

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY



GEODATA PRO EROZNÍ A HYDROLOGICKÉ MODELOVÁNÍ
V PROSTŘEDÍ GIS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Jiří Brychta

Bakalant: Kateřina Lazáková

2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kateřina Lazáková

Územní technická a správní služba

Název práce

Geodata pro erozní a hydrologické modelování v prostředí GIS

Název anglicky

Geodata for erosion and hydrological modeling in GIS environment

Cíle práce

1. Rešerše dostupných geodat – morfologických, půdních, vegetačních, srážkových, dat z DPZ a dalších geodat využitelných pro erozní a hydrologické analýzy.
2. Analýza vybraných geodat z hlediska přesnosti, dostupnosti a pořizovací ceny a jejich využitelnosti pro danou analýzu.

Metodika

Bude provedena rešerše dostupných geodat – morfologických, půdních, vegetačních, srážkových, dat z DPZ a dalších geodat využitelných pro erozní a hydrologické analýzy. Geodata budou analyzována z hlediska přesnosti, dostupnosti a pořizovací ceny a jejich využitelnosti pro danou analýzu. Data budou pořizována především z volně dostupných geodatabází, WMS služeb a institucí tato data poskytujících. Využitelnost těchto geodat bude analyzována aplikací empirických metod USLE, MUSLE a CN-křivek v prostředí GIS.

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

vodní eroze, hydrologické analýzy, geodatabáze, GIS, DPZ, USLE, CN křivky, MUSLE, geodata

Doporučené zdroje informací

- ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, – JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí : metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA, – PAVELKA, K. – HALOUNOVÁ, L. *Dálkový průzkum Země*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03124-1.
- Janeček M., Květoň V., Kubátová E., Kobzová D. (2013): Values of rainfall erosivity factor for the Czech republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanic*, 61: 97–102.
- Kráska J. (2004): Evaluation of Erosion Processes in Large River Basins with the Support of GIS. [Ph.D. Thesis.] Prague, Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering. (in Czech)
- Panagos P., Ballabio C., Borrelli P., Meusburger K., Klik A., Rousseva S., Perčec Tadić M., Michaelides S., Hrabalíková M., Olsen P., Aalto J., Lakatos M., Rymaszewicz A., Dumitrescu A., Beguería S., Alewell C. (2015): Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511: 801–814
- STARA, V. – JANDORA, J. – VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. STAVEBNÍ FAKULTA, – STARÝ, M. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.
- Torri D., Borselli L., Guzzetti F. et al. (2006): Soil erosion in Italy: an overview. In: Boardman J., Poesen J. (eds): *Soil Erosion in Europe*. New York, Wiley: 245–261.
- Van Der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. (2000): *Soil Erosion Risk Assessment in Europe*. Ispra, European Soil Bureau.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jiří Brychta

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2018

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2018

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jiřího Brychty, a že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Hradci Králové 20. 4. 2018

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala své rodině, která mě ve studiu podporovala. Také děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Jiřímu Brychtovi, za užitečné připomínky a poskytnuté konzultace, které dopomohly k vytvoření této práce.

ABSTRAKT

Hodnocení rizika vodní eroze probíhá od detailního terénního průzkumu lokality po využití metod dálkového průzkumu země. Rozvoj GIS technologií umožnil využití dostupných geodatabází (o půdách, klimatu, reliéfu, apod.) pro tvorbu empirických modelů. Propojení s technologií GIS významným způsobem zrychlilo a zpřesnilo hodnocení erozních a hydrologických procesů. Hlavním cílem této práce je analyzovat dostupné databáze a využitelnost geodat pro účely modelování těchto procesů v prostředí GIS.

Situace v přístupu ke geodatům v ČR je v současné době nepřehledná. Zpřehlednění přístupu ke geodatům vzniká postupným uplatňováním evropské směrnice INSPIRE. V druhé části práce byla vyhodnocena použitelnost geodat na konkrétním povodí. Z výsledků výpočtů v této práci vyplývá, jak důležité je použití co nejpřesnějších vstupních dat. Použitím některých databází mohou být výsledky výpočtů ovlivněny a v důsledku toho následně chybně identifikovány plochy ohrožené erozí. Samotná volba protierozních opatření může z tohoto důvodu být nevhodně zvolená nebo méně účinná.

KLÍČOVÁ SLOVA

vodní eroze, hydrologické analýzy, geodatabáze, GIS, DPZ, USLE, geodata

ABSTRACT

The water erosion risk evaluation proceeds from detailed field exploration of the place to using methods of remote survey of the earth. Development of GIS technologies allowed using of available geographical databases (of land, climate, relief, etc.) for creating of empirical models. Interconnection with GIS technology significantly accelerated and refined evaluation of erosion and hydrological processes. The main objective of this work is to analyze available databases and usability of geodata for modelling of hydrological processes in GIS environment.

The situation of access to geodata in the Czech Republic is currently unclear. Transparent access to geodata is a result of the gradual implementation of the European INSPIRE Directive. The second part of the thesis evaluated the usability of geodat on a particular river basin. The results of the calculations in this paper show how important it is to use the most accurate input data. By using some databases, the results of the calculations can be affected and erosion areas consequently erroneously identified. The choice of anti-erosion measures themselves may therefore be inappropriately chosen or less effective.

KEYWORDS:

gully erosion, hydrology analysis, geo database, GIS, remote sensing, USLE, geodata

OBSAH :

1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE PRÁCE	3
3. LITERÁRNÍ REŠERŽE	4
3.1. Rozdělení geodat dle způsobu jejich sběru.....	4
3.1.1. Kontaktní metody	4
3.1.2. Dálkový průzkum Země	4
3.1.3. Nepřímé metody sběru dat	5
3.1.4. Databáze	5
3.2. Rozdělení geodat dle formy a přístupnosti	6
3.2.1. Mapové portály	6
3.2.2. Volně stažitelná a komerční data	6
3.3. Instituce poskytující geodata	7
3.3.1. ČUZK Český úřad zeměměřičský a katastrální	7
3.3.2. ČHMU - Český hydrometeorologický ústav	10
3.3.3. GISAT s.r.o.	11
3.3.4. VGHMÚř - Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce.	12
3.3.5. INSPIRE - národní geoportál	13
3.3.6. ČGS - Česká geologická služba, příspěvková organizace	15
3.3.7. AOPK ČR.....	16
3.3.8. Centrum pro regionální rozvoj ČR	16
3.3.9. Místní samosprávy.....	17
3.3.10. Správy národních parků a chráněných krajinných oblastí.....	17
3.3.11. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.....	19
3.3.12. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i.....	20
3.3.13. Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.....	21
3.3.14. ÚHUL - Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.....	21
3.3.15. ŘSD - Ředitelství silnic a dálnic, státní příspěvková organizace.....	21
3.3.16. LPIS - Land Parcel Identification System.....	22
3.3.17. CORINE land Cover	22
3.3.18. European Soil Data Centre (ESDAC)	22
3.4. Rozdělení geodat dle popisované problematiky	26
3.4.1. Geodata morfologická a topografická	26
3.4.2. Geodata geologická, hydrologická a půdní.....	29

3.4.3. Geodata vegetační.....	30
3.4.4. Geodata meteorologická	31
4. CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO ÚZEMÍ	32
5. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	33
5.1. USLE - univerzální rovnice ztráty půdy	33
5.2. FAKTORY USLE	34
6. METODIKA ANALÝZY GEODAT.....	36
7. VÝSLEDKY A DISKUZE.....	38
8. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE	46
9. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	47
10. INTERNETOVÉ ZDROJE	49
11. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK.....	49
11. SEZNAM TABULEK	51
12. SEZNAM OBRÁZKŮ A MAP	52

1. ÚVOD

V současné době je kulturní krajina a vůbec živobytí lidstva ohroženo půdní i vodní erozí, hydrologickým suchem, povodněmi, znečištěním zejména v podobě ekologických zátěží z minulosti a neustálým zastavováním zemědělské půdy. Řešením je náprava již vzniklých škod šetrnými úpravami a dodržování zásad ochrany přírody při provozování lidské činnosti.

Výsledky klimatických modelů předpovídají, že klimatická změna povede ke zvýšení výskytu extrémních hydrologických situací. Některé oblasti mohou čelit nižší dostupnosti vody, v jiných srážky naopak vzrostou. Dostatek a kvalita vody jsou přitom limitujícími faktory pro život člověka.

Velmi důležitá je proto ochrana množství a kvality vod spočívající v racionálním nakládání s vodami a průběžném vytváření podmínek pro zvyšování akumulací schopnosti krajiny (Starý, 2005).

Další hrozbou je vodní eroze. Nejen v České Republice zanechává následky velmi rizikový jev zvaný zrychlená eroze, jehož názorný příklad vidíme na obr.1.. Je způsoben změnami v hospodaření v kulturní krajině zejména od padesátých let minulého století, kdy probíhala intenzifikace, mechanizace a v neposlední řadě chemizace zemědělství. Sjednocení malých pozemků rozoráním mezí i polních cest se provádělo proto, aby bylo možné je co nejjednodušeji obdělávat s využitím těžké mechanizace. I tvar polí se tomuto způsobu hospodaření přizpůsoboval. Z nepravidelných tvarů pozemků s členitými hranicemi se staly pozemky s pravidelnými pravoúhlými tvary a přímými, mnohdy i několik kilometrů dlouhými, hranicemi pozemků. V kulturní krajině proto čím dál více ubývaly louky, pastviny i rozptýlená zeleň. (Brychta&Janeček, 2017)

Důležitou součástí prevence vodní eroze je důkladné zmapování stavu krajiny, sběr hydrologických, meteorologických, topografických a geologických dat pro vytváření analýz pomocí hydrologického modelování. Na základě těchto dat je možné modelovat situaci, která by mohla nastat při extrémních srážkových situacích (Hejlová, 2013).

Časově ani ekonomicky by ale nebylo únosné a možné takto fyzicky sbírat všechna potřebná data pro celý povrch Země. Díky současným vědeckým poznatkům,

možnostem geografických informačních systémů a přípustné míře zjednodušení můžeme nyní vytvářet hydrologické modely pro výpočet průtoku i pro nepozorované profily povodí (Starý,2005). Výsledky pak mohou sloužit k prevenci i napravování ekologických škod a k šetrnějšímu využívání přírodních zdrojů.

Nejdůležitější částí prevence škod vzniklých povodněmi, suchem, zastavováním půdy i znečištěním je dle mého názoru respektování již vzniklých opatření a správné provedení a vybudování opatření navržených odborníky. Z hlediska vedení státu je třeba nastavit zákonná opatření nastavující celospolečenskou kázeň v hospodaření s vodou , půdou , vegetací a krajinou jako celkem. Jedině touto cestou můžeme udržet trvale život člověka na Zemi.

Nové poznatky vědy je třeba co nejrychleji implementovat do všech složek lidské činnosti a výstavby. Nyní, na základě hydrologických závěrů (ČHMÚ,2015) je například zdokumentováno, že velké rybochovné rybníky zhoršují průtoky na tocích v období sucha a velké víceúčelové nádrže naopak průtoky v období sucha nadlepšují. Pro povodně však platí zase jiné vztahy. Pohyb vody na Zemi je složitým procesem a k jeho zdokumentování a následným analýzám je vhodné právě využívání nástrojů geografických informačních systémů. Hydrologické analýzy jsou i velmi cenným pomocníkem pro krizový management pro snížení dopadů hydrologických abnormalit na socioekonomickou sféru. Nyní, v roce 2018, je např. aktuální vznik Plánu pro zvládnutí sucha, ještě před několika lety se nám ze středoevropské perspektivy jevil jako nejdůležitější plán na ochranu před povodněmi. V budoucnu může být nejnaléhavější nalézání zdrojů pitné vody nebo jiný problém. Každopádně využití hydrologického modelování má velmi široký dopad a možnost využití.



Obrázek 1 - Eroze zemědělské půdy (European Commission, ©2018)

2. CÍLE PRÁCE

- a) Rešerže dostupných geodat - morfologických, půdních, vegetačních, srážkových, dat z DPZ a dalších geodat využitelných pro erozní a hydrologické analýzy.
- b) Analýza vybraných geodat z hlediska přesnosti, dostupnosti a pořizovací ceny a jejich využitelnosti pro danou analýzu. Využitelnost dat je zanalyzována pomocí empirické metody USLE v prostředí GIS

3. LITERÁRNÍ REŠERŽE

Geodata obecně mají kromě záznamu o sledovaných údajích také souřadnice v určitém souřadnicovém systému. Takových dat je mnoho forem, pro lepší orientaci je můžeme rozdělit dle několika kategorií:

3.1. Rozdělení geodat dle způsobu jejich sběru

3.1.1. Kontaktní metody

Rozumíme tím geodetická měření každého bodu. Toto je nejpřesnější způsob získání geodat , ale pro velká území je časově i cenově náročný

- nivelace - nejpřesnější metoda určení výšky, jedná se o odečítání výškového rozdílu mezi dvěma body, z nichž jeden má známou nadmořskou výšku, nivelační přístroj se umísťuje mezi tyto body
- tachymetrie - současné zaměření polohy i výšky bodu v definovaném souřadnicovém systému, principem je měření délky vodorovného a výškového (zenitového) úhlu pomocí tachymetru (teodolitu), dnes pomocí totálních stanic, kde délka je měřena pomocí laserového dálkoměru a úhly pomocí elektronického systému na kódových kruzích (Oršulák, 2010)
- GNSS global navigation satellite system - poloha bodu se určuje ze vzdálenosti mezi družicí a přijímačem
- GPS NAVSTAR - nejrozšířenější navigační družicový systém provozovaný armádou USA
- GLONASS - Ruský globální navigační družicový systém
- GALILEO - Evropský globální navigační družicový systém- plánovaný spustit v roce 2018

3.1.2. Dálkový průzkum Země

DPZ zkoumá, měří a zobrazuje objekty a jevy v krajinné sféře bez přímého fyzického kontaktu s nimi. (Svatoňová , 2010) Bezkontaktní metody jsou méně přesné než geodetická měření, ale mohou se využít pro velká území.

- **DPZ pasivní**
přímé - fotogrametrie - využívá dvou fotografií, pomocí nichž rekonstruuje tvar a rozměr trojrozměrných objektů, využívá a měří odražené sluneční záření
nepřímé - využívají a měří vlastní záření objektu - např. termovize
- **DPZ aktivní** - na nosiči (družici) je zdroj vysílající záření a zaznamenává se množství odraženého záření ze Země
RADAR Radio Detection and Ranging - radarové snímání - je prováděno ze satelitů. Radar je aktivní mikrovlnný senzor. jeho záření ve vlnové délce od 0,3 mm až 1 m je schopno pronikat mlhou, jemným deštěm, mrakem i smogem. (Halounová, 2005)
LIDAR - Light Detection and Ranging - laserové snímání - dálkoměrné měření pomocí laserového svazku paprsků, je známa přesná poloha scanneru a přesný směr vysílání paprsku

3.1.3. Nepřímé metody sběru dat

Vektorizace analogových map - obecně se jedná o převod rastrového formátu dat na vektorový. Může být prováděna ručně, poloautomaticky nebo automaticky pomocí softwarových grafických systémů.

Katastrální mapa ČR je v roce 2018 téměř celá digitalizovaná (DKM a KMD). Digitalizace analogových map může být využita pro historické mapy, studie a výzkumy prováděné v terénu a zakreslované do mapových podkladů.

3.1.4. Databáze

Jedná se o databázové údaje zkoumaných jevů např. z výzkumných úkolů či statistických údajů. Aby byly záznamy použitelné jako geodata, je nutné přiřadit každému záznamu polohopisnou složku, tedy kromě záznamu o sledovaných údajích má každý záznam souřadnice v určitém souřadnicovém systému

3.2. Rozdělení geodat dle formy a přístupnosti

3.2.1. Mapové portály

Data jsou upravená primárně pro prohlížení ve webovém rozhraní, v internetových aplikacích. Je možné je použít v Geografických informačních systémech (dále GIS) například jako podkladovou mapu.

3.2.2. Volně stažitelná a komerční data

Data pro použití v geografických informačních systémech - data jsou poskytována formou služeb, jsou již upravená pro práci v prostředí GIS. Jsou poskytována v různých formách. Při připojování či stahování dat je nutné nastavit konkrétní jazyk v software GIS:

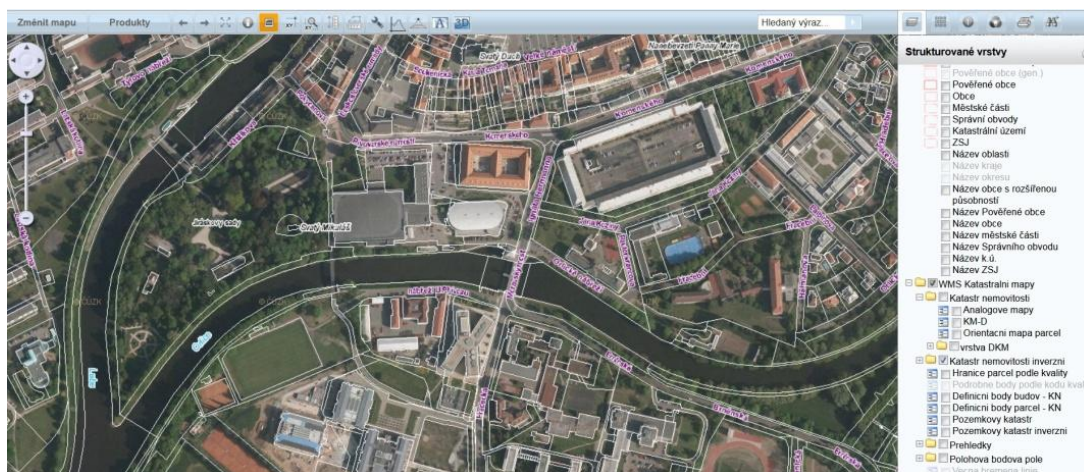
- ArcIMS (již zastaralá technologie)
- ArcGIS (nástupce ArcIMS, od společnosti ESRI)
- WMS (Web map service)
- WMTS (Web map tile service)

Výhodou těchto služeb je, že při práci s GIS se tato data nestahují do počítače, ale operátor GIS je užívá přes vzdálený server.

3.3. Instituce poskytující geodata

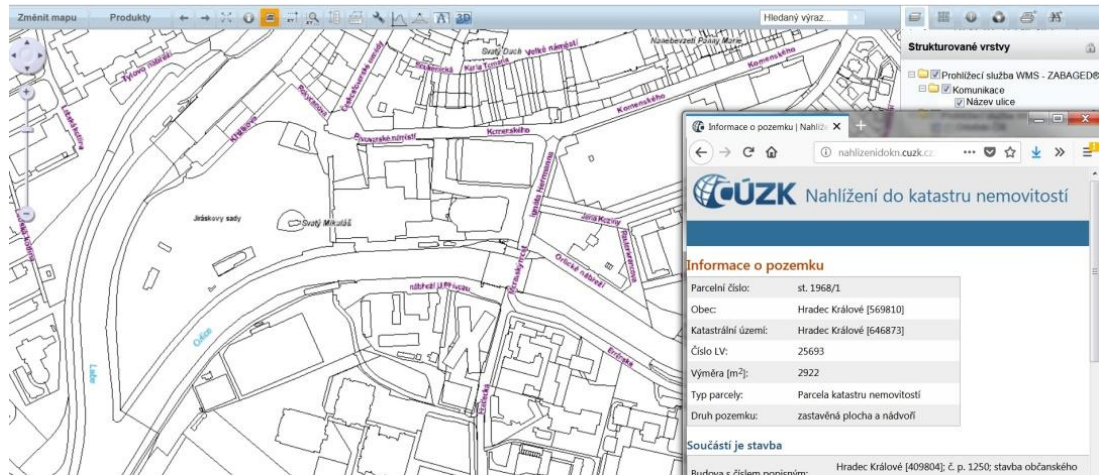
3.3.1. ČÚZK Český úřad zeměměřičský a katastrální

Provozuje službu GEOPORTÁL ČÚZK, který umožňuje přístup k prostorovým datům pořizovaným a aktualizovaným v resortu ČÚZK (katastrální mapa, ZABAGED - polohopis , výškopis i digitální modely terénu a reliéfu ČR, Ortofoto, Státní mapa 1:5 000, Základní mapa a archivní mapy - císařské otisky, mapy třetího vojenského mapování, topografické mapy, mapa kultur stabilního katastru, mapy evidence nemovitostí) . Umožňuje sdílení dat dle Evropské směrnice INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe). Cílem této směrnice je vytvořit evropský legislativní rámec pro vybudování evropské infrastruktury prostorových dat. Geoportál ČÚZK obsahuje aplikaci pro prohlížení a nákup dat, umožňuje vzdálené připojení k serveru pomocí WMS a WMTS a poskytuje informace o datových sadách . Geoprohlížeč umožňuje zobrazovat různé mapy ve vrstvách. Zajímavá je například možnost inverzního zobrazení katastrální mapy současně s vrstvou Ortofoto, jak ukazuje obr. 2.



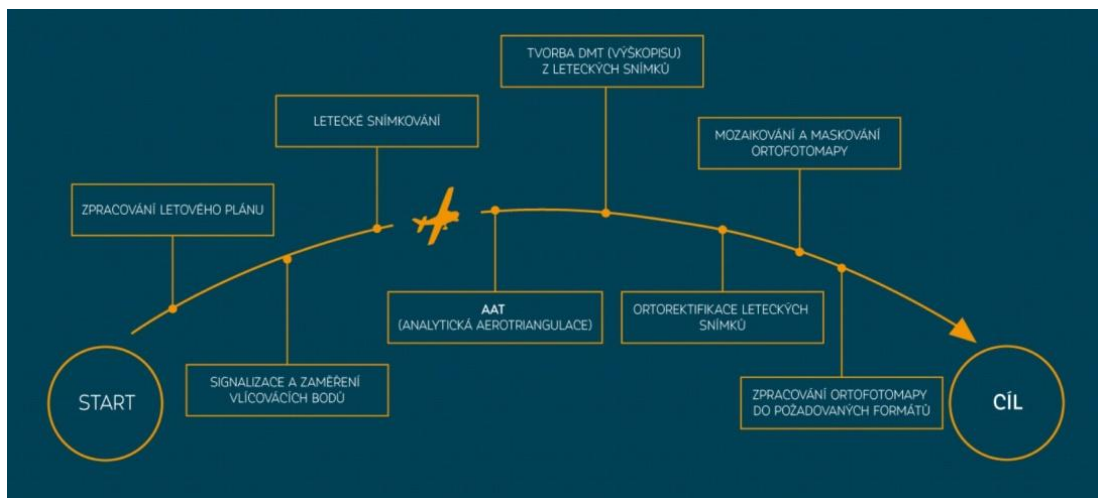
Obrázek 2 - GEOPORTÁL ČÚZK - vrstva Ortofoto + mapa katastru nemovitostí (ČÚZK, ©2018)

Je možné zde měřit vzdálenost, zjišťovat souřadnice bodů a je umožněn vzdálený přístup do katastru nemovitostí, jak je patrné z obr.3.



Obrázek 3 - GEOPORTÁL ČÚZK - nahlížení do katastru nemovitostí (ČÚZK, ©2018)

a) **ORTOFOTO** - Jedná se o fotografické snímky digitálně transformované do mapového podkladu. Na ortofoto snímku je odstraněno zkreslení snímku dané zakřivením zemského povrchu a technologií fotografování. (Svatoňová, 2010) Ortofotomapa je kartografickým dílem, které jako hlavní podklad využívá polohově umístěný letecký měřický snímek, přičemž si zachovává další náležitosti mapy – měřítko, souřadnicový systém, a směrovou orientaci. Díky zobrazení skutečných barev, tak jak je vnímáme vlastníma očima, je pro většinu uživatelů ortofotomapa i mnohem lépe čitelná. Ortofotomapa tedy přehledně odráží skutečný stav zemského povrchu vztahený k datu pořízení leteckých snímků. Na obr. 4 je znázorněno, jak ortofotomapa vzniká.



Obrázek 4 - Postup tvorby ortofotomapy (ČÚZK,2018)

Ortofotomapa je na Geoportálu dostupná jako služba WMS serveru

b) **ZABAGED** - Základní báze geografických dat je přístupná na Geoportálu jako mapový WMS server. Zabaged vychází z mapy měřítka 1:10 000, jedná se o placenou službu, data obsahují vektorové soubory polohopisu a výškopisu ve formátu typu dgn, dxf a shp a popisnou složku.

Databáze Data200 je strukturovaná do osmi tematických vrstev : doprava, vodstvo, administrativní hranice, sídla, geografická jména, různé objekty, vegetace a povrch a výškopis. Zvlášť je možné objednat jen vrstvy Doprava, Vodstvo, Hranice, Sídla a Terénní reliéf. Ostatní vrstvy se přidávají automaticky zdarma ke každé objednané vrstvě produktu, nelze je objednat samostatně. Obr.5 je ceník jednotlivých vrstev ZABAGEDu pro rok 2018.

Obrázek 5 - Ceník produktů Zeměměřického úřadu (ČÚZK, ©2018)

CENÍK PRODUKTŮ A SLUŽEB ZEMĚMĚŘICKÉHO ÚŘADU			
Položka	Název produktu	Výdejní jednotka	Základní cena za 1 výdejní jednotku v Kč
DIGITÁLNÍ PRODUKTY A SÍTOVÉ SLUŽBY			
1.	Data200 - všechny vrstvy	území ČR	20 000
2.	Data200 - vrstva Doprava	území ČR	10 000
3.	Data200 - vrstva Vodstvo, Hranice, Sídla, Terénní reliéf	území ČR	5 000
4.	Databáze Geonames	mapový list (18 km ²)	60
5.	INSPIRE datová sada pro téma Zeměpisná jména (GN)	mapový list (18 km ²)	60
6.	Stahovací služba WFS – Geonames	1 km ²	3,4
7.	INSPIRE stahovací služba WFS pro téma Zeměpisná jména (GN)	1 km ²	3,4
8.	Ortofoto České republiky	mapový list (5 km ²)	150
9.	INSPIRE datová sada pro téma Ortofotogramy (OI)	dlaždice 2,2 km ²	66
		dlaždice 4,4 m ²	132
10.	Letecký měřičký snímek - digitální + NIR	1 LMS	500
11.	SM 5 – VEKTOR - katastr. složka	mapový list (5 km ²)	250
12.	SM 5 – VEKTOR - výškop. složka	mapový list (5 km ²)	60
13.	SM 5 - VEKTOR - nová podoba	mapový list (5 km ²)	310
14.	SM 5 – RASTR - katastr. složka	mapový list (5 km ²)	120
15.	SM 5 – RASTR - výškop. složka	mapový list (5 km ²)	30
16.	SM 5 - RASTR - nová podoba	mapový list (5 km ²)	150
17.	ZM 10 - rastrová barevná bezešvá	čtverec (4 km ²)	60
18.	ZM 25 - rastrová barevná	čtverec (25 km ²)	100
19.	ZM 50 - rastrová barevná	čtverec (100 km ²)	120
20.	ZM 200 - rastrová barevná	čtverec (2 500 km ²)	370
21.	MČR 500 - barevná bezešvá	mapa	500
22.	MČR 1M - barevná bezešvá	mapa	500
23.	Data ze skenování map ÚAZK	mapový list archiválie	25
24.	Geodetický bod digitální	1 bod	3
25.	Geodetický bod s geodetickými údaji (tisk nebo PDF)	1 bod	20
26.	Program ETJTZU 2013	1 ks	5000
27.	Transformační knihovna ETJTZU	1 ks	5000
28.	CZEPOS - služby kategorie DGPS	1 vteřina	20 / 1 hod
29.	CZEPOS - služby kategorie RTK a VRS	1 vteřina	60 / 1 hod
30.	CZEPOS - data RINEX s intervalem záznamu 1 vteřina	1 vteřina	50 / 1 hod
31.	CZEPOS - data RINEX s intervalem záznamu 5 vteřin	1 vteřina	10 / 1 hod
32.	CZEPOS - data RINEX s intervalem záznamu 10 vteřin	1 vteřina	5 / 1 hod
33.	CZEPOS - služby kategorie DGPS, RTK, VRS	12 kalendář. měsíců/1GPS	10 000
34.	CZEPOS - služby kategorie DGPS, RTK, VRS	1 kalendář. měsíc/1GPS	1 000

c) **DMR 4G** - Digitální model reliéfu České republiky 4. generace

Zobrazuje povrch formou výšek bodů v pravidelné síti 5 x 5 m . Body jsou definovány souřadnicemi X,Y,H. H definuje nadmořskou výšku se střední chybou 0,3m v odkrytém terénu a 1m v zalesněném terénu.Používá se k hodnocení území regionálního rozsahu, např. při navrhování dopravních staveb. Rozhraní WMS služby poskytuje data ve formě stínovaného modelu reliéfu (v šedé škále nebo obarveného), případně umožňuje zobrazit data podle orientace nebo sklonitosti svahů.

d) **DMR 5G** - Digitální model reliéfu České republiky 5. generace

Výhodou je větší přesnost. Data pro tento model byla pořízena pomocí leteckého laserového skenování výškopisu. DMR 5G znázorňuje přirozený nebo lidskou činností upravený zemský povrch v digitálním tvaru ve formě výšek bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X,Y,H. Souřadnice H reprezentuje nadmořskou výšku se střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Model je využíván k hodnocení terénních poměrů místního rozsahu, např. při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních, vodohospodářských a pozemních staveb, modelování přírodních jevů lokálního charakteru, apod..

e) **SMO** - Státní mapa odvozená 1:5000 - může sloužit pro doplnění výškopisných dat, které nejsou součástí ZABAGED (kóty vrcholových partií - tzv. singularity)

f) **SM5** - Státní mapa v měřítku 1: 5000 - Tato mapa poskytuje pouze černobílý rastrový obraz bez možnosti dotazů na jednotlivé atributy. Data služby již nejsou nadále aktualizována. Pokrývá však celé území ČR.

3.3.2. ČHMU - Český hydrometeorologický ústav

Webová adresa ČHMÚ umožňuje přístup k hydrologickým a klimatologickým režimovým datům. Jedná se o data z měření průtoků vybraných povrchových vod, pramenů a podzemních vrtů.

Volně ke stažení jsou k dispozici mapy pro použití v GIS (formát "shp") pro pětileté průměrné koncentrace a překročení imisních limitů, data jsou zpracována v rozlišení 1x1 km

3.3.3. GISAT s.r.o.

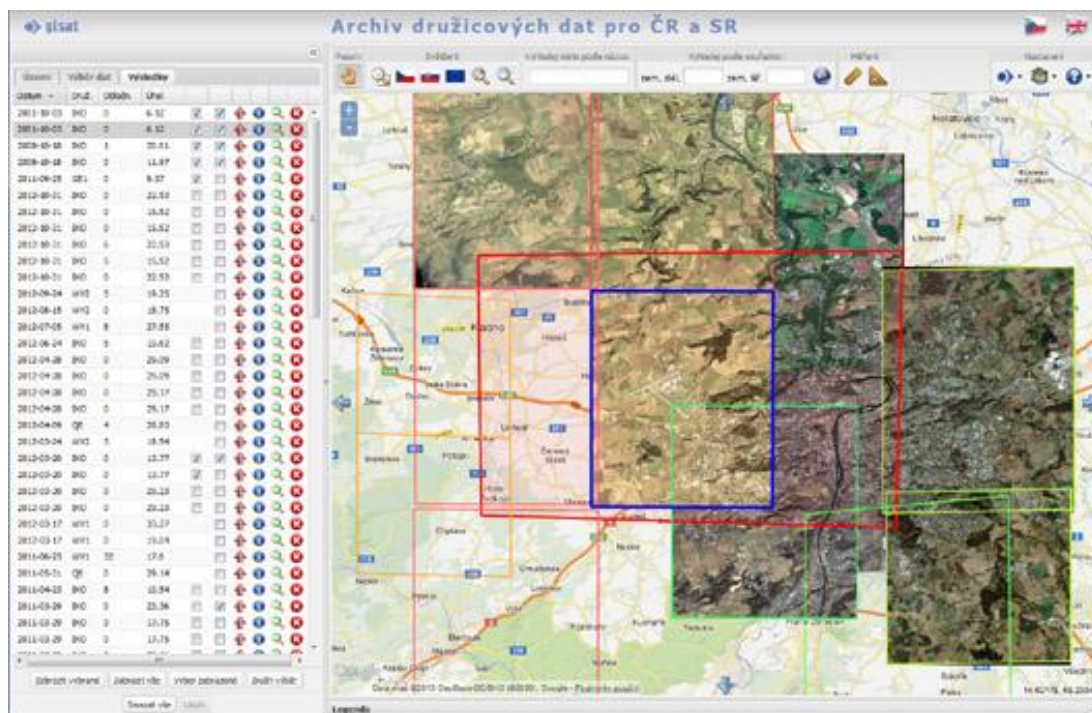
Soukromá společnost poskytující geoinformační služby v oboru dálkového průzkumu Země (DPZ). Nabízí data z různých civilních družic.

Družicové snímky se staly v poledních několika letech jedním z nejčastěji využívaných zdrojů geografické informace. Díky technologickému rozvoji této oblasti se snímky již nevyužívají pouze pro výzkum a vojenství, ale jsou již široce využívána i v komerční sféře.

Především v možnostech prostorového rozlišení je znát v posledních letech velký pokrok. Družice dnes umožňují získat snímky s přesností lepší než 1 m vhodné pro mapování v měřítcích 1:5 000 až 1:10 000. Družicová data mají vysoké rozlišení a kromě barevného režimu jsou snímky vždy pořizovány také v oblasti infračervené části optického spektra. Dnes jsou k dispozici i družicové systémy pořizující data radarová nebo hyperspektrální.

Ceny družicových snímků díky konkurenčnímu prostředí na trhu klesají a tudíž družicová data stále častěji nahrazují použití leteckého snímkování nebo pozemního mapování.

Na webové adrese společnosti je umístěna mapová aplikace jako katalog archivních družicových dat. Při použití kombinace databázového a prostorového dotazu aplikace umožňuje detailní informace o družicových snímcích, které vyhovují zadaným kritériím (např. datum pořízení scény nebo oblačnost) a pokrývají zadané zájmové území. Kromě podrobného tabulkového výpisu je umožněn náhled v redukovaném rozlišení. Databáze obsahuje veškerá pořízená data vybraných družic pro území České a Slovenské republiky s rozlišením 1 x 1 m.



Obrázek 6 - GISAT (GISAT, ©2018)

3.3.4. VGHMÚř - Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce

DMÚ 25 - vojenské mapové dílo Digitální model území 1:25 000 je součástí Vojenského informačního systému. Informační obsah v podstatě odpovídá topografické mapě 1:25 000 (TM-25).

Obsahuje vrstvy vodstvo, kde jsou popsány podrobné informace např. o typu dna, šířce a hloubce toku, sídla, silnice včetně mostů, nadjezdů a křižovatek. Ve vrstvě železnice jsou uvedeny např. i čísla tratě. Dále jsou součástí vrstvy rostlinný a půdní kryt, hranice administrativní nebo např. rezervací vojenských výcvikových prostorů či vrstva reliéf. Výškový krok vrstevnic je zde 5m.

Vyhodnocení dat DMÚ 25 a ZABAGED/1 ukázalo, že obě databáze jsou svou podrobností, rozsahem sledovaných prvků a jejich atributů a aktuálností dat prakticky srovnatelné. DMÚ je poskytován za nižší cenu, ale ZABAGED 1 - poskytuje větší podrobnost zákresu budov, vodních toků apod. (Zeměměřič,1997) VGHMÚř Dobruška poskytuje za úplaty také kopie historických leteckých měřických snímků z let 1937 až 2002.

3.3.5. INSPIRE - národní geoportál

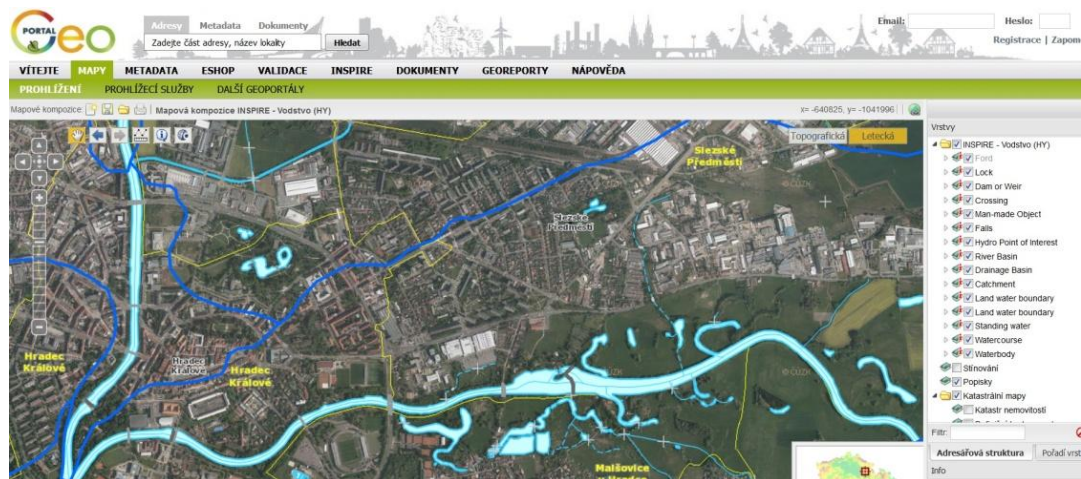
provozovaný Ministerstvem vnitra. Samotný provoz portálu zajišťuje CENIA , Česká agentura informační agentura životního prostředí, státní příspěvková organizace. Infrastruktura pro prostorové informace v Evropě je iniciativou Evropské komise. Směrnice Evropské komise a Rady si klade za cíl vytvořit evropský legislativní rámec potřebný k vybudování evropské infrastruktury prostorových informací. Stanovuje pravidla pro infrastrukturu prostorových dat v rámci Evropské Unie . Podporuje tím environmentální politiku. Hlavním cílem INSPIRE je poskytnout větší množství kvalitních a standardizovaných prostorových informací pro vytváření a uplatňování politik Společenství na všech úrovních členských států.

Směrnice INSPIRE obsahuje několik hlavních zásad.

1. data se sbírají a vytvářejí jen jednou a jsou spravovány tam, kde je to nejefektivnější
2. je zajištěna možnost bezešvě propojovat prostorová data z různých zdrojů a sdílet je mezi uživateli a softwarovými systémy
3. prostorová data se vytvářejí na jedné úrovni státní správy a jsou sdílené všemi úrovněmi státní správy
4. geodata svou dostupností neomezují jejich další využívání
5. cílem je i snadnější vyhledávání dostupných geodat, možnost vyhodnocování vhodnosti jejich použití pro konkrétní účel a také musí být zpřístupněna informace, za jakých podmínek se mohou data využívat

V současné době probíhá implementace směrnice INSPIRE do služeb nabízených v ČR. Geodata jsou poskytována přes Národní Geoportál, provozovaný agenturou CENIA

Jednotlivé mapové úlohy portálu jsou tematicky rozděleny do kategorií (obr.7) , a jejich počet se neustále zvyšuje.



Obrázek 7 - NÁRODNÍ GEOPORTÁL (CENIA, ©2018)

V ČR v roce 2012 CENIA zveřejnila mapové vrstvy CORINE pro ČR. Pro zaregistrované uživatele jsou vrstvy k dispozici zdarma.

Webové rozhraní mapového serveru umožňuje interaktivní práci s mapou:

- změnu měřítka
- vyhledávání pomocí souřadnic
- vyhledávání podle názvu lokality nebo adresních bodů
- měření vzdáleností
- vypínání a zapínání zobrazování jednotlivých vrstev
- výpis textových informací o vybraném objektu

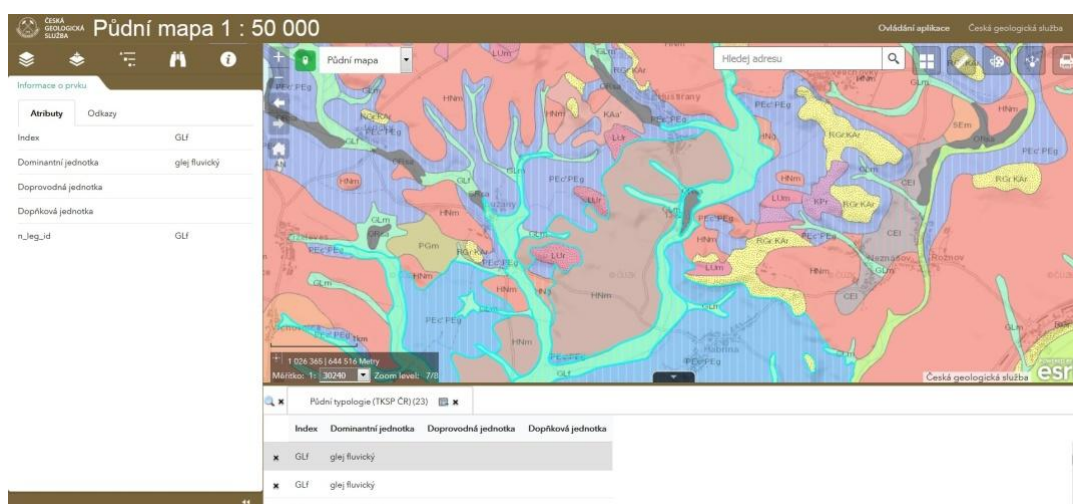
Mapové služby jsou kromě webového rozhraní zpřístupněny i formou IMS a WMS služeb, což umožňuje jejich využití profesionály pracujícími s nejrůznějšími GIS softwary, a také dalšími mapovými servery, které mohou jednotlivé mapové služby přebírat a zobrazovat spolu s vlastními, lokálně uloženými daty. Mapové služby tohoto Geoportálu mohou také přebírat externí mapové služby ze vzdálených serverů. Data se poskytují formou elektronického obchodu umožňujícího po registraci koupit data i od jiných poskytovatelů (např. Český statistický úřad,..) .

3.3.6. ČGS - Česká geologická služba, příspěvková organizace

ČGS provozuje vlastní mapový server, kde zpřístupňuje geovědní průběžně aktualizovaná data, které ČGS vytváří. Jsou to primární mapové podklady, aplikovaná data a informace o geologické prozkoumanosti území ČR. Mapová aplikace používá běžný webový prohlížeč pro zobrazení webových služeb (WMS, WFS) geologických map České republiky a Slovenské republiky v měřítku 1: 500 000

Česká geologická služba sbírá a zpracovává údaje o geologickém složení České Republiky a poskytuje je správním orgánům pro politickou, hospodářskou a ekologickou správu státu. Všem zájemcům poskytuje regionální geologické informace.

obsahuje např. Geologickou mapu ČR - geologické mapování České republiky v měřítku 1 : 25 000, které probíhá od roku 1999 do současnosti. Jedná se o zakryté geologické mapy, další navazující speciální mapy (Nerostných surovin, Geofaktorů životního prostředí), které jsou konstruovány od roku 2008, jsou zatím k dispozici ke stažení v souborech PDF.



Obrázek 8 - Česká geologická služba - půdní mapa (ČGS, ©2018)

SPOJITÉ DATOVÉ SADY VE FORMÁTECH GIS		
	Cena	Maximální rozsah poskytovaných dat studentům zdarma ²
GEO ČR 50 (1 list mapy)	8 250 Kč	1 list
GEO ČR 50 (1 km ²)	20 Kč	1 list
GEO ČR 50 s radonovým indexem (1 list mapy) ⁴	14 440 Kč	1 list
GEO ČR 50 s radonovým indexem (1 km ²) ⁴	35 Kč	1 list
Půdní mapa 1 : 50 000 (1 list mapy)	5 170 Kč	1 list
Půdní mapa 1 : 50 000 (1 km ²)	14 Kč	1 list
GEO ČR 25 (1 list mapy)	4 190 Kč	1 list
GEO ČR 25 (1 km ²)	50 Kč	1 list
GEO ČR 500 – geologická mapa (celá ČR)	24 839 Kč	kraj
GEO ČR 500 – geologická mapa (1 km ²)	0,2 Kč	kraj
Regionální geologické schéma 1 : 2 500 000 (celá sada)	2 500 Kč	ČR
Rastrová data z digitálního archivu ČGS – mapy	550 Kč	1 list

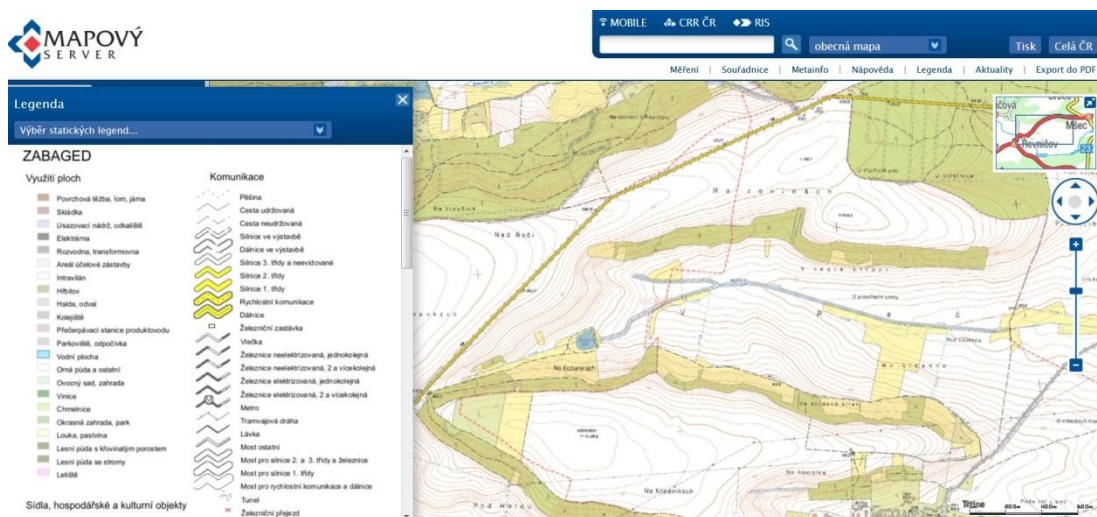
3.3.7. AOPK ČR

Instituce Agentura ochrany přírody a krajiny nabízí dvě WMS služby. Jednu mapující chráněná území včetně ochranných pásem a druhou Ptačí oblasti a Evropsky významné lokality soustavy Natura 2000. Dále prezentuje výsledky mapování biotopů.

3.3.8. Centrum pro regionální rozvoj ČR

je státní příspěvková organizace řízená Ministerstvem pro místní rozvoj ČR. Provozuje vlastní mapový server. Metadata ve formátu .xml jsou zde volně ke stažení, samotné mapové podklady jsou jen k nahlížení.

Na obr.10 je vidět zobrazená vrstva ZABAGED.



Obrázek 10 - centrum pro regionální rozvoj, vrstva ZABAGED (CRR,2018)

3.3.9. Místní samosprávy

V současné době každý samosprávní úřad řeší přístup ke geodatům pro veřejnost jiným způsobem. Na těchto úřadech probíhá implementace směrnice Evropského parlamentu INSPIRE týkající se zveřejnění prostorových informací v Evropském společenství. V současnosti na některých úřadech je tento předpis plně začleněn. Data jsou potom zveřejněna formou prohlížečské služby WMS a lze si je i prohlédnout. Na mnoha úřadech však tento proces ještě není dokončen.

3.3.10. Správy národních parků a chráněných krajinných oblastí

Krkonošský národní park

Správa KRNP v současné době provozuje mapový server založený na technologii ESRI ArcGIS Viewer for Flex . Obsah tohoto mapového serveru je pravidelně aktualizován. Správa KRNP poskytuje vybraná data z geografického informačního systému zdarma pro studijní, vědecké a jiné nekomerční použití.

V rámci naplňování evropské směrnice INSPIRE vznikl společný projekt pro české Krkonoše a polské Karkonosze bez přítomnosti státní hranice a odlišného národního jazyka. Tento počín je významným pokrokem umožňujícím propojení geodat obou národních parků. Dříve byla tato problematika řešena samostatně a data z hraničních oblastí nebyla někdy

pro další používání kompatibilní. Dnes mají všechny vrstvy shodné atributy a je tím umožněna jejich bezšvost na státních hranicích .

Národní park Šumava

Provozuje vlastní mapový portál. Je ale určen pouze k prohlížení.

Národní park Podyjí

Správa NP Podyjí provozuje vlastní mapový server s mapami turistickými, botanickými a zoologickými k nahlížení,

Správa národního parku poskytuje pouze ta data GIS u kterých to dovolují licenční práva a u kterých jejich zveřejnění nezpůsobí ohrožení popisovanéhojevu.

Tato data jsou poskytována zdarma pro studijní, vědecké a jiné nekomerční použití. Data jsou primárně uložena ve formátech podporovaných systémem ArcGIS firmy ESRI a v souřadnicovém systému S-JTSK.

Národní park České Švýcarsko

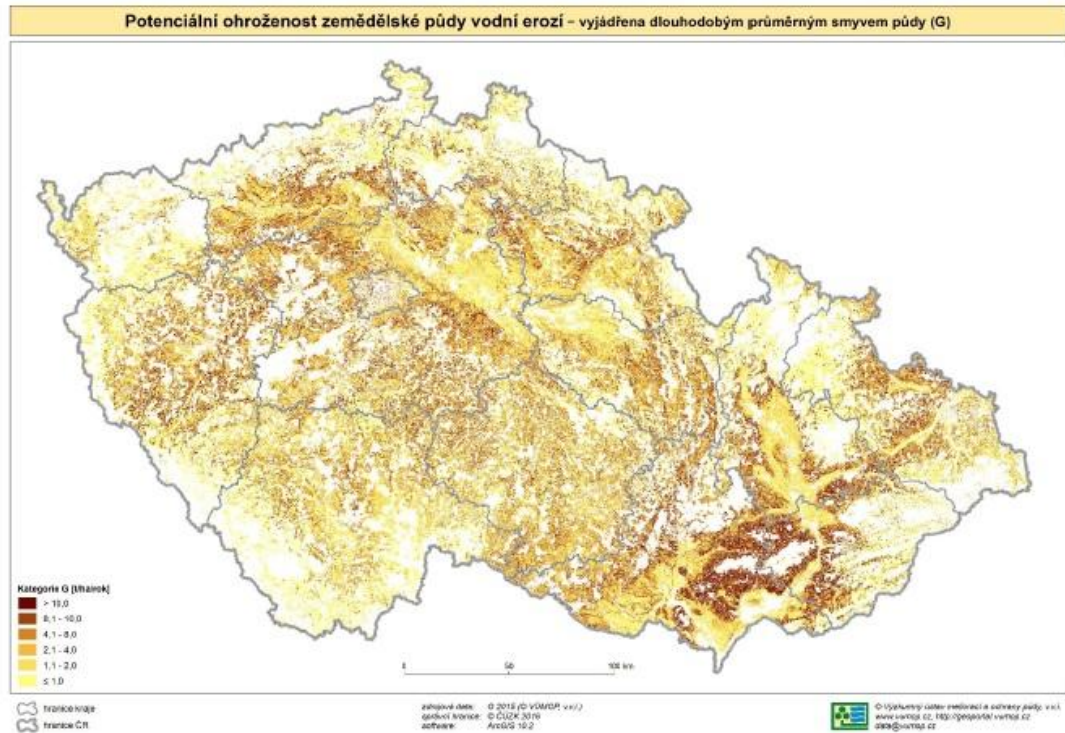
Mapové projekty jsou v současnosti přístupné uživatelům, kteří od Správy NP České Švýcarsko obdrželi přístupové údaje.

3.3.11. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Ústav provozuje vlastní geoportál . Je zde mnoho tematických map k nahlížení zdarma, zajímavá je např. mapa erozní ohroženosti zemědělské půdy, obr.11

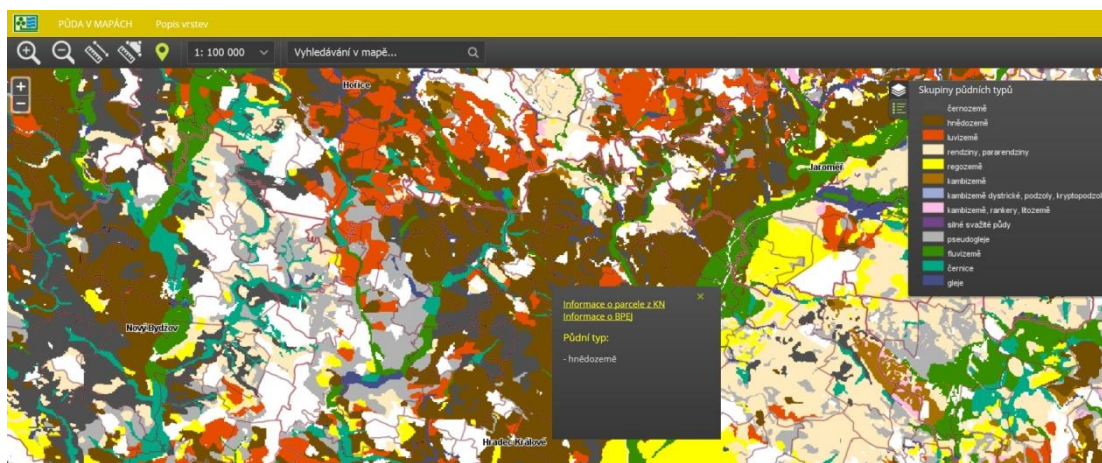


Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 - Zbraslav
257 027 233, fax: 257 027 254
www.vumop.cz, e-mail: data@vumop.cz



Obrázek 11 . VÚMOP - mapa erozní ohroženosti zemědělské půdy

Mapa bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), je znázorněna na obr. 12, která charakterizuje druh půdy. Jedná se o pětimístný číselný kód, kdy 1. číslice definuje klimatický region, druhá a třetí číslice hlavní půdní jednotku , 4. číslice sklonitost a expozici a 5. číslice skeletovitost a hloubku půdy



Obrázek 12 - BPEJ

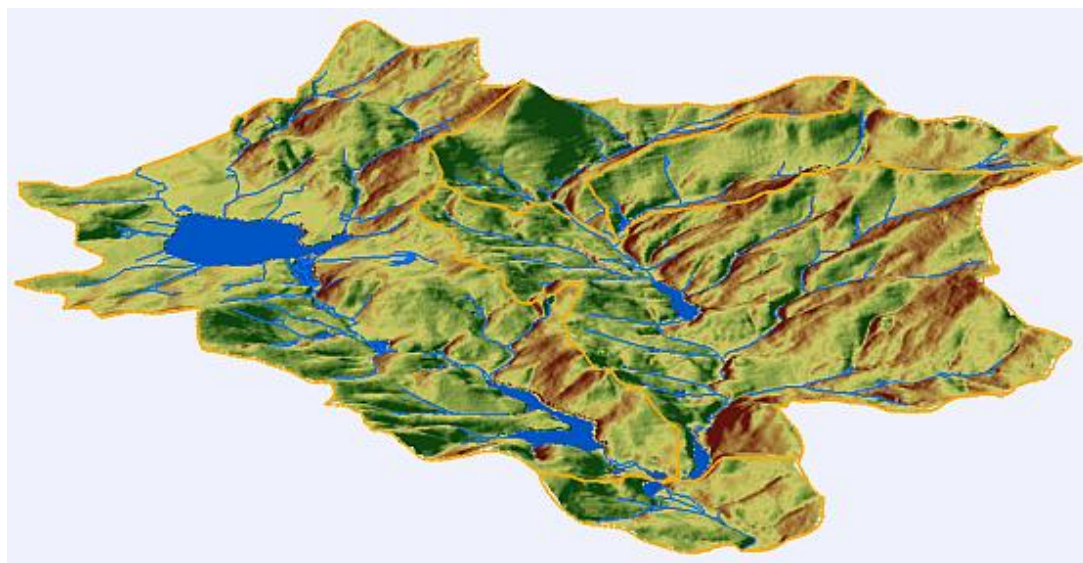
na **obr.13** je část aktuálního ceníku poskytovaných dat

Digitální data (ve formátu SHP)	měřítko	vektor	rozlíšení rastrových dat [m]	cena za 100 ha dat [Kč bez DPH] (kalkuluje se po 1ha)
Komplexní průzkum půd (KPP)				
Zrnatostní kategorie dle generalizovaných kartogramů KZSZ - ornice	1:50 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Zrnatostní kategorie dle generalizovaných kartogramů KZSZ - podorničí	1:50 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Ohroženost vodní erozi				
Maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace (C _p) -nástroj ochrany zemědělské půdy proti vodní erozi		<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	48
Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí - vyjádřená dlouhodobým průměrným smyvem půdy G (možno vyjádřit i jako třídy nebo stupně erozního ohrožení)		<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	48
Erodovatelnost půdy vyjádřená K faktorem	1:5 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Ochranný vliv vegetace vyjádřený C faktorem	1:5 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Vliv délky a sklonu svahu vyjádřený LS faktorem		<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20
Přípustné ztráty půdy vodní erozí s ohledem na dlouhodobé zachování funkcí půdy a její úrodnosti	1:5 000	<input checked="" type="checkbox"/>	dle přání	20

Obrázek 13 - ceník VÚMOP (VÚMOP,2018)

3.3.12. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, v.v.i.

Ústav provozuje hydroekologický informační systém poskytující WMS služby. Mimo jiné říční síť DIVAVOD ,obr.14 - Digitální bázi vodohospodářských dat. Je to v podstatě nadstavba ZABAGED. Vybrané datové vrstvy objektů DIBAVOD jsou poskytovány zdarma ke stažení ve formátu ESRI shapefile. DIBAVOD je průběžně



Obrázek 14 - DIBAVOD (VÚV T.G.M.,2018)

aktualizovaný a doplňovaný, spravovaný a vyvíjený na Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M.,v.v.i.

3.3.13. Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.

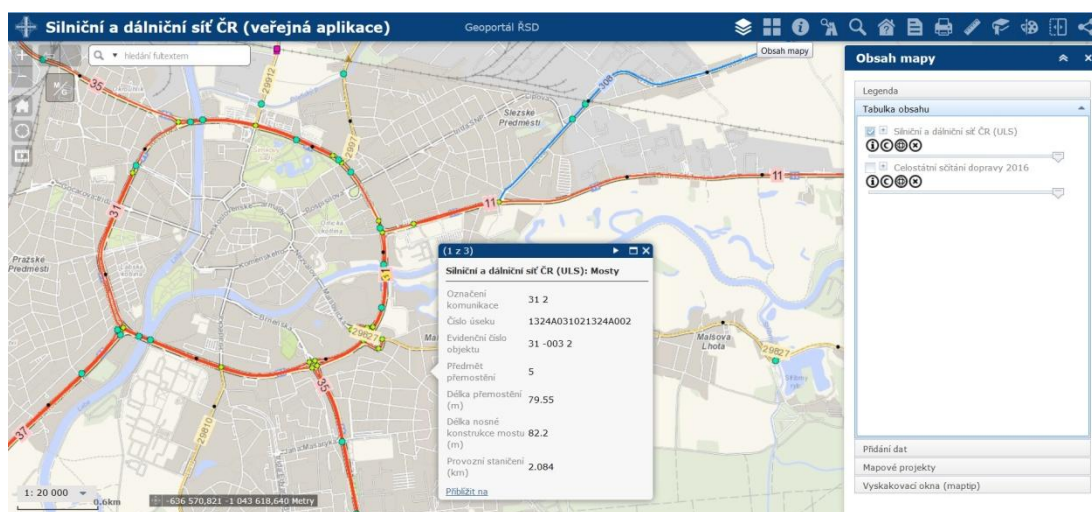
Virtuální mapová sbírka vznikla jako jeden z výstupů projektu Kartografické zdroje jako kulturní dědictví. Cílem tohoto projektu je navrhnout a ověřit nové postupy digitalizace a zpřístupňování kartografických děl ve webových aplikacích (např. GIS). Digitální mapy vybraných regionů budou použité pro rekonstrukci historické krajiny a sídelních struktur.

3.3.14. ÚHUL - Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem

OPRL - oblastní plány rozvoje lesů - jsou zpracovány na náklady státu, zajišťuje ÚHUL. Výhodou je aktuálnost, ale výškopisná přesnost je nedostačující pro GIS

3.3.15. ŘSD - Ředitelství silnic a dálnic, státní příspěvková organizace

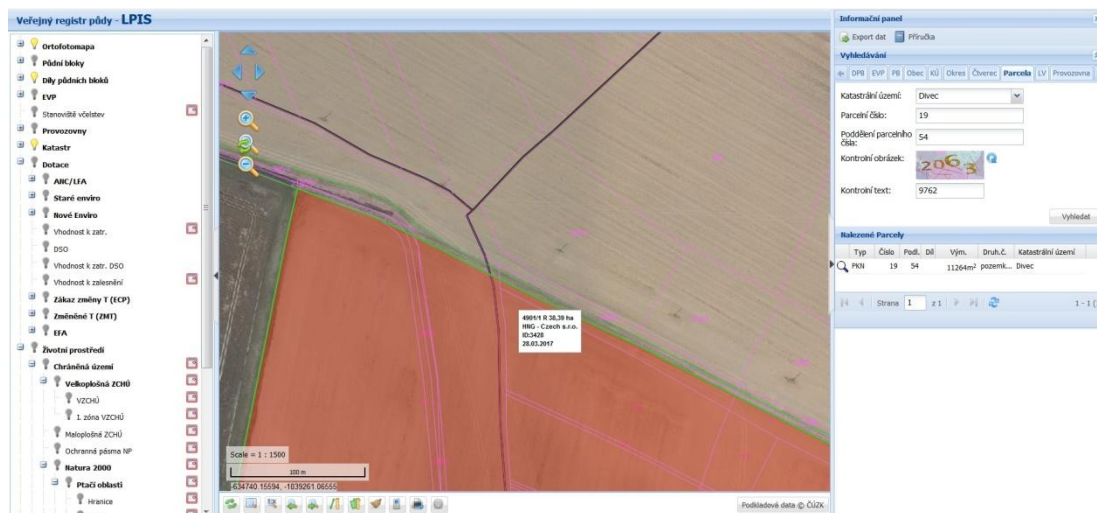
Webová aplikace Geoportál silniční a dálniční sítě ČR prezentuje geografická data o silniční a dálniční síti. Geoportál ŘSD obsahuje mapové aplikace, mapové služby, metadata a další moduly. Služba zobrazuje silniční a dálniční síť ČR (dálnice, silnice I., II. a III. třídy) a uzlové body Uzlového lokalizačního systému. Aktualizace dat probíhá 2x ročně. Zobrazovaná data silniční a dálniční sítě ČR jsou majetkem Ředitelství silnic a dálnic ČR. Geoportál umožňuje WMS služby s mapami objektů (mosty, podjezdy, železniční přejezdy, tunely, brody), kilometráž silnic I.-III.třídy, kilometrovníky dálnic, včetně základních atributů.



Obrázek 15 - Geoportál ŘSD (ŘSD,2018)

3.3.16. LPIS - Land Parcel Identification System

je to veřejný registr půdy, jedná se v podstatě o evidenci využití zemědělské půdy. Hlavním smyslem registru půdy je ověřování údajů v žádostech o dotace poskytovaných na zemědělskou půdu. Také se využívá jako podklad u provedení zákonných evidencí o použití hnojiv, pastvy, přípravků na ochranu rostlin. Na obr. 15 je patrné, jak jsou data o konkrétních parcelách zobrazována



Obrázek 16 -LPIS (MZE,2018)

3.3.17. CORINE land Cover

Coordination of Information on the Environment - program EU zaměřený na sběr informací o životním prostředí, databáze Land Cover popisuje krajinný pokryv pomocí metod dálkového průzkumu Země . V ČR v roce 2012 CENIA zveřejnila mapové vrstvy CORINE pro ČR.

3.3.18. European Soil Data Centre (ESDAC)

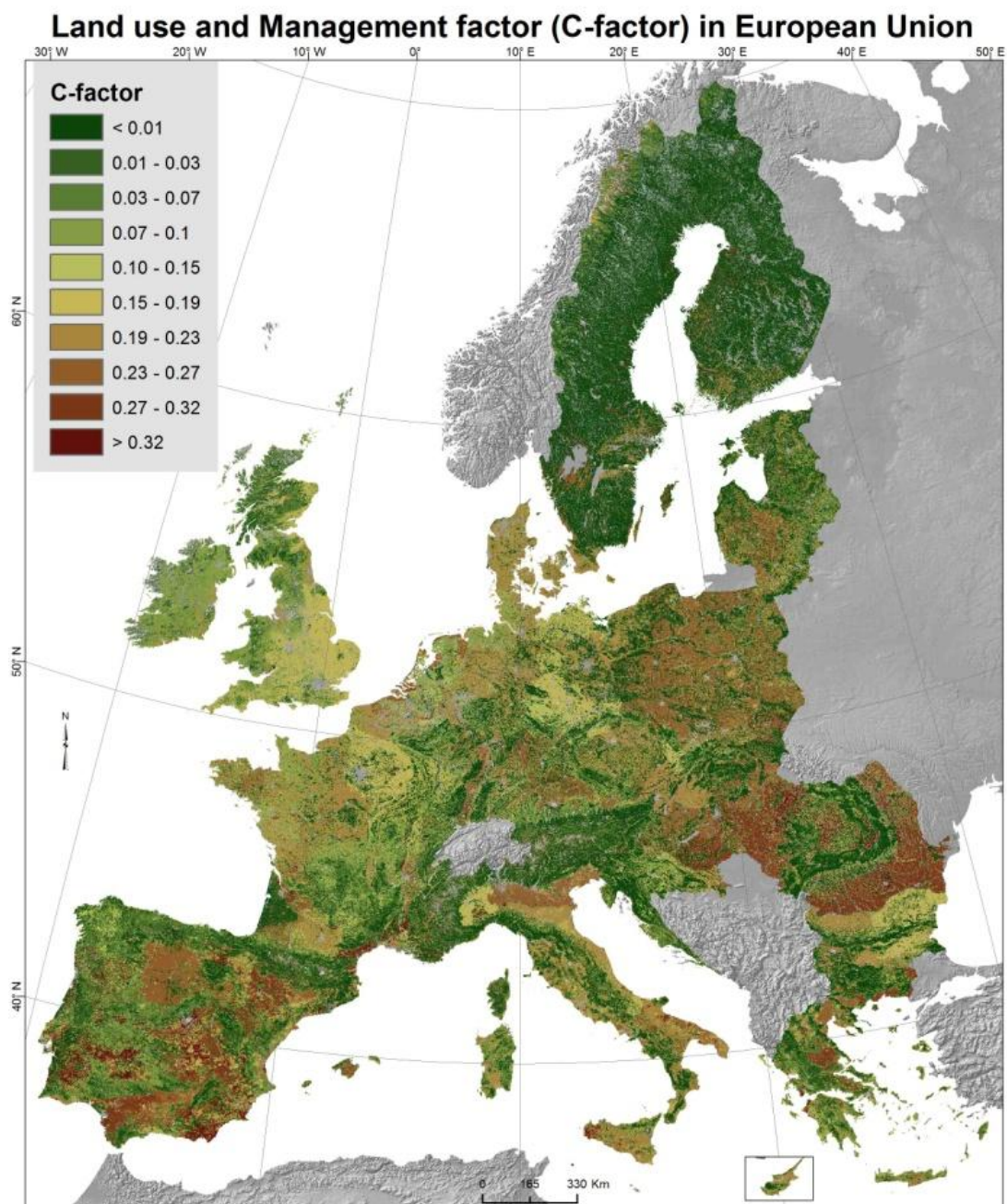
Evropské středisko pro data o půdě (ESDAC) je centrem údajů o půdě v Evropě. Cílem střediska je být jediným referenčním bodem pro všechny relevantní údaje o půdě a informace na evropské úrovni. Obsahuje řadu zdrojů, které jsou organizovány a prezentovány jako datasety, služby, aplikace, mapy, dokumenty, projekty a externí odkazy. Důležitou službou ESDAC je prohlížeč map. Prohlížeč map ESDAC umožňuje uživateli přístup ke klíčovým údajům o půdě pro Evropu. ESDAC Mapový

prohlížeč je vyvinut podle tak, aby služby WMS byly propojitelné s podobnými informacemi a umožňovaly integraci dat o životním prostředí z celého světa. V jedné webové aplikaci je obsaženo přibližně 70 vrstev evropské databáze půd.

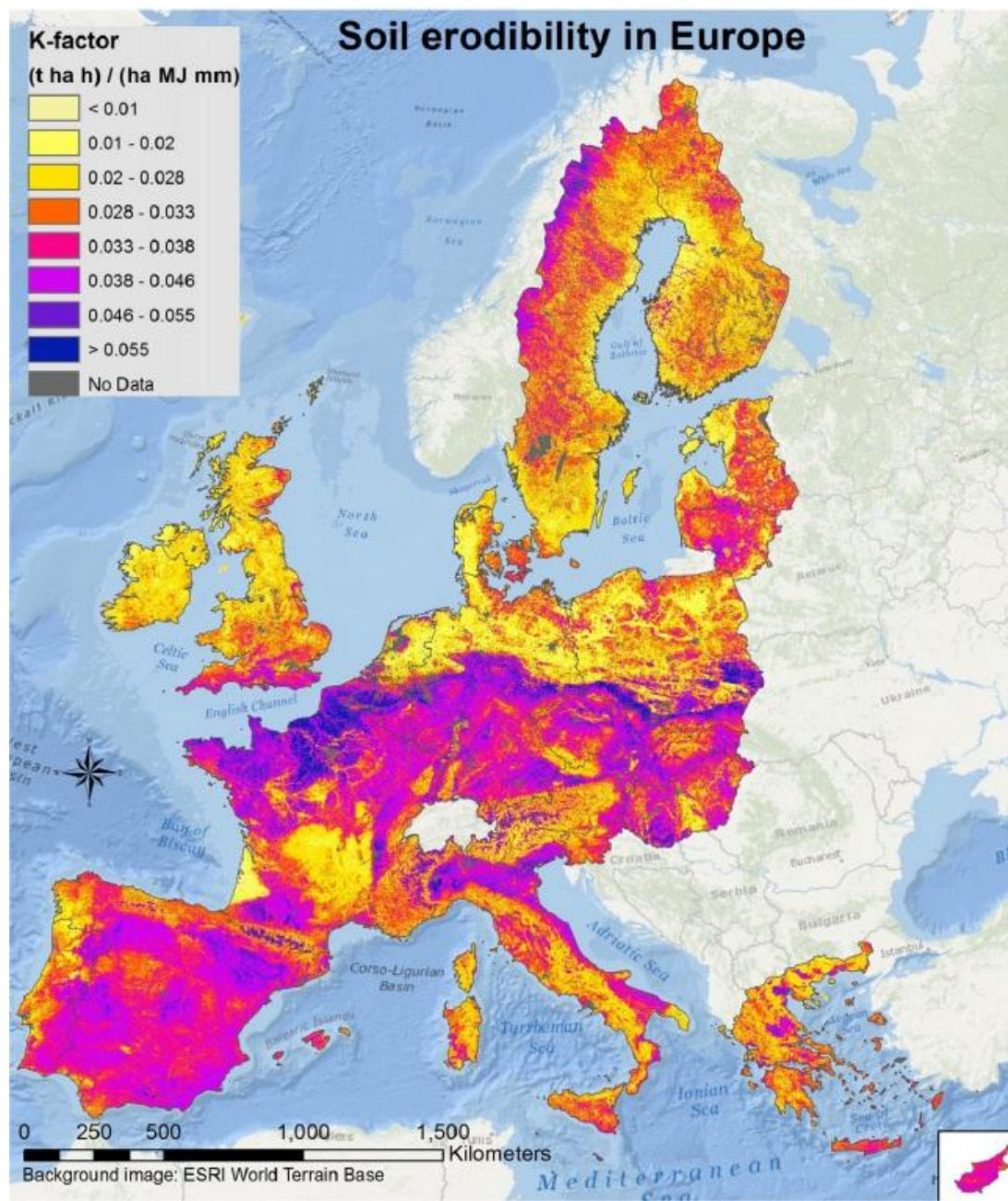
Např. mapa C faktoru pro EU je vyhotovena v rozlišení 100m. Pro zemědělsky využívanou půdu byla hodnota C faktoru (jeden z faktorů pro výpočet erozní ohroženosti půdy) stanovena dle pěstované plodiny a na ostatních plochách na základě hustoty vegetace a typu půdního krytu. Výsledky tohoto průzkumu jsou na obr. 17.

LUCAS je projektem pro rámcový průzkum Země v evropském rozsahu. Je zajišťován organizací EUROSTAT (statistický úřad Evropské unie). Tento průzkum se provádí od roku 2006 a odběr vzorků je prováděn v tříletých intervalech. Cílem je určit změny ve využívání půdy a pokrytí v Evropské unii. V rámci programu je zkoumán půdní kryt a využívání půdy při hustotě sítě 2 x 2 km, tedy přibližně 1 milion bodů v celé EU. V roce 2015 průzkum probíhal v 28 státech, na 270 000 bodech a bylo provedeno přes 26 000 odběrů půdních vzorků

Vzorky půdy jsou odebírány na všech druzích půdního krytu, tedy nejen na zemědělsky využívané půdě.



Obrázek 17 - C faktor pro EU (ESDAC,2018)



Obrázek 18 - K faktor pro EU (ESDAC,2018)

3.4. Rozdělení geodat dle popisované problematiky

3.4.1. Geodata morfologická a topografická

Jsou to data o jevech vyskytujících se na zemském povrchu. Zahrnují jevy reliéfu zemského povrchu, vodstva a antropogenní jevy, tzv. landuse neboli popis využívání krajiny, výškopis a výškopisné modely.

Výškopisné modely vznikají z leteckých měřičských snímků, laserovým skenováním, pomocí technologie GPS nebo klasickými geodetickými postupy. Je potřeba od sebe odlišovat dvě různé interpretace modelů- DMP a DMT

Digitální model povrchu – **DMP** (anglicky Digital Surface Model – DSM) , který znázorňuje povrch Země i s budovami a vegetací. Digitální model terénu **DMT** (anglicky Digital Terrain Model – DTM) , který znázorňuje povrch země bez budov a vegetace Vzniká tím, že z DMT jsou odfiltrovány nadbytečné prvky (např. budovy, vegetace,..).

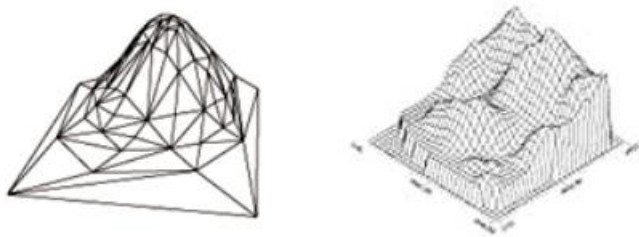


Obrázek 19 - DMP a DMT (G4D,2018)

Výškopisné modely mohou být strukturovány jako GRID, což je rastrová forma dat, u tohoto způsobu však chybí singularity, neboli lomové hrany terénu , nebo jako TIN (trojúhelníková síť), kdy každá ploška je považována za rovinný útvar.

Modely se mohou zobrazovat jako drátové modely, jednobarevně vyplněné plochy nebo plochy vyplněných fotorealisticou texturou. Při užití poslední varianty vzniká téměř dokonalá digitální kopie reálného světa.

Dále je možné modely terénu pomocí identických (vlíčovacích) bodů transformovat do libovolného souřadného systému



Obrázek 20 - TIN a GRID (SCIELO,2018)

název	popis	poskytuje	Zdroj, URL, WMS	Cena
ArcČR® 500	Digitální vektorová geografická databáze - skládá ze dvou souborových geodatabází a popisu dat ve formátu PDF. obsahuje topografické údaje České republiky 1:500 000	ARCDATA PRAHA, s.r.o.	https://www.arcdata.cz/produktovy/geograficka-data/arcchr-500	zdarma
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat	VÚV T.G.M., v.v.i.	http://www.dibavod.cz/index.php?id=27	zdarma
DMÚ 25	Digitální model území 1:25 000	VGHMÚŘ	http://www.mapy.army.cz/	zdarma
SM5	Státní mapa v měřítku 1:5 000	ČÚZK	http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=488	zdarma
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace	ČÚZK	http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=22517	zdarma
DMR 4G	Digitální model reliéfu 4. generace	ČÚZK	http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=22516	zdarma
ZABAGED	Základní báze geografických dat	ČÚZK	http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/default.aspx?wmcid=22575	Celá ČR všechny vrstvy - 20000,-Kč
ORTOFOTO	georeferencované ortofotografické zobrazení zemského povrchu	ČÚZK	http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=22524	zdarma
LANDSAT	Panchromatické zobrazení, data středního prostorového rozlišení z družic LANDSAT 5, 7 a 8	USGS	http://glovis.usgs.gov.	zdarma

Tabulka č. 1 geodata morfologická a topografická (vlastní, 2018)

3.4.2. Geodata geologická, hydrologická a půdní

název	Popis	Poskytuje	Zdroj, adresa wms služby	Cena
GEOČR	Geologie České Republiky Měřítko 1:500 000 - 1:25 000	ČGS, p.o.	http://mapy.geology.cz/geocr_25/	zdarma
HYDROČR	Hydrogeologie České republiky Měřítko 1:200 000, 1:50 000	ČGS, p.o.	https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?wms=http://mapy.geology.cz/arcgis/services/Inspire/HG200K/MapServer/WMSServer	zdarma
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka	VÚMOP, v.v.j.	http://mapy.vumop.cz/	20,- Kč/100ha
K pro EU	K faktor pro území Evropské unie	ESDAC	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/iever	zdarma
R pro EU	R faktor pro území Evropské unie	ESDAC	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/iever	zdarma

Tabulka č. 2 geodata geologická, hydrologická a půdní (vlastní, 2018)

3.4.3. Geodata vegetační

Název	Popis	Poskytuje	Zdroj	cena
C pro EU	C faktor pro území Evropské unie	ESDAC	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/viewer	zdarma
LPIS	Systém evidence užívání půdy pro zemědělské dotace	Ministerstvo zemědělství ČR	http://eagri.cz/public/app/eagriapp/lpisdata/	zdarma
ÚSES	Územní systém ekologické stability Služba zobrazuje vrstvy Územního systému ekologické stability (ÚSES), hranice Přírodních parků a hranice působnosti správ CHKO	CENIA	http://geoportal.gov.cz/arcgis/services/CENIA/cenia_chranena_uzemi/MapServer/WmsServer?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities	zdarma
ÚAP	Územně analytické podklady	Jednotlivé kraje a města		

Tabulka č. 3 geodata vegetační (vlastní, 2018)

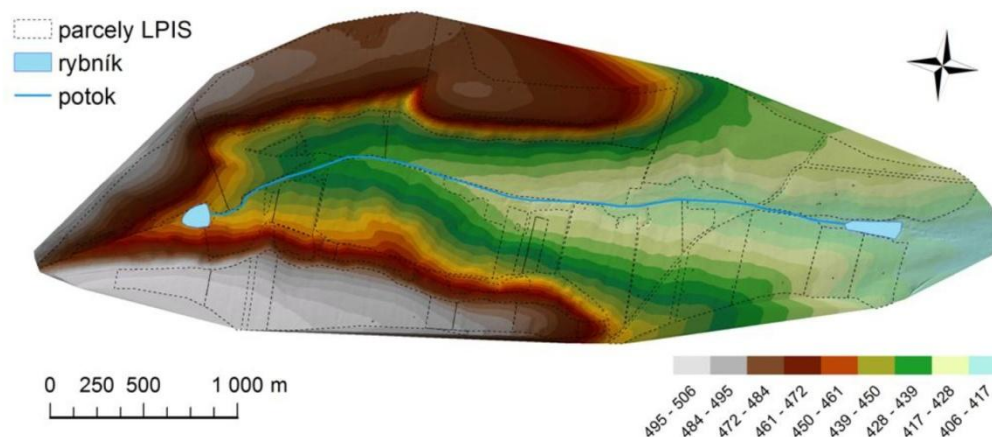
3.4.4. Geodata meteorologická

data o klimatu - podnebí, dlouhodobá maxima a minima srážková a teplotní meteorologická data - počasí, hydrologická data (pozorovací sítě povrchových vod - hladina, průtok, teplota, vrty, měření vydatnosti pramenů...srážky (průměrné, minimální, maximální,..))

Název	Popis	Poskytovatel	Zdroj, URL, WMS	Cena
BPEJ - 1. číslo BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka	VÚMOP, v.v.j.	http://mapy.vumop.cz/	20,- Kč/100ha
R pro EU	R faktor pro území Evropské unie	ESDAC	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/viewer	zdarma
R pro ČR	R faktor pro území Evropské unie	ESDAC	https://esdac.jrc.ec.europa.eu/viewer	zdarma
CHMI	Průměrné koncentrace, Oblasti s překročenými imisními limity	CHMI	http://portal.chmi.cz/files/portals/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html	zdarma

Tabulka č. 4 - geodata meteorologická (vlastní,2018)

4. CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO ÚZEMÍ



Obrázek 21 - Povodí Ráčského potoka (Brychta et al., 2017)

Pro hydrologické modelování povodí bylo vybráno povodí Ráčského potoka, na kterém probíhají experimentální měření a pozorování v rámci projektu TAČR - TH02030125 (Brychta et al., 2017)

Povodí Ráčského potoka se nachází u obce Mšec v okrese Rakovník. Je součástí povodí potoka Loděnice, který je přítokem Berounky. Klimaticky povodí patří do mírně teplé a mírně suché oblasti s mírnou zimou, s dlouhodobou teplotou vzduchu ve vegetačním období 12,9 °C, s dlouhodobým průměrným úhrnem srážek ve vegetačním období 347 mm a v období jednoho roku 531 mm. Povodí je zakončeno hrází Vítovského rybníka a jeho velikost je 548 ha. Hydrogeologicky je celková plocha Ráčského potoka až po ústí do Loděnice 5,77 km². Orograficky je povodí součástí Kladenské pahorkatiny. Povodí je tvořeno podlouhlým údolím, orientováno od západu k východu. Délka povodí je přibližně 5 km. Geologicky se povodí nachází v prekarbonské kladenskorakovnické pánvi, která je obnažena erozní činností potoka. V bočních částech údolí se nacházejí bazální uloženiny křídové severočeské tabule. Povodí je zařazeno do výrobní oblasti bramborářské, s převládajícím subtypem bramborářsko-ječným a pšeničným. V povodí se nacházejí zemědělsky obhospodařované plochy. Nejčastěji jsou zde pěstovány plodiny širokořádkové: kukuřice na siláž, brambory, chmel, z úzkořádkových ječmen jarní, oves, ozimá

pšenice, žito a řepka ozimá. Dále jsou zde pěstovány pícniny, jetelotravní a luskoobilné směsky. Celé povodí je znázorněno na Obr. 17.

5. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

5.1. USLE - univerzální rovnice ztráty půdy

Nejběžněji používaná empirická metoda pro stanovení erozní ohroženosti zemědělských půd je tzv. Univerzální rovnice ztráty půdy (Wishmeier & Smith, 1978). Metoda spočívá v zohlednění všech faktorů ovlivňujících půdní erozi

$$G = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

kde:

G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

R je faktor erozní účinnosti deště vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$), resp. po úpravě ($N \cdot ha^{-1}$)

K je faktor erodovatelnosti půdy vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$), resp. po úpravě ($t \cdot N^{-1}$)

L je faktor délky svahu vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku délky 22,13 m)

S je faktor sklonu svahu vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku sklonu 9 %)

C je faktor ochranného vlivu vegetace vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku s trvalým úhorem)

P je faktor účinnosti protierozních opatření (bezrozměrný – poměr smyvu ke smyvu na jednotkovém pozemku obdělávaném ve směru sklonu pozemku).

V tabulce č. 5 jsou uvedeny hodnoty přípustné ztráty půdy podle metodiky Janečka a kol.2012.

Kategorie půdy	Dlouhodobá průměrná ztráta půdy (G) t.ha-1.rok ⁻¹
Mělké půdy hl.do 30cm	Nedoporučuje se využívat pro polní výrobu, tzn. převést na trvalý travní porost
Středně hluboké a hluboké nad 30 cm	4 (dříve 10)

tabulka č.5 Limity přípustné ztráty půdy

Snížení přípustné hodnoty pro hluboké půdy je z důvodu nutnosti zvýšení ochrany z hlediska zemědělského nejhodnotnějších půd (Janeček et al.,2012)

5.2. FAKTORY USLE

V následujících kapitolách jsou podrobněji popsány informace k jednotlivým faktorům rovnice USLE.

5.2.1. R FAKTOR

Stanovení hodnoty faktoru erozivity srážek dle Wisheierovy a Smithovy rovnice ztráty půdy probíhá dlouhodobě. Hodnoty R faktoru jsou ovlivněny tím, že přívalové deště vyvolávající erozi se vyskytují převážně od konce dubna do počátku října Po dlouholetých měřeních na mnoha ombrografických stanicích bylo zjištěno, že na většině zemědělsky využívané půdy v ČR je nutné uvažovat faktor erozivity deště místo dřívější hodnoty pro ČR 20 MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹ (Janeček,2013) hodnotu 40 MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹. To na základě výpočtu hodnoty průměrné roční ztráty půdy povede k navrhování účinnějších protierozních opatření v ČR.(Janeček,2013).

Tým instituce ESDAC vytvořil mapu faktoru erozivity deště R pro Evropu na základě 30-ti minutových srážkových dat. Tato databáze je prozatím nejkomplexnější a jediná umožňující porovnání ztrát půdy napříč Evropou. V případě R faktoru je použití databázového přístupu odůvodněné, protože se jedná o dlouhodobé průměrné hodnoty řádově za 20 let. (Brychta&Janeček, 2017)

5.2.2. K FAKTOR

Faktor erodovatelnosti půdy (K) definuje schopnost půdy odolávat působení rozrušujícímu účinku deště a transportu povrchového odtoku, jinými slovy náhylnost půdy k erozi. Je vyjádřením ztráty půdy ze standardního pozemku vyjádřené v $t \cdot ha^{-1}$ na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$). Tento faktor bývá pro ČR stanoven na základě hlavní půdní jednotky (HPJ) z databáze Bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). K faktor může být určen i podle nomogramu odvozeného ze výpočtu vztahu pro faktor K, závislejícím na procentrickém zastoupení prachu, jílu, humusu a na třídě struktury ornice. (Janeček,2012)

5.2.3. LS FAKTOR

Topografický faktor (LS) je kombinací faktoru délky (L) a faktoru sklonu svahu (S). Vyjadřuje vliv morfologie terénu na vznik a vývoj erozních procesů. Byl definován na základě mnohaletých empirických měření na pozemcích o délce 22,13 m se sklonem 9 %. Představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na takto definovaném jednotkovém pozemku. Pro výpočet LS faktoru v ČR se používá digitální model terénu DMR 4G a DMR 5G s rozlišením 5 m. Dále jsou pro výpočet využívány databáze LPIS a ZABAGED.

5.2.4. C FAKTOR

Faktor ochranného vlivu vegetace (C) vyjadřuje přímou ochranu povrchu půdy před destruktivním účinkem deště a nepřímé působení vegetace na půdní vlastnosti (pórovitost, propustnost, mechanické zpevnění kořeny rostlin) . Faktor C neboli vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se stanovuje dle klimatických regionů z databáze BPEJ, podle průměrného zastoupení plodin v dané lokalitě nebo podle pěstovaných plodin a postupu jejich střídání na pozemku. (Janeček,2012)

6. METODIKA ANALÝZY GEODAT

Cílem práce bylo porovnání výsledků vybrané empirické metody pro hodnocení erozního procesu v prostředí GIS za použití různých zdrojů geodat. Pro porovnání výsledků se jeví jako nejvhodnější Univerzální rovnice ztráty půdy (Wishmeier & Smith, 1978). Tato rovnice je pro svou univerzálnost využívána po celém světě a v současnosti převážně v prostředí GIS. Pro stanovení jednotlivých faktorů rovnice jsou využívány různé geodatabáze s různou přesností, prostorovým rozlišením a typem geodat. Pro analýzy byl použit software ArcGIS 10.4.1. a jeho softwarová nadstavba Spatial Analyst.

Jako vstupní data byla použita:

- morfologická: lidarová data DMR 5G z ČUZK (viz kapitola 3.3.1. ČUZK, DMR 5G),
- půdní: Mapa BPEJ (viz kapitola 3.3.11.VÚMOP, BPEJ), Mapa K faktoru vytvořená z databáze LUCAS (Panagos et al.,2014) (viz kapitola 3.3.16 ESDAC),
- srážková: mapy R faktoru vytvořené na základě databáze REDES a národních srážkových databází jednotlivých zemí (Panagos et al.,2016) a (Panagos et al. ,2017) a mapa R faktoru pro ČR z minutových srážkových dat z ombrografických stanic ČHMÚ (Brychta & Janeček 2017).

Z lidarových dat ve formě multipoints byl vytvořen digitální model terénu v rozlišení 10 m. Následně byly provedeny morfometrické analýzy: sklonitost, směr a akumulace odtoku pomocí nadstavby Spatial Analyst (viz obr 32 - 34).

Pro výpočet LS faktoru byly použity rovnice dle Renarda et al. (1997):

$$L = \left(\frac{l_d}{22.13} \right)^m, \quad (1)$$

$$S = 10.8 \sin(s_1) + 0.03, \quad (2)$$

$$S = 16.8 \sin(s_2) - 0.5, \quad (3)$$

kde: LS - topografický faktor, l_d - nepřerušovaná délka svahu, s_1 - sklon (rad) $< 9\%$,
 s_2 - sklon (rad) $\geq 9\%$, m - exponent určený dle rovnice podle McCoola (1987):

$$m = \frac{\beta}{(\beta+1)}, \quad \text{kde: } \beta = \frac{\left(\frac{\sin s}{0.0896}\right)}{3(\sin s)^{0.8}+0.56} \quad (4)$$

Rastry sklonitosti a akumulace odtoku byly následně dosazeny do rovnic (1-4). Nepřerušovaná délka svahu byla nahrazena tzv. jednotkovou zdrojovou plochou resp. vynásobením rastru akumulace odtoku dle Mitášové (1998) a pomocí mapové algebry, byl vytvořen rastr s hodnotami LS faktoru (obr.35).

Následně byla použita vektorová polygonová vrstva BPEJ (viz kapitola 3.3.11.VÚMOP,BPEJ, str.18).

V atributové tabulce byly vytvořeny 2 sloupce:

- s 1. číslem kódu BPEJ, který udává informace o klimatických regionech,
- se 2. a 3. číslem kódu BPEJ, který udává informace o hlavních půdních jednotkách. Podle metody Tomana & Kadlece (2003) byly klimatickým regionům přiřazeny hodnoty C faktorů. Podle metody dle Vopravila et al. (2007) a Janečka et al. (2012) byly hlavním půdním jednotkám přiřazeny hodnoty K faktorů.

Z vektorové polygonové vrstvy s hodnotami K a C faktorů byly vytvořeny rastry ve stejném rozlišení jako DTM, tedy 10 m.

Rastrová data K faktoru dle Panagose et al. (2014) a R faktorů dle Panagose et al. (2016, 2017) bylo nutné převzorkovat na rozlišení 10 m, oříznout podle modelového povodí a převést na jednotky používané v ČR dle Janečka et al. (2012).

Ořez rastru R faktoru byl proveden pro území o velikosti buffer zóny 20 km okolo modelového povodí, aby byla zajištěna reprezentativnost hodnot daných klimatickými podmínkami dané oblasti. Stejným způsobem byl upraven rastr R faktoru dle Brychty a Janečka (2017).

Rastry s hodnotami R a K faktorů byly podrobně analyzovány pomocí klasifikace obsažených pixelů s danými hodnotami (viz obr.22 - 26). Pro tyto vrstvy byly stanoveny a porovnány statistické ukazatele: průměr, směrodatná odchylka, maximum, minimum. Příčiny těchto rozdílů jsou následně diskutovány.

Následně byli provedeny výpočty dlouhodobé průměrné ztráty půdy pomocí rovnice USLE s použitím výše uvedených zdrojů srážkových a půdních dat. Hodnoty

R faktorů byly do rovnice dosazeny jako průměrné hodnoty pro danou oblast. Hodnoty K faktorů byly dosazeny jako plně distributivní rastrové vrstvy. Výsledné rastry s hodnotami dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy byly následně porovnány (viz obr.38).

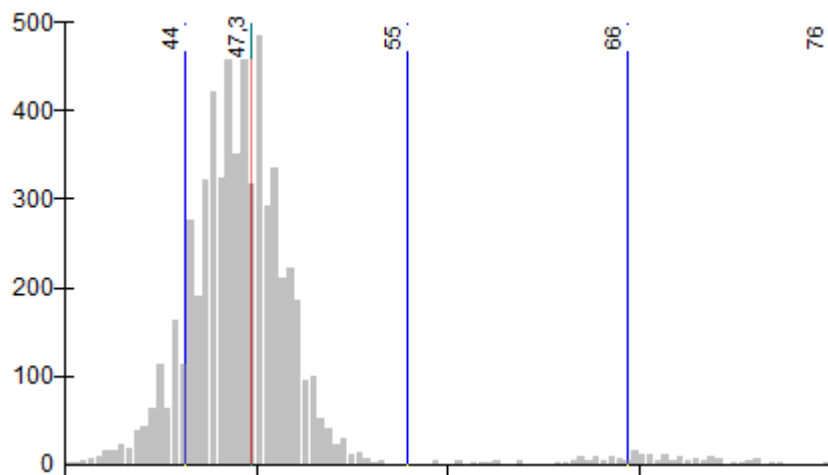
7. VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky aplikace rovnice USLE (Wishmeier & Smith, 1978) případně RUSLE (Renard et al., 1997) a MUSLE (Williams & Berndt, 1972) je jsou závislé na zpracování a volbě vstupních dat. Pro dosažení nejpřesnějších výsledků je nutné použít data z terénních měření. Pro regionální měřítko, ale již i pro území o velikosti jednoho nebo několika katastrů je však tento přístup časově i finančně nákladný. Z těchto důvodů je v této práci analyzováno použití dostupných geodatabází pro výpočet dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy pomocí rovnice USLE.

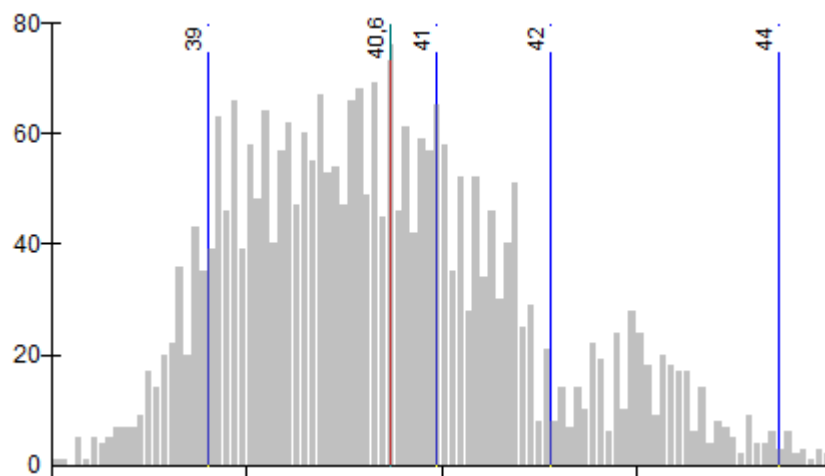
Pro analýzu R faktoru byly zvoleny mapy dle Panagose et al. (2016), Panagose et al. (2017) a Brychty a Janečka (2017). Výsledky analýzy jsou uvedeny v grafech na obr. 22 - 24 a v tab. 6.

Z těchto výsledků je patrné, že průměrné roční hodnoty R faktorů pro modelové povodí Ráčského potoka se výrazně liší. Všichni výše uvedení autoři použili totožné ombrografické stanice a stejné období 1961 - 2000.

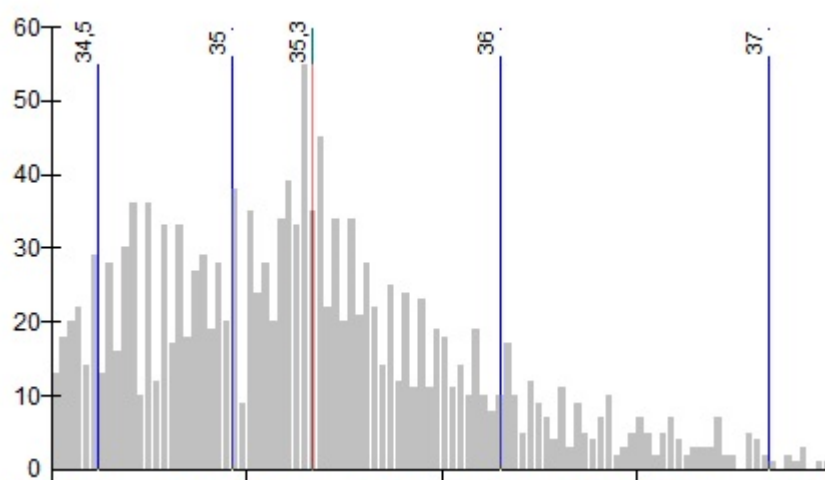
Hlavní příčinnou rozdílných hodnot je zejména definice erozní srážky. Na tuto problematiku již upozornili Janeček et al. (2006) a Brychta a Janeček (2017). Janeček et al. (2013) a Brychta a Janeček (2017) použili pro vymezení erozní srážky podmínky: intenzita > 6,25 mm/15 min a zároveň úhrn > 12,5 mm. Panagos et al. (2016, 2017) použil parametry pro erozní srážku: intenzita > 12,7 mm/30 min a nebo úhrn > 12,7 mm. Průměrný R faktor dle Panagose et al. (2017) se snížil zejména z důvodů zahrnutí dalších zemí východní Evropy s nižšími hodnotami R, které se pak při interpolaci projeví snížením hodnot ve střední Evropě.



Obrázek 22 - Statistická analýza hodnot R faktoru dle R EU (Panagos et al.,2016)



Obrázek 23 - Statistická analýza hodnot R faktoru dle R World (Panagos et al,2017)



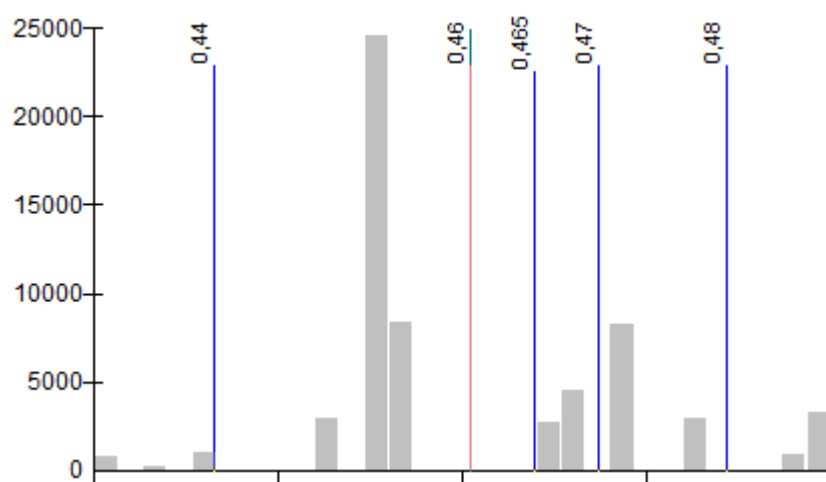
Obrázek 24 - Statistická analýza hodnot R faktoru R ČR (Brychta & Janeček,2017)

mapa R faktoru	Ø	SD	max	min
R EU (Panagos et al., 2016)	47,3	4,4	76,0	38,1
R World (Panagos et al., 2017)	40,6	1,3	44,5	37,6
R ČR (Brychta & Janeček, 2017)	35,3	0,6	37,2	34,3

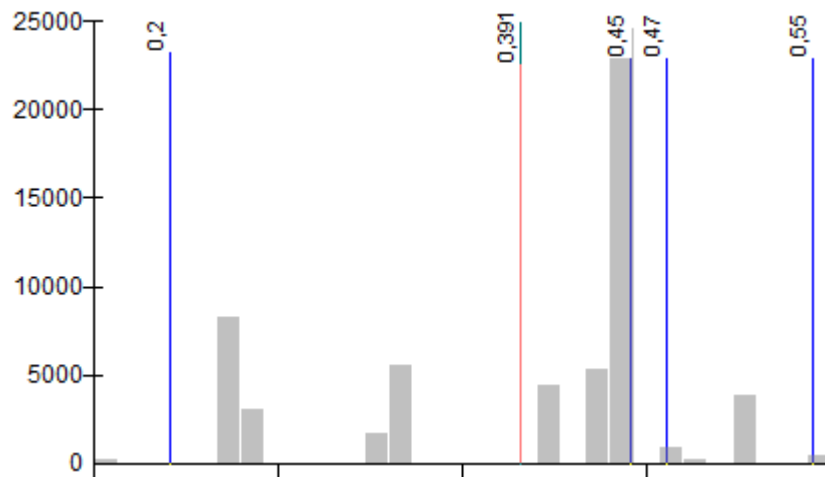
Vysvětlivky: Ø - průměrná hodnota z rastrové mapy, SD - směrodatná odchylka, max - maximum, min - minimum

Tab.6: Výsledky statistické analýzy použitých map R faktoru

Následně byly analyzovány rastry s hodnotami K faktorů vytvořené z mapy dle Panagose et al. (2014) a Vopravila et al. (2007). Obě mapy byly převedeny na rozlišení 10 m a hodnoty dle Pangose et al. (2014) byly převedeny pomocí zonální statistiky do hranic hlavních půdních jednotek. Obě výsledné mapy jsou znázorněny na obr. 27 a 28 . Statistická analýza pixelů s hodnotami K faktorů je uvedena na grafech na OBR 25 a 26. Rozdíly obou rastrů jsou uvedeny v Tab. 7 a rozdíly v prostorovém rozložení hodnot jsou znázorněny na obr.29. Zeleně znázorněné hodnoty jsou v rámci tolerančního limitu 0,05.



Obrázek 25 - Statistická analýza K faktoru dle K EU (Panagos et al.,2016)

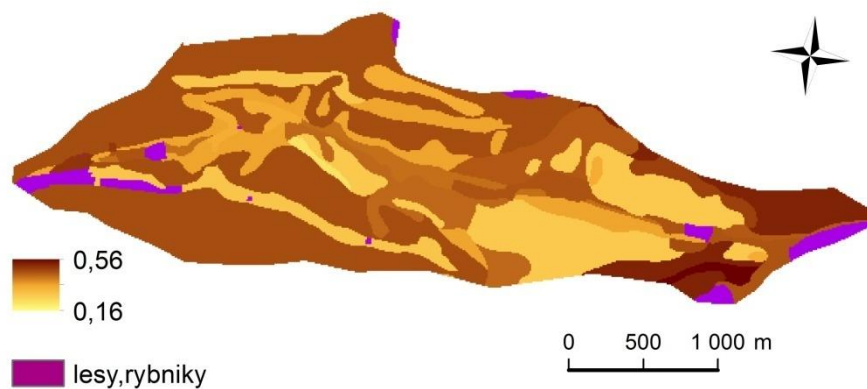


Obrázek 26 - Statistická analýza K faktoru dle K HPJ

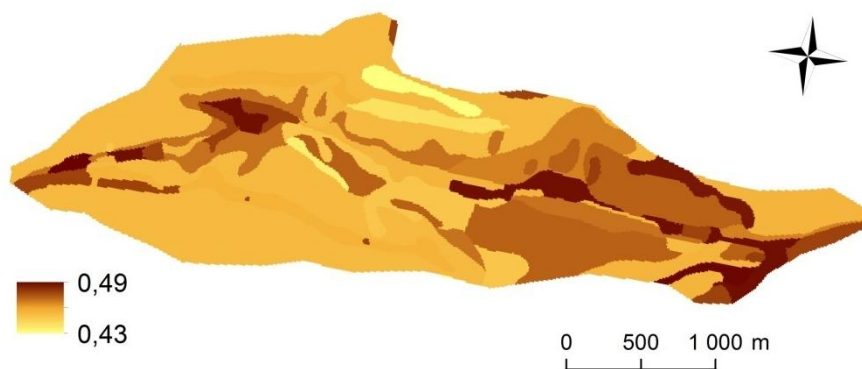
mapa K faktoru	Ø	SD	max	min
K EU (Panagos et al., 2014)	0,46	0,01	0,49	0,43
K ČR (Vopravil et al., 2007)	0,39	0,09	0,56	0,16

Vysvětlivky: Ø - průměrná hodnota z rastrové mapy, SD - směrodatná odchylka, max - maximum, min - minimum

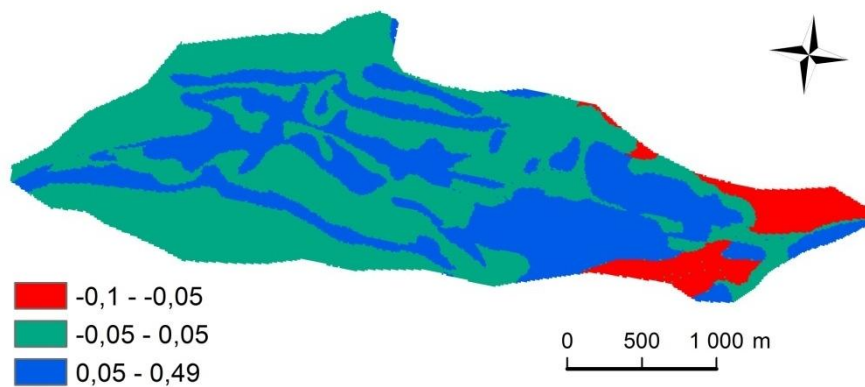
Tab.7 : Statistická analýza rastrů s hodnotami K faktorů



Obrázek 27 - Mapa K faktoru dle K CR

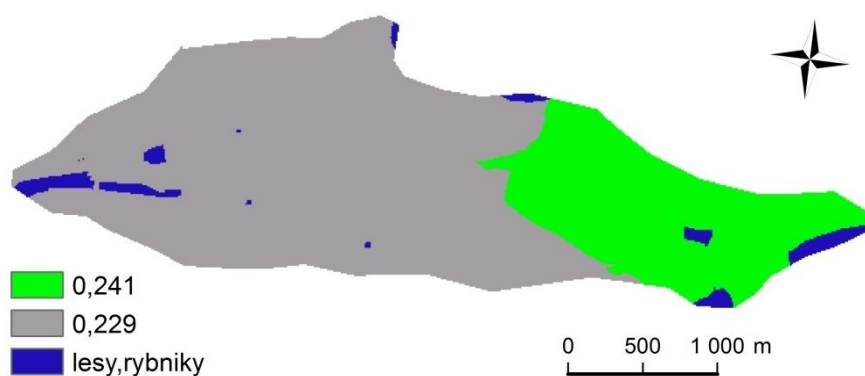


Obrázek 28 - Mapa K faktoru dle K EU



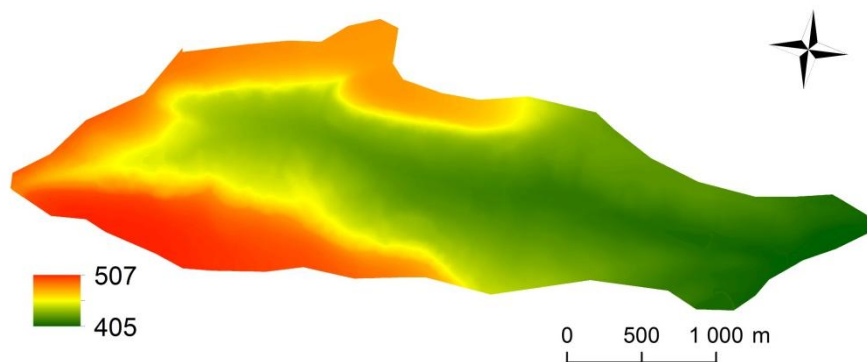
Obrázek 29 - K faktor - rozdíl hodnot

Pro výpočet průměrné roční ztráty půdy bylo dále nutné vytvořit rastr s hodnotami C faktoru. Zde byla použita metodika stanovení podle klimatických regionů dle Tomana a Kadlece (2003). Výsledný rastr s hodnotami C faktoru je uveden na obr.30

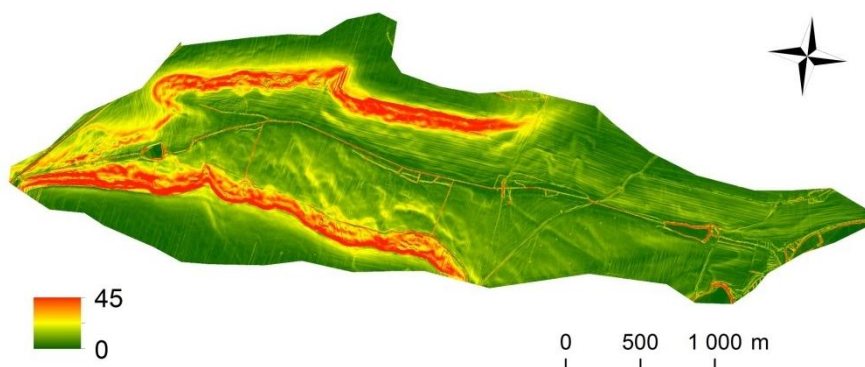


Obrázek 30 - C faktor dle klimatických regionů

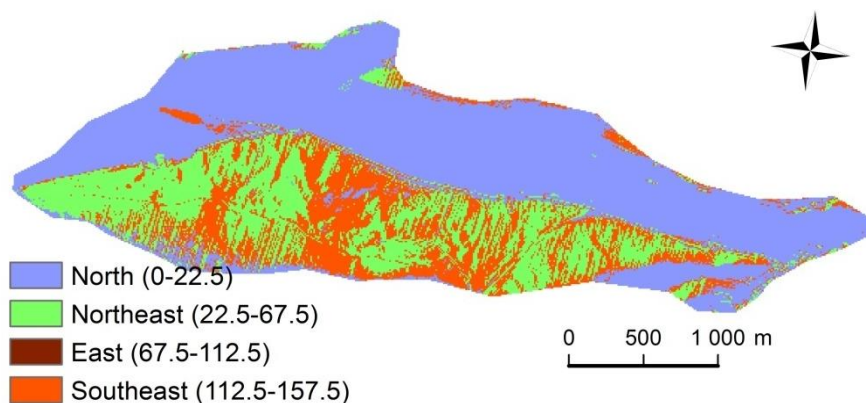
Dále byl vytvořen digitální model terénu s rozlišením 10 m a odvozené morfometrické charakteristiky - sklonitost, směr a akumulace odtoku (obr.31 - 34). Akumulace odtoku byla dosazena místo délky svahu dle principu jednotkové zdrojové plochy podle Mitášové et al. (1998) a podle Renarda et al. (1997) byl vypočten LS faktor (obr.35).



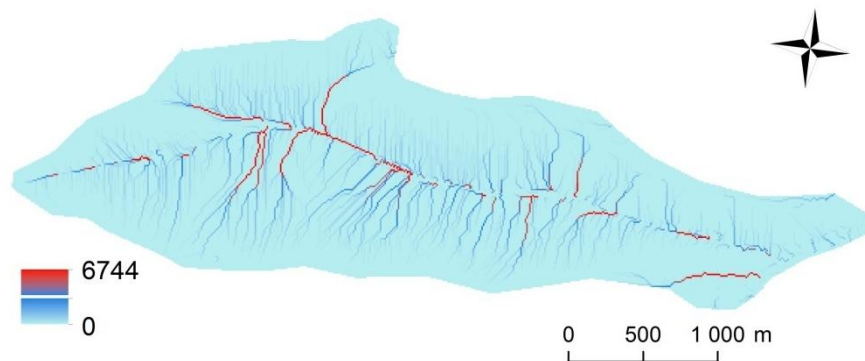
Obrázek 31 - DTM



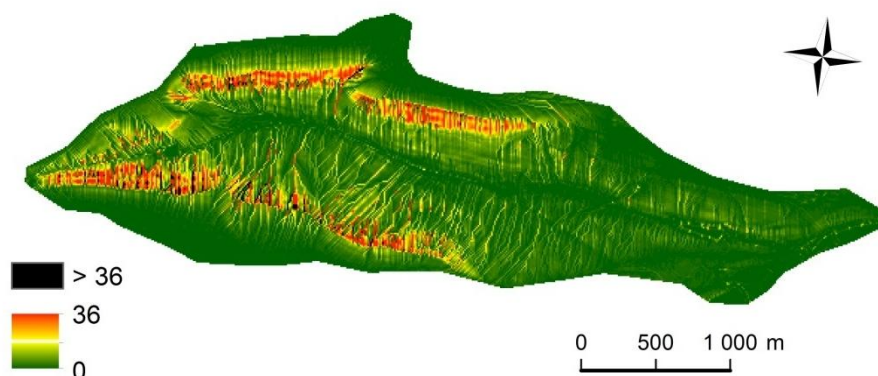
Obrázek 32 - Sklonitost (stupně)



Obrázek 33 - Směr odtoku



Obrázek 34 - Akumulace odtoku



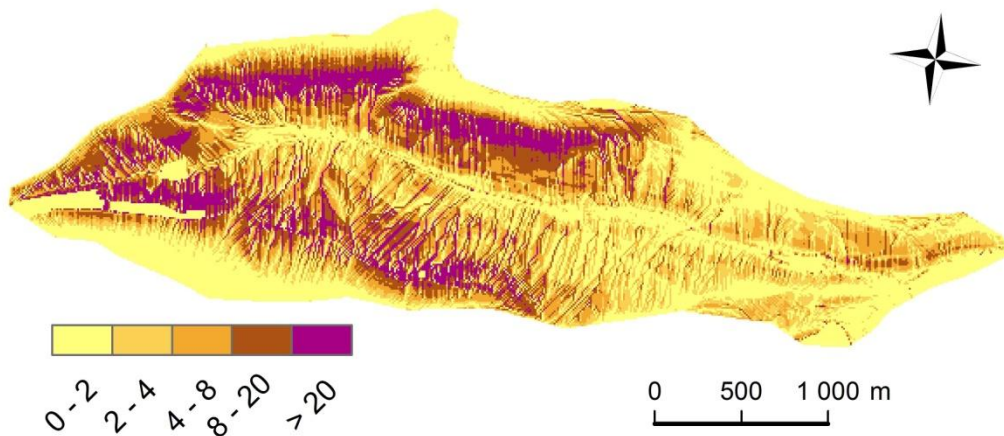
Obrázek 35 - Topografický faktor

Výše uvedené rastry s hodnotami jednotlivých faktorů byly následně dosazeny do rovnice USLE a byly analyzovány rozdíly v průměrné roční ztrátě půdy. Byly hodnoceny průměry pro celé povodí. Kompletní statistická analýza je shrnuta v tab.8. Mapy s průměrnou roční ztrátou půdy pro G1 a G2 (viz tab.8) jsou znázorněny na obr. 36 a 37. Prostorová analýza rozdílů hodnot je pak uvedena na obr.38. Z této analýzy je patrné, že hodnoty získané pomocí postupu G1 s R faktorem určeným dle Panagose et al. (2016) a K faktorem dle Panagose et al. (2014) jsou vyšší a v některých oblastech může rozdíl dosahovat i 10 - 20 t/ha. Rozdíl celkového průměru z celého povodí je 5,1 t/ha.

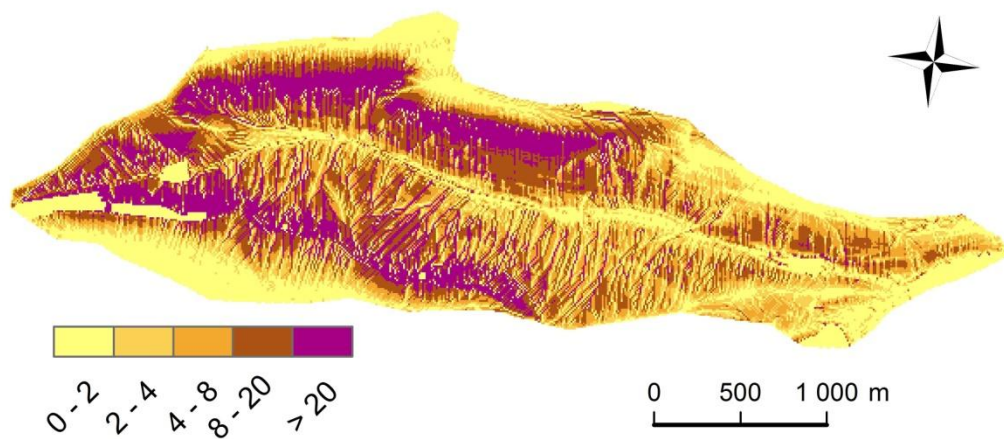
G	R	K	Ø	SD
G1	Brychta & Janeček (2017)	Vopravil et al. (2007)	7,5	15,1
G2	Panagos et al. (2016)	Vopravil et al. (2007)	10,1	20,3
G3	Panagos et al. (2017)	Vopravil et al. (2007)	8,7	17,4
G4	Brychta & Janeček (2017)	Panagos et al. (2014)	9,4	20,3
G5	Panagos et al. (2016)	Panagos et al. (2014)	12,6	27,2

Vysvětlivky: G - průměrná roční ztráta půdy, R - R faktor, K - K faktor, Ø - průměrná hodnota z rastrové mapy, SD - směrodatná odchylka

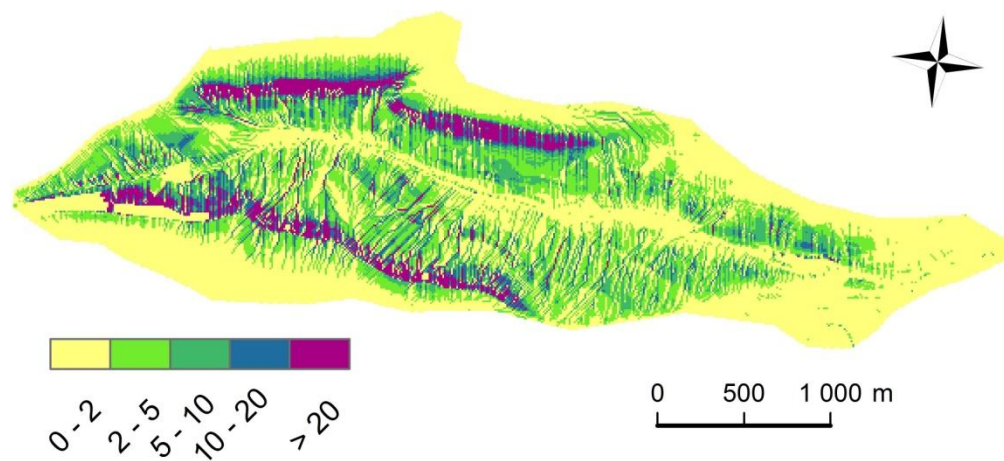
Tab. 8: Statistická analýza pixelů s hodnotami průměrné roční ztráty půdy



Obrázek 36 - G1 (R dle Brychty a Janečka,2017, K dle Vopravila et al.,2007)



Obrázek 37 - G2 (R dle Panagose et al.,2016, K dle Panagose et al.,2014)



Obrázek 38 - rozdíl G2 -G1

8. ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE

V rešeršní části práce byla zmapována dostupnost geodat a pořizovací náklady. Mnoho národních institucí zpřístupňuje výsledky své činnosti a sběru dat v podobě mapových portálů. Jen některé jako WMS služby. Situace je v současné době nepřehledná. Zpřehlednění přístupu ke geodatům vzniká postupným uplatňováním evropské směrnice INSPIRE, kdy po dokončení projektu budou data prezentována a poskytována jednotným způsobem.

V druhé části práce byla vyhodnocena použitelnost geodat na konkrétním povodí. Z výsledků výpočtů v této práci vyplývá, jak důležité je použití co nejpřesnějších vstupních dat. Použitím některých databází mohou být výsledky výpočtů velmi ovlivněny a v důsledku toho následně chybně identifikovány plochy ohrožené erozí, nebo výrazně nahodnotit průměrnou roční ztrátu půdy. Při použití uvedených map R faktorů se průměrná roční ztráta půdy pro modelové povodí lišila maximálně o 2,6 t/h, ale směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí 15,1 - 20,3 t/ha. Rozdíl průměrné roční ztráty půdy v povodí vypočtené použitím databáze BPEJ a map R faktoru dle Janečka et al. (2013) resp. Brychty a Janečka (2017) a použitím metodiky dle Panagose et al. (2014, 2016) byl maximálně 5,1 t/ha se směrodatnou odchylkou v rozmezí 15,1 - 27,2 t/ha. Samotná volba protierozních opatření může z tohoto důvodu být nevhodně zvolená nebo méně účinná.

9. PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Brychta J.,Janeček M.,2017: Research report of project TAČR TH02030125 for year 2017. Technologická agentura České republiky.
- Brychta J.,Janeček M.,2017: Evaluation of Discrepancies in Spatial Distribution of Rainfall Erosivity in the Czech Republic Caused by Different Approaches Using GIS and Geostatistical Tools.Soil and water Research.
- Halounová L.,Pavelka K.,2005:Dálkový průzkum Země.Vydavatelství ČVUT,Praha.
- Svatoňová H.,Lauermann L.,2010:Dálkový průzkum Země - aktuální zdroj geografických informací.Masarykova univerzita,Brno,+,+CD.
- Janeček M.,2007:Ochrana zemědělské půdy před erozí.VÚMOP,v.v.i.,Praha.
- Janeček M.,Květoň V.,Kubátová E.,Kobzová D.,Vošmerová M.,Chlupsová J.,2013: Values of rainfall erosivity factor for the Czech Republic.
- Jandora J.,Stara V.,Starý M.,2011:Hydraulika a hydrologie.Akademické nakladatelství CERM,Brno.
- Starý M.,2005:Hydrologie.Vysoké učení technické,Brno.
- Jedlička K.,Mentlík P.,2002:hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí s využitím GIS.Sborník Geoinformatika z XX.Sjezdu ČGS v Ústí nad Labem.
- Mitášová H., Mitáš L., Brown W. M., Johnson D. M.,1998: Multidimensional soil erosion/deposition modeling and visualization using GIS. Geographic Modeling and Systems Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign, for U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, Illinois.
- Panagos P.,Meusburger K., Ballabio C., Borrelli P., Alewell Ch.,2014: Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. Science of the Total Environment.
- Panagos P., Borelli P., Poesen J.Ballabio C., Lugato E.,2015: The new assessment of soil loss by water erosion in Europe, Environmental Science & Policy.
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K.,2015: Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale, Environmetal science & policy.

- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K.: Estimating the soil erosion cover-management factor at the Europeanscale,2015, Land Use Policy.
- Panagos P.,Meusburger K., Ballabio C., Borrelli P., Alewell Ch,2014: Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS, Science of the Total Environment.
- Renard K., Foster G., Weesies G., McCool D. and Yoder, D. ,1997: Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.703USDA, USDA, Washington DC.
- Kadlec M., Toman F.: 2003:Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu. In Bioklima – Prostředí – Hospodářství.
- ČHMÚ, 2015: Hydrologická ročenka 2015.
- LUCAS, 2017:Šetření využívání území a krajinného pokryvu EU,Lucemburk: Úřad pro publikace Evropske unie.
- Vopravil J. et al.,2011: Půda a její hodnocení v ČR. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- Williams, J.R. and Berndt, H.D. ,1972: Sediment yield computed with universal equation. Journal of hydraulic division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D.,1978:Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537. Washington, DC.: USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office.

10. INTERNETOVÉ ZDROJE

- CRR, ©2018, [cit. 2018.03.15], dostupné z <http://www.crr.cz/cs/>
- ČGS, ©2018, [cit. 2018.03.25], dostupné z <http://www.geology.cz/extranet/sluzby/aplikace/>
- ČHMÚ, © 2018, [cit. 2018.02.11], dostupné z <http://portal.chmi.cz/>
- ČÚZK, ©2018, [cit. 2018.01.19], dostupné z <https://www.cuzk.cz/>
- D4D, ©2018, [cit. 2017.12.20], dostupné z <https://www.g4d.cz/digitalni-3d-modely/digitalni-modely-terenu>
- EUROPEAN COMMISSION, ©2018, [cit. 2018.04.19], dostupné z http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm
- ESDAC, ©2018, [cit. 2018.02.10], dostupné z <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/>
- GISAT, ©2018, [cit. 2018.02.09], dostupné z <http://vhrcatalog.gisat.cz/>
- VÚMOP, ©2018, [cit. 2017.12.07], dostupné z <http://geoportal.vumop.cz/>
- VÚV T.G.M., ©2018, [cit. 2017.03.11], dostupné z <https://heis.vuv.cz/>
- ZEMĚMĚŘIČ, ©1997 [2017.12.12], dostupné z <http://www.zememeric.cz/11-97/zabadmu.html>

11. PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

- AOPK ČR - Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
- Bpv - Balt po vyrovnání - výškový systém
- CAD - Computer aided design
- CENIA - Česká informační agentura životního prostředí
- ČGS - Česká geologická služba
- ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav
- CN - Curve number
- CORINE - Coordination of information on the environment
- ČÚZK - Český úřad zemědělský a katastrální
- DIBAVOD - Digitální báze vodohospodářských dat
- DMT - Digitální model terénu
- DMR 5G - Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
- DMR 4G - Digitální model reliéfu České republiky 4. generace
- DMÚ 25 - Digitální model území 1:25 000

- DPM - Digitální model povrchu
- DPZ - Dálkový průzkum Země
- EEA - European Environment Agency
- GIS - Geographic information system
- GPS - Global Positioning System
- IFI - International Flood Initiative
- INSPIRE - Infrastructure for spatial information in Europe
- KRNAP - Krkonošský národní park
- LIDAR - Light Detection and Ranging
- LPIS - Land Parcel Identification System
- MUSLE - Modified Universal Soil Loss Equation
- SHP - shapefile -datový formát pro ukládání vektorových prostorových dat pro geografické informační systémy
- S-JTSK - Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
- SMO - Státní mapa odvozená
- TIN - Triangulated Irregular Network
- UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- URL - Uniform Resource Locator
- USGS - United States Geological Survey
- USLE - Universal Soil Loss Equation
- VGHMÚř - Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
- WMO - World meteorological organization
- WMS - Web map service
- WMTS - Web map tile service
- ZABAGED - Základní báze geografických dat České republiky

11. SEZNAM TABULEK

Tabulka č.1 Geodata morfologická a topografická	27
Tabulka č.2 Geodata geologická, hydrologická a půdní.....	28
Tabulka č.3 Geodata vegetační.....	29
Tabulka č.4 Geodata meteorologická.....	30
Tabulka č.5 Limity přípustné ztráty půdy.....	33
Tabulka č.6 Výsledky statistické analýzy použitých map R faktoru.....	40
Tabulka č.7 Statistická analýza rastrů s hodnotami K faktorů.....	41
Tabulka č.8 Statistická analýza pixelů s hodnotami průměrné roční ztráty půdy.....	44

12. SEZNAM OBRÁZKŮ A MAP

Obrázek 1 - Eroze zemědělské půdy (European Commission, ©2018).....	3
Obrázek 2 - GEOPORTÁL ČÚZK - vrstva Ortofoto + mapa katastru nemovitostí (ČÚZK, ©2018).....	7
Obrázek 3 - GEOPORTÁL ČÚZK - nahlížení do katastru nemovitostí (ČÚZK, ©2018)	8
Obrázek 4 - Postup tvorby ortofotomapy (ČÚZK,2018)	8
Obrázek 5 - Ceník produktů Zeměměřičského úřadu (ČÚZK, ©2018).....	9
Obrázek 6 - GISAT (GISAT, ©2018).....	12
Obrázek 7 - NÁRODNÍ GEOPORTÁL (CENIA, ©2018).....	14
Obrázek 8 - Česká geologická služba - půdní mapa (ČGS, ©2018).....	15
Obrázek 9 - Ceník ČGS (ČGS, 2018)	16
Obrázek 10 - centrum pro regionální rozvoj, vrstva ZABAGED (CRR,2018).....	17
Obrázek 11 . VÚMOP - mapa erozní ohroženosti zemědělské půdy	19
Obrázek 12 - BPEJ.....	19
Obrázek 13 - ceník VÚMOP (VÚMOP,2018).....	20
Obrázek 14 - DIBAVOD (VÚV T.G.M.,2018)	20
Obrázek 15 - Geoportál ŘSD (ŘSD,2018).....	21
Obrázek 16 -LPIS (MZE,2018)	22
Obrázek 17 - C faktor pro EU (ESDAC,2018)	24
Obrázek 18 - K faktor pro EU (ESDAC,2018)	25
Obrázek 19 - DMP a DMT (G4D,2018).....	26
Obrázek 20 - TIN a GRID (SCIELO,2018)	27
Obrázek 21 - Povodí Ráčského potoka (Brychta et al.,2017).....	32
Obrázek 22 - Statistická analýza hodnot R faktoru dle R EU (Panagos et al.,2016)	39
Obrázek 23 - Statistická analýza hodnot R faktoru dle R World (Panagos et al.,2017)	39
Obrázek 24 - Statistická analýza hodnot R faktoru R ČR (Brychta & Janeček,2017).....	39
Obrázek 25 - Statistická analýza K faktoru dle K EU (Panagos et al.,2016).....	40
Obrázek 26 - Statistická analýza K faktoru dle K HPJ	41
Obrázek 27 - Mapa K faktoru dle K CR	41
Obrázek 28 - Mapa K faktoru dle K EU	41
Obrázek 29 - K faktor - rozdíl hodnot.....	42
Obrázek 30 - C faktor dle klimatických regionů.....	42
Obrázek 31 - DTM.....	43
Obrázek 32 - Sklonitost (stupně)	43
Obrázek 33 - Směr odtoku	43
Obrázek 34 - Akumulace odtoku	44
Obrázek 35 - Topografický faktor	44
Obrázek 36 - G1 (R dle Brychty a Janečka,2017, K dle Vopravila et al.,2007).....	45
Obrázek 37 - G2 (R dle Panagose et al.,2016, K dle Panagose et al.,2014)	45
Obrázek 38 - rozdíl G2 -G1	45