dlouhodobého ročního průměru srážek. Průměrná teplota vykazovala kladnou odchylku kolem 2°C vzhledem k dlouhodobému průměru. Na všech sledovaných tocích byly zaznamenány podle ČHMÚ podprůměrné průtoky. Nedostatek srážek a ubývání spodních vod tehdy postihlo především území západní Evropy, ČR ležela na okraji postižené oblasti. Ze strany státu došlo dokonce k regulaci spotřeby v oblasti průmyslu a zemědělství [118] [119].

### **Sucho 2015**

Sucho v létě 2015 se zařadilo mezi historicky významné epizody sucha na našem území. Srážkový deficit se v ČR začal projevovat už v roce 2014 a od února 2015 pozvolna pokračoval i v průběhu jarních měsíců. Pro vývoj bouřek se do střední Evropy nedostával dostatečně vlhký vzduch. Průměrná teplota vzduchu byla o 1,1°C vyšší než dlouhodobý průměr v tomto období. Srážkové úhrny byly v rámci republiky podnormální. Na většině vodních toků hladina klesla pod úroveň 355denního průtoku. V některých regionech došlo k úplnému vyschnutí toků. Přínosem se ukazovaly vodní nádrže, které významně přispívaly ke zmírnění hydrologického sucha [120].

## 3 Cíle práce

### 3.1 Cíl práce

Jedním z cílů diplomové práce je podat ucelený přehled o současném stavu problematiky GIS při přípravě a plánování na krizové situace. Jedná se zejména o vymezení pojmů, přehledu legislativy a aplikací využívajících GIS u krizových situací zemětřesení, sesuvů půdy a nedostatku vody způsobených suchem.

Dalším vytyčeným cílem je stanovení mapových vrstev důležitých dat využitelných při řešení modelových krizových situací zemětřesení, sesuvů půdy a nedostatku vody způsobených suchem.

Třetím cílem je snaha stanovit požadavky na obsluhu GIS v rámci HZS ČR.

### 3.2 Stanovené hypotézy

**Hypotéza 1:** V současné, technologicky vyspělé, době je GIS částečně využíván v oblasti KŘ.

**Hypotéza 2:** Geografický informační systém je pro tento účel užitečným nástrojem.

**Hypotéza 3:** K zabezpečení provozuschopnosti a akceschopnosti GIS je nutný kvalifikovaný personál.



## 4 Metodika

Na začátku procesu zpracování diplomové práce bylo nutné, stanovit tři druhy krizových situací, pro které budou vytvořena data možných vrstev. Krizové situace byly vybrány na základě několika kritérií. Jednalo se o pravděpodobnost jejich výskytu na území ČR, jejich možný rozsah dopadů na životy, zdraví obyvatelstva, majetek a životní prostředí. Dalším kritériem výběru krizových situací byla možnost a úroveň zpracovatelnosti důležitých dat do GIS a procesu přípravy a plánování na krizové situace. Záměrně nebyla zpracovávána data v oblasti povodní a úniku nebezpečných chemických látek. Důvodem byl fakt, že právě povodně a únik NCHL jsou vzhledem k historii a potřebám ČR velmi dobře zpracovány.

V případě vstupu více kritérií ovlivňujících proces rozhodování a pro utřídění myšlenek jsem zvolila metodu tvorby myšlenkových map pomocí programu MindManager. Jedná se o aplikaci, která graficky znázorní uspořádaný text s vyznačením souvislostí. Metoda spojuje formy tvořivého myšlení, brainstormingu, řešení problémů a zaznamenávání poznámek.

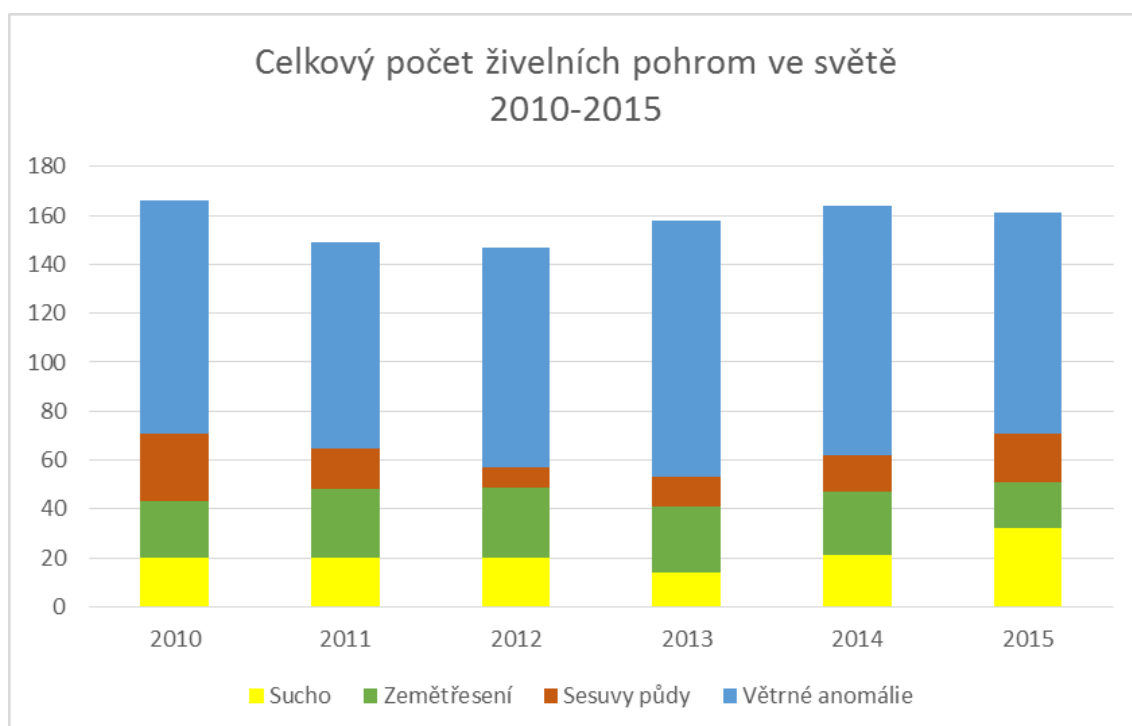
Pro lepší orientaci jsem všechna navrhovaná data rozčlenila do tabulky s nadřazenými složkami a následně vytvořila Check list.

Metoda kontrolního seznamu je postup založený na systematické kontrole plnění předem stanovených podmínek a opatření. Seznamy kontrolních otázek (checklist) jsou zpravidla generovány na základě seznamu charakteristik sledovaného systému nebo činností, které souvisejí se systémem a potenciálními dopady. Metodou Check list byly analyzovány mapové vrstvy vybraných krizových situací obsažených v GIS HZS ČR. Výsledky byly následně komparovány s mapovými vrstvami navrženými v diplomové práci.

## 5 Výsledky

Tab. 6 – Celkový počet živelních pohrom ve světě 2010-2015

Živelní pohroma	ROKY					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sucho	20	20	20	14	21	32
Zemětřesení	23	28	29	27	26	19
Sesuvy půdy	28	17	8	12	15	20
Větrné anomálie	95	84	90	105	102	90

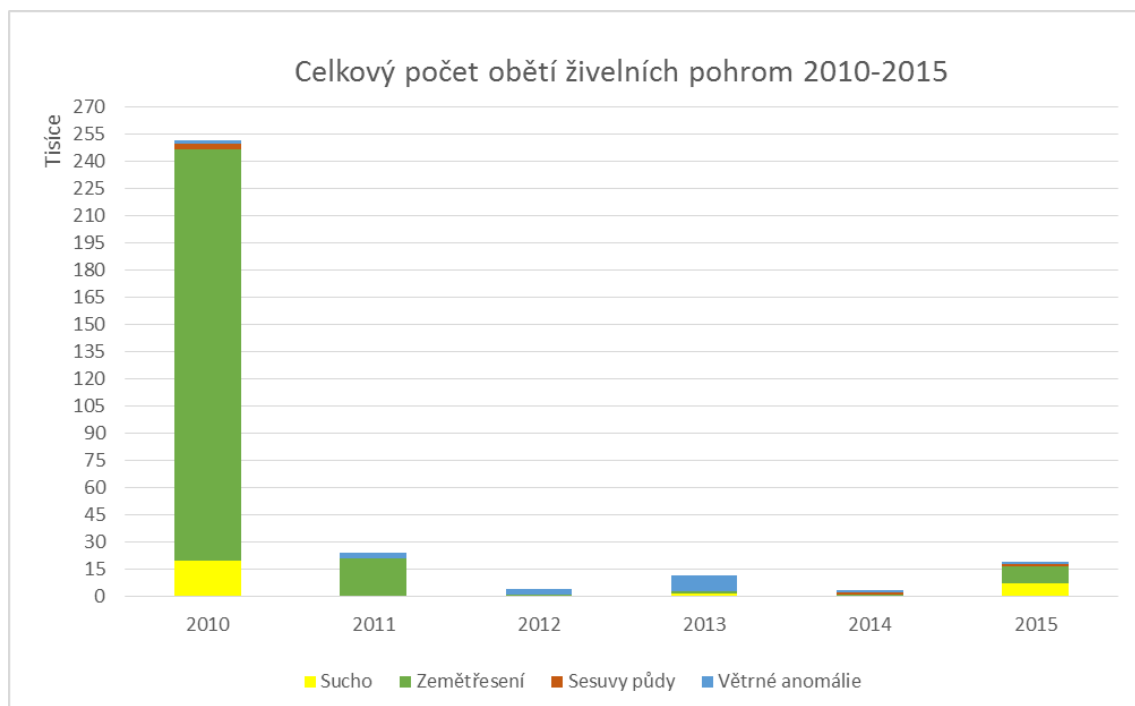


Graf 1 - Celkový počet živelních pohrom ve světě

[Zdroj: <http://emdat.be/>]

Tab. 7 – Celkový počet obětí živelních pohrom ve světě 2010-2015 (tisíc)

Živelní pohroma	ROKY					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sucho	20000	68	123	1713	305	7381
Zemětřesení	226733	20946	711	1110	773	9525
Sesuvy půdy	3175	309	244	281	942	1221
Větrné anomálie	1564	3103	3105	8603	1427	996

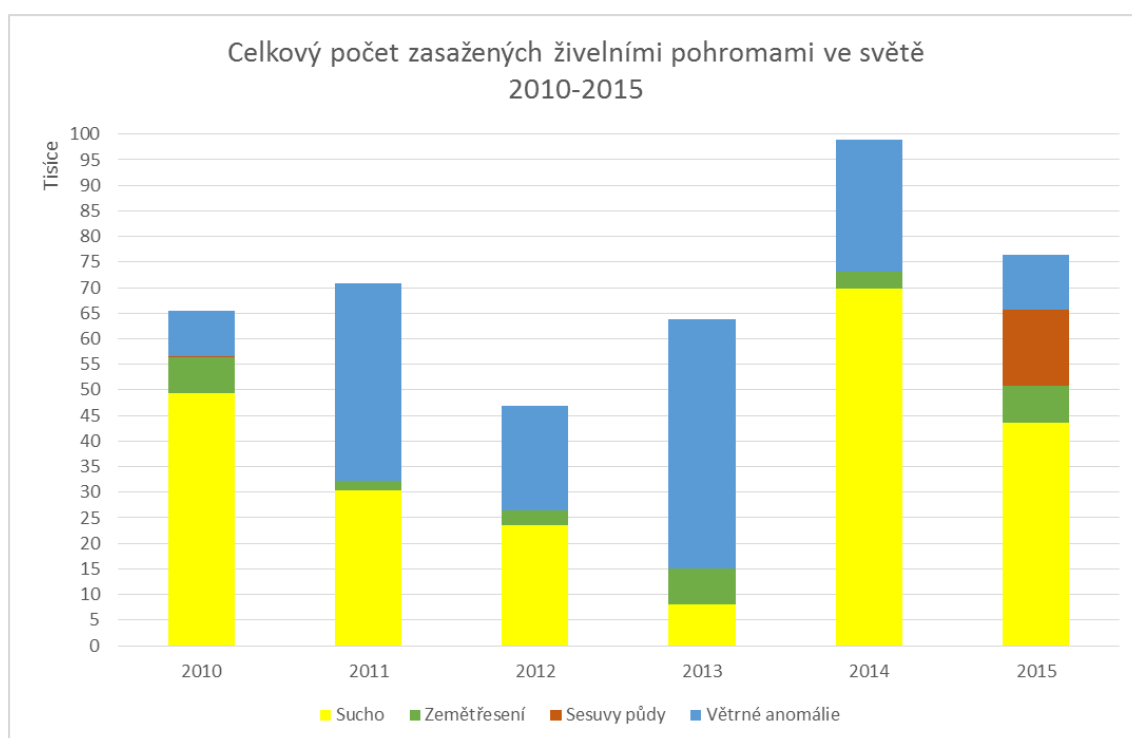


Graf 2 – Počet obětí živelních pohrom ve světě

[Zdroj: <http://emdat.be/>]

Tab. 8 – Celkový počet zasažených živelními pohromami ve světě 2010-2015 (tisíc)

Živelní pohroma	ROKY					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sucho	49372,978	30400,194	23551,085	7955,904	69838,427	43581,652
Zemětřesení	6936,98	1747,62	2860,258	7031,162	3212,312	7166,633
Sesuvy půdy	239,639	5,195	122	1	10,793	15023
Větrné anomálie	8931,015	38576,882	20265,489	48848,132	25792,722	10592,279

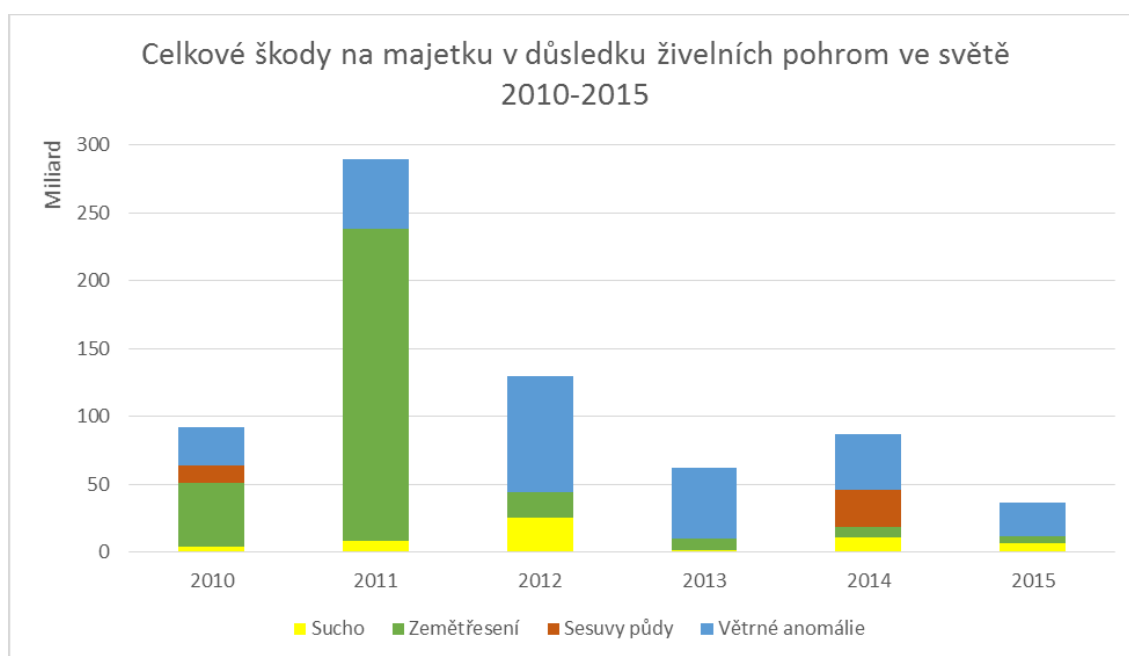


Graf 3 – Počet zasažených živelními pohromami ve světě

[Zdroj: <http://emdat.be/>]

Tab. 9 – Celkové škody na majetku v důsledku živelních pohrom ve světě 2010-2015 (US\$ mld.)

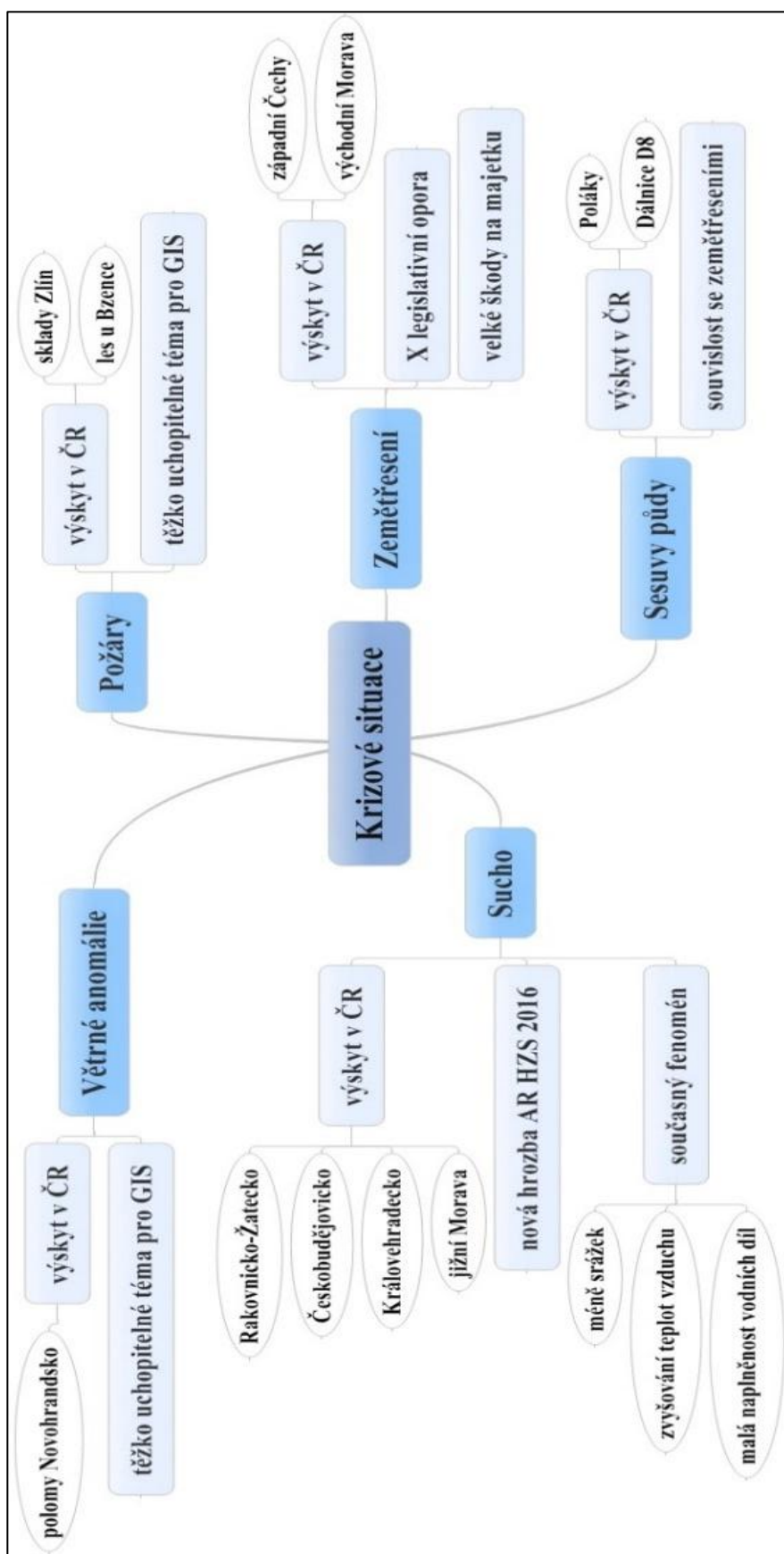
Živelní pohroma	ROKY					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sucho	3,8847	8,142	25,48	1,087	11,005	6,778747
Zemětřesení	47,30066	230,29985	18,536314	9,074859	7,174	4,87785
Sesuvy půdy	12,77078	0	0	0	28,1	0
Větrné anomálie	28,12408	50,8721	85,732579	52,388364	40,914072	24,911767



Graf 4 – Škody na majetku způsobené živelními pohromami (US\$ miliard)

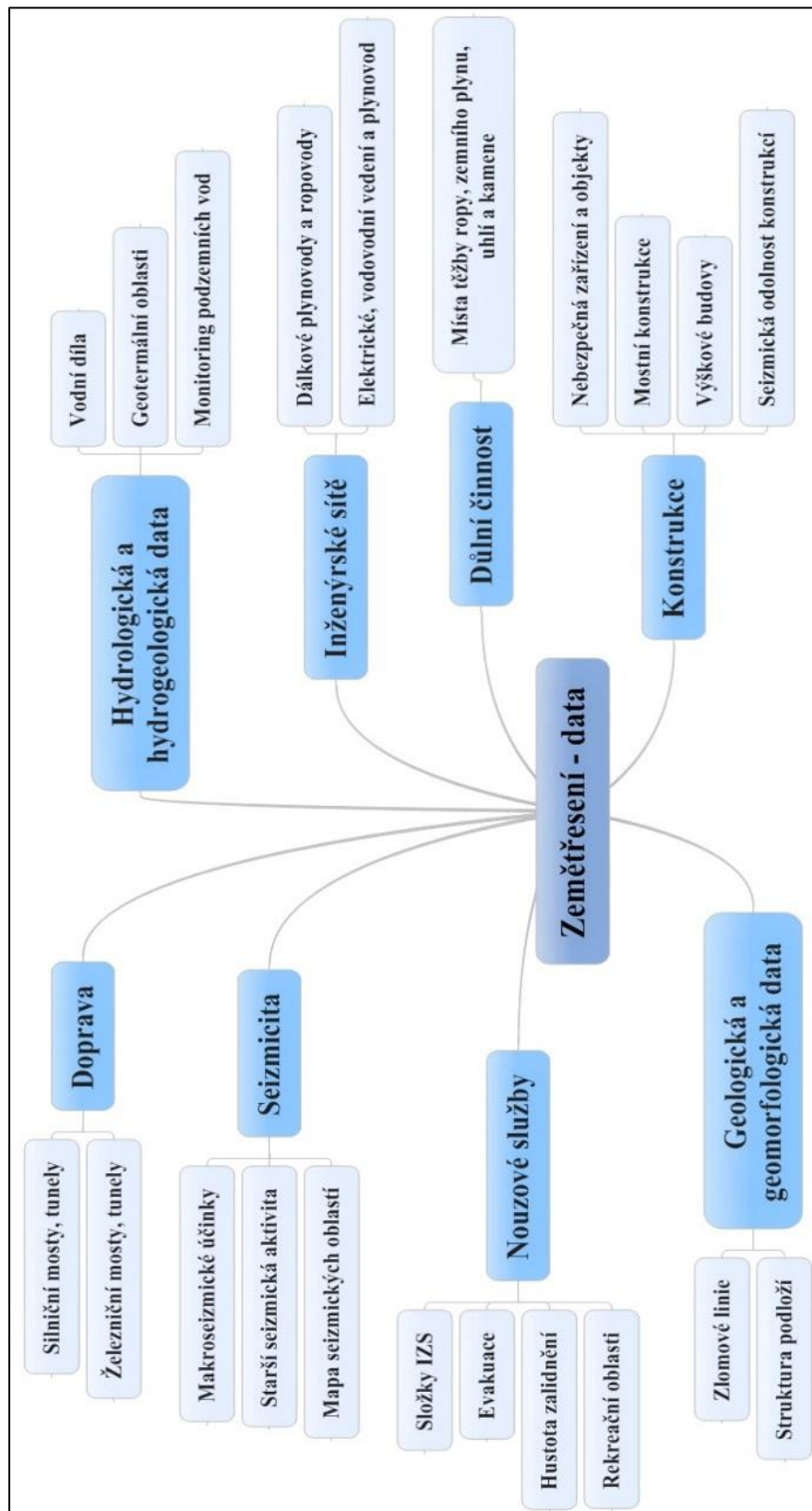
[Zdroj: <http://emdat.be/>]

Schéma 11 – Myšlenková mapa krizové situace



## 5.1 Zemětřesení

Schéma 12 – Myšlenková mapa zemětřesení



Tab. 10 – Přehled možných vrstev zemětřesení

ZEMĚTŘESENÍ		
INŽENÝRSKÉ SÍTĚ	Elektrina	Výroba
		Přenosová soustava
	Zemní plyn	Přenosová soustava
		Skladování plynu
	Ropa	Přepravní soustava
		Skladování ropy
	Voda	Přepravní soustava
Úpravna vody		
Vodní díla		
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod	
DŮLNÍ ČINNOST	Těžba ropy	
	Těžba zemního plynu	
	Těžba kamene	
	Těžba uhlí	
GEOLOGICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ DATA	Geotermální oblasti	
	Makroseizmické účinky	
	Seizmické oblasti	
	Zlomové linie	
	Struktura podloží	
KONSTRUKCE	Nebezpečná objekty a zařízení	
	Výškové budovy	
	Seizmická odolnost konstrukcí	
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Základní složky
		Ostatní složky
	Evakuace	Evakuační trasy
		Evakuační střediska
		Přijímací střediska
		Místa předchozího ubytování
	Hustota zalidnění	
Rekreační zařízení		
DOPRAVA	Silniční	Mosty
		Tunely
	Železniční	Mosty
		Tunely

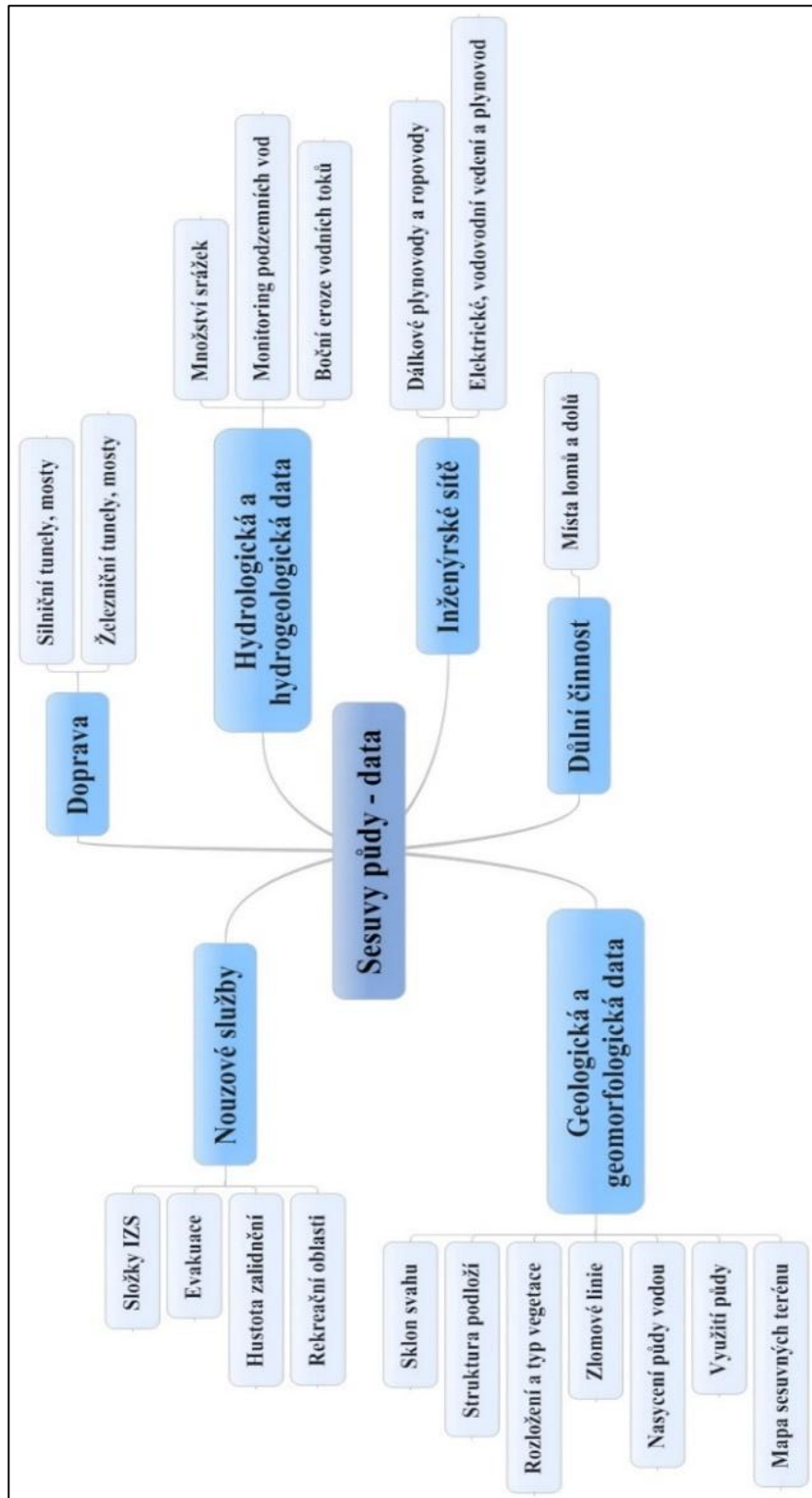


Tab. 11 – Check list zemětřesení

ZEMĚTŘESENÍ			ANO	NE
Možné vrstvy	Data v nich obsažená			
INŽENÝRSKÉ SÍŤE	Elektřina	Výroba	X	
		Přenosová soustava	X	
	Zemní plyn	Přenosová soustava	X	
		Skladování plynu	X	
	Ropa	Přepravní soustava	X	
		Skladování ropy	X	
	Voda	Přepravní soustava		X
		Úpravna vody	X	
Vodní díla		X		
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod			X
DŮLNÍ ČINNOST	Těžba ropy			X
	Těžba zemního plynu			X
	Těžba kamene			X
	Těžba uhlí			X
GEOLOGICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ DATA	Geotermální oblasti			X
	Makroseismické účinky		X	
	Seismické oblasti		X	
	Zlomové linie			X
	Struktura podloží			X
KONSTRUKCE	Nebezpečná objekty a zařízení		X	
	Výškové budovy			X
	Seismická odolnost konstrukcí			X
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Základní složky	X	
		Ostatní složky		X
	Evakuace	Evakuační trasy	X	
		Evakuační střediska	X	
		Přijímací střediska	X	
		Místa předchodného ubytování	X	
	Hustota zalidnění		X	
Rekreační zařízení		X		
DOPRAVA	Silniční	Mosty	X	
		Tunely	X	
	Železniční	Mosty	X	
		Tunely	X	

## 5.2 Sesuvy půdy

Schéma 13 – Myšlenková mapa sesuvy půdy



Tab. 12 – Přehled možných vrstev sesuvy půdy

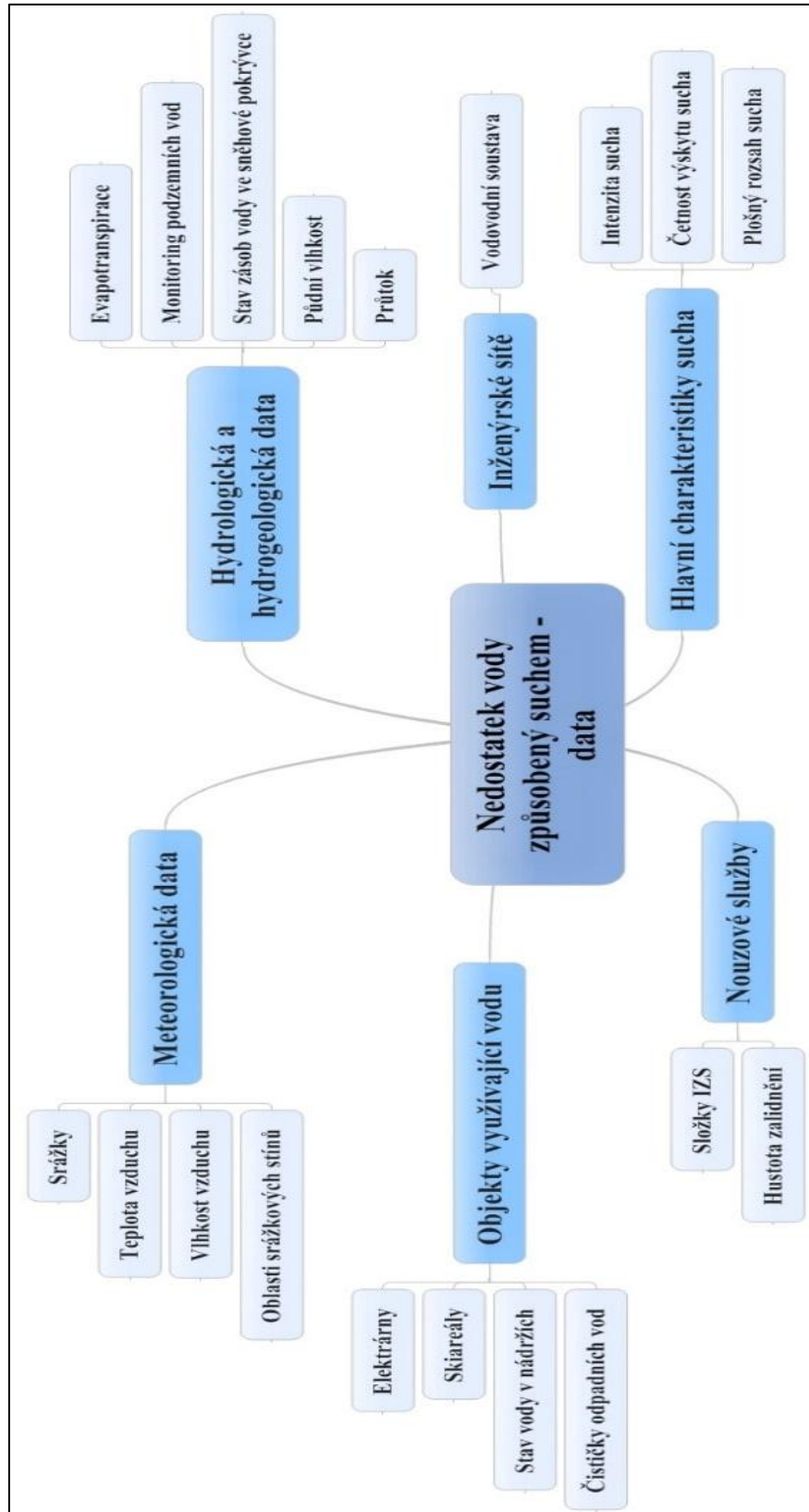
Sesuvy půdy		
INŽENÝRSKÉ SÍTĚ	Elektřina	Výroba
		Přenosová soustava
	Zemní plyn	Přenosová soustava
		Skladování plynu
	Ropa	Přepravní soustava
		Skladování ropy
	Voda	Přepravní soustava
Úpravna vody		
Vodní díla		
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod	
	Boční eroze vodních toků	
	Průměrné množství srážek a intenzita	
DŮLNÍ ČINNOST	Těžba kamene	
	Těžba uhlí	
GEOLOGICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ DATA	Složení půdy	
	Sklon svahu	
	Zlomové linie	
	Nasycení půdy vodou	
	Rozložení a typ vegetace	
	Využití půdy	
	Mapa sesuvných terénů	
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Základní složky
		Ostatní složky
	Evakuace	Evakuační trasy
		Evakuační střediska
		Přijímací střediska
		Místa předchodného ubytování
	Hustota zalidnění	
Rekreační zařízení		
DOPRAVA	Silniční	Mosty
		Tunely
	Železniční	Mosty
		Tunely

Tab. 13 – Check list sesuvy půdy

SESUVY PŮDY			ANO	NE
Možné vrstvy	Data v nich obsažená			
INŽENÝRSKÉ SÍTĚ	Elektrína	Výroba	X	
		Přenosová soustava	X	
	Zemní plyn	Přenosová soustava	X	
		Skladování plynu	X	
	Ropa	Přepravní soustava	X	
		Skladování ropy	X	
	Voda	Přepravní soustava		X
Úpravna vody		X		
Vodní díla		X		
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod			X
	Boční eroze vodních toků			X
	Průměrné množství srážek a intenzita			X
DŮLNÍ ČINNOST	Těžba kamene			X
	Těžba uhlí			X
GEOLOGICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ DATA	Složení půdy			X
	Sklon svahu			X
	Zlomové linie			X
	Nasycení půdy vodou			X
	Rozložení a typ vegetace			X
	Využití půdy			X
	Mapa sesuvných terénů		X	
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Základní složky	X	
		Ostatní složky		X
	Evakuace	Evakuační trasy	X	
		Evakuační střediska	X	
		Přijímací střediska	X	
		Místa předchodného ubytování	X	
	Hustota zalidnění		X	
Rekreační zařízení		X		
DOPRAVA	Silniční	Mosty	X	
		Tunely	X	
	Železniční	Mosty	X	
		Tunely	X	

### 5.3 Nedostatek vody způsobený suchem

Schéma 14 – Myšlenková mapa nedostatek vody způsobený suchem



Tab. 14 – Přehled možných vrstev nedostatek vody způsobený suchem

Nedostatek vody způsobený suchem		
INŽENÝRSKÁ SÍŤ - VODA	Úpravna vody	
	Přepavní soustava	
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod	
	Půdní vlhkost	
	Stav zásob vody ve sněhové pokrývce	
	Evapotranspirace	
	Průtok	
OBJEKTY VYUŽÍVAJÍCÍ VODU	Elektrárny	
	Skiareály	
	Stav vody v přehradách	
	Čističky odpadních vod	
METEOROLOGICKÁ DATA	Srážky	
	Teplota vzduchu	
	Vlhkost vzduchu	
	Oblasti srážkových stínů	
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Základní složky
		Ostatní složky
	Hustota zalidnění	
HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY SUCHA	Intenzita sucha	
	Četnost výskytu sucha	
	Plošný rozsah sucha	

Tab. 15 – Check list nedostatek vody způsobený suchem

NEDOSTATEK VODY ZPŮSOBENÝ SUCHEM		ANO	NE
Možné vrstvy	Data v nich obsažená		
INŽENÝRSKÉ SÍŤE - VODA	Úpravna vody	X	
	Přepravní soustava		X
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod		X
	Půdní vlhkost		X
	Stav zásob vody ve sněhové pokrývce		X
	Evapotranspirace		X
	Průtok		X
OBJEKTY VYUŽÍVAJÍCÍ VODU	Elektrárny	X	
	Skiareály		X
	Stav vody v přehradách		X
METEOROLOGICKÁ DATA	Srážky		X
	Teplota vzduchu		X
	Vlhkost vzduchu		X
	Oblasti srážkových stínů		X
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Základní složky	X
		Ostatní složky	
	Hustota zalidnění	X	
HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY SUCHA	Intenzita sucha		X
	Četnost výskytu sucha		X
	Plošný rozsah sucha		X

## 6 Diskuse

V této části práce shrnu výsledky zjištěné na základě provedení analýzy metodou check list. Odborná práce by měla dát odpovědi na otázky, jaká data jsou pro přípravu na krizovou situaci důležitá, proč jsou důležitá a kde se dají získat. Účelem nebyla samotná tvorba mapových vrstev GIS.

### 6.1 Výsledky zemětřesení

Geografický informační systém poskytuje příležitost orgánům krizového řízení posílit svou připravenost na zvládání přírodních katastrofy obecně, zemětřesení nevyjímaje.

Tab. 16 – Přehled navrhovaných mapových vrstev

ZEMĚTŘESENÍ		
Možné vrstvy	Data v nich obsažená	
INŽENÝRSKÉ SÍTĚ	Voda	Přepravní soustava
HYDROLOGICKÁ A	Monitoring podzemních vod	
DŮLNÍ ČINNOST	Těžba ropy	
	Těžba zemního plynu	
	Těžba kamene	
	Těžba uhlí	
GEOLOGICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ DATA	Geotermální oblasti	
	Zlomové linie	
	Struktura podloží	
KONSTRUKCE	Výškové budovy	
	Seizmická odolnost konstrukcí	
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Ostatní složky

Data týkající se elektrických přenosových soustav poskytuje firma České přenosové soustavy (ČEPS a.s.). V mapových vrstvách jsou znázorněny přenosové soustavy o výkonech 400kV a 220kV společně s částí distribuční soustavy 110kV.

Informace o přepravních soustavách plynu, ropy a obecně produktovodů poskytují společnosti RWE a.s. a České produktovody a ropovody (ČEPRO a.s.). U plynovodů jsou odlišeny vysokotlaké plynovody (0,4 MPa až 4 MPa) a velmi vysokotlaké plynovody (4 MPa až 10 MPa). Ropovody jsou odlišeny na základě provozovatelů (IKL, Magistrála, Paramo, aj.). Objekty skladující ropné komodity společně s jejich množstvím jsou součástí mapové vrstvy únik nebezpečných látek.



Úpravny vody jsou znázorněny v souvislosti se skladováním určitého množství nebezpečných chemických látek.

Přepravní soustava vodovodní sítě není součástí GIS HZS ČR. Při zásahu spolupracují jednotky požární ochrany (dále jen JPO) s dispečery jednotlivých vodárenských společností nebo distributorů. Pracovníci havarijních služeb mají k dispozici mapové vrstvy s vodovodními sítěmi barevně rozlišenými dle tlakových pásem.

Data o dislokaci vodních děl jsou k dispozici pro zobrazení v mapových vrstvách. U přehradních nádrží je dále možnost zobrazení záplavových území v případě vzniku zvláštních povodní. Samotná vodní díla v atributové části obsahují informace o názvu díla a jméno obce, ve které se nádrž nachází.

Monitoring podzemních vod zajišťuje ČHMÚ. Výsledky měsíčních rozdílů hladin podzemních vod jsou znázorněny formou map. Změna výšky hladin je značena barevnými indexy (velký vzestup až velký pokles). V případech zemětřesení je pokles nebo vzestup hladin velmi rychlý. Měsíční srovnávání se tedy jeví jako nevyhovující. Ideálním řešením je možnost sledování hladin podzemních vod pomocí dálkových bezdrátových čidel.

Důlní činnost a stará důlní díla také nejsou součástí GIS HZS ČR. Informace o vedení databáze důlních děl je v kompetenci Ministerstva životního prostředí, které jejich správou pověřilo ČGS. V rámci své působnosti ČGS eviduje mapové podklady o starých důlních dílech, opuštěných průzkumných důlních dílech a opuštěných důlních dílech.

Značení míst s geotermálními aktivitami (např. výrony plynů, horké minerální vody) souvisí s místy zlomových linií. Na území ČR se jedná o lokální oblasti Karlových Varů, Teplic a Mostu. Jev je monitorován v jednotlivých místech jejich možného vzniku Správou přírodních léčivých zdrojů a kolonád Karlovy Vary, Lázně Teplice a společností Mostecká uhelná a.s.

V krajích, kde dochází k výskytu seizmické aktivity, poskytuje vrstva - rizika mimořádných událostí - přehled o oblastech makroseizmických účinků. Barevně jsou rozlišena pásma s účinky 6. a 7. stupně podle MSK-64.

Znázornění zlomových linií se v mapových aplikacích GIS HZS ČR neobjevuje. Zóny zlomových ploch mohou sloužit jako indikátory pohybu. Výzkumem v této oblasti se zabývá ČGS.

Výškové budovy jsou obecně složité pro zásah JPO. Jedná o budovy tyčící se do vysoké výšky, které pojmu velké množství lidí. Samy mohou být spouštěčem, ale také nebezpečím při zemětřesení. V ČR se nachází přibližně čtyři výškové budovy, které svou výškou přesahují 100 metrů. Tyto budovy jsou dislokovány v Praze, Brně a Mostu.

Znázornění seizmické odolnosti konstrukcí může v rizikových lokalitách podat důležité informace o rezistenci budov při zemětřesení. Princip mapování seizmické odolnosti budov je využit i v Los Angeles, které protíná tektonický zlom San Andreas. Stavby jsou barevně odlišeny na základě přidáných konstrukčních prvků, které zpevňují objekt proti otřesům země.

Nebezpečné objekty a zařízení jsou součástí mapové vrstvy únik nebezpečných látek. Znázornit lze objekty zařazené do skupiny A nebo B podle zák. č. 224/2015 Sb. o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými směsmi. Dále je možnost do výběru zařadit ostatní objekty na daném území určené na základě analýzy rizik.

V mapě lze také zvolit vrstvu základních složek IZS. V rámci HZS ČR lze zobrazit vrstvu dislokací jednotek požární ochrany, společně s jejich operačními hodnotami (JPO I až JPO VI). V případě PČR je možnost vyznačení služeben, u ZZS jsou znázorněna stanoviště výjezdů.

Při krizových situacích je potřeba velké množství specialistů z různých oblastí. Mezi ostatní složky IZS potřebné pro řešení následků zemětřesení patří Báňská záchranná služba, USAR týmy, vyčleněné odřady AČR nebo Horská služba ČR aj. Mapová vrstva by měla znázorňovat dislokace jednotlivých složek, kontaktní údaje a jejich vybavenost.

Evakuace a s ní související činnosti jsou znázorněny v GIS pro velmi závažné krizové situace, jako jsou havárie jaderných zařízení. V případě vzniku radiální mimořádné události 3. stupně jsou v mapové aplikaci k dispozici vrstvy s evakuačními trasami, třídícími stanovišti nebo místy dekontaminace. Za oblasti určené k evakuaci, lze také označit zóny havarijního plánování. V GIS jsou vyznačeny v mapové vrstvě únik nebezpečných látek a vztahují se k objektům zařazeným do B skupiny.

Pro rychlou analýzu počtu a věkového složení obyvatelstva je k dispozici jednoduchý nástroj statistika. Aplikace znázorní pro námi vybranou oblast přibližný počet a věk obyvatel daného území. Informace byly poskytnuty Českým statistickým úřadem na základě projektu sčítání lidu, domů a bytů z roku 2011.

Znázornění rekreačních zařízení a turistických zajímavostí lze v mapě vybrat pod vrstvou traumabody. Jde o místa označená číselným kódem umožňující rychlou orientaci pracovníků na OPIS.

Silniční a železniční doprava je již součástí podkladové mapy. Pro lepší orientaci jsou v mapě barevně odlišeny dálnice, rychlostní silnice a silnice. Železniční a elektrizované vlečky jsou znázorněny černobílou linií. Všechny mosty a tunely jsou také součástí podkladové mapy, kde jsou znázorněny a označeny pořadovým číslem pro rychlejší orientaci.

## 6.2 Výsledky sesuvy půdy

Naše republika se řadí mezi země s dlouholetou tradicí dokumentace a klasifikace svahových nestabilit. Získané poznatky jsou nezbytné pro prevenci, jakož i pro likvidaci následků sesuvů.

Tab. 17 – Přehled navrhovaných mapových vrstev

SESUVY PŮDY		
Možné vrstvy	Data v nich obsažená	
INŽENÝRSKÉ SÍTĚ	Voda	Přepravní soustava
HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA	Monitoring podzemních vod	
	Boční eroze vodních toků	
	Průměrné množství srážek a intenzita	
DŮLNÍ ČINNOST	Těžba kamene	
	Těžba uhlí	
GEOLOGICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ DATA	Složení půdy	
	Sklon svahu	
	Zlomové linie	
	Nasycení půdy vodou	
	Rozložení a typ vegetace	
	Využití půdy	
NOUZOVÉ SLUŽBY	Složky IZS	Ostatní složky

Mapových vrstev s tematikou přirozených nebo zvláštních povodní existuje mnoho. V GIS není problémem zobrazit záplavové území pro povodně různého rozsahu. Eroze, jako následek povodní nebo vytrvalých dešťů, znázorněna v GIS HZS není. Oblastí vodní eroze a monitoringem jevu se zabývá Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka nebo už několikrát zmiňovaná ČGS. Díky poznatkům mohou vznikat mapy potenciální plošné vodní eroze. Mapy jednotlivých povodí barevně vyznačují roční množství půdy smyté vodní erozí (od 200 až po 40 000 t.rok<sup>-1</sup>).

Informace o průměrném množství a intenzitě srážek monitoruje a poskytuje ČHMÚ (Příloha 15). Dlouhodobá předpověď je velmi problematická. Predikce probíhá na základě modelu ALADIN a meteorologických radarů. Aktuální data jsou k dispozici na základě pozemních srážkoměrů.

U složení půdy můžeme vycházet z mapy půdních typů (Příloha 9). Jak bylo uvedeno v teoretické části, existují typy půd náchylnějších k sesuvům. Jedná se o jílovité půdy, hnědozem, podzoly, hnědé půdy s podzoly a černozem. U skalního řícení se často jedná o erozi pískovce.

Sklon svahu patří mezi jeden z důležitých faktorů a spouštěčů sesuvů (Příloha 16). Data o svahovitosti terénu lze účinně pořídit dálkovým průzkumem země.

Dalším důležitým spouštěčem sesuvů je nasycení půdy vodou. Stanovení hodnoty se odvíjí od množství srážek na daném území a od vlastnosti půdy vlhkost zadržet (Příloha 17).

Mapové vrstvy rozložení a typu vegetace úzce souvisí s vrstvou využití půdy. Jejich kombinace poskytuje ucelený pohled na místa s výskytem náletové vegetace. Svahy s tímto typem vegetace působí kvazistabilním dojmem, který vyvolává domnělý pocit bezpečí (Příloha 18).

Mapa sesuvných terénu je hlavní mapovou vrstvou využívanou pro stanovení míst sesuvů půdy. V atributové části je uveden název sesuvu, typ sesuvu a současný stav, v jakém se sesuv nachází (aktivní až dočasně uklidněný). Monitoring a data poskytuje ČGS v rámci služby geohazardů (Příloha 3).

Zvláště oblastem, kde se již sesuvy v minulosti objevily, by mapové vrstvy GIS poskytly přehled o stavu geohazardů na daném území. Mnohdy jde o velmi nedostupný terén, který ztěžuje záchranné a likvidační práce. Právě o těchto skutečnostech je cenné vědět a počítat s nimi již při plánování.

### 6.3 Výsledky nedostatek vody způsobený suchem

Na sucho se stejně jako na povodně nelze zcela připravit. Je možné však učinit taková opatření, která podvedou ke snížení jeho nepříznivých účinků.

Tab. 18 – Přehled navrhovaných mapových vrstev

<b>NEDOSTATEK VODY ZPŮSOBENÝ SUCHEM</b>		
<b>Možné vrstvy</b>	<b>Data v nich obsažená</b>	
<b>INŽENÝRSKÉ SÍTĚ - VODA</b>	Přepravní soustava	
<b>HYDROLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ DATA</b>	Monitoring podzemních vod	
	Půdní vlhkost	
	Stav zásob vody ve sněhové pokrývce	
	Evapotranspirace	
	Průtok	
<b>OBJEKTY VYUŽÍVAJÍCÍ VODU</b>	Skiareály	
	Stav vody v přehradách	
<b>METEOROLOGICKÁ DATA</b>	Srážky	
	Teplota vzduchu	
	Vlhkost vzduchu	
	Oblasti srážkových stínů	
<b>NOUZOVÉ SLUŽBY</b>	Složky IZS	Ostatní složky
<b>HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY SUCHA</b>	Intenzita sucha	
	Četnost výskytu sucha	
	Plošný rozsah sucha	

Stav zásob vody ve sněhové pokrývce je důležitým ukazatelem počátečního stavu sucha před letním suchým obdobím. Sledování jevu a poskytování informací zajišťuje ČHMÚ formou týdenních zpráv, jejíž součástí jsou mapy stavu zásob vody ve sněhu (Příloha 13).

Evapotranspirace je, kromě srážek, dalším významným prvkem vodní bilance. Mapová vrstva vzniká znázorněním meziročního rozdílu úhrnu srážek a evapotranspirací (Příloha 19).

Samotné elektrárny jsou v mapách označeny indexem blesku různých barev. Zbarvení indexu se liší podle typu konkrétní elektrárny (jaderná – červená, tepelná – hnědá, solární – žlutá, vodní - modrá).

Skiareály jsou významnými odběrateli vodních zdrojů. Jejich spotřeba stoupá vlivem suchých zimních období a konkurenčními boji mezi rekreačními středisky. Možnost vyčerpání vodních zdrojů v zimním období může v další etapě roku podstatně přispět k nedostatku vody. Znalost základních informací o místě provozu a spotřebě jsou vhodné pro případný preemptivní zásah. Údaje o stavu a zajišťování průtoků vodních zdrojů jsou v kompetenci jednotlivých povodí.

Určení stavu naplněnosti vodních nádrží může probíhat na základě rovnice velikosti naplnění zásobního prostoru nádrže. Výsledek je navíc jednoduše převeditelný do kategorií, které jsou snadno znázornitelné v mapové vrstvě.

Teplota a vlhkost vzduchu tvoří další z ukazatelů sucha. Teplota vzduchu se na našem území zvyšuje a prognózy tento fakt potvrzují (Příloha 21). Vlhkost vzduchu se na většině území drží na 75%. Z mapových podkladů jsou patrné i oblasti, ve kterých se následky nedostatku vody již projevují (Příloha 22).

Oblasti srážkových stínů se dají určit z mapy počtu naměřených srážkových dnů. Mapa znázorňuje zóny, jejichž poloha v blízkosti vysokohorského pásu, nepříznivě ovlivňuje počet a množství srážek (Příloha 23).

Možnost znázornění hlavních charakteristik sucha je stále ve vývoji. Extrémní dlouhodobé sucho bylo teprve v roce 2016 označeno, na základě analýzy rizik HZS ČR, za krizovou situaci (Příloha 1). Pro vyjádření intenzity sucha je nutné vycházet ze standardizovaného srážkového indexu (SPI). Na jeho základě je možné zobrazit pravděpodobnost výskytu určitého stupně sucha v mapové vrstvě.

## 6.4 Zhodnocení hypotéz

Celkově lze říci, že data použitelná v obecné rovině GIS obsahuje. U živelních pohrom, které v našich podmínkách často přerůstají v krizové situace (povodně, únik nebezpečných chemických látek) se GIS stal využívaným a cenným pomocníkem. Na základě tohoto zjištění **se podařilo potvrdit první hypotézu.**

Na základě výsledků analýzy check list pro konkrétní krizové situace zemětřesení, sesuvy půdy a nedostatek vody způsobený suchem **se druhou hypotézu také podařilo potvrdit.** Ukázalo se, že GIS je užitečným nástrojem vizualizace zjištěných a dostupných informací. Nicméně mnoho mapových vrstev pro vybrané krizové situace neexistuje a o jejich účelnosti a využitelnosti v rámci plánování a přípravy se tak dá polemizovat.

Co se týká obsluhy GIS v rámci HZS ČR. Jsou již na počátku výběru zaměstnanců velmi pečlivě hodnocena různá hlediska. Od dosažené úrovně vzdělání a odbornosti v oboru až po morálněvolní vlastnosti uchazečů. Nejlepší možnou variantou je kombinace odborníka na KŘ s velmi dobrou znalostí GIS. **Třetí hypotéza byla potvrzena.**



## 7 Závěr

Sklobení odvětví KŘ a ochrany obyvatelstva společně s GIS jsou správným krokem ke zjednodušení, vizualizaci a tím i pochopení složitějších procesů. Nevyužívat moderní technologie by bylo krokem zpět, který není v KŘ žádoucí. Situace, které jsme před několika lety považovali za bezvýznamné, dnes nabývají na důležitosti. Zatímco v minulosti jsme se obávali možnosti útoku zbraněmi hromadného ničení, dnes se dostává do popředí ochrana kritické infrastruktury a prevence proti dopadům živelních pohrom.

Doposud neexistuje adekvátní legislativní opora pro řešení krizové situace zemětřesení. V působnosti Ministerstva vnitra ČR vznikl pouze dokument Typový plán na krizovou situaci silného zemětřesení. Poněkud lepší situace je u sesuvů půdy a sucha. Zvláště otázka sucha a jeho řešení se v posledních letech dostává do popředí. Jedná se o důsledek faktu existence palčivější krizových situací, které bylo nutné na našem území řešit.

V rámci HZS ČR jsou na GIS a jednotné datové základně postaveny celkem tři druhy produktů. Přípravě a plánování na krizové situace není věnována taková pozornost jako operačnímu řízení, jehož funkčnost je pro HZS ČR zásadní. Nakonec stejně záleží na lidském faktoru, na jednotlivých pracovnících HZS, zda chtějí a budou využívat analýz, které GIS nabízí. Pro splnění výše uvedených podmínek je zapotřebí dobré finanční zázemí.

Každý kraj je velmi specifický. Na základě druhu a množství rizik stanovených analýzou připravuje kraj své území na jejich zvládnutí. Z toho pramení i jistá nesourodost požadavků na data a mapové vrstvy, které by od CDS HZS ČR, kraje vyžadovaly zaimplementovat. Vyšší angažovanost bych očekávala od MV - GŘ HZS ČR, které by mělo zasáhnout a sporná stanoviska krajů adekvátně vyřešit.

Cíl provést analýzu současného stavu trhu s aplikacemi využitelnými v KŘ, jejichž součástí jsou GIS, se podařilo naplnit v teoretické části. V rámci analýzy byly uvedeny, jak programové vybavení národních společností, tak i mezinárodní software. Požadavky kladené na obsluhu GIS byly také shrnuty v teoretické části. Navíc byly doplněny o konkrétní programové a aplikační znalosti, které jsou pro obsluhu potřebné. V druhé polovině diplomové práce byla na základě prostudované literatury stanovena důležitá data, která lze následně využít při tvorbě nových mapových vrstev GIS.

## Seznam symbolů a zkratk

**AČR** – Armáda České republiky

**ČEPRO** – České produktovody a ropovody

**ČEPS** – Česká energetická přenosová soustava

**ČGS** – Česká geologická služba

**ČHMÚ** – Český hydrometeorologický ústav

**EU** – Evropská Unie

**GIS** – Geografický informační systém

**HZS ČR** – Hasičský záchranný sbor České republiky

**IS** – Informační systém

**ISKŘ** – Informační systém pro krizové řízení

**IT** – Informační technologie

**IZS** – Integrovaný záchranný systém

**JPO** – Jednotky požární ochrany

**KŘ** – Krizové řízení

**OPIS** – Operační a informační středisko

**PČR** – Policie České republiky

**USAR** – Urban Search and Rescue Team

**ZZS** – Zdravotnická záchranná služba

## Seznam použité literatury

- [1] HORÁK, Rudolf. *Průvodce krizovým řízením pro veřejnou správu*. Vyd.1. Praha: Linde, 2004. ISBN 80-720-1471-4. Str. 233.
- [2] PRUDIL, Luděk. Využití GIS v operačním řízení. [přednáška]. Praha: Kongresové centrum Praha, 4. listopadu 2015. In: youtube.com - ARCDATA PRAHA, s.r.o. [online]. [vid. 19. 11. 2015]. Záznam dostupný z: <https://www.youtube.com/watch?v=q9y4GuxBRhE>.
- [3] LUKÁŠ, Luděk, Petr HRŮZA a Milan KNÝ. *Informační management v bezpečnostních složkách*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo obrany České republiky, 2008. ISBN 978-80-7278-460-8.
- [4] ORŠULÁK, Tomáš a Jan PACINA. *Geoinformatika*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: [Tomáš Mikulenk], 2012. ISBN 978-80-904927-5-2.
- [5] Úvodní strana: Co je to GIS? *GIS portál HZS ČR* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://gis.izscr.cz/wpgis/>.
- [6] BURROUGH, P, Rachael MCDONNELL a Christopher D LLOYD. *Principles of geographical information systems*. Third edition. New York: Oxford University Press, 2015. ISBN 0198742843. - [http://www.amazon.com/Principles-Geographical-Information-Systems-Burrough/dp/0198742843#reader\\_0198742843](http://www.amazon.com/Principles-Geographical-Information-Systems-Burrough/dp/0198742843#reader_0198742843).
- [7] KLIMEŠOVÁ, Dana. *Geografické informační systémy a zpracování obrazů*. Vyd. 2., 2. dotisk [i.e. 3. vyd.]. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2008. ISBN 978-80-213-1933-2.
- [8] Geografické informační systémy - GIS. *Gymnázium Jakuba Škody: Sekce věd o Zemi* [online]. Přerov, Copyright©2003-2006 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.gjs.cz/vedy-o-zemi/gis.htm>.
- [9] RAK, Jakub. Geografické informační systémy. [přednáška]. Uherské Hradiště: Fakulta logistiky a krizového řízení, 4. března 2013.
- [10] FOŘT, Ivan. *Geografické informační systémy*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2009. ISBN 978-80-7251-317-8.
- [11] ČERBA, Otakar. *Úvod do kartografie* [online] 2016 [Cit. 2016-04-17]. Dostupné z: [http://old.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/uvod\\_do\\_kartografie.pdf](http://old.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/uvod_do_kartografie.pdf).

- [12] RŮŽIČKA. Elektronická mapa. [přednáška]. Ostrava: Institut geoinformatiky Vysoká škola báňská — Technická univerzita Ostrava. In: Stránky pro studenty[online]. [cit. 21. 4. 2016]. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz/ruzicka/ppdwww/cd/prezentaceHTML/mpub/04.htm>.
- [13] DEMJANČUKOVÁ, Kateřina. Stanovení seismického ohrožení lokality v zemích s nízkou intenzitou seismicity. In: *Ochrana obyvatelstva.: sborník příspěvků z mezinárodní konference*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2014, s. 17-19. ISBN 1803-7372.
- [14] PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-022-7.
- [15] JENÍČEK, Radoslav a Leo EISNER. Zemětřesení v Čechách a sesuvy půdy. *VESMÍR*. 2013, **92**(7), 429-431.
- [16] MORRIS, Neil. *Zemětřesení: [proč dochází k zemětřesením? Kde k nim dochází?]*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2003. Přírodní katastrofy. ISBN 80-722-6935-6.
- [17] ŘÍHA, Milan. *Živelní pohromy*. Vyd. 1. Praha: Armex, 2006. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 80-867-9532-2.
- [18] PROCHÁZKOVÁ, Dana a Kateřina DEMJANČUKOVÁ. *Earthquakes, hazards and principles for trade-off with risks*. 1. Plzeň: University of West Bohemia, 2012. ISBN 978-80-261-0170-3.
- [19] Dokumenty. *KRIZPORT: Portál krizového řízení pro JMK* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://krizport.firebrno.cz/dokumenty/prehled-pojmu?highlightWords=typov%C3%BD+pl%C3%A1n>.
- [20] HAMILTON, Sue L. *Earthquakes*. 1. Minneapolis, Minn.: ABDO Pub. Co., 2012. ISBN 978-161-7832-598.
- [21] CRUDEN, D. M. A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*. 1991, **43**(1), 27-29. DOI: 10.1007/BF02590167. ISSN 1435-9529. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/BF02590167>.
- [22] ZÁRUBA, Quido a Vojtěch MENCL. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. 2., přeprac. a doplň. vyd. Praha: Academia, 1987.

- [23] CRUDEN, David a David VARNES. Landslide Types and Processes. In: *Special report - Transportation Research Board, National Research Council* [online]. Washington, 1993, s. 36-75 [cit. 2016-04-21]. ISSN 0360-859X. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/269710355\\_CrudenDM\\_Varnes\\_DJ\\_1996\\_Landslide\\_Types\\_and\\_Processes\\_Special\\_Report\\_Transportation\\_Research\\_Board\\_National\\_Academy\\_of\\_Sciences\\_24736-75](https://www.researchgate.net/publication/269710355_CrudenDM_Varnes_DJ_1996_Landslide_Types_and_Processes_Special_Report_Transportation_Research_Board_National_Academy_of_Sciences_24736-75)].
- [24] Textová multimediální část: Působení exogenních procesů na Zemi. *Geologie: Výukové a multimediální texty* [online]. Ostrava: Institut geoinformatiky VŠB-TU Ostrava, ©2014-2015 [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/8\\_EXOGENN%C3%8D\\_PROCESY/8\\_exo\\_geod\\_procesy.htm](http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/8_EXOGENN%C3%8D_PROCESY/8_exo_geod_procesy.htm).
- [25] Svahové pohyby: Klasifikace a druhy svahových pohybů. *Přírodní katastrofy a environmentální hazardy: multimediální výuková příručka* [online]. Brno, 2011 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~herber/slide.htm>.
- [26] Košťák, Blahoslav, Pašek, Jaroslav, 1970-. Svahové pohyby blokového typu. Praha : Academia, 1977. 58 s.
- [27] Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods, Series F, No. 67, United Nations, New York, 1997; <http://unstats.un.org/UNSD/environmentgl/gesform.asp?getitem=568>.
- [28] UN/ISDR - UN Office for DRR <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-g>.
- [29] *Portál Geohazardů* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2007 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/geohazardy>.
- [30] Smyková plocha. *Vševěd: Encyklopedie v pohybu* [online]. 2011 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://encyklopedie.vseved.cz/smykov%C3%A1+plocha>.
- [31] Smyková plocha. *Katedra Geotechniky: Fakulta Stavební, ČVUT* [online]. Katedra geotechniky, 2008 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2011/10/prednaska-4.pdf>.
- [32] GIFFORD, Clive. *Flooding and drought*. 1.vyd. London: Evans, 2005. ISBN 02-375-2745-6.

- [33] ALLABY, Michael. *Droughts*. Rev. ed. Ilustrace Richard Garratt. New York: Facts on File, c2003. ISBN 08-160-4793-6.
- [34] What is Drought? *National Drought Mitigation Center* [online]. Nebraska–Lincoln, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://drought.unl.edu/DroughtBasics/WhatisDrought.aspx>.
- [35] VLNAS, Radek. Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. In: *SVTI VÚV TGM, v.v.i.* [online]. 1. února 2016 11:50 [cit. 2016-02-20]. Message-ID: VG20102014038. Dostupné z: [http://sucho.vuv.cz/wp-content/uploads/2016/02/Koncepce\\_reseni\\_kriz\\_situace\\_sucho.pdf](http://sucho.vuv.cz/wp-content/uploads/2016/02/Koncepce_reseni_kriz_situace_sucho.pdf).
- [36] EDITED BY DONALD A. WILHITE. *Drought and Water Crises Science, Technology, and Management Issues*. 1.Vyd. Hoboken: CRC Press, 2005. ISBN 978-142-0028-386.
- [37] Sucho. *ČHMÚ* [online]. Praha, 2008 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/New\\_definice\\_sucha.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/New_definice_sucha.html).
- [38] Sucho socioekonomické. In: *Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS)* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>.
- [39] VLNAS, Radek a kol. Metodika pro stanovení mezních hodnot indikátorů hydrologického sucha. In: *SVTI VÚV TGM, v.v.i.* [online]. 1. února 2016 [cit. 2016-02-21]. Message-ID: VG20102014038. Dostupné z: [http://sucho.vuv.cz/wp-content/uploads/2016/02/Methodika\\_Indikatory\\_sucha.pdf](http://sucho.vuv.cz/wp-content/uploads/2016/02/Methodika_Indikatory_sucha.pdf)
- [40] ČESKO. Zákon č. 254 ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=51514&nr=254~2F2001&pp=15#local-content>.
- [41] Evapotranspirace. In: *Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS)* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>.
- [42] SIMONS, Paul. *Extrémy počasí*. Vyd. 1. Praha: Reader's Digest Výběr, 2010. Síly přírody. ISBN 978-80-7406-110-3. Str. 104.
- [43] *Bezpečnostní strategie České republiky 2003*. Vyd.1. Praha, 2003.

- [44] *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Vydání první. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-62-0.
- [45] BLAŽKOVÁ, Kateřina, Antonín KRÖMER, František PAULUS a Jaroslav ČERNÝ. *Analýza hrozeb pro Českou republiku*. Praha, 2016.
- [46] ŠEFČÍK, Vladimír. *Analýza rizik*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-696-8.
- [47] KROUPA, Miroslav a Milan ŘÍHA. *Integrovaný záchranný systém*. 3., aktualiz. vyd. Praha: Armex, 2008. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. ISBN 978-80-86795-59-1.
- [48] ČSN EN 31010. *Management rizik – Techniky posuzování rizik*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Třídící znak 01 0352.
- [49] ČESKO. Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=0&idBiblio=49556&recShow=1&nr=239~2F2000&rpp=15#parCnt>.
- [50] ADAMEC, Vilém, David ŘEHÁK a Lenka ČERNÁ. *Základy organizace a řízení bezpečnosti v České republice*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-123-1.
- [51] KRATOCHVÍLOVÁ, Danuše a Libor FOLWARCZNY. *Ochrana obyvatelstva*. 2., aktualiz. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-134-7.
- [52] KRÖMER, Antonín, Petr MUSIAL a Libor FOLWARCZNY. *Mapování rizik*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-086-9.

- [53] ČESKO. Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=0&idBiblio=49557&recShow=1&nr=240~2F2000&rpp=15#parCnt>.
- [54] ŠENOVSKÝ, Michail, Milan ORAVEC a Pavel ŠENOVSKÝ. *Teorie krizového managementu*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2012. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-108-8.
- [55] Krizové řízení. In: *Terminologický slovník - krizové řízení a plánování obrany státu* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/krizove-planovani.aspx>.
- [56] ČESKO. Nařízení vlády č. 430 ze dne 16. srpna 2006 o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=63017&nr=430~2F2006&rpp=15#local-content>.
- [57] ČESKO. Vyhláška č. 215 ze dne 15. srpna 1997 o kritériích pro umístování jaderných zařízení a velmi významných zdrojů ionizujícího záření. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1997. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=45528&nr=215~2F1997&rpp=15#local-content>.
- [58] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby*. Praha, 2006. 170s.
- [59] FISCHER, Ondřej. Nová norma pro navrhování konstrukcí odolných proti účinkům zemětřesení. *Časopis Stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů*. Brno: Expo Data, 2006-, 2009(3), 20-25.
- [60] ČESKO. Zákon č. 62 ze dne 21. dubna 1988 o o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1988. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=1&idBiblio=37651&recShow=21&nr=62~2F1988&rpp=15#parCnt>.



- [61] ČESKO. Vyhláška č. 369 ze dne 3. června 2004 o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2004. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=58120&nr=369~2F2004&rp=15#local-content>.
- [62] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území*. Vyd.1. Praha: eAGRI, 2011. Dostupné také z: [http://eagri.cz/public/web/file/133229/Generel\\_LAPV\\_\\_\\_vc.\\_protokolu.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/133229/Generel_LAPV___vc._protokolu.pdf).
- [63] SAŇÁKOVÁ, Jana. Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a jeho uplatnění v územně plánovacích celcích. In: *Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů: odborný seminář, dne 15. května 2013, v Klubu techniků, Praha 1*. Vyd.1. Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2013, s. 42-47. ISBN 978-82-02-02465-1.
- [64] ČESKO. Zákon č. 12 ze dne 18. prosince 2001 o státní pomoci při obnově území postiženého živelní nebo jinou pohromou a o změně zákona č. 363/1999 Sb., o pojišťovnictví a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojišťovnictví), ve znění pozdějších předpisů, (zákon o státní pomoci při obnově území). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=52640&nr=12~2F2002&rp=15#local-content>.
- [65] ČESKO. Nařízení vlády č. 462 ze dne 22. listopadu 2000 k provedení zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49969&nr=462~2F2000&rp=15#local-content>.
- [66] ČESKO. Vyhláška č. 380 ze dne 9. srpna 2002 k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2002. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=53776&nr=380~2F2002&rp=15#local-content>.

- [67] ČESKO. Vyhláška č. 328 ze dne 5. září 2001 o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=51671&nr=328~2F2001&rpp=15#local-content>.
- [68] ČESKO. Nařízení vlády č. 463 ze dne 27. listopadu 2000 o stanovení pravidel zapojování do mezinárodních záchranných operací, poskytování a přijímání humanitární pomoci a náhrad výdajů vynakládaných právníckými osobami a podnikajícími fyzickými osobami na ochranu obyvatelstva. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49970&nr=463~2F2000&rpp=15#local-content>.
- [69] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- [70] Natural Resources Canada, Remote Sensing Tutorials [online]. [cit 2016-04-20]. Dostupné z: [http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals\\_e.pdf](http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf)
- [71] GIS Day 2015 MV: Centrální datový sklad HZS ČR. *Ministerstvo vnitra ČR* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=KVT2Pb92RdM>
- [72] LEITGEBOVÁ, Jana a Zdeněk ČERVENKA. Centrální datový sklad a jeho místo v GIS HZS ČR. In: *GISportal.cz* [online]. 2011 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.gisportal.cz/2014/07/centralni-datovy-sklad-a-jeho-misto-v-gis-hzs-cr-serial/>
- [73] BERNATÍK, Aleš. *Prevence závažných havárií II*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 80-866-3490-6.
- [74] PŘEHLED DOSTUPNÝCH PROGRAMŮ PRO MODELOVÁNÍ POVODNÍ [online]. 2014? [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: [https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/18797/mod\\_resource/content/2/P%C5%99ehl%20program%C5%AF%20pro%20mod.povodn%C3%AD.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/18797/mod_resource/content/2/P%C5%99ehl%20program%C5%AF%20pro%20mod.povodn%C3%AD.pdf)

- [75] BARTA J., *Informační systémy pro krizové řízení* [online]. 2014? [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: [https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/16042/mod\\_resource/content/2/Vyu%C5%BEit%C3%AD%20programu\\_Vlna.pdf](https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/16042/mod_resource/content/2/Vyu%C5%BEit%C3%AD%20programu_Vlna.pdf)
- [76] ŠAUR, David (ed.). Využití informační podpory při tvorbě povodňových plánů. In: ŠENOVSKEÝ, Michail. *OCHRANA OBYVATELSTVA 2014: Sborník přednášek XIII. ročníku mezinárodní konference*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství), 2014, s. 233-237. ISBN 978-80-7385-142-2. ISSN 1803-7372.
- [77] *POVIS: Povodňový informační systém* [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.povis.cz/html/povis.htm>
- [78] RISK-EOS. *Centre for Satellite Based Crisis Information* [online]. Německo: German Aerospace Center (DLR), 2013 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <https://www.zki.dlr.de/project/124>
- [79] Krizové řízení. *GEO/Copernicus v České republice* [online]. Praha: CENIA, 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/krizove-rizeni>
- [80] Hazus. *FEMA: Federal Emergency Management Agency* [online]. USA: Department of Homeland Security, 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.fema.gov/hazus>
- [81] JENÍČEK, Michal. Modelování srážko-odtokových procesů na malých a středně velkých povodích. In: *Přírodovědecká fakulta UK v Praze: Geografie* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: [https://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne\\_jenicek.pdf](https://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne_jenicek.pdf)
- [82] TerEx. *T-SOFT - THIS IS IT* [online]. © 2012 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <https://www.tsoft.cz/terex>
- [83] Rozex Alarm. *TLP spol. s.r.o.: Průmyslová bezpečnost* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.tlp-emergency.com/rozex.html>
- [84] Matematické modelování následků. *Informační systém pro analýzy domino efektů: Průmyslová bezpečnost* [online]. 2012 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.domino-efekty.cz/isde/matematicke-modelovani-nasledku/>

- [85] CAMEO: ALOHA Software. *EPA: United States Environmental Protection Agency* [online]. 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>
- [86] NOAA: Office of Response and Restoration. *EPA: United States Environmental Protection Agency* [online]. 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/aloha.pdf>
- [87] RESPO. *T-SOFT - THIS IS IT* [online]. © 2012 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <https://www.tsoft.cz/respo/>
- [88] Svahové nestability. *Česká geologická služba* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/svahovenestability>
- [89] THEORY. *Index of geomorph shalstab* [online]. Kalifornie: William Dietrich and David Montgomery, 1998 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://calm.geo.berkeley.edu/geomorph//shalstab/theory.htm>
- [90] SINMAP: Stability index approach to terrain stability hazard mapping. *Civil and Environmental Engineering* [online]. Utah, 2016 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://hydrology.usu.edu/sinmap/>
- [91] *Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů: odborný seminář, dne 15. května 2013, v Klubu techniků, Praha 1.* [Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2013]. ISBN 978-80-02-02465-1.
- [92] ČESKO. Zákon č. 361 ze dne 23. září 2003 o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů (služební zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2003. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=55966&nr=361~2F2003&rp=15#local-content>
- [93] *Základní zaměření pravidelné odborné přípravy jednotek požární ochrany a příslušníků Hasičského záchranného sboru ČR v roce 2016.* Praha, 2016. Dostupné také z: [www.hzscr.cz/soubor/temata-pravidelne-op-2016-pdf.aspx](http://www.hzscr.cz/soubor/temata-pravidelne-op-2016-pdf.aspx)
- [94] ROHIT, Tangri, Jena SUKANTA a Roy SANDIP. Earthquake Disaster Management Using GIS and Probabilistic Risk Assessment. In: *Geospatial world* [online]. 2016 [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://geospatialworld.net/Paper/Application/ArticleView.aspx?aid=988>

- [95] *Svět na dlani*. Praha: RF Hobby, 2012-, **2015**(4), <sup>^^^</sup>sv. ISSN 18055257.
- [96] ZEMĚTŘESENÍ - vznik, měření, účinky. *Ústav fyziky Země: MU v Brně* [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.ipe.muni.cz/krasnet/zemetreseni.html>
- [97] PETR, Jaroslav. Tragické zemětřesení spustila naplněná přehrada. In: *OSEL: Objective Source E-learning* [online]. 2016 [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/4192-tragicke-zemetreseni-spustila-naplнена-prehrada.html>
- [98] Mapa makroseismické intenzity sestavená z hlášení veřejnosti. *Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, v.v.i.* [online]. 2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.ig.cas.cz/noright/mapa-makroseisicke-intenzity-pro-jev-3152014>
- [99] ŠARAPATKA, B. Pedologie. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 1996. 235 s. ISBN 80-7067-590
- [100] CHEN, Wai-Fah a Charles. SCAWTHORN. *Earthquake engineering handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2003. ISBN 0849300681.
- [101] Před 30 lety postihlo západ Čech nejsilnější zemětřesení. In: *ČTK - Česká tisková kancelář* [online]. 2015 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/pred-30-lety-postihlo-zapad-cech-nejsilnejsi-zemetreseni/1294101>
- [102] THIEBES, Benni. *Landslide analysis and early warning systems: local and regional case study in the Swabian Alb, Germany*. New York: Springer, 2012. ISBN 978-364-2275-265.
- [103] POKORNÝ, Marek. Za sesuv na D8 může blízký lom, říká posudek. Jeho provozovatel nesouhlasí, havárii prý nezpůsobil. In: *Hospodářské noviny* [online]. Economia, 2016 [cit. 2016-03-18]. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-64442180-za-sesuv-na-d8-muze-blizky-lom-rika-posudek-jeho-provozovatel-nesouhlasi-havarii-pry-nezpusobil>
- [104] ŠTĚTINA, Jiří. *Zdravotnictví a integrovaný záchranný systém při hromadných neštěstích a katastrofách*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4578-7.
- [105] Svahové pochody. *Katedra geografie: Přírodovědecká fakulta, UPOL* [online]. 2015 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/GMFO/Svahove%20procesy.pdf>

- [106] BLAHŮT, Jan. Sesuvy v Česku: tradice, obtíže a perspektivy výzkumu. [video]. [online]. Akademie věd České republiky, 2015. [Cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=15PBewPPSS8>
- [107] FINFRLOVÁ, Jana. Jsme připraveni zvládnout sucho? In: *Sucho a jak mu čelit*. Praha, 2013, s. 39-42. ISBN 978-80-02-02465-1.
- [108] Svět na dlani. Praha: RF Hobby, 2012-, 2015(2), ^^sv. ISSN 18055257.
- [109] SATRAPA, Ladislav. Sucho, povodně, přehrady. [přednáška]. Praha, 2015. In: youtube.com - [online]. [vid. 10. 11. 2014]. Záznam dostupný z: <https://www.youtube.com/watch?v=tkhIWBC3uQA>
- [110] Extrémní sucho, Flošna trhá rekordy. In: *Hradecká internetová televize* [online]. Hradec Králové, 2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://hkhit.org/Reportaze/Hradec-Kralove/Extremni-sucho--Flosna-trha-rekordy.aspx?feed=HIT-SLIDESHOW>
- [111] *Zprávy FTV Prima*. TV, Prima. 18. února 2016. 18:55
- [112] Vodárenské společnosti. Vodovod: Vodárenský portál [online]. 2011 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/old/index.php/vodarenske-spolenosti>
- [113] Slavík, Ladislav, 1933-, Neruda, Martin, 1971-. Voda v krajině. Ladislav Slavík, Martin Neruda. Vyd. 1. Ústí nad Labem : Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2007. 176 s. : , il. (některé barev.) ;. Skripta. 500 výt. ISBN 978-80-7044-882-3 (brož.).
- [114] Týdenní zprávy o hydrometeorologické situaci a suchu v ČR. *ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: [http://portalk.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P3\\_0\\_Informace\\_pro\\_Vas/P3\\_8\\_Tydenni\\_zpravy&last=false](http://portalk.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P3_0_Informace_pro_Vas/P3_8_Tydenni_zpravy&last=false)
- [115] EC (2015): How will be affected? [online]. Evropská komise [cit. 24. 2. 2016] Dostupné z: [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/how/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/how/index_en.htm).
- [116] MURDYCHOVÁ, Pavlína. *Vliv umělého zasněžování na bilanci odtoku v horských povodích*. Praha, 2012. Bakalářská práce. UK v Praze, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Michal Jeníček.

- [117] ROŽNOVSKÝ, Jaroslav. Sucho na území ČR a jeho dopady. *ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky\\_sucho\\_230412.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky_sucho_230412.pdf)
- [118] ŘIČICOVÁ, Pavla, Jan DAŇHELKA, Hana NÁVOJOVÁ a Hana KOURKOVÁ. Sucho v českých povodích v roce 2003. *ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2003 [cit. 2016-02-23]. Dostupné z: [http://voda.chmi.cz/ohv/publication/W2003\\_SUCHO.pdf](http://voda.chmi.cz/ohv/publication/W2003_SUCHO.pdf)
- [119] Nejvyprahlejší české roky. Sucho posloužilo i Stalinovi. *ČT: Česká Televize* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/domaci/1563832-nejvyprahlejsi-ceske-roky-sucho-poslouzilo-i-stalinovi>
- [120] Vyhodnocení sucha na území ČR v roce 2015. *ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho\\_2015\\_CHMU\\_prosinec.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015_CHMU_prosinec.pdf)

## Seznam obrázků a grafů

<i>Obrázek 1 – Mapové vrstvy</i> .....	14
<i>Obrázek 2 - Rayleighovy a Loveovy vlny</i> .....	19
<i>Obrázek 3 – Rozdíl Blackout vs. Grayout</i> .....	47
<i>Obrázek 4 - Mapa seizmické aktivity – Západní Čechy</i> .....	57
<i>Obrázek 5 - Klasifikace sucha podle SPI</i> .....	70
<i>Graf 1 - Celkový počet živelních pohrom ve světě</i> .....	74
<i>Graf 2 – Počet obětí živelních pohrom ve světě</i> .....	75
<i>Graf 3 – Počet zasažených živelními pohromami ve světě</i> .....	76
<i>Graf 4 – Škody na majetku způsobené živelními pohromami (US\$ miliard)</i> .....	77



## Seznam schémat

<i>Schéma 1 - Vliv hloubky na intenzitu zemětřesení .....</i>	20
<i>Schéma 2 – Typy zlomů .....</i>	20
<i>Schéma 3 - Koncept krizového plánování v ČR .....</i>	30
<i>Schéma 4 – Fáze mapování rizika.....</i>	31
<i>Schéma 5 – Princip fungování DPZ.....</i>	39
<i>Schéma 6 – Oblasti zásobené daty z CDS.....</i>	40
<i>Schéma 7 – Zpracování dat v CDS .....</i>	42
<i>Schéma 8 – Postup modelování .....</i>	43
<i>Schéma 9 - Krizový ostrovní provoz .....</i>	48
<i>Schéma 10 – Vznik sucha .....</i>	63
<i>Schéma 11 – Myšlenková mapa krizové situace .....</i>	78
<i>Schéma 12 – Myšlenková mapa zemětřesení .....</i>	79
<i>Schéma 13 – Myšlenková mapa sesuvy půdy .....</i>	82
<i>Schéma 14 – Myšlenková mapa nedostatek vody způsobený suchem .....</i>	85

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 – Modely úniku NCHL v TerEx.....</i>	46
<i>Tab. 2 - Porovnání Mercalliho a Richterovi stupnice .....</i>	52
<i>Tab. 3 – Rozdělení půdy podle procenta obsahu částic &lt; 0,01 mm .....</i>	55
<i>Tab. 4 - Upozornění na výskyt hydrologického sucha .....</i>	66
<i>Tab. 5 - Indikátor nízkého stavu zásob vody v nádržích .....</i>	69
<i>Tab. 6 – Celkový počet živelních pohrom ve světě.....</i>	74
<i>Tab. 7 – Celkový počet obětí živelních pohrom ve světě.....</i>	75
<i>Tab. 8 – Celkový počet zasažených živelními pohromami ve světě .....</i>	76
<i>Tab. 9 – Celkové škody na majetku v důsledku živelních pohrom ve světě.....</i>	77
<i>Tab. 10 – Přehled možných vrstev zemětřesení .....</i>	80
<i>Tab. 11 – Check list zemětřesení.....</i>	81
<i>Tab. 12 – Přehled možných vrstev sesuvy půdy .....</i>	83
<i>Tab. 13 – Check list sesuvy půdy .....</i>	84
<i>Tab. 14 – Přehled možných vrstev nedostatek vody způsobený suchem .....</i>	86
<i>Tab. 15 – Check list nedostatek vody způsobený suchem .....</i>	87
<i>Tab. 16 – Přehled navrhovaných mapových vrstev .....</i>	88
<i>Tab. 17 – Přehled navrhovaných mapových vrstev .....</i>	92
<i>Tab. 18 – Přehled navrhovaných mapových vrstev .....</i>	94

## Seznam příloh

Příloha 1: Typy krizových situací 2002 .....	116
Příloha 2: Mapa očekávané maximální intenzity zemětřesení.....	118
Příloha 3: Mapa svahových nestabilit .....	119
Příloha 4: Richterova škála .....	120
Příloha 5: Seismické oblasti.....	121
Příloha 6: Evropská makroseismická stupnice (EMS-98) .....	122
Příloha 7: Stupnice makroseismických projevů MSK-64.....	123
Příloha 8: Mapa ČR se znázorněním zrnitosti půdy .....	124
Příloha 9: Půdní mapa ČR.....	125
Příloha 10: Využití půdy .....	126
Příloha 11: Klima v rámci ČR.....	127
Příloha 12: Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0 až 100 cm.....	128
Příloha 13: Mapa rozložení vodní hodnoty sněhu (SVH).....	129
Příloha 14: Poměr k dlouhodobému měsíčnímu průměru průtoku .....	130
Příloha 15: Průměrný úhrn srážek 1951-2010 .....	131
Příloha 16 : Mapa sklonu svahu .....	132
Příloha 17: Relativní nasycení půdy vodou 0-100 cm .....	133
Příloha 18: Typy krajiny .....	134
Příloha 19: Mapa evapotranspirace.....	135
Příloha 20: Prognóza vývoje teploty .....	136
Příloha 21: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu .....	137
Příloha 22: Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu.....	138
Příloha 23: Počet srážkových dní .....	139

## Příloha 1: Typy krizových situací 2002

P.č.	Typ krizové situace (druh ohrožení)	Gesce	Součinnost
1.	Dlouhodobá inverzní situace	MŽP+MV	KHS, MPO, MZ
2.	Povodně velkého rozsahu	MŽP+MV	KÚ, MDS, MZe, SSHR, MZ, MMR
3.	Jiné živelní pohromy velkého rozsahu, mimo typu krizové situace č. 1 - 3, jako např. rozsáhlé lesní požáry, sněhové kalamity, vichřice, sesuvy půdy, zemětřesení apod.	MV (HZS)	MO, MDS, MZe, MŽP, SSHR
4.	Epidemie – hromadné nákazy osob (včetně hygienických a dalších režimů)	MZ	KHS, OHS, MV (PČR), MMR
5.	Epifytie – hromadné nákazy polních kultur (včetně hygienických a dalších režimů)	MZe+MZ	KVS, OVS, MV (PČR)
6.	Epizootie – hromadné nákazy zvířat (včetně hygienických a dalších režimů)	MZe+MZ	KVS, MV (PČR), MO, SSHR
7.	Radiační havárie	MV + SÚJB	KÚ, MO, MDS, MPO, MZ, MMR
8.	Havárie velkého rozsahu způsobená vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky	MV (HZS, PČR)	MŽP, KÚ, MO, MPO, MZ, MZe, MMR, MDS, SÚJB
9.	Jiné technické a technologické havárie velkého rozsahu – požáry, exploze, destrukce nadzemních a podzemních částí staveb	MV (HZS)	MDS, MPO, MO, MZ, ČBÚ
10.	Narušení hrází významných vodohospodářských děl se vznikem zvláštní povodně	MZe+MV +MŽP	KÚ, MO, MPO, MDS, SSHR
11.	Znečištění vody, ovzduší a přírodního prostředí haváriemi velkého rozsahu	MV (HZS)	MŽP, KÚ, MDS, MPO, MZe, MMR, SSHR
12.	Narušení finančního a devizového hospodářství státu velkého rozsahu	MF	“resortní organizace MF, KÚ” ČNB, MZV, KPCP
13.	Narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu	SSHR	KÚ, MPO, MZ
14.	Narušení dodávek elektrické energie, plynu nebo tepelné energie velkého rozsahu	MPO	KÚ, ERÚ, SSHR
15.	Narušení dodávek potravin velkého rozsahu	MZe+MPO	KÚ, MO, MV (PČR), MDS, SSHR
16.	Narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu	MZe	KÚ, MO, SSHR, MV (PČR), MDS, MŽP
17.	Narušení dodávek léčiv a zdravotnického materiálu velkého rozsahu	MZ	KrÚ, MDS, MO, MV
18.	Narušení funkčnosti dopravní soustavy velkého rozsahu	MDS	KÚ, MV (PČR), MO, SSHR
19.	Narušení funkčnosti veřejných telekomunikačních vazeb velkého rozsahu	MDS+ČTÚ	KÚ, MV, (PČR), NBÚ
20.	Narušení funkčnosti veřejných informačních vazeb velkého rozsahu	ÚVIS	KrÚ, MV (PČR), NBÚ, MDS, ČTÚ
21.	Migrační vlny velkého rozsahu	MV	OAMP, MZV, MMR, MO
22.	Hromadné postižení osob mimo epidemií – řešení následků včetně hygienických a dalších režimů	MZd	KÚ, MV, MMR, SSHR
23.	Narušení zákonitosti velkého rozsahu	MV	MO, MS, BIS,

[Zdroj: *Ochrana obyvatelstva a krizové řízení: skripta*. Vydání první. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015.

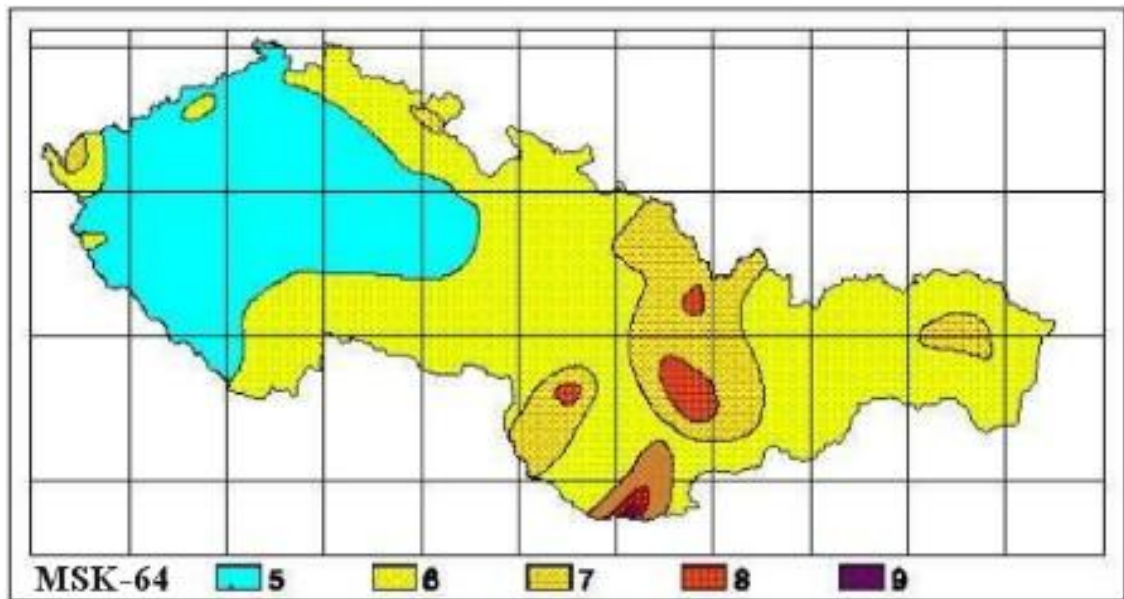
ISBN 978-80-86466-62-0. Str.193.]

## Typy nebezpečí s nepřijatelným rizikem 2016

KATEGORIE NEBEZPEČÍ	TYPY NEBEZPEČÍ S NEPŘIJATELNÝM RIZIKEM	GESCE*	
<i>naturogenní</i>	<i>abiotické</i>	Extrémní dlouhodobé sucho	MŽP, MZe, MV
		Extrémně vysoké teploty	MŽP
		Přívalová povodeň	MŽP, MV, MZe
		Vydatné srážky	MŽP, MV
		Extrémní vítr	MŽP, MV
		Povodeň	MŽP, MV, MZe
	<i>biotické</i>	Epidemie - hromadné nákazy osob	MZd
		Epifytie - hromadné nákazy polních kultur	MZe
		Epizootie – hromadné nákazy zvířat	MZe
<i>antropogenní</i>	<i>technologní</i>	Narušení dodávek potravin velkého rozsahu	MZe, MPO
		Narušení funkčnosti významných systémů elektronických komunikací	ČTÚ, MPO
		Narušení bezpečnosti informací kritické informační infrastruktury**	NBÚ, MV
		Zvláštní povodeň	MZe, MV, MŽP
		Únik nebezpečné chemické látky ze stacionárního zařízení	MŽP, MV, SÚJB
		Narušení dodávek pitné vody velkého rozsahu	MZe
		Narušení dodávek plynu velkého rozsahu	MPO, MV
		Narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu	SSHR, MPO
		Radiační havárie	SÚJB, MV
		Narušení dodávek elektrické energie velkého rozsahu	MPO, MV
	<i>sociogenní</i>	Migrační vlny velkého rozsahu	MV, MZV
		Narušování zákonnosti velkého rozsahu (včetně terorismu)	MV
	<i>ekonomické</i>	Narušení finančního a devizového hospodářství státu velkého rozsahu**	MF, ČNB

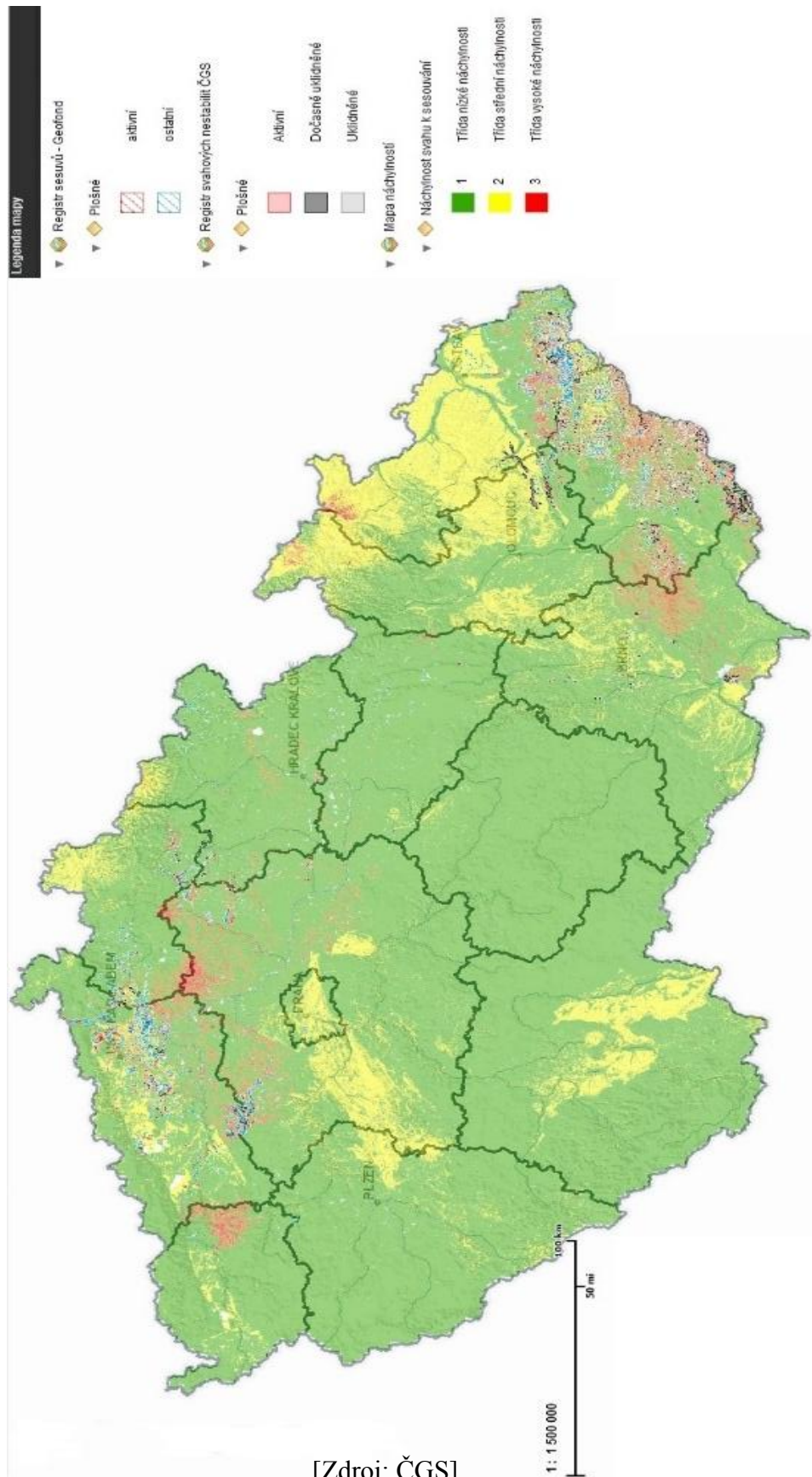
[Zdroj: BLAŽKOVÁ, Kateřina, Antonín KRÖMER, František PAULUS a Jaroslav ČERNÝ. *Analýza hrozeb pro Českou republiku*. Praha, 2016.]

**Příloha 2: Mapa očekávané maximální intenzity zemětřesení na území ČR a SR**

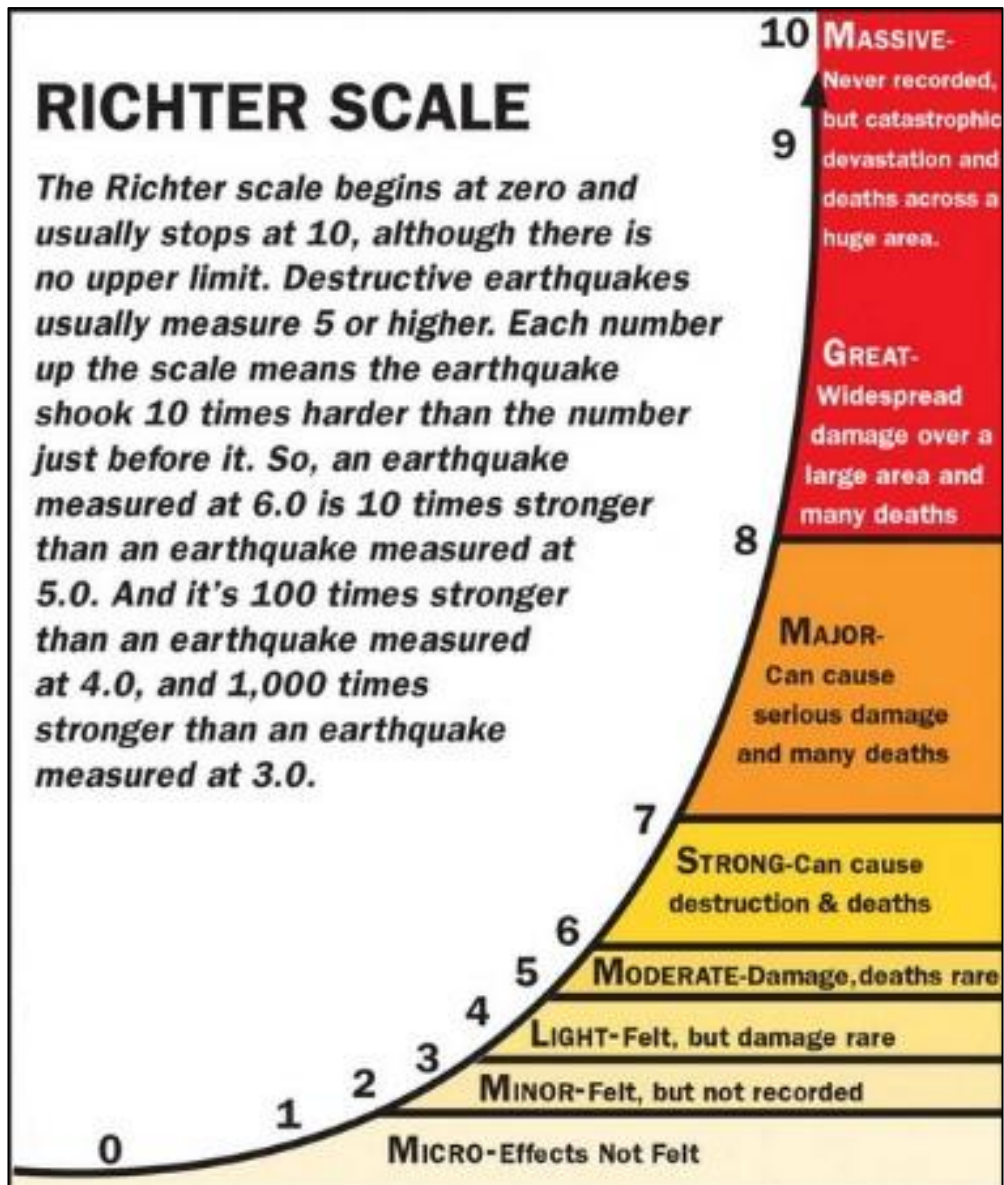


[Zdroj: Obecné informace: Seismické zatížení Strategické průmyslové zóny Triangle. *TRIANGLE: Průmyslová zóna* [online]. Ústecký kraj, 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.industrialzonetriangle.com/cs/obecne-informace>]

### Příloha 3: Mapa svahových nestabilit



## Příloha 4: Richterova škála

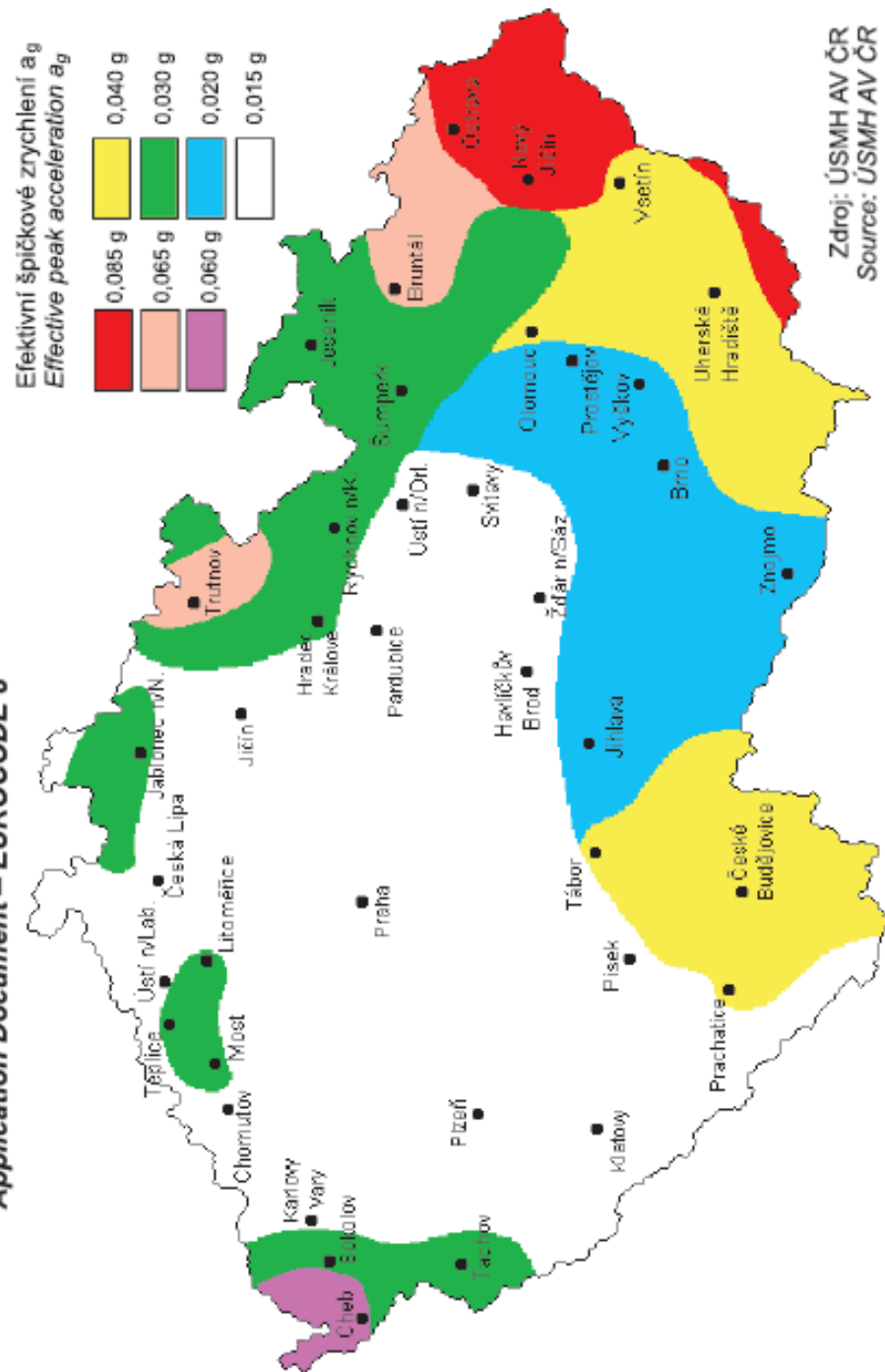


[Zdroj: MORRIS, Neil. Zemětřesení: [proč dochází k zemětřesením? Kde k nim dochází?]. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2003. Přírodní katastrofy. ISBN 80-722-6935-6.]



## Příloha 5: Seismické oblasti

Obr. B3.2.5 Seismické oblasti ČR – ČSN P ENV 1998-1-1, národní aplikační dokument – EUROKÓD 8  
 Seismic zones in the CR – CSN P ENV 1998-1-1, National Application Document – EUROCODE 8



[Zdroj: Cenia]

## Příloha 6: Evropská makroseismická stupnice (EMS-98)

Intenzita	Charakteristika	Pozorované projevy
I	Nepocíitelné	Naměřitelné pouze přístroji.
II	Stěží pocíitelné	Pozorovatelné citlivými osobami v klidu, zvláště ve vyšších patrech budov
III	Slabé	Část osob uvnitř budov pocítuje slabý otřes, zavěšené předměty se mohou kývat, otřesy podobné průjezdu nákladního auta.
IV	Pozorovatelné	Lze pozorovat i mimo budovy, spící se probudí. Okna, dveře, nádoby dřmčí, zavěšené předměty se kývají. Otřesy připomínají průjezd těžkých nákladních vozidel.
V	Silné	Pozoruje i venku mnoho lidí, lehčí předměty se posouvají. Kyvadlové hodiny se zastavují, dveře a okna se zavírají a otvírají.
VI	Lehce poškozující	Potíže s chůzí, lidé s úlekem vyběhají ven. Posouvají se i těžší kusy nábytku, rozezní se zvony. Objevují se trhliny v omítce.
VII	Poškozující	Pocítují i lidé jedoucí v motorových vozidlech, objevují se trhliny ve zdech, hůře postavené budovy a tovární komíny se říti. Vodní plochy se vlní.
VIII	Těžce poškozující	Vyvolává zděšení a paniku, velké škody na většině budov, boří se stěny, v půdě se objevují trhliny.
IX	Destruktivní	Všeobecná panika, i dobře postavené budovy vykazují vážné škody, mohou být poškozeny železniční koleje. Lehčí stavby jsou zničeny.
X	Velmi destruktivní	Vážné škody i u budov se speciální konstrukcí, většina budov je zničena. Poškození přehrad, mostů železnic a potrubí.
XI	Devastující	Všeobecná katastrofa, všechny druhy budov těžce poškozeny nebo zničeny. Přerušeni koleji a potrubí. Dochází k sesuvům půdy a řícení skal.
XII	Kompletně devastující	Úplné zničení všech staveb, rozsáhlé terénní změny, horizontální i vertikální posuny podél velkých trhlin.

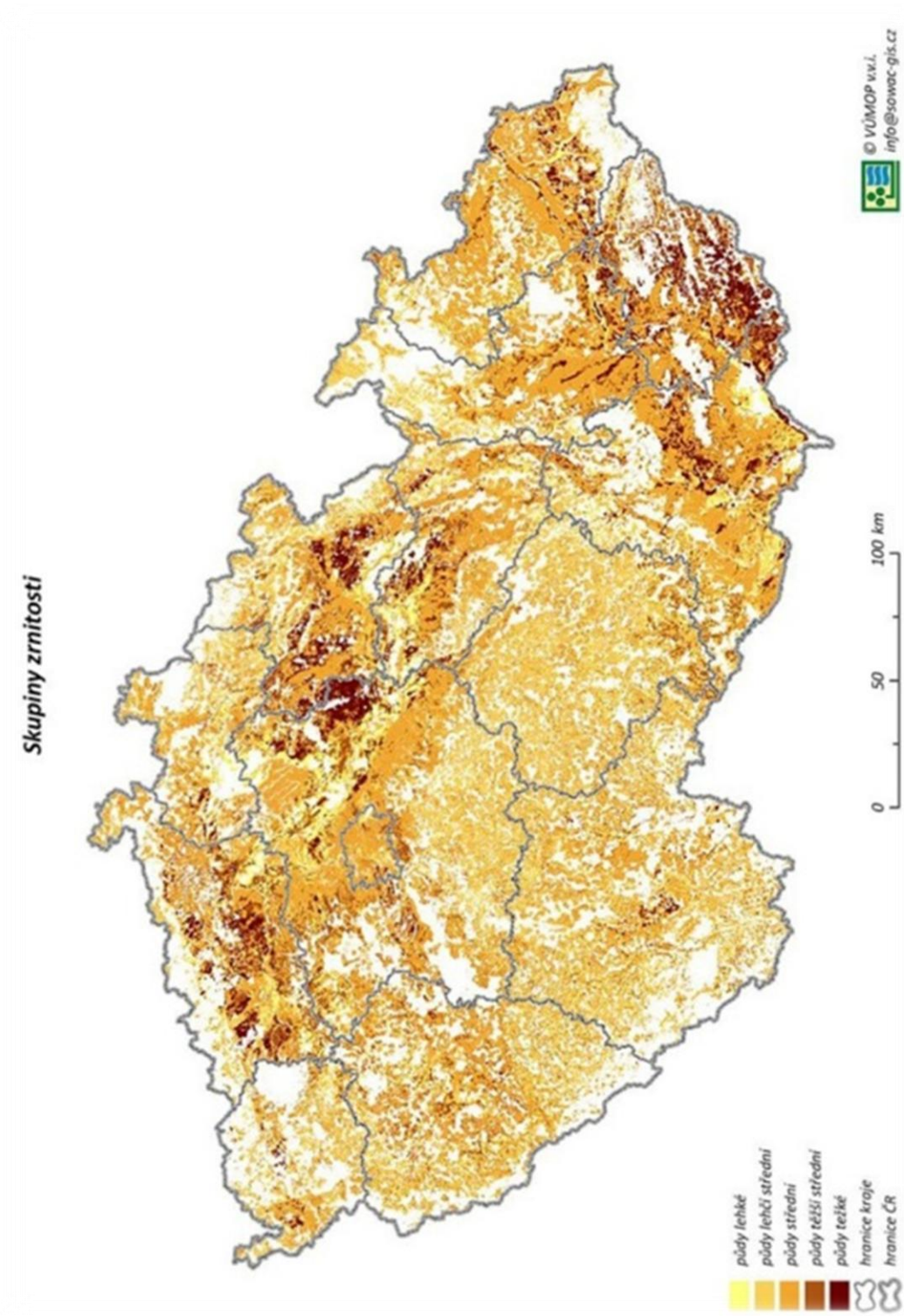
[Zdroj: [www.litosfera.wz.cz](http://www.litosfera.wz.cz)]

## Příloha 7: Stupnice makroseizmických projevů MSK-64

Stupeň intenzity	Popis příznaků
<b>I.</b>	Zaznamenatelné pouze přístroji.
<b>II.</b>	Pozorován citlivými osobami v klidu, zvláště ve vyšších patrech budov.
<b>III.</b>	Část obyvatelstva uvnitř budov je pociťuje jako slabý otřes, venku jen výjimečně. Otřesy se podobají projíždění nákladního auta. Zavěšené předměty se mohou kývat.
<b>IV.</b>	Lze pozorovat i mimo budovy, spící se většinou probudí. Otřesy připomínají projíždění těžkých nákladních vozidel. Okna dveře a nádobí drncí, zavěšené předměty se kývají.
<b>V.</b>	Pozoruje jej i venku mnoho lidí, budovy se chvějí, lehké předměty se posunují, kyvadlové hodiny se zastavují, dveře a okna se zavírají a otvírají.
<b>VI.</b>	Pocitěno většinou lidí uvnitř i venku, mnoho lidí s úlekem vyběhá ven, ztrácí rovnováhu, i těžký nábytek se posunuje, rozeszvučí se zvony, objevují se trhliny v omítkě.
<b>VII.</b>	Pocítují i lidé jedoucí v motorových vozidlech, objevují se trhliny ve zdech, špatně založené budovy se řítí, vodní plochy se vlní.
<b>VIII.</b>	Vývolává zděšení a paniku, velké škody na většině budov; boří se stěny, v půdě se objevují trhliny.
<b>IX.</b>	Všeobecná panika, i u nejkvalitnějších postavených budov vznikají trhliny ve zdech, ostatní stavby jsou vážně poškozeny a částečně se hroutní, mohou být ohnuty železniční koleje.
<b>X.</b>	Vážné škody i u budov se speciální konstrukcí, většina budov je zničena, poškozené hráze, mosty, železnice a potrubí.
<b>XI.</b>	Všeobecná katastrofa, všechny druhy budov těžce poškozeny, dochází k sesuvům půdy a řícení skal.
<b>XII.</b>	Dochází ke změně tvárnosti krajiny. Prakticky všechny stavby jsou těžce poškozeny nebo zničeny. Pozorují se horizontální i vertikální posuny podél velkých trhlin.

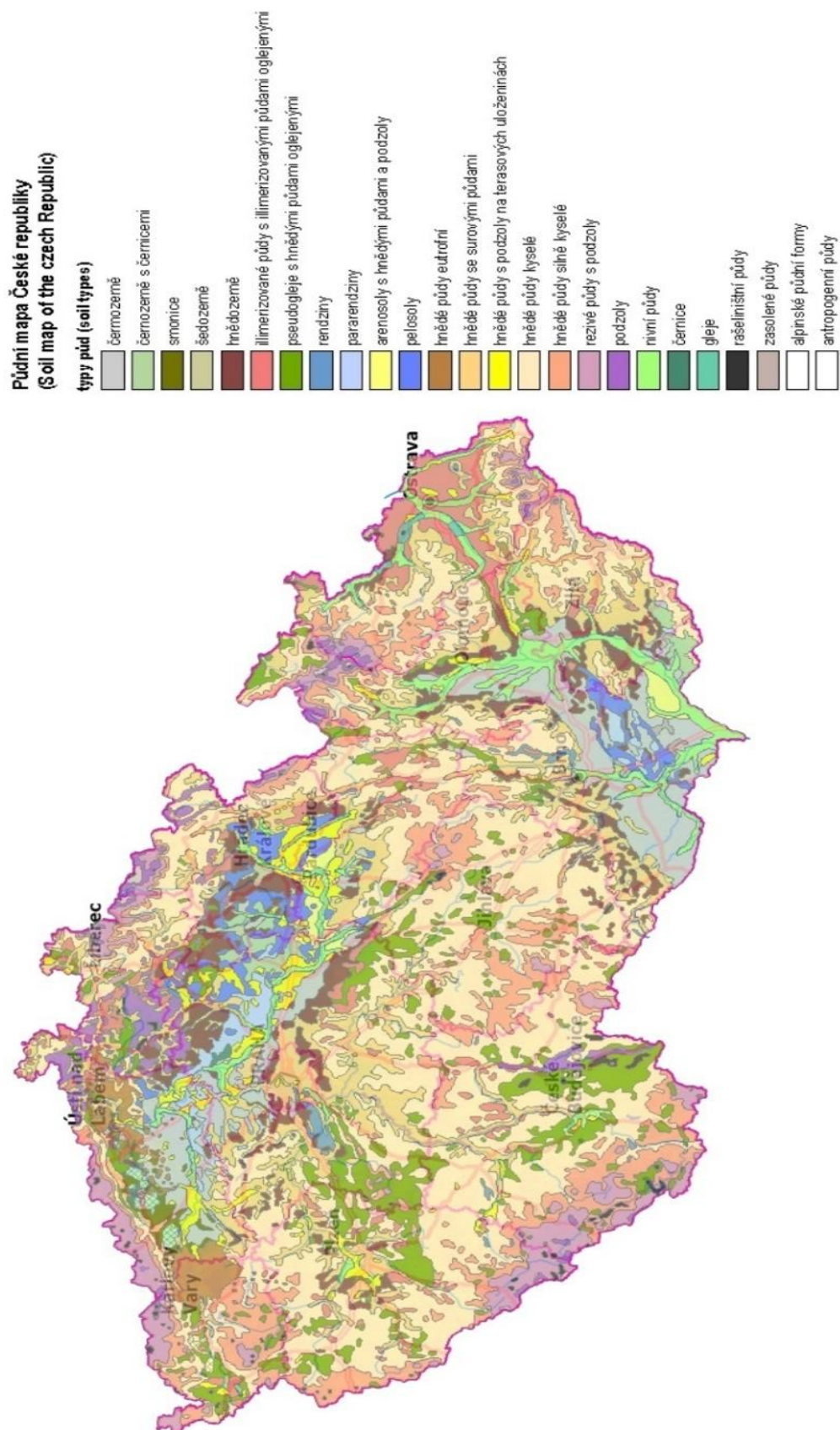
[Zdroj: geologie.vsb.cz]

## Příloha 8: Mapa ČR se znázorněním zrnitosti půdy



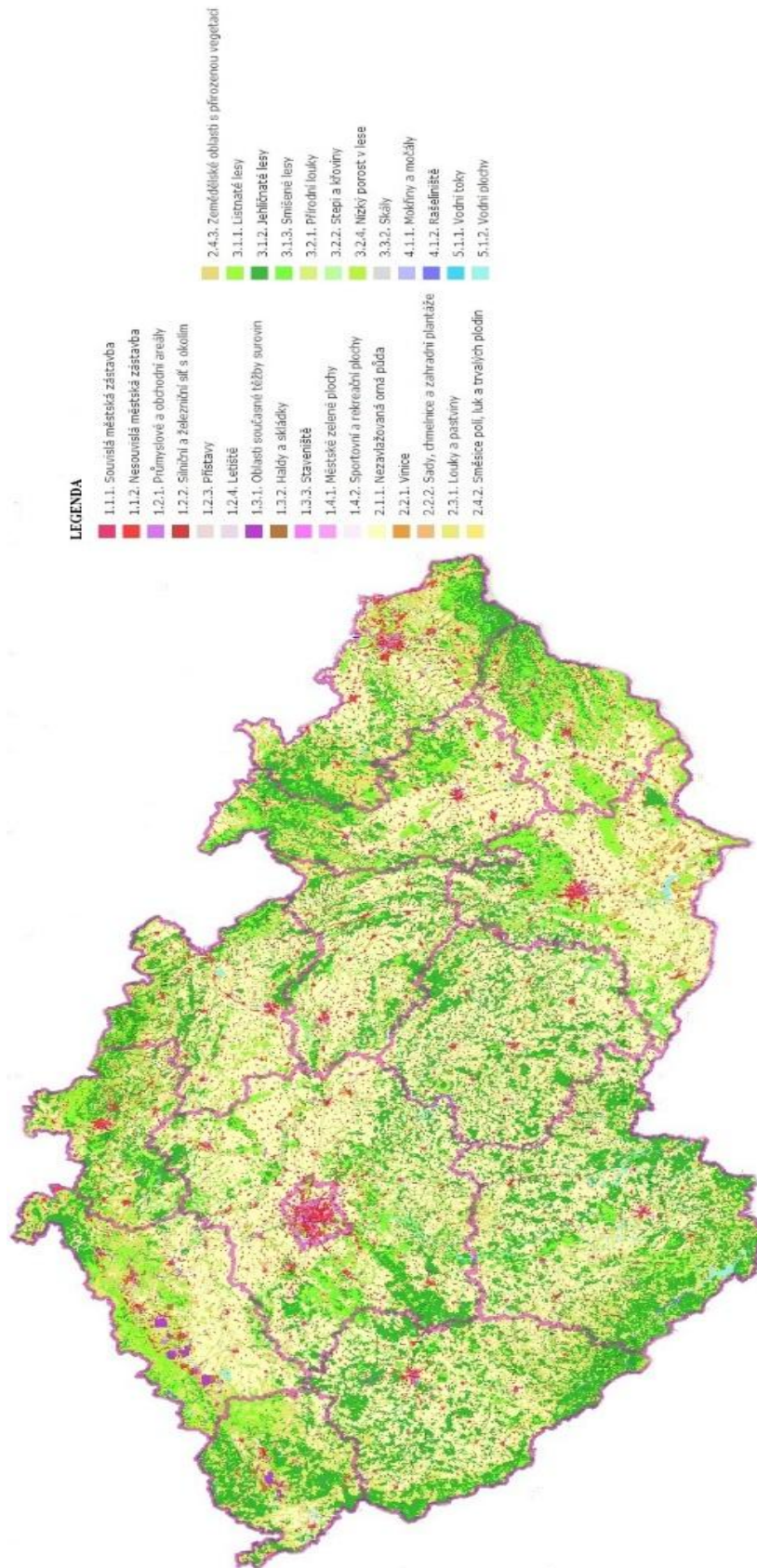
[Zdroj: vitejnazemi.cz]

## Příloha 9: Půdní mapa ČR



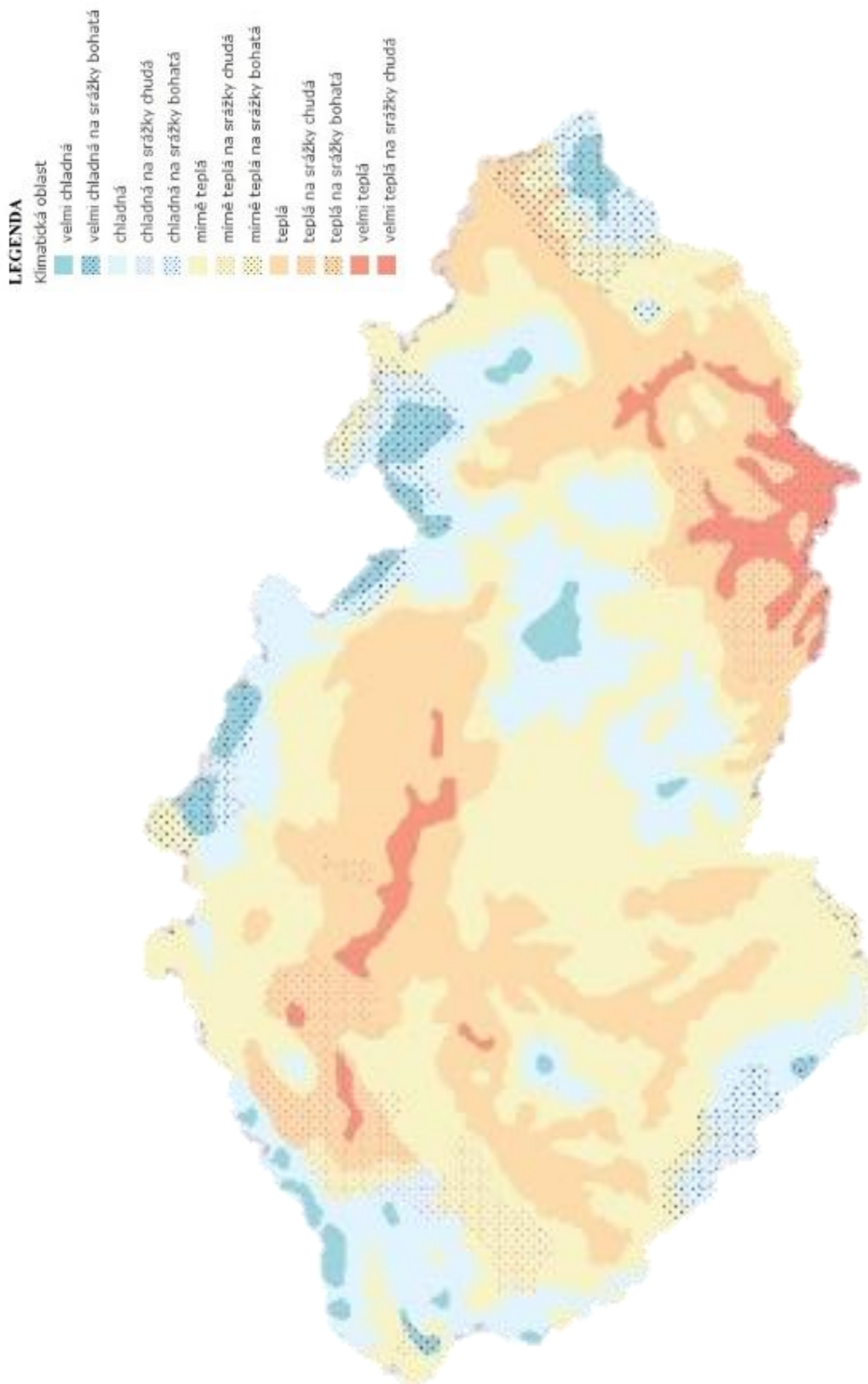
[Zdroj: vitejnazemi.cz]

## Příloha 10: Využití půdy



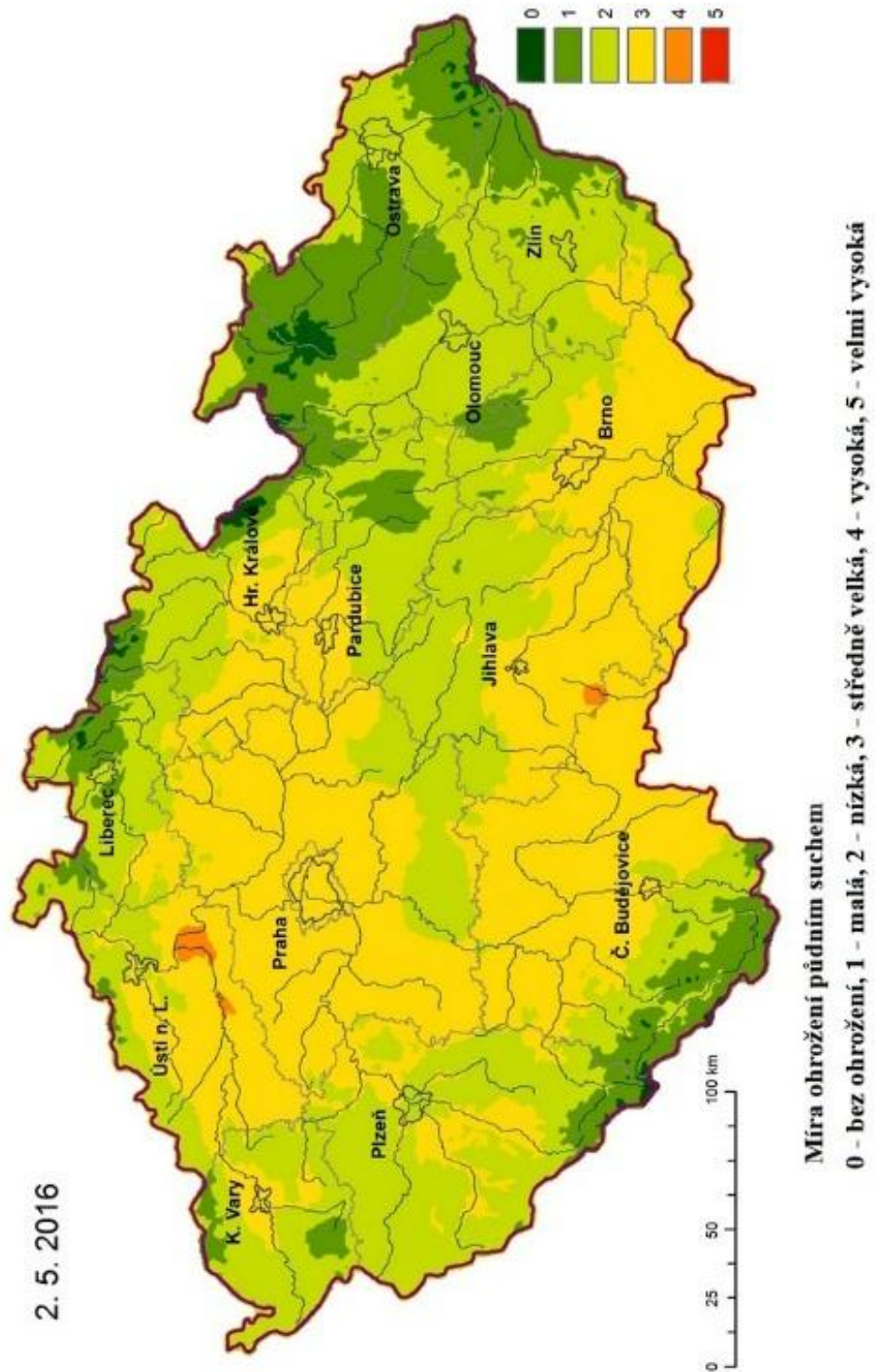
[Zdroj: Cenia]

## Příloha 11: Klima v rámci ČR



[Zdroj: [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)]

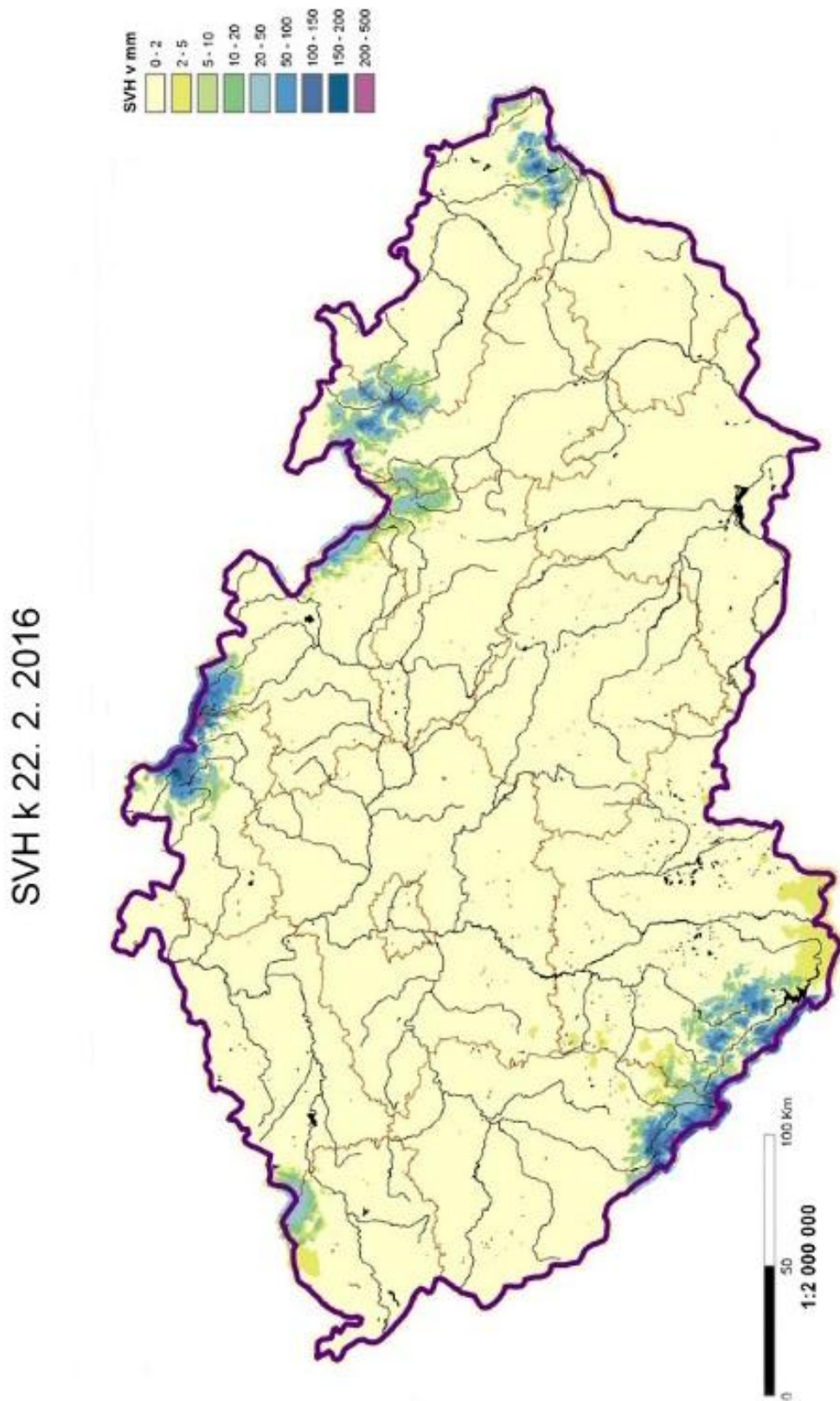
## Příloha 12: Míra ohrožení půdním suchem ve vrstvě 0 až 100 cm



[Zdroj: ČHMÚ]



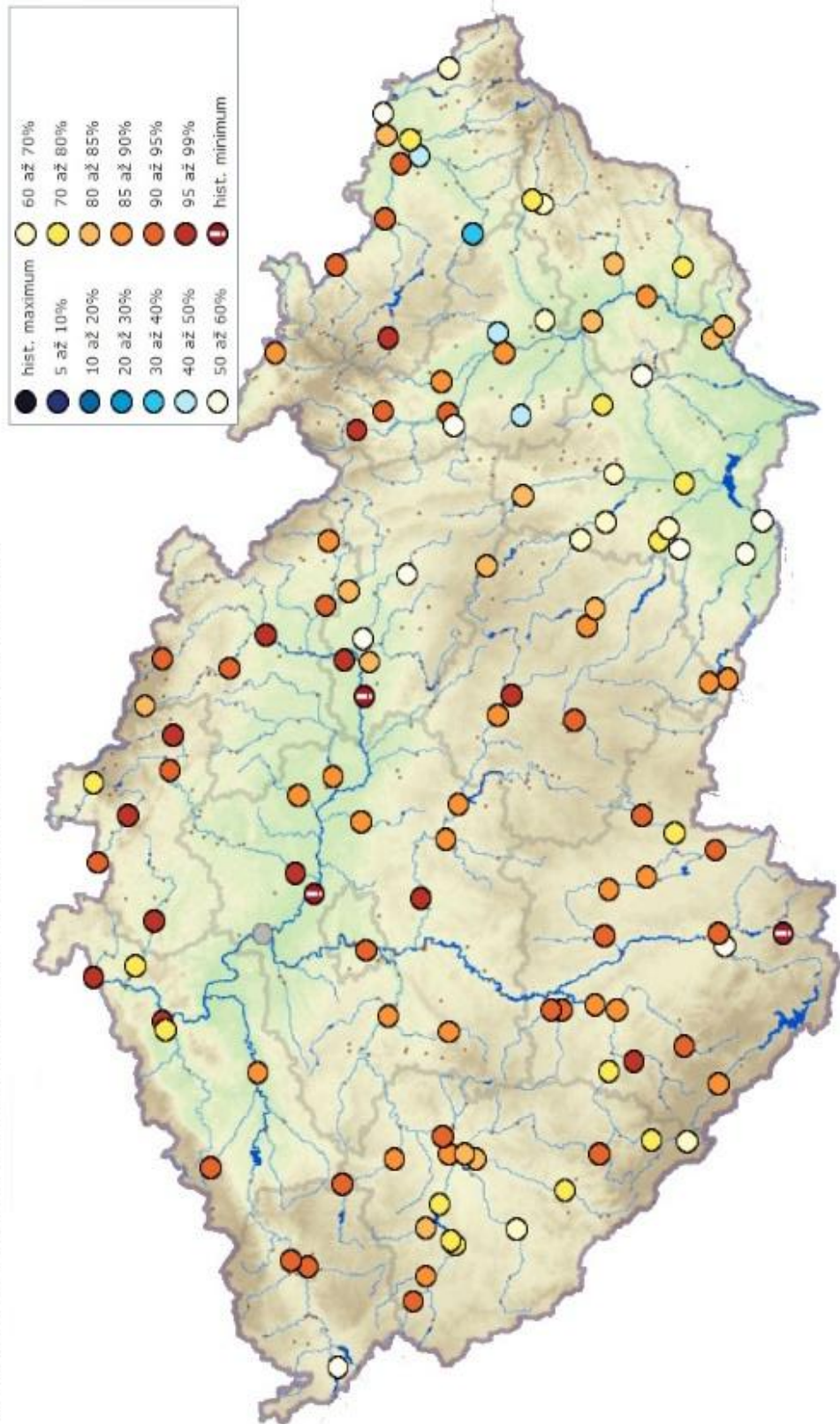
### Příloha 13: Mapa rozložení vodní hodnoty sněhu (SVH)



[Zdroj: ČHMÚ]

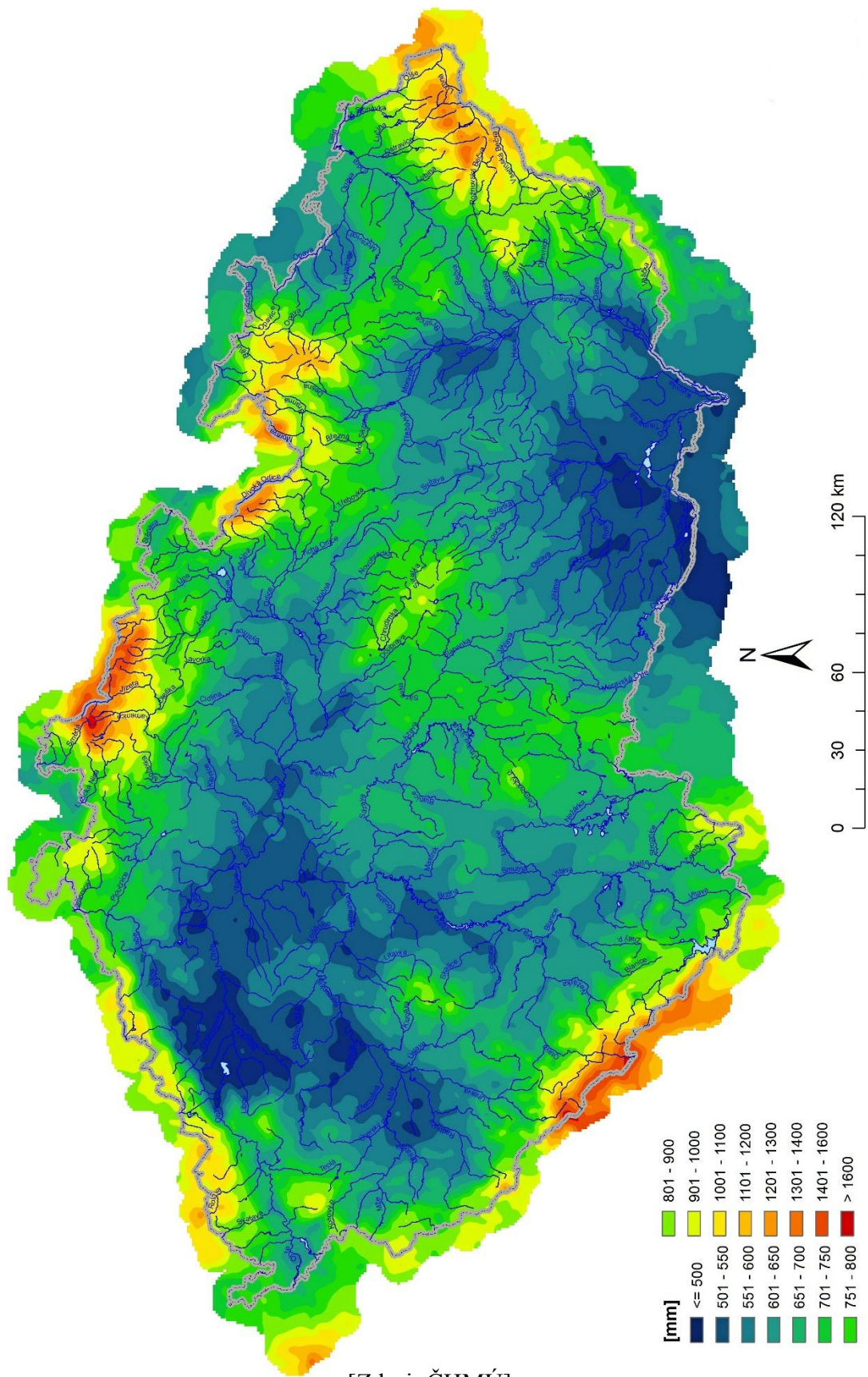
## Příloha 14: Poměr k dlouhodobému měsíčnímu průměru průtoku

**Popis mapy:** Symboly ukazují porovnání současného průměrného průtoku za posledních 24 hodin se všemi pozorovanými denními průtoky v daný den roku za celé období pozorování v dané stanici. Procenta udávají, kolik historických pozorování je větších než aktuální průtok.



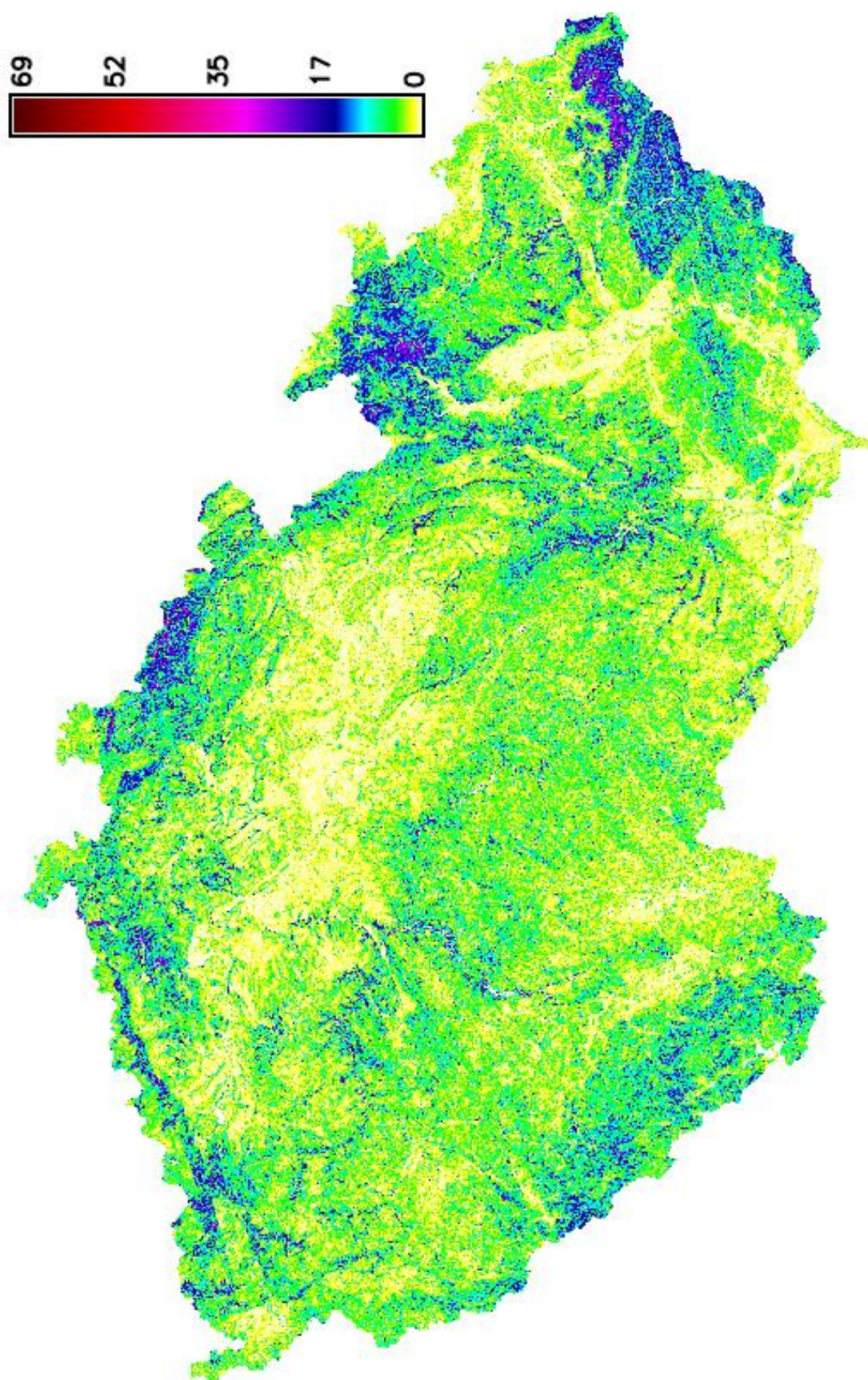
[Zdroj: ČHMÚ]

## Příloha 15: Průměrný úhrn srážek 1951-2010

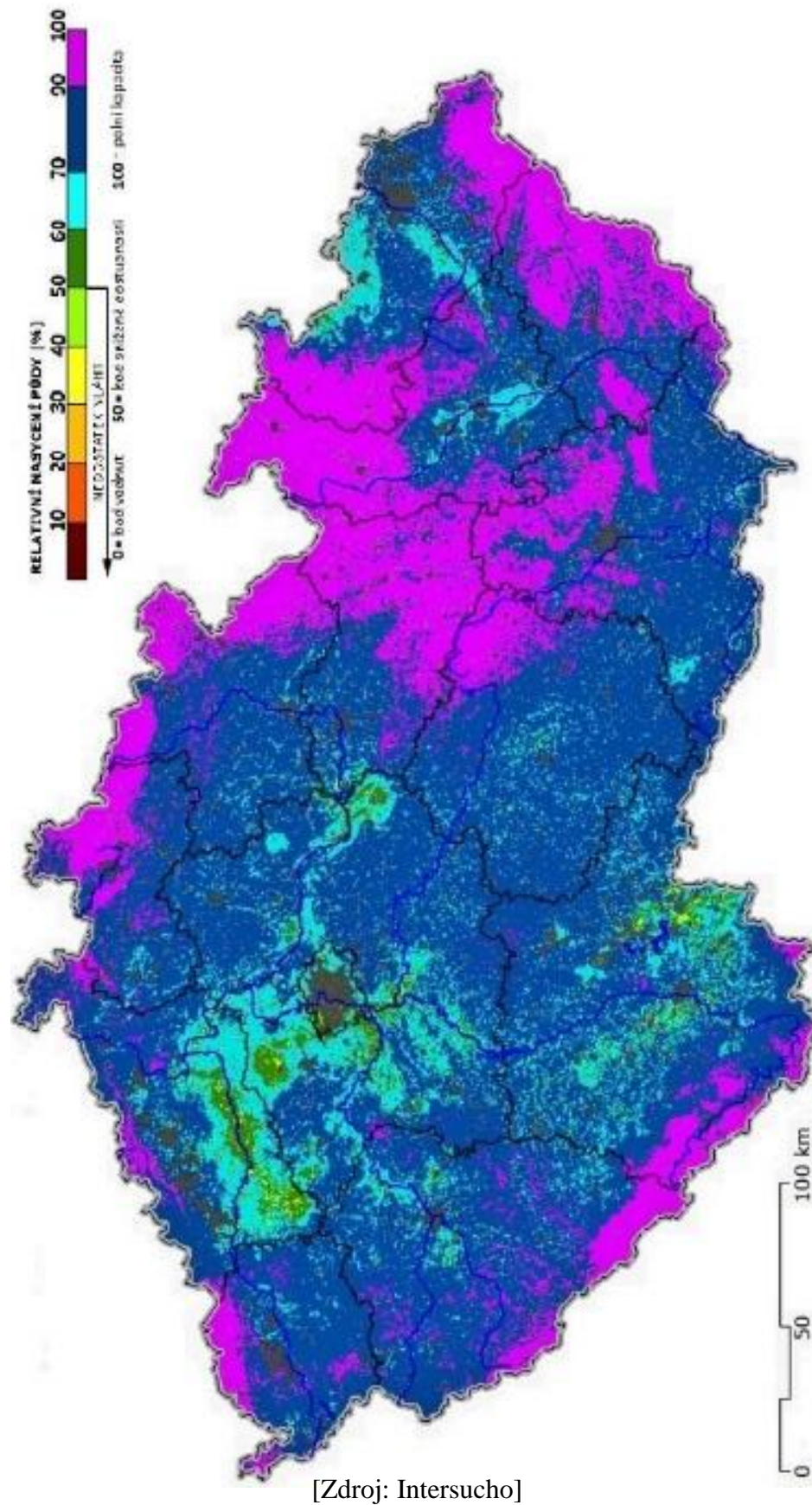


[Zdroj: ČHMÚ]

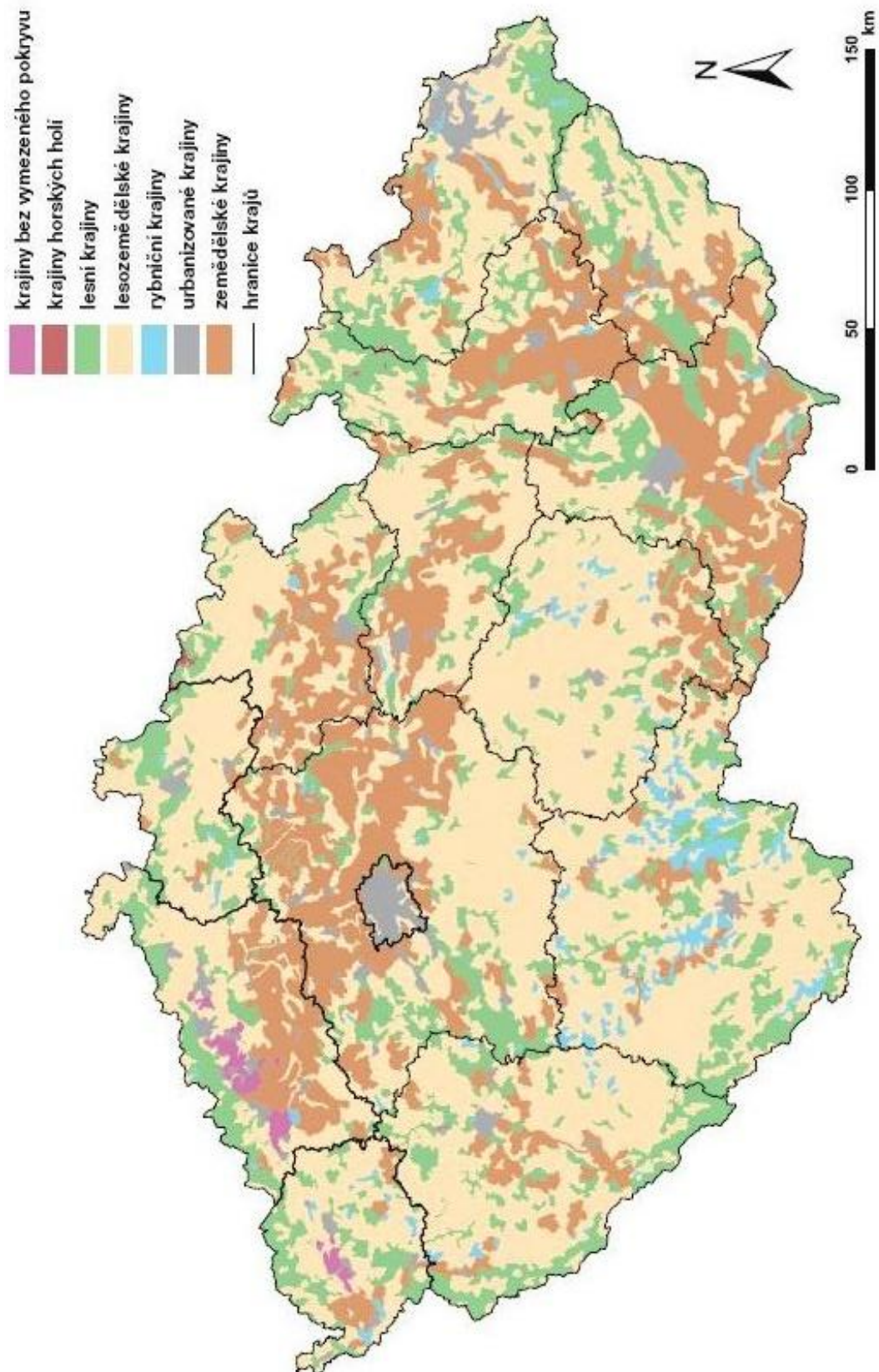
## Příloha 16 : Mapa sklonu svahu



## Příloha 17: Relativní nasycení půdy vodou 0-100 cm

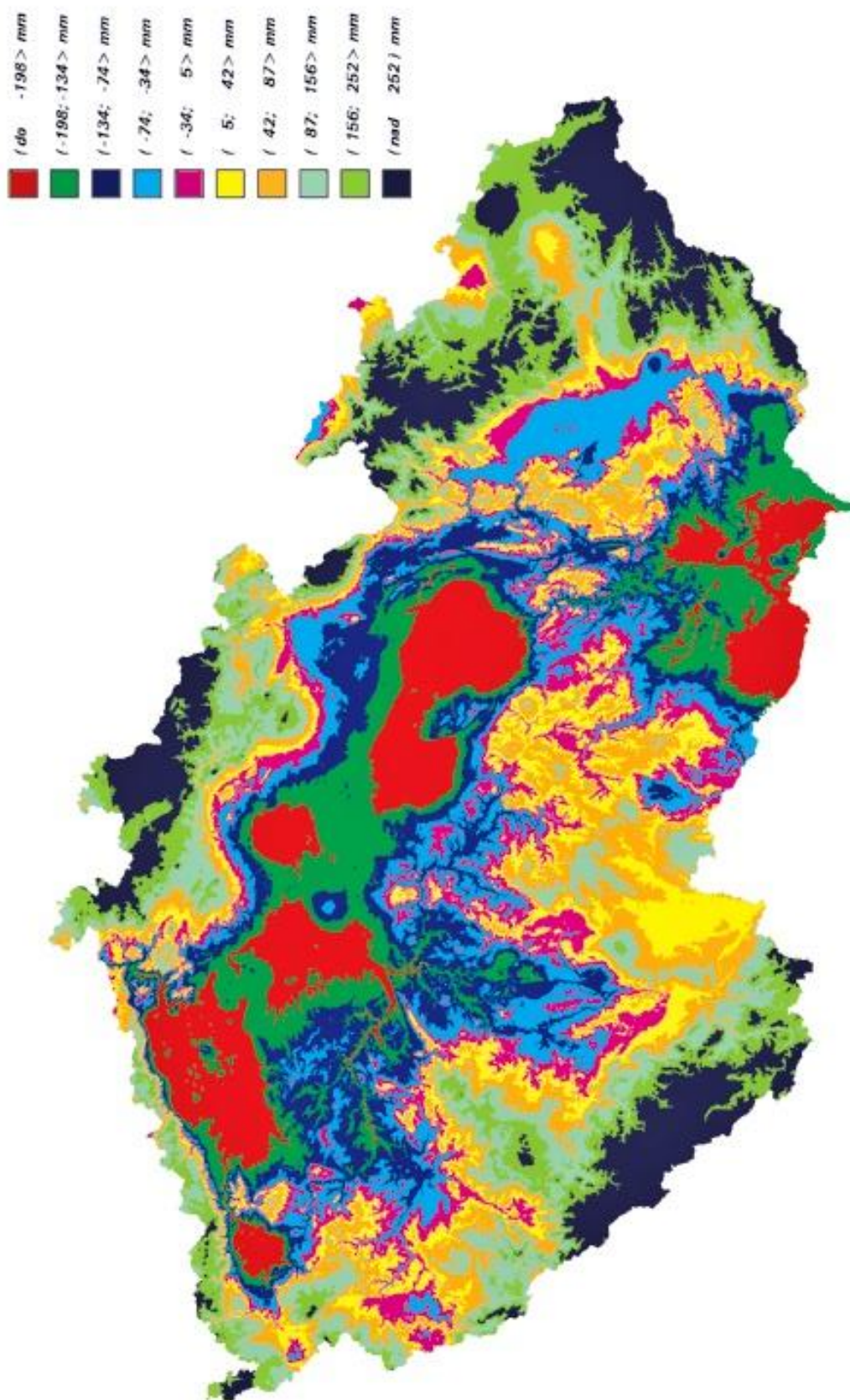


## Příloha 18: Typy krajiny



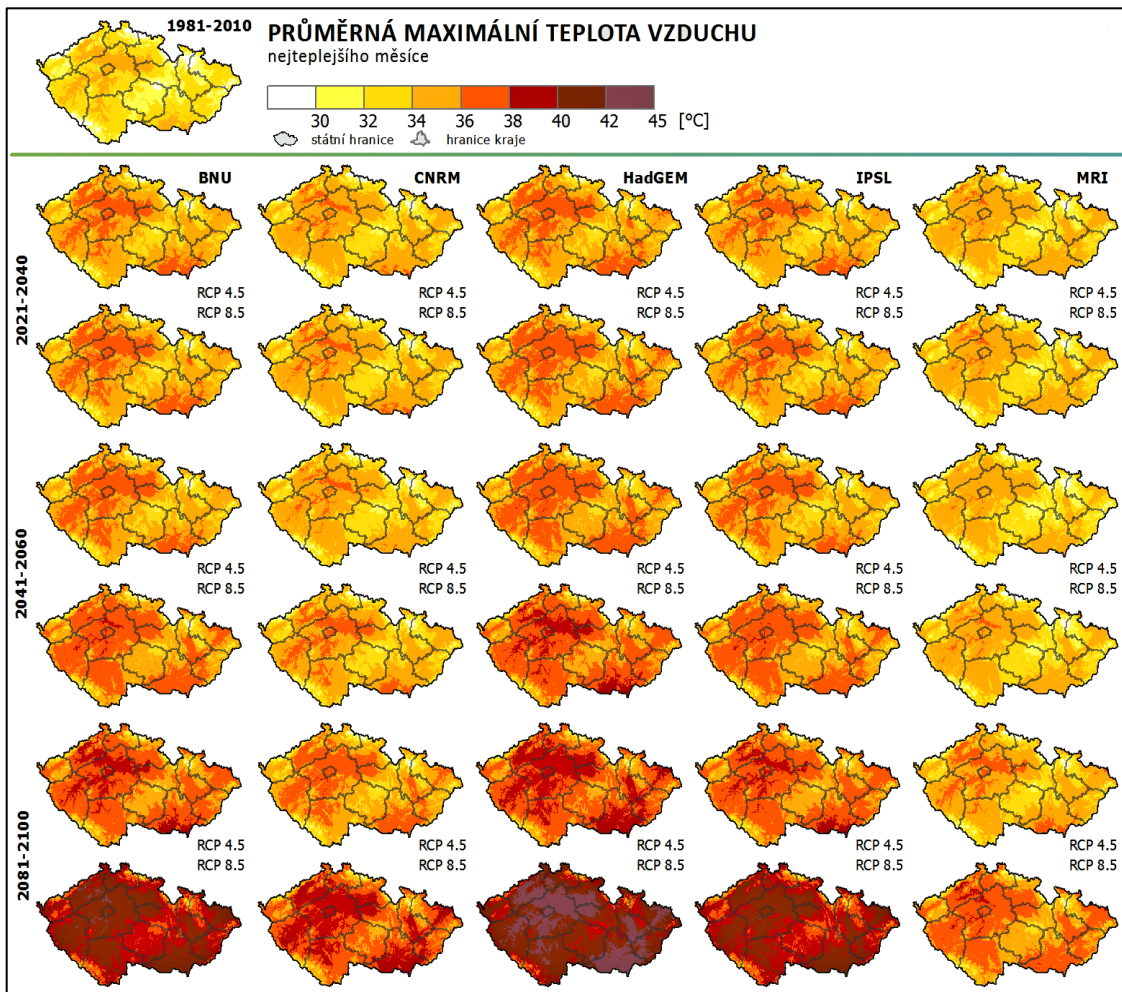
[Zdroj: [www.mapy.nature.cz](http://www.mapy.nature.cz)]

## Příloha 19: Mapa evapotranspirace



[Zdroj: <http://www.igis.cz/>]

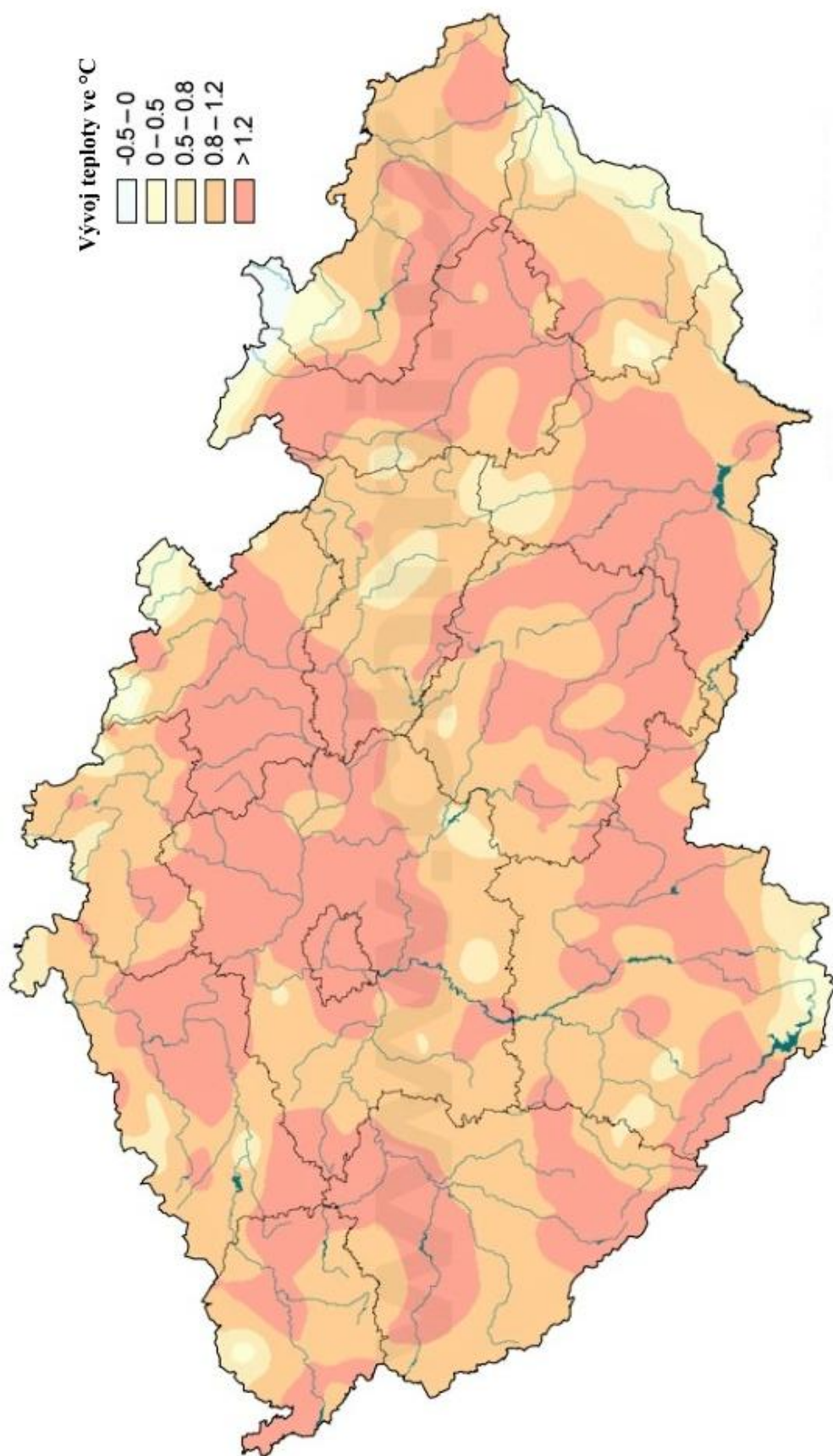
## Příloha 20: Prognóza vývoje teploty



[Zdroj: <http://www.klimatickazmena.cz>]

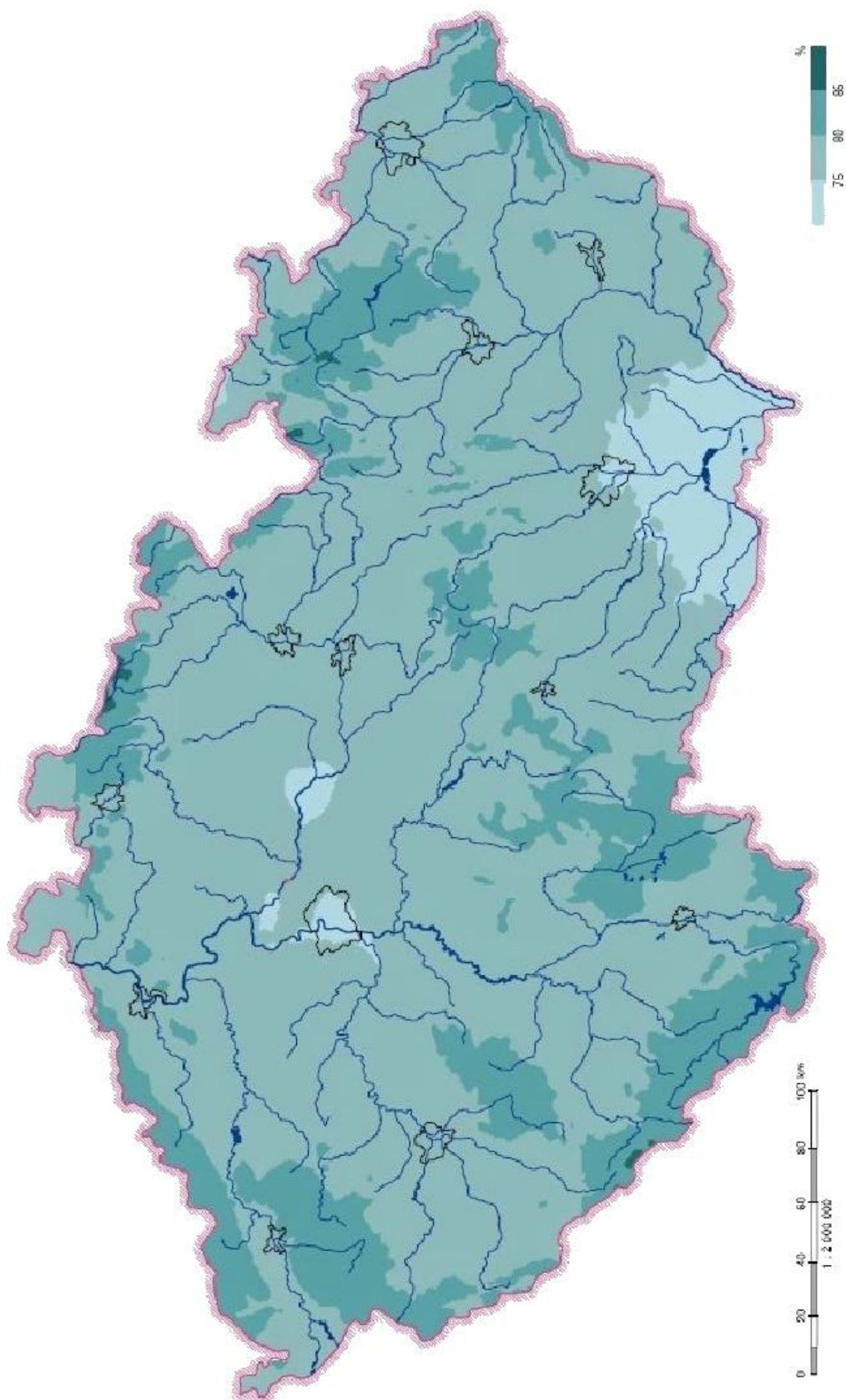


**Příloha 21: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2009 od normálu 1964-1990**



[Zdroj: ČHMÚ]

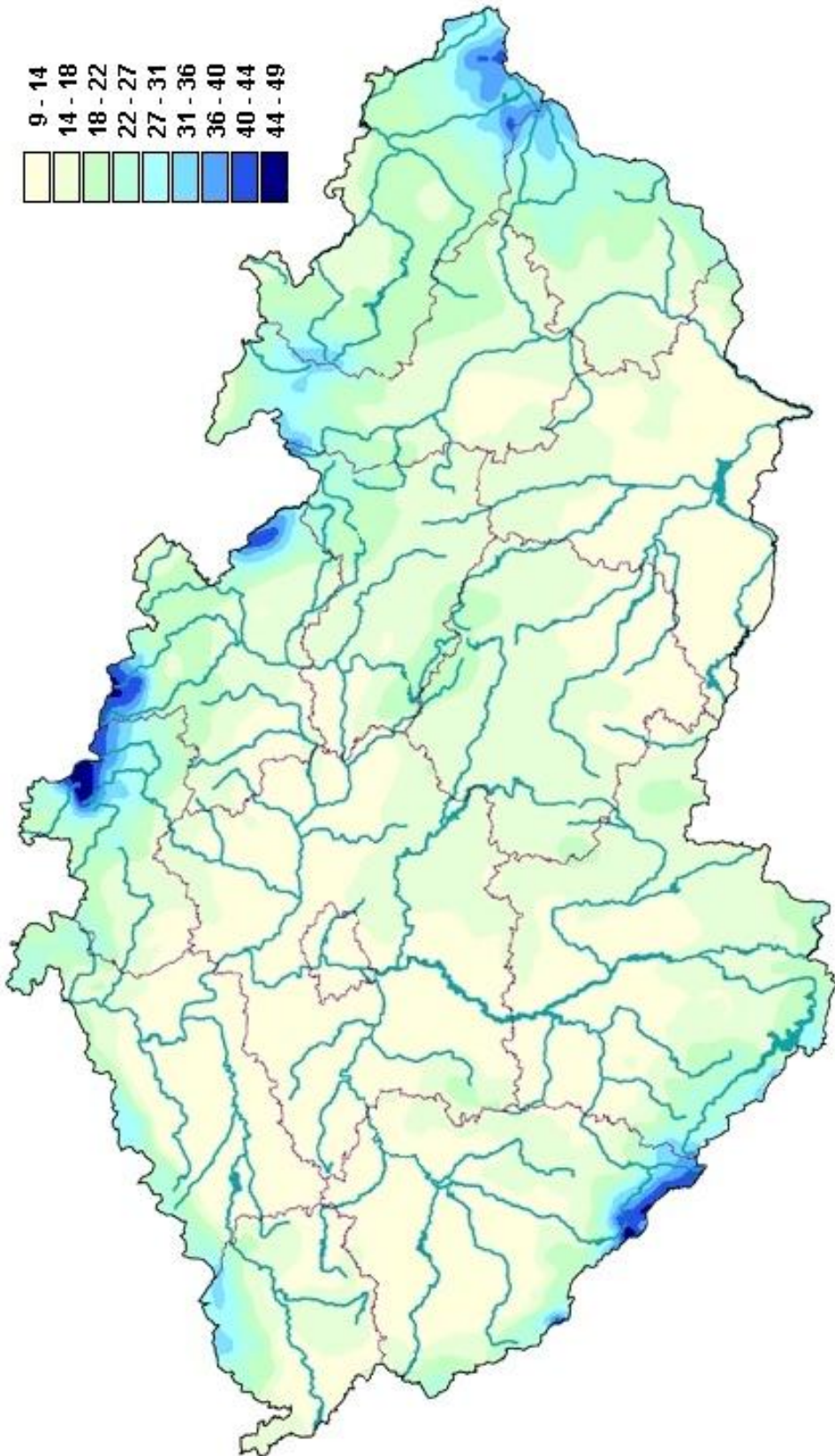
## Příloha 22: Průměrná roční relativní vlhkost vzduchu



[Zdroj: ČHMÚ]

## Příloha 23: Počet srážkových dní

Počet srážkových dní v roce



[Zdroj: ČHMÚ]