

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



Fakulta životního
prostředí

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Srovnání dat využití území CORINE a
Globeland30 na území Slovenské republiky

Comparison of data on the use of CORINE and
Globeland30 in the territory of the Slovak
Republic

Diplomová práce
Vedoucí diplomové práce: Ing. Vítězslav Moudrý, Ph.D.
Diplomant: Bc. Simon Hikel
2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Simon Hikel

Regionální environmentální správa

Název práce

Srovnání dat využití území CORINE a GlobeLand30 na území Slovenské republiky

Název anglicky

Comparison of CORINE and GlobeLand30 land cover data in Slovakia

Cíle práce

Cílem diplomové práce je porovnání datových sad CORINE a GlobeLand30 na území Slovenska. Formulace dílčích cílů je úkolem autora.

Metodika

V současné době existuje mnoho datových sad odvozených z dat dálkového průzkumu Země, které reprezentují využití území. Datové sady s globálním pokrytím jsou nicméně dostupné pouze v relativně hrubých prostorových měřítcích (např. s rozlišením 1km). Teprve nedávno byla publikována volně dostupná datová sada GlobeLand30, která má prostorové měřítko 30m. Na druhou stranu má relativně malý (10) počet rozlišovaných kategorií land use. V Evropě jsou pak dostupná data CORINE land cover, které mají prostorové rozlišení 100m nebo 250m a celkem 44 rozlišovaných kategorií land use. Navíc se tyto sady liší způsobem vzniku, což může významně ovlivnit jejich přesnost. Úkolem diplomanta je zpracovat literární rešerši existujících datových sad využití území a jejich uváděné přesnosti. V praktické části porovná datové sady CORINE a GlobeLand30 na území Slovenska.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

Formulace klíčových slov je úkolem autora.

Doporučené zdroje informací

- Arsanjani, J. J., Tayyebi, A., & Vaz, E. (2016). Globeland30 as an alternative fine-scale global land cover map: Challenges, possibilities, and implications for developing countries. *Habitat International*, 55, 25-31.
- Brovelli, M. A., Molinari, M. E., Hussein, E., Chen, J., & Li, R. (2015). The first comprehensive accuracy assessment of Globeland30 at a national level: Methodology and results. *Remote Sensing*, 7(4), 4191-4212.
- Grkousis, G., Mountrakis, G., & Kavouras, M. (2015). An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products. *International Journal of Remote Sensing*, 36(21), 5309-5335.
- Jokar Arsanjani, J., See, L., & Tayyebi, A. (2016). Assessing the suitability of Globeland30 for mapping land cover in Germany. *International Journal of Digital Earth*, 9(9), 873-891.
- McCallum, I., Obersteiner, M., Nilsson, S., & Shvidenko, A. (2006). A spatial comparison of four satellite derived 1 km global land cover datasets. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 246-255.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Vítězslav Moudrý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2018

doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Srovnání dat využití území CORINE a GlobeLand30 na území Slovenské republiky“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vítězslava Moudrého, Ph.D. a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury. Dále prohlašuji, že elektronická forma této práce je shodná s formou tištěnou a nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo jejích částí se souhlasem katedry.

V Praze, dne 18.04.2019

.....

Bc. Simon Hikel

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Vítězslavu Moudrému, Ph.D., za snahu a pomoc při tvorbě této diplomové práce, za vedené konzultace, za komunikaci, která byla vždy vedena na přátelské úrovni a zároveň na rovinu, za trpělivost, kterou při práci se mnou prokázal a v neposlední řadě za jeho drahocenný čas, který mi věnoval. Neskutečně velké díky patří Jindře Hiklové, která tady pro mě vždy byla a podporovala mě, ať už na bakalářském studiu, magisterském studiu nebo na Erasmu, věřila ve mně a věnovala mi vše potřebné k tomu, abych se dostal až sem. Díky patří mým spolubydlícím, Ing. Vojtěchu Červenkovvi a MUDr. Kristýně Pustkové. Ještě bych rád v této části poděkoval svému kamarádovi Tadeáši Kopáčkovi – za Erasmus a tak. Na závěr musím zmínit svého psa jménem Falco, který vždy dokáže člověka rozveselit a přivést svému pánovi jedinečnou náladu.

Abstrakt:

Čínské národní centrum geomatiky vydalo v roce 2014 nový datový produkt s názvem GlobeLand30, který se stal první datovou sadou mapující globální krajinný pokryv v rozlišení 30 m. GlobeLand30 byl odvozen z původních snímků Landsatu a vytvořen pro 2 časové období, a to rok 2000 a rok 2010. Cílem této diplomové práce bylo srovnání Globeland30 s podobnou datovou sadou dostupnou pro území Evropské unie – CORINE Land Cover – na území Slovenské republiky. Toto srovnání bylo doplněno datovou sadou ESA Land Cover, patřící Evropské vesmírné agentuře. Srovnání přesnosti bylo provedeno pomocí chybové matrix, a z ní vypočítaných charakteristik: celková přesnost, hodnota Kappa a přesnosti z hlediska uživatele a zpracovatele. Analýza výsledků prokázala udávanou vysokou kvalitu produktu GL30, kdy shoda mezi porovnávanými sadami dosahovala téměř 94 % při klasifikaci do 5 tříd a až 92 % při použití 7 klasifikačních tříd. I přes tento úspěch se problematicky chovaly třídy mokřadů a vodních ploch. I tak lze GlobeLand30 hodnotit jako kvalitní produkt a doporučit jej k dalším analýzám, které mohou svým obsahem přispět například k monitoringu biodiverzity, změn v krajině, sledování kvality zemědělské půdy a její ochraně, kvalitě vody, změn v zástavbě nebo rozvoje regionů.

Klíčová slova: GIS, dálkový průzkum Země, satelitní snímky, GlobeLand30, Corine Land Cover, krajinný pokryv, globální mapování, globální krajinný pokryv, posouzení přesnosti, chybová matrix

Abstract:

In 2014 National Geomatics Centre of China (NGCC) released a new data product named GlobeLand30 which became the first global dataset in the world with resolution of 30 meters. This product is made to map global landscape and surface covering. GlobeLand30 was derived from original Landsat images and was developed for two different time periods, the years 2000 and 2010. The aim of this thesis is to compare GlobeLand30 with similar dataset available for European Union – CORINE Land Cover – in Slovak Republic. This comparison was completed with dataset ESA Land Cover owned by European Space Agency. Comparison of accuracy was made by using an error matrix and from matrix evolved characteristics: overall accuracy, Kappa values and accuracy in terms of user and producer. Analysis of results proved a high quality of GL30 when conformity between the compared datasets was almost 94 % using a 5 class classification and 92 % using a 7 class classification. The problematic issues were observed in cases of water surfaces and wetlands. However, the GlobeLand30 is considered as a high quality product and should be recommended to continuous analysis which can with their content contribute to development of biodiversity monitoring, changes in landscape, monitoring of quality of agriculture land and its protection, to water quality, changes in the field of settlements or the regions development.

Keywords: GIS, remote sensing, satellite imagery, GlobeLand30, Corine Land Cover, landscape cover, global mapping, global landscape cover, accuracy assessment, error matrix

Obsah

Seznam zkratk	9
1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1. Dálkový průzkum Země	12
3.2. Program Landsat	13
3.2.2. Otevření Landsatu veřejnosti	17
3.3. Program Corine	18
3.3.1 Corine Land Cover (CLC)	18
3.4. Globeland30	21
3.5. ESA CCI Land Cover	24
4. Metodika	26
4.1 Vstupní data	26
4.2 Příprava dat	26
4.3 Měřítko	28
4.3.1. Změna měřítka – tematická	28
4.3.2. Změna měřítka – prostorová	29
4.4 Vytvoření bodů v rastru	30
4.5 Průběh porovnávání datových sad	30
4.6 Hodnocení preciznosti klasifikace	30
5. Výsledky	33
5.1 Měření s rozlišením 30 metrů	33
5.2 Měření s rozlišením 100 metrů	35
5.3 Měření s rozlišením 300 metrů	37
5.4 Srovnání výsledků experimentu se snímky ortofoto a ZBGIS	39
6. Diskuse	47
7. Závěr	50
8. Zdroje	51

Seznam zkratek

LC	Land Cover
CLC	Corine Land Cover
NASA	National Aeronautics and Space Administration
DPZ	Dálkový průzkum Země
USGS	United States Geological Survey
MSS	Multispectral Scanner
RBV	Return Beam Vidicon
TM	Thematic Mapper
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
OLI	Operational Land Imager
TIRS	Thermal Infrared Sensor
CORINE	Coordination of information on the environment
NGCC	National Geomatics Center of China
ESA	European Space Agency
CCL	Climate Change Initiative
CCI-LC	Climate Change Initiative – Land Cover
GLC	GlobeLand Cover
ECV	Essential Climate Variables
GCOS	Global Climate Observing System
MERIS	Medium Resolution Imaging Spectrometer
ZBGIS	Základná báza údajov pre geografický informačný systém
POK	Pixel-object-knowledge
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
ATKIS	Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem
UA	Urban Atlas
OSM	Open Street Map

1. Úvod

Land Cover neboli krajinný pokryv (LC) se týká syntézy různých typů materiálů a jejich přirozených vlastností a charakteristik na zemském povrchu. Přesné měření změn krajinného pokryvu je důležitým parametrem pro studium udržitelného rozvoje, hospodaření s půdou a monitoringu stavu půdy (Chen a kol., 2012). Údaje o pokryvu krajiny jsou velmi cenné informace, které slouží ke sledování stavu půdních zdrojů a významně přispívají k pochopení rovnováhy mezi pokryvem půdy, klimatem a biochemií planety Země (Chen a kol., 2014). Snižování negativních dopadů na krajinný pokryv při udržení současné produkce přírodních zdrojů na naší planetě, se stalo výzvou pro politické činitele a vědeckou společnost po celém světě (Foley a kol., 2005). S rozvojem družicových systémů, které disponují výkonnějším prostorovým rozlišením, vzrostla poptávka po datech o globálním pokryvu (Chen a kol., 2014). Mapy globálního krajinného pokryvu jsou široce využívány jako základní vrstva pro mnoho aplikací, včetně změny klimatu, bezpečnosti potravin, kvality vody, biodiverzity, environmentálního plánování a detekce změn. Vzhledem k důležitosti land coveru existuje naléhavá potřeba navýšit časové a prostorové rozlišení globálních map krajinného pokryvu (Brovelli a kol., 2015).

V celoevropském měřítku je využívána především mapa pokryvu od CORINE Land Cover. Tento datový produkt je používán ekology, krajináři, vědci a politiky (Neumann a kol., 2007). CORINE LC byl vytvořen ve 4 fázích – 1990, 2000, 2006, 2012 (Feranec a kol., 2010) a nedávno přibyla aktualizace pro rok 2018. Nicméně jde o produkt v rozlišení 100 m a 250 m, takže jde zde o nedostatek detailů, zejména pak v městském prostředí (Feranec a kol., 2010).

GlobeLand30 je prvním datovým produktem na světě, který byl vydán pro celý svět v rozlišení 30 m, který je vytvořen ve dvou fázích – pro rok 2000 a rok 2010. Uvádí se, že klasifikační přesnost je velmi vysoká a splňuje požadavky na výzkum klasifikace krajinného pokryvu Země (Liao a kol., 2015). GlobeLand30 je používán rozmanitým počtem států, které díky tomuto produktu mají možnost zaplnit chybějící údaje o krajinném pokryvu v dané zemi vysoce přesnými daty globálního krajinného pokryvu a zároveň poskytuje základní informace pro globální hodnocení ekosystémů.

Účelem této práce je porovnat GlobeLand30 s dosavadním existujícím řešením v podobě CORINE Land Cover a ESA Land Cover na území Slovenské republiky za

účelem vyhodnocení jejich shody. Dále by tato práce mohla přispět k validaci tohoto nového datového produktu s vysokým rozlišením, díky kterému by bylo možné lépe porozumět potencionálnímu přínosu na úrovni globálního a regionálního krajinného pokryvu (Brovelli a kol., 2015).

2. Cíle práce

Tato diplomová práce se svým obsahem snaží zhodnotit výstupy globálních datových sad. Jedná se o srovnání čínského datového produktu Globeland30 s evropským CORINE Land Cover, doplněné o srovnání s ESA Land Cover. Jedná se o první porovnání GL30 a CLC na území Slovenské republiky vůbec. Dalším cílem, kterým se tato práce zabírala, je hodnocení změny tematického a prostorového měřítka u referenční datové sady.

3. Literární rešerše

3.1. Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země urazil za posledního půl století obrovský kus cesty. Schopnosti a aplikace družicového měření planety Země se neustále zvyšují. Základním stavebním kamenem infrastruktury pozorování Země u vyspělých států se staly automatické satelitní systémy. Součástí toho je i vývoj trhu informačních služeb, který je založen na datech získaných z družic, dále špičkovým vybavením, kterým jsou družice vybaveny (GISAT, 2011).

DPZ neboli dálkový průzkum Země je vědní disciplína, zabývající se získáním a zpracováním dat a jevů na planetě Zemi. Tyto data jsou získávána ze zařízení, která jsou umístěna mimo povrch Země. Snadno tedy můžeme říct, že tyto informace získáváme bez přímého lidského kontaktu se zařízením samotným. V anglickém jazyce nese označení „remote sensing“ (Čapek, 1988). S termínem „remote sensing“ přišla na začátku druhé poloviny 20. století oceánografka a geografka Evelyn L. Pruittová a to z toho důvodu, že používání termínu „letecká fotografie“ již byla nedostačující (Schejbal a kol., 2004). I Organizace spojených národů má pro tento termín svou definici, která byla ustanovena v rezoluci o mírovém využití vesmíru v prosinci roku 1958, kde se přesně určuje, že DPZ je „snímání zemského povrchu z prostoru využitím vlastností elektromagnetických vln emitovaných, odražených nebo lomených snímanými objekty, pro účely zlepšení využívání zemských zdrojů, území a ochrany prostředí.“ (Čulíková a kol., 2015).

Data získaná z DPZ se v dnešní době hojně využívají ve velkém počtu odvětví a oblastí. Využití těchto dat již není něčím nezvyklým či dokonce vzácným, ba naopak. Oblastí, která se vyznačuje velice častým užitím těchto dat je oblast monitoringu stavu krajiny. Zde se mohou být rozlišeny 2 pojmy – „land use“, který posuzuje využití území člověkem a „land cover“ neboli krajinný kryt, který hodnotí především materiál, kterým je dané území pokryto (Gisat, 2012). Definice krajinného krytu nebo pokryvu lze nalézt u OECD. Tato definice hovoří o pokrytí země, odražející (bio)fyzikální rozměr zemského povrchu a v určitém ohledu jej považuje za ekosystém. Typickými příklady kategorií krajinného pokryvu jsou louky, lesy, zastavěné plochy, jezera nebo řeky (OECD, 2005).

DPZ dnes patří mezi nejrozšířenější a nejběžnější metodu získávání dat o Zemi, a to díky především novým vesmírným programům a také velkému počtu družic obíhající planetu. Dle Seznamu objektů vypuštěných do kosmického prostoru, který vede úřad OSN pro kosmické záležitosti (UNOOSA), obíhalo na začátku roku 2019 kolem Země na 4 987 satelitů a družic, z toho 1 957 aktivních (United Nations, 2019). Tyto satelity mají samozřejmě nejrůznější zaměření, určení a k tomu určené senzory, kterých existuje doslova nepřeborné množství.

Národní katalog NASA uvádí, že v katalogu NSSDC je uvedeno 7075 satelitních systémů, které byly vypuštěny mezi 4. říjnem 1957 a 31. prosincem 2013 (NSSDC, 2014). Z toho 879 bylo identifikováno jako vědecká zařízení, jež mají za cíl sběr dat o Zemi (Belwardjon a kol., 2014). Samozřejmě ne všechny se věnují globálnímu mapování krajinného pokryvu. I tak lze pro klasifikaci LC nalézt obrovské množství produktů, ku příkladu MODIS Land Cover, Corine Land Cover, GlobCover, LUCAS, Global Historical Land-CoverChange Land-Use Conversions (GLC), GMES/Copernicus Initial Operation High Resolution Layers (GIOS), Open Street Map (OSM), Volunteered Geographic Information (VGI), IGBP Land Cover, UMD Land Cover apod. Pro účel této práce byly vybrány 3 relevantní systémy, které jsou dále podrobně popsány.

3.2. Program Landsat

Pod názvem Landsat nalezneme jeden z nejúspěšnějších a nejznámější družicových programů vůbec, který kdy byl řízený ze Země. A zároveň se jedná o nejdelší sérii družicových mapování planety, která se pomalu, ale jistě blíží k 50 letům v provozu. Program započal 23. července roku 1972 a to prvním startem družice Landsat 1, kterou na oběžnou dráhu vynesl raketový nosič. Landsat 1 byl prvním satelitem z celkem osmidílné sady satelitů. Cílem programu Landsat bylo a je detailní snímání naší planety. O provoz a řízení tohoto programu se stará NASA (National Aeronautics and Space Administration) a USGS (United States Geological Survey). (GISAT, 2016)

Program Landsat probíhá od roku 1972. V současnosti jsou v provozu dvě družice tohoto programu a to Landsat 7, který byl vypuštěn 15. dubna 1999 a Landsat 8, který vyletěl do vesmíru 11. února 2013 (GISAT, 2016).

První generací těchto družic rozumíme Landsat 1, Landsat 2 a Landsat 3. Tyto družice nesly na své palubě několik senzorů, kterými pak snímali povrch Země. Mezi tyto senzory patří senzor MSS neboli Multispectral Scanner, jehož úkolem bylo sbírání dat v prostorovém rozlišení. Tento senzor dále pracoval s několika spektrálními pásmy, kdy byl schopen registrovat viditelné zelené záření, ale také záření infračervené. Druhým senzorem, jenž byl umístěn na palubě každého z Landsatů první generace, je senzor Return Beam Vidicon (RBV), který byl schopen rozlišovat tři spektrální pásma. Perioda snímání byla u první generace 18 dní a oběh těchto satelitů trvá 98,9 minut.



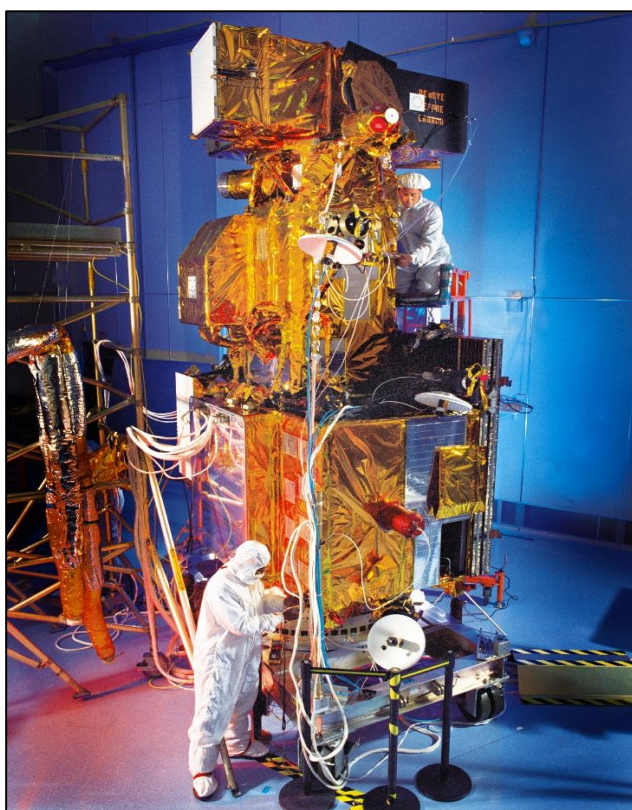
Obr. č. 1: Landsat první generace

Zdroj: <https://airandspace.si.edu/exhibitions/looking-at-earth/online/orbital-vistas/landsat.cfm>

Druhou generací satelitů Landsat představují Landsat 4 a Landsat 5. Ty dostaly od agentury NASA stejné senzory jako předešlá řada. Co ale předešlá generace neměla, byl Thematic Mapper (TM) – skener pracující až se sedmi kanály. Tento skener se stal jedním z nejpoužívanějších zdrojů družicových dat, a to díky svým schopnostem, které předčily předešlou generaci ve veliké rozlišovací schopnosti a spektrálním rozlišení. Srovnání jednotlivých rozlišovacích schopností jsou k vidění, pro lepší představu a možnost srovnání celého programu, v tabulce č. 1.

Šestou vyslanou družicí v rámci Landsat programu byl Landsat s pořadovým číslem šest. Bohužel však, pár okamžiků po vypuštění byla zjištěna závada neumožňující normální fungování. A tak jeho mise skončila dřív, než mohl vůbec dosáhnout oběžné dráhy. Bylo potřeba nějakým způsobem zajistit kontinuitu zisku dat, a tak bylo rozhodnuto, že Landsat 5 nahradí svým prodloužením provozu Landsat 6 (NASA, 2012).

Landsat 7 odstartoval šest let po neúspěšném vypuštění Landsatu 6. Na své palubě vynesl do vesmíru upravený senzor Thematic Mapper (nyní Enhanced Thematic Mapper Plus). Landsat 7 je dnes stále v provozu a nejsou žádné indicie, že by tomu v nejbližší době mělo být jinak.



Obr. č. 2: Landsat s pořadovým číslem 7

Zdroj: <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed/data/space/photo/landsat-7.jpg>

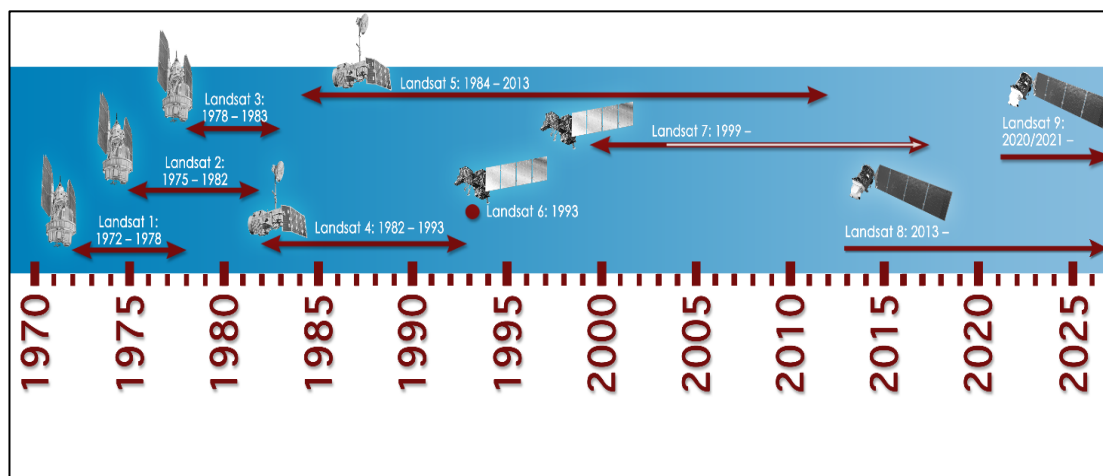
V současnosti poslední částí programu je Landsat 8. Mise zahájena dne 11. února 2013 je budoucností satelitů Landsat. K dispozici má dva senzory – senzor Operational Land Imager (zkráceně OLI) a Thermal Infrared Sensor (zkráceně TIRS). Počet pásem a prostorové rozlišení těchto zařízení je vypsáno v tabulce č. 1. Tento nejnovější satelit z řady Landsat sbírá cenná data a snímky, které mají být použity ve vědě, vzdělání, obchodu a zemědělství (NASA, 2013).

Na stránkách Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku (NASA) byla v roce 2016 zveřejněna informace o připravovaném nástupci řady Landsat9, který by měl odstartovat v prosinci roku 2020. Technické propracování senzorů OLI-2 a TIRS-2 umožní vyšší schopnost měření změn na celosvětovém povrchu půdy a dostupnosti zdrojů. Landsat9 bude využíván v oblasti řízení, při rozhodování, vyhodnocování správných rozhodnutí. Bude účinným pomocníkem v mezinárodní strategii, která vyhodnocuje a sleduje stav a zdraví Země (Markham a kol., 2016).

Družice	Senzor	Typ dat	Počet pásem	Prostorové rozlišení [m]	Roky provozu	Stav	Archív snímků od roku
Landsat 8	OLI	Optické	9	15.0, 30.0	2013	Funkční	2013
	TIRS	Optické	2	100.0			
Landsat 7	ETM+	Optické	8	15.0, 30.0, 60.0	1999	Funkční	1999
Landsat 6	-	-	-	-	1993	Havárie	-
Landsat 5	MSS	Optické	4	80.0	1984	Činnost ukončena	1985
	TM	Optické	7	30.0, 120.0			
Landsat 4	MSS	Optické	4	80.0	1982–1985	Činnost ukončena	1982
	TM	Optické	7	30.0, 120.0			
Landsat 3	MSS	Optické	4	80.0	1978–1983	Činnost ukončena	1978
	RBV	Optické	1	30.0			
Landsat 2	MSS	Optické	4	80.0	1975–1982	Činnost ukončena	1975
	RBV	Optické	3	80.0			
Landsat 1	MSS	Optické	4	80.0	1972–1978	Činnost ukončena	1972
	RBV	Optické	3	80.0			

Tab. č. 1: Rozlišovací schopnosti družic Landsat

Zdroj: http://gsp.humboldt.edu/olm_2015/Courses/GSP_216_Online/lesson3-2/landsat.html



Obr. č. 3: Časová osa programu Landsat

Zdroj: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/a-landsat-timeline/>

Družice Landsat mají na svém účtu nepřekonatelné prvenství v podobě nepřerušovaného sledování povrchu Země. Toto sledování trvá v jednom kuse již téměř 50 let v jednom kuse.

3.2.2. Otevření Landsatu veřejnosti

Americká vědeckovýzkumná vládní agentura (United States Geological Survey) ve spolupráci s Národním úřadem pro letectví a kosmonautiku (NASA), stojí za archivem Landsat. Landsat archiv obsahuje 45 let nepřerušovaný zápis o povrchu planety Země. Tento archiv je nesmírně cenný, kvůli svým širokým možnostem využití sahajícím od změn v klimatu až po například správu lesů. V rámci přechodu k národnímu programu pozemního snímání se USGC řídí plánem, kterým se tato agentura snaží umožnit elektronický přístup všem uživatelům do svého archivu Landsat scén. Scény nebo taky data z Landsatu 1 (1972–1978), Landsatu 2 (1975–1982), Landsatu 3 (1978–1983), Landsatu 4 (1982–1985) a Landsatu 5 (1984–2013) jsou již k dispozici celému světu. Stalo se tak v roce 2009 (USGC, 2008).

Politika otevřenosti a bezplatnosti dat je momentem zlomu v historii užívání družicových dat jednak pro širokou veřejnost, tak jednak pro skupiny specializovaných uživatelů (European Space Agency, 2013).

3.3. Program Corine

Chceme-li, aby naše přírodní dědictví a životní prostředí nás obklopující, byly správně řízeny a zachovány, potřebujeme, aby orgány činné v rozhodovacích procesech měly k dispozici co nejlepší možné informace o co nejkompletnějších a nejaktuálnějších změnách v biosféře.

Za tímto účelem byl spuštěn program CORINE (Coordination of information on the environment), který má celkem tři cíle od Evropské komise a to:

- a) Zajištění konzistentnosti informací a kompatibility údajů,
- b) Shromažďování informací o stavu životního prostředí se zaměřením dle individuálních preferencí členů Evropské unie,
- c) Koordinaci shromažďování údajů a organizaci informací na mezinárodní úrovni a v členských státech (European Environmental Agency, 1995).

Dalším cílem programu CORINE je spojit všechny pokusy, jež se v průběhu let uskutečnily na různých úrovních (regionální, národní, komunitní a mezinárodní) s cílem získat více informací o životním prostředí a způsobu, jak se mění v čase (European Environmental Agency, 1995).

3.3.1 Corine Land Cover (CLC)

Tento projekt je součástí programu CORINE a jeho cílem je poskytovat lokalizované konzistentní geografické informace o půdním krytu členských států Evropského společenství (European Environmental Agency, 1995).

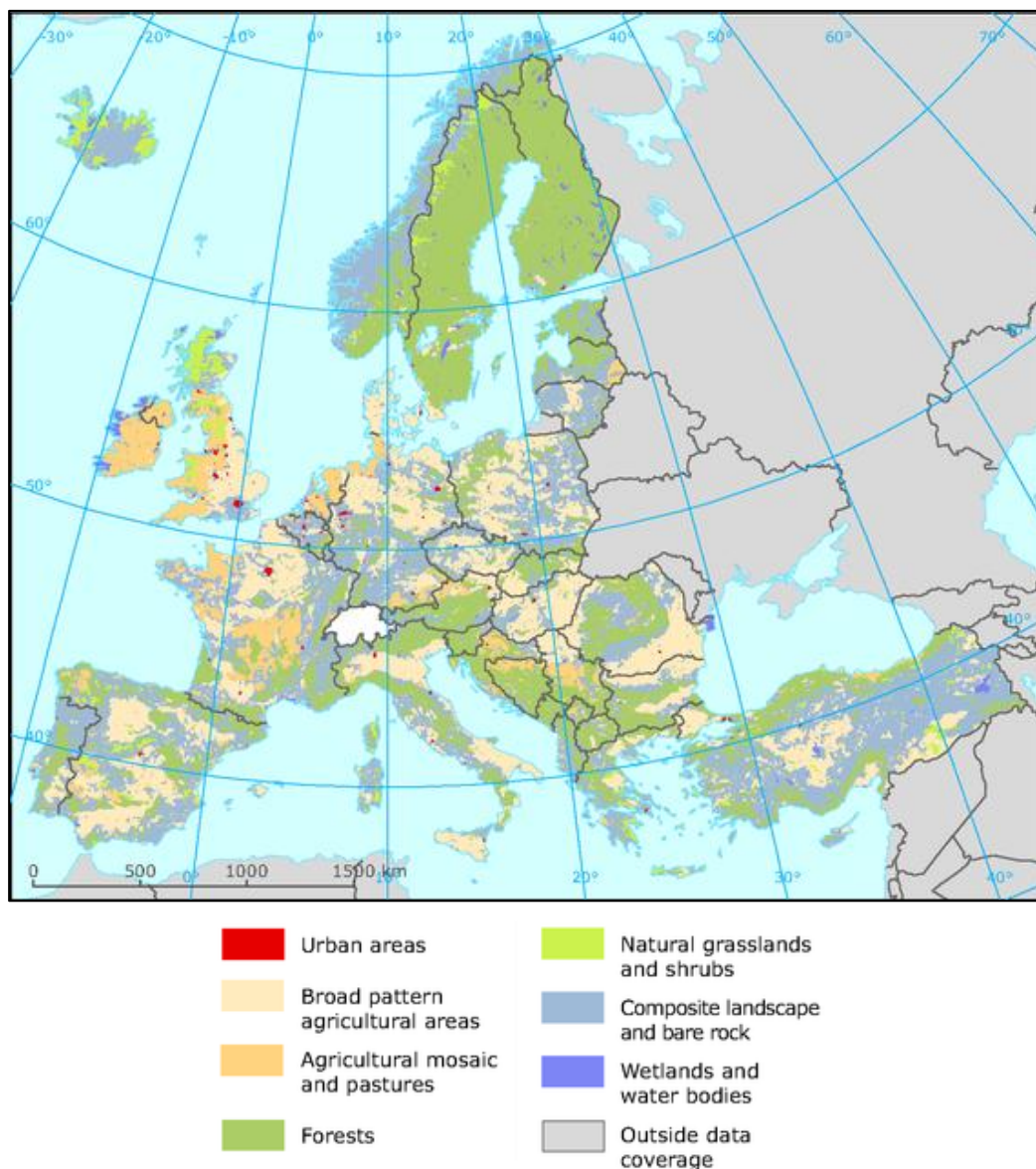
Ačkoliv projekt Corine byl zahájen v roce 1985, referenčním rokem pro Corine Land Cover je rok 1990. Aktualizace se Corine Land Cover dočkal v roce 2000, 2006, 2012, 2018. CLC obsahuje soupis půdního krytu ve 44 třídách a jsou prezentovány dále jako produkt, který má měřítko 1:100 000. Dále používá minimální mapovací jednotku o velikosti 25 hektarů pro plošné jevy a minimální šířku 100 metrů pro jevy lineární. Časové řady jsou doplněny vrstvami změn, které zachycují změny půdního krytu (Copernicus, 2013).

Corine Land Cover je většinou zemí tvořená vizuální interpretací satelitních snímků s vysokým rozlišením. Verze CLC pro rok 2012 je první verzí, která začlenila

časové řady CLC do programu Copernicus a tak si zajistila udržitelné financování do budoucna (Copernicus, 2013).

V současné době se na projektu podílí 29 zemí Evropy: 25 členských zemí Evropské Unie, Bulharsko, Chorvatsko, Lichtenštejnsko a Rumunsko (Büttner, 2004).

Corine Land Cover má široké spektrum aplikací, které jsou základem různých společenství v oblasti životního prostředí, ale také v zemědělství, dopravě, územního plánování atd (Copernicus, 2013).



Obr. č. 4: Působnost Corine Land Cover na území Evropy.

Zdroj: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/dominant-landscape-types-in-europe/dominant-landscape-types-in-europe/image_large

Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3
URBANIZOVANÁ ÚZEMÍ	1.1. Obytné plochy	1.1.1. Městská souvislá zástavba (výskyt v ČR)
		1.1.2. Městská nesouvislá zástavba (výskyt v ČR)
	1.2. Průmyslové a obchodní zóny, komunikační síť	1.2.1. Průmyslové nebo obchodní zóny (výskyt v ČR)
		1.2.2. Silniční a železniční síť a přilehlé prostory (výskyt v ČR)
		1.2.3. Přístavní zóny (výskyt v ČR)
		1.2.4. Letiště (výskyt v ČR)
	1.3. Doly, skládky a staveniště	1.3.1. Těžba hornin (výskyt v ČR)
		1.3.2. Skládky (výskyt v ČR)
		1.3.3. Staveniště (výskyt v ČR)
	1.4. Plochy umělé, nezemědělské zeleně	1.4.1. Plochy městské zeleně (výskyt v ČR)
		1.4.2. Zařízení pro sport a rekreaci (výskyt v ČR)
	ZEMĚDĚLSKÉ PLOCHY	2.1. Orná půda
2.1.2. Plochy stále zavlažované		
2.1.3. Rýžová pole		
2.2. Stálé kultury		2.2.1. Vinice (výskyt v ČR)
		2.2.2. Ovocné sady a keře (výskyt v ČR)
		2.2.3. Olivové porosty
2.3. Pastviny		2.3.1. Louky (výskyt v ČR)
2.4. Různorodé zemědělské plochy		2.4.1. Roční kultury přidané ke stálým kulturám (výskyt v ČR)
		2.4.2. Komplexní systémy kultur a parcel (výskyt v ČR)
		2.4.3. Převážně zemědělská území s příměsí přirozené vegetace (výskyt v ČR)
		2.4.4. Území zemědělsko-lesnická
LESY A POLOPŘÍRODNÍ OBLASTI		3.1. Lesy
	3.1.2. Jehličnaté lesy (výskyt v ČR)	
	3.1.3. Smíšené lesy (výskyt v ČR)	
	3.2. Plochy s křovinnou a travnatou vegetací	3.2.1. Přírodní pastviny (výskyt v ČR)
		3.2.2. Slatiny a vřesoviště, křovinaté formace (výskyt v ČR)
		3.2.3. Sklerofylní vegetace
		3.2.4. Přechodová stadia lesa a křoviny (výskyt v ČR)
	3.3. Otevřené plochy s malým zastoupením vegetace nebo bez vegetace	3.3.1. Pláže, duny, písky
		3.3.2. Holé skály (výskyt v ČR)
		3.3.3. Oblasti s řídkou vegetací
		3.3.4. Vypálené oblasti
		3.3.5. Ledovce a věčný sníh
HUMIDNÍ ÚZEMÍ	4.1. Vnitrozemská humidní území	4.1.1. Vnitrozemské bažiny (výskyt v ČR)
		4.1.2. Rašeliniště (výskyt v ČR)
	4.2. Přímořská humidní území	4.2.1. Přímořské bažiny
		4.2.2. Slané bažiny
		4.2.3. Příbřežní zóny
	VODNÍ PLOCHY	5.1. Pevninské vody
5.1.2. Vodní plochy (výskyt v ČR)		
5.2. Mořské vody		5.2.1. Laguny
		5.2.2. Ústí řek
		5.2.3. Moře a oceány

Tab. č.2: CORINE Land Cover – třídy a kategorie, vlastní zpracování

Zdroj: <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/html/>

3.4. Globeland30

Informace o pokrytí půdy a její změny v průběhu času jsou nezbytné pro různé společenské potřeby, např. pro správu přírodních zdrojů, plánování měst, environmentální studia až po udržitelný rozvoj. Dálkový průzkum byl dlouho uznáván jako účinný nástroj pro mapování půdního krytu v širokém měřítku. Výsledkem je, že v globálním měřítku bylo vyvinuto několik datových souborů, mapující krajinný pokryv, ale i přesto, že tyto soubory byly hojně využívány, nedosahovaly uspokojivé kvality umožňující větší zapojení do nejrůznějších aplikací (Chen J. a kol., 2014).

Díky programu a dlouhodobému archívu a volné dostupnosti dat Landsat, se začal realizovat vývoj datového krajinného pokryvu s rozlišením 30 metrů. Tento produkt-Globeland30, je považován za vynikající volbu pro novou generaci map světového krajinného pokryvu, a to z toho důvodu, že je schopen s rozlišením 30 metrů zachytit nejvýznamnější lidské aktivity a jejich dopady na krajinný pokryv (Chen J. a kol., 2014).

Během posledních dvou desetiletí bylo intenzivně studováno získávání informací o půdním krytu ze snímků Landsat, a byla vyvinuta řada polo automatizovaných a automatizovaných metod a algoritmů. Ty byly následně aplikovány na řadu národních a regionálních projektů, které využívaly snímky krajinného pokryvu programu Landsat (Chen J. a kol., 2014).

Mapování půdního krytu s rozlišením 30 metrů v globálním měřítku je mnohem složitější oproti mapování půdního krytu v regionálním či celostátním měřítku, a to díky spoustě faktorů, např. dostupnosti kvalitních snímků pokrývající povrch celé planety Země (přibližně 150 miliónů km²). Díky tomu je vývoj přesných a spolehlivých datových produktů zaměřující se na krajinný pokryv s rozlišením 30 metrů, velice obtížným úkolem. Tento úkol vyžaduje jak vysokou úroveň finančních a lidských zdrojů, tak vysokou úroveň nejrůznějších inovací a technického zázemí (Chen J. a kol., 2014).

V roce 2010 Čínská lidová republika spustila projekt mapování světového krajinného pokryvu a z toho vzešel datový produkt s názvem Globeland30, obsahující 10 tříd, jehož cílem byly roky 2000 a 2010 (Chen J. a kol., 2014). Výsledkem projektu „Globálního mapování půdního krytu s jemnějším rozlišením“, vedeného Národním geomatickým centrem Číny (NGCC), byl jeden z prvních datových souborů, který vy-

tvůřil globální mapu půdního krytu při rozlišení 30 metrů. Odtud pochází název Globeland30. Soubor dat pokrývá dvě časová období, a to roky 2000 a 2010, sbírkou a klasifikací více než 10 000 scén, získaných především ze senzorů Landsat Thematic Mapper (TM) a Enhanced TM plus (ETM+).

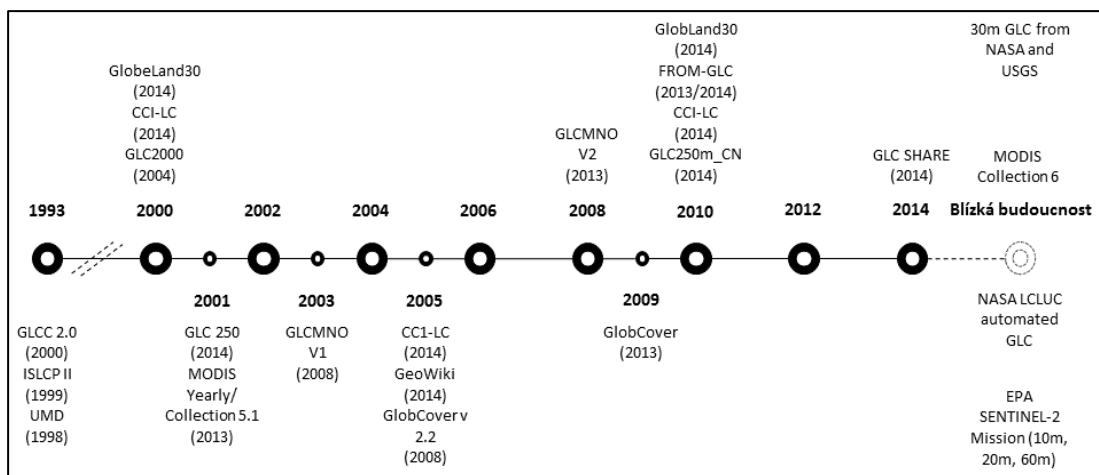
Kód	Typ	Definice
10	Obdělávaná půda	Půda využívaná pro zahradnictví, zahrady a zemědělství, včetně rýžových polí, suché a zavlažované zemědělské půdy, ovocné a zeleninové zahrady atd.
20	Lesní půda	Půda pokrytá stromy, vegetace pokrývá více než 30 %, včetně listnatých a jehličnatých lesů a řídkých lesů s krytem 10-30 %, atd.
30	Louky	Půda pokrytá přírodní trávou s pokrytím nad 10 %.
40	Křovinné plochy	Půda pokrytá keři s pokrytím přes 30 %, včetně listnatých a stálezelených keřů, a pouštní stepi s pokrytím nad 10 %, atd.
50	Vodní plochy	Vodní plochy v oblastech půdy, tj. řeky, jezera, nádrže, rybníky atd.
60	Mokřady	Půda pokrytá mokřadními rostlinami a vodními útvary včetně vnitrozemských bažin, jezerních bažin, říčních mokřinách oblastí, lesní mokřady, keřové mokřady, rašeliniště, mangrovové a slané bažiny atd.
70	Tundra	Půda pokrytá lišejníky, mechem, trvalými bylinami a keři v polárních oblastech, včetně keřové tundry, mokré tundry, bylinné tundry a neplodné tundry atd.
80	Umělé povrchy	Půda pozměněná lidskou aktivitou, včetně všech druhů bydlení, průmyslu a těžebních oblastí, dopravních staveb a zařízení a vnitřních městských zelených zón a vodních útvarů
90	Holá půda	Půda s vegetačním pokrytím nižším než 10 %, včetně pouštních, písčitých polí, pouště Gobi, holých kamenů, slané a alkalické půdy atd.
100	Trvalý sníh a led	Půda pokrytá věčným sněhem a ledovcem.

Tab. č. 3: Globeland30 – kódy, klasifikace a definice všech typů půdního pokryvu.

Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/The-classes-in-GlobeLand30-13_tbl1_318669060

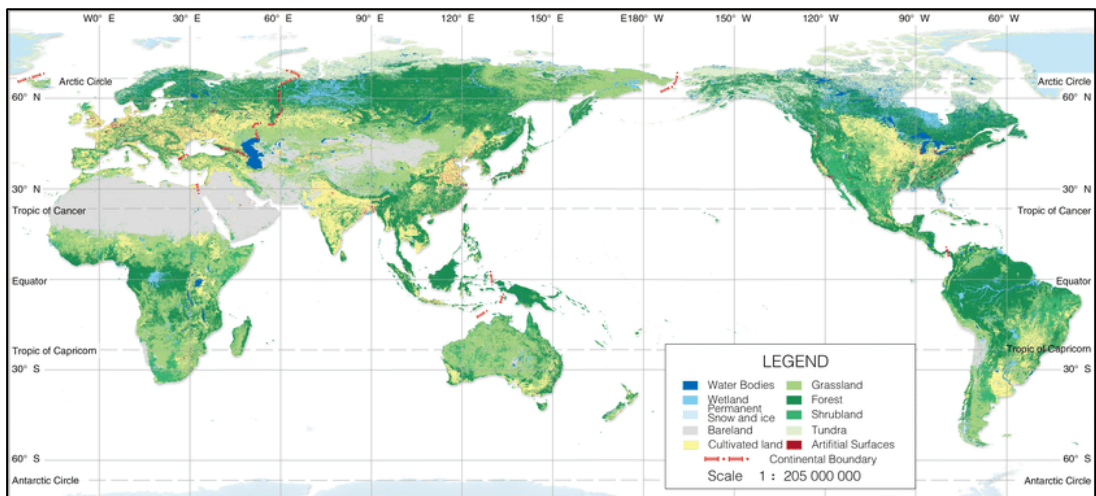
GlobeLand30 byl vytvořen z více než 20 000 snímků, pořízených družicemi Landsat a čínskou družicí HJ-1, která disponuje technologickým mapovacím přístupem založeným na technologii POK (Chen J. a kol., 2014).

23. září 2014 Čínská lidová republika darovala GlobeLand30 Organizaci spojených národů jako příspěvek a dar k celosvětové udržitelnosti rozvoje a boji proti změně klimatu (Chen J. a kol., 2014).



Obr. č. 5: Časová osa pro produkty GLC. Rok vydání pro veřejnost je v závorkách. Vlastní zpracování

Obrázek č. 5 zachycuje časovou osu produktů GLC. Většina aktuálních produktů pro tentýž referenční rok jsou uvedeny jako první. Produkty, které v blízké budoucnosti můžeme očekávat, jsou také uvedeny. Další podrobnosti o budoucích produktech jsou uvedeny v sekci Diskuse.



Obr. č. 6: Legenda GlobeLandu30 pro rok 2010
Zdroj: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/8/230>

3.5. ESA CCI Land Cover

Evropská kosmická (ESA) agentura zaměřila svou iniciativu na změnu klimatu, aby mohla reagovat na seznam přicházejících požadavků na dlouhodobé datové družicové produkty, které se zaměřují na pozorování klimatu Země. V rámci toho vznikl program Essential Climate Variables obsahující projekt Climate Change Initiative (Iniciativa pro změnu klimatu), který je zaměřen na revizi všech algoritmů potřebných pro generování produktů globálního pokryvu, které jsou stabilní a konzistentní v průběhu času a zároveň odrážejí sezónnost pokryvu. K tomuto účelu je koncept krajinného pokryvu přehodnocen tak, aby vytvořil sadu tří globálních produktů pokryvu, odpovídající obdobím 1998-2002, 2003-2007 a 2008-2012, spolu s klimatologickými 7denními časovými řadami představujícími průměrnou sezónní dynamiku (BONTEMPS S. a kol., 2015)

Projekt ESA CCI se zaměřuje, a to prostřednictvím programu ECV, na 13 klimatických proměnných v oblasti atmosféry, oceánu a pevniny. Tento výběr byl řízen požadavky GCOS. Krajinný pokryv je totiž skutečně označován za jeden z nejzřetelnějších a nejběžněji používaných ukazatelů pro zemský povrch a s tím spojené vyvolané procesy, ať už lidskou činností či přirozeně (Herold M. a kol., 2012).

Výše zmíněný projekt dodal v říjnu 2014 globální databázi půdního krytu, která byla vytvořena z map s prostorovým rozlišením 300 m, pro tři pětileté období soustředěné kolem let 2000, 2005 a 2010, pro datové produkty půdního krytu. (BONTEMPS S. a kol., 2015)

Hlavním zdrojem dat pro mapy globálního půdního krytu je úplný archiv (2003-2012) nástroje MERIS. MERIS je programovatelný zobrazovací spektrometr pracující ve spektru slunečního záření a se středně spektrálním rozlišením. Signálem ze Země může být vybráno až 15 spektrálních pásem. Technické detaily přístroje lze vidět v tabulce č. 4. MERIS je navržen tak, aby mohl získávat data ze Země vždy, když jsou vhodné světelné podmínky. Zorné pole přístroje nad nadírem dosahuje šířky 1150 km a zaujímá úhel 68,5°. Aby MERIS mohl snímat takto široké zorné pole, bylo nutné použít 5 identických optických modulů, které jsou uspořádány do tvaru ventilátoru (Rast, M. a kol., 1999)

Technické vlastnosti aparatury MERIS	
Prostorové rozlišení	Oceán: 1040 m x 1200 m, pevnina a pobřeží: 260 m x 300 m
Šířka řádku	1150 km, globální pokryv každé 3 dny
Vlnová délka	15 pásem volitelných v celém rozsahu: 390 nm až 1040 nm (šířka pásma programovatelná mezi 2,5 a 30 nm)
Použití	pevnina (vegetace), oceán a pobřeží, atmosféra (mraky/srážky)
Typ	Zobrazovací multispektrální radiometr (viditelného / infračerveného záření)
Stav	Již není funkční

Tab. č. 4: Technické vlastnosti aparatury MERIS

Zdroj: Vlastní zpracování dle <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat/instruments/meris>

Hodnota	Označení	Barva
0	Žádné data	
10	Úrodná půda, závlahy formou srážek	
20	Úrodná půda, závlahové systémy	
30	Skladba úrodné půdy (>50 %) / přírodní vegetace (stromy, keře, bylinný porost) (<50 %)	
40	Skladba přírodní vegetace (stromy, keře, bylinný porost) (>50 %) / úrodná půda (<50 %)	
50	Stromový pokryv, listnatý, stále zelený (>15 %)	
60	Stromový pokryv, listnatý, opadavý (>15 %)	
70	Stromový pokryv, jehličnatý, stále zelený (>15 %)	
80	Stromový pokryv, jehličnatý, opadavý (>15 %)	
90	Stromový pokryv, smíšený typ listů (listnaté a jehličnaté)	
100	Stromová a keřová skladba pokryvu (>50 %) / bylinný pokryv (<50 %)	
110	Bylinná skladba pokryvu (>50 %) / stromy a keře (<50 %)	
120	Křoviny	
130	Travní porost	
140	Lišejníky a mechy	
150	Řídká vegetace (stromy, keře, bylinný porost) (<15 %)	
160	Lesní pokryv, zatopený, surová nebo brakická voda	
170	Lesní pokryv, zatopený, slaná voda	
180	Keřový nebo bylinný pokryv, zatopený, surová/slaná/brakická voda	
190	městské oblasti	
200	Holé oblasti	
210	Vodní útvary	
220	Permanentní sníh a led	

Tab. č. 5: ESA CCI-LC – kódy, klasifikace a definice všech typů krytu

Zdroj: Vlastní zpracování

4. Metodika

Tato část práce se věnuje tomu, jak vypadá zpracování a jaké datové sady byly použity. Dále je zde k nalezení postup tvorby praktické části práce a způsob, jakým byl veden postup k potřebným datům. Výsledná data byla poté využita k posouzení zhodnocení výsledku.

4.1 Vstupní data

Všechna použitá data (datové sady) jsou k dispozici volně a zdarma ke stažení na internetu. Mluvíme zde o rastroch Corine Land Cover s rozlišením 250 metrů a 100 metrů, Globeland30, který byl v rozlišení 30 metrů a ESA Land Coveru, který měl rozlišení 300 metrů. Referenčním rokem pro porovnávání těchto sad byl zvolen rok 2000, a to z toho důvodu, že všechny 3 porovnávané datové sady byly pro tento rok publikovány.

Datová sada	Zdroj	Referenční rok	Rozlišení	Souřadnicový systém
GlobeLand 30	http://www.globallandcover.com/	2000	30 m	WGS_1984_UTM_Zone_33 N
Corine Land Cover	https://land.copernicus.eu/	2000	100 m	ETRS_1989_LAEA
Corine Land Cover	https://land.copernicus.eu/	2000	250 m	ETRS_1989_LAEA
ESA Land Cover	https://www.esa-landcover-cci.org/	2000	300 m	WGS_1984

Tab. č. 6: Seznam použitých vstupních datových sad

Zdroj: Vlastní zpracování

4.2 Příprava dat

Nejprve bylo započato s tvorbou mozaiky z rastrové vrstvy Globeland30. Vrstva Globeland30 pro Slovenskou republiku je rozdělena celkem do 2 částí (obdélníků), které bylo potřeba spojit a tímto krokem vytvořit mozaiku. K vytvoření této mozaiky byla použita funkce COPY RASTER.

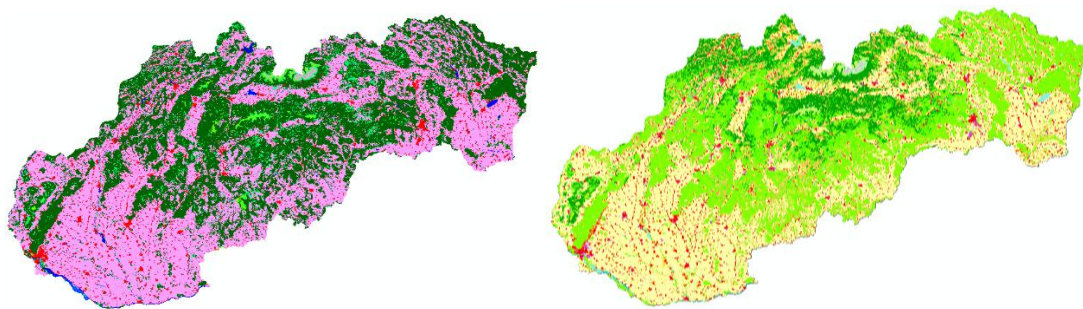


Obr. č. 7: Tvorba mozaiky na podkladu Globeland30
Zdroj: Vlastní tvorba v prostředí ArcMap 10.4

Díky této funkci se podařilo odstranit černé pozadí (oblast NoDATA), které bylo okolo všech částí této mozaiky. Když byly jednotlivé snímky očištěny, byla použita funkce MOSAIC TO NEW RASTER, díky čemuž se podařilo vytvořit jeden společný snímek (obr. č. 7).

Všechny nahrané vrstvy byly v tuto chvíli sloučeny do jednotného souřadnicového systému – ETRS 1989 LAEA, který byl vybrán jako výchozím pro tuto práci. Tento souřadnicový systém je výchozím systémem pro CORINE Land Cover. Transformace rastrových vrstev Globelandu30 a ESA Land Cover byla provedena pomocí funkce RASTER PROJECT, kde byla vybrána interpolační metoda „Nearest Neighbour“. Funkce PROJECT pak transformovala shapefile Slovenské republiky.

Posledním krokem v této části práce, která měla za cíl připravit veškerá data k samotnému porovnávání, bylo využití funkce CLIP, která ořízla území Slovenské republiky (obr. č. 8).



Obr. č. 8: Zájmové území vyříznuté pomocí funkce CLIP.
Zdroj: Vlastní tvorba v prostředí ArcMap 10.4

4.3 Měřítka

4.3.1. Změna měřítka – tematická

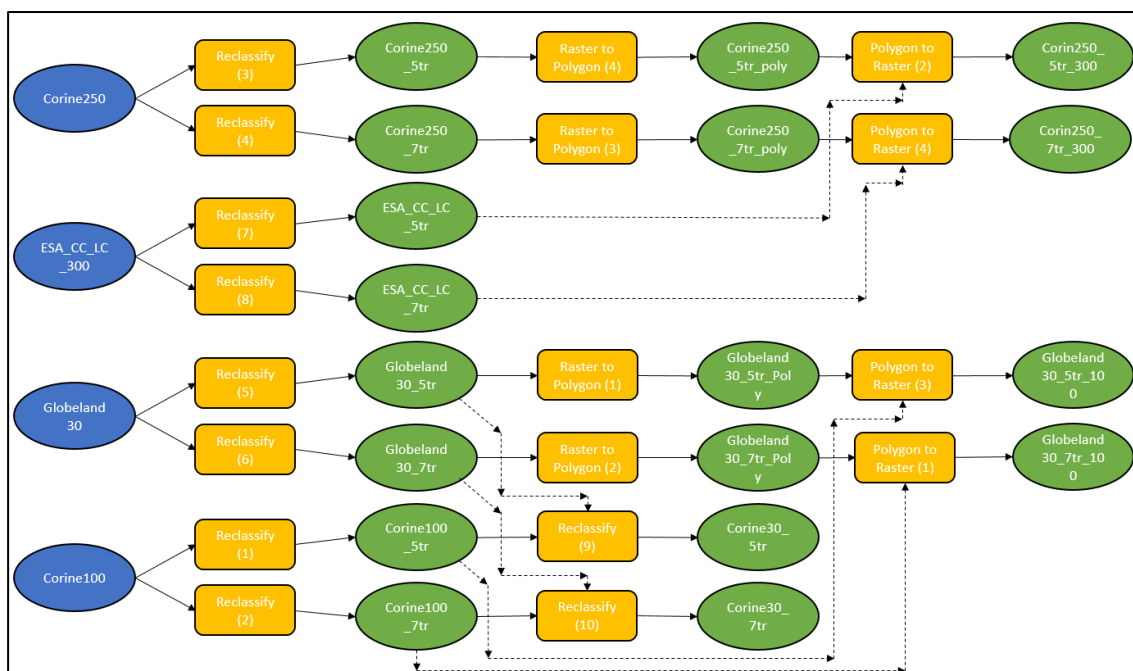
Nyní bylo třeba začít s reklasifikací – sjednocením tříd. K inspiraci posloužil vědecký článek od italské profesorky Marii Antonii Brovelli, který popisuje, jakým způsobem porovnat datové sady a klasifikovat je na 8 a 5 tříd. Na zvoleném území se ale nenachází třída ledovce a stálého sněhu, tudíž byla klasifikace lokalizována na místní podmínky, to znamená na 7 a 5 tříd. Klasifikace byla započata pomocí funkce RECLASSIFY. Číselné označení GlobeLandu30 je považováno za referenční a je aplikováno na CORINE Land Cover a ESA Land Cover viz tab. č. 7. Pro GlobeLand30 v této práci platí sjednocení v 7 a 5 třídách, u 7 tříd došlo ke sjednocení luk (grassland) a křovinných ploch (shrubland). U 5 tříd došlo ke spojení křovinných ploch, holé půdy (bareland) a lesů (forest). U Corine Land Cover byla použita 1. úroveň jako referenční. ESA Land Cover je klasifikováno dle tříd GlobeLandu30.

GlobeLand 30	Kódové označení	Corine Land Cover	ESA Land Cover
Obdělávaná půda	10	Zemědělské plochy (211,221,222,231,242,243)	Zemědělské plochy (10,11,12,40,150)
Lesy, křovinné plochy a holá půda	20	Lesy a polopřírodní oblasti; Plochy s křovinnou a travnatou vegetací (321,322,324); Otevřené plochy s malým zastoupením vegetace nebo bez vegetace (332,333)	Lesy (30,60,70,80,90,110); Křovinné plochy (100,130); Holá půda (200,201)
Mokřady	50	Humidní území (411,412)	Humidní území (180)
Vodní plochy	60	Vodní plochy (511,512)	Vodní plochy (210)
Umělé povrchy	80	Urbanizovaná území (111,112,121,122,123,124)	Urbanizovaná území (190)

Tab. č. 7: Tabulka vyobrazující nově vytvořenou klasifikaci včetně původního číselného značení
Zdroj: Vlastní tvorba

4.3.2. Změna měřítka – prostorová

Pro potřebu objektivního porovnávání datové sady GlobeLand30 a Corine Land Cover bylo potřeba přistoupit k „zhoršování rastru“ GlobeLandu30 do nižšího rozlišení, které by odpovídalo CORINE Land Cover ve 100 m. CORINE LC s rozlišením 250 m bylo transformováno do rozlišení s 300 m. U obou výše zmíněných datových produktů šlo vždy o transformaci pro 5 a 7 tříd. U ESA Land Cover nebylo potřeba žádné změny rozlišení, protože tato datová sada je v rozlišení 300 m defaultně. Změna rozlišení v prostředí ArcMap proběhla prostřednictvím funkce RASTER TO POLYGON. Tato funkce slouží k převedení celého rastru do polygonu, který byl poté převeden prostřednictvím POLYGON TO RASTER zpět. Nastavení této funkce ovšem umožnilo hýbat s požadovanou velikostí rozlišení. Dále bylo v nastavení vybráno MAXIMUM COMBINED AREA – pokud existuje více než jedna hodnota land coveru v buňce, dojde ke kombinaci těchto hodnot. Hodnota land coveru s největší oblastí uvnitř buňky bude určovat hodnotu, která má být přiřazena buňce. Dále byl použit nástroj geoprocesingu PROCESSING EXTENT a funkce SNAP TO RASTER, kvůli zarovnání buněk. Transformace CORINE ze 100 m na 30 m proběhla díky funkci RECLASSIFY, kde v položce environments bylo zvoleno RASTER ANALYSIS. Tato funkce dovoluje převést velikosti buněk do výchozích hodnot další datové sady.



Obr. č. 9: Model Builder postupu
Zdroj: Vlastní tvorba v prostředí ArcMap 10.4

4.4 Vytvoření bodů v rastru

V této části bylo potřeba převést vrstvy rastrů do bodů. K tomuto úkonu posloužila funkce RASTER TO POINTS. To mělo za následek tvorbu miliónu bodů ve středu buněk na území Slovenské republiky. Aby bylo možné spojit hodnoty, a to ve všech požadovaných měřítkách, byl využit nástroj EXTRACT MULTI VALUES TO POINTS.

4.5 Průběh porovnávání datových sad

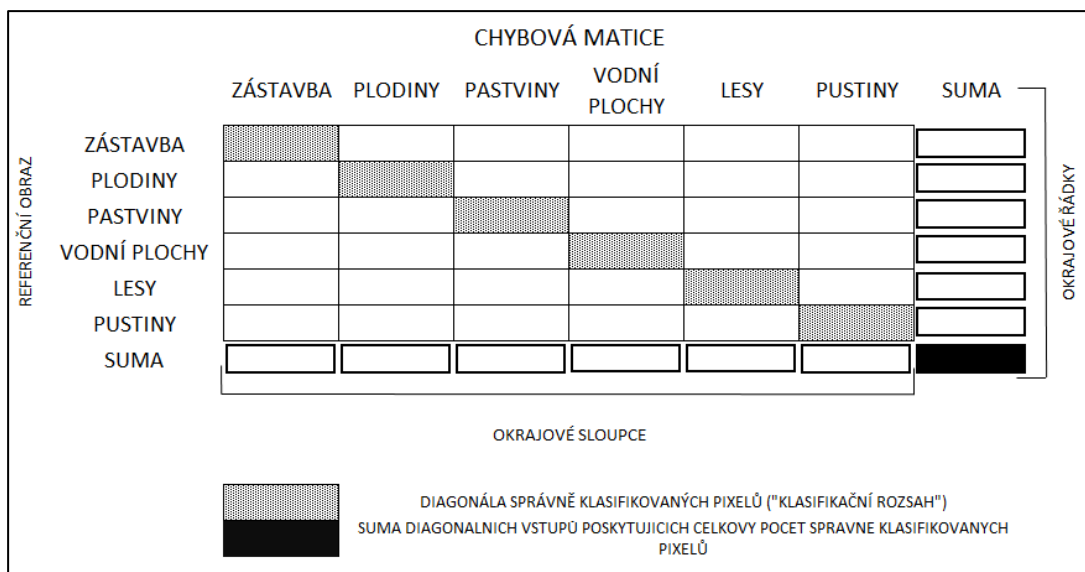
Nástrojem FREQUENCY byla data z předešle transformovaných vrstev zformována do tabulky, která obsahuje nově přiřazené klasifikační třídy. Díky tomu bylo možné tato data použít v chybové matici neboli confusion matrix. U rozlišení ve 30 m proběhlo srovnání „vylepšené“ vrstvy CORINE 100, transformované do 30 m, s GlobeLand. U rozlišení ve 100 m proběhlo srovnání CORINE 100 a se „zhoršeným“ GlobeLandem, který byl transformován z 30 m do 100 m. Rozlišení 250 m ukázalo srovnání mezi vrstvami ESA Land Cover a CORINE, kde CORINE bylo „zhoršeno“ na toto rozlišení.

V závěru tohoto projektu, který si vzal za cíl srovnání výše uvedených datových sad, bylo provedeno srovnání se snímkem ortofoto mapy z roku 2000 od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

4.6 Hodnocení preciznosti klasifikace

Základním stavebním kamenem porovnávání jednotlivých datových sad v této práci je chybová matice, která umožnila vypočítat vlastnosti datové sady z hlediska zastoupení jednotlivých klasifikačních tříd. Referenčním produktem byla zvolena vrstva GlobeLandu.

Přesnost (neboli preciznost) klasifikace se obvykle posuzuje díky chybové matici (confusion matrix, error matrix). Tato matice se zabývá formulací vztahu mezi referenčními daty a výslednou klasifikací. Hodnoty v této matici představují kvantum pixelů. Můžou také představovat procentuální díl této matice. Všechny řádky v této matici byly získány průzkumem. Sloupce matice jsou tvořeny hodnotami, které byly získali vlastní klasifikací.



Obr. č. 10: Příklad chybové matice
Zdroj: Vlastní tvorba

V současnosti je veliké množství indexů, popisující kvalitu klasifikace, které mohou být odvozeny z matice chyb. V souladu s „osvědčenými postupy“ byly v této práci použity nejčastěji používané indexy: celková přesnost (OA), přesnost z hlediska uživatele (UA), přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (Broveli, 2015). Dalšími indexy, jako je například lokalizační neshoda (AD) či množství neshod (QD), se tato práce nezabývala.

Celková přesnost je jednou z nejpůvodnějších možností měření a udává procento správně klasifikovaných pixelů. To lze jednoduše vypočítat, jak je uvedeno v rovnici č. 1, kde q je počet tříd, n_{ii} jsou diagonální prvky a n představuje celkový počet zvažovaných pixelů.

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^q n_{ii}}{n} \times 100$$

Rovnice č. 1: OA – Celková přesnost

Na rozdíl od celkové přesnosti umožňuje přesnost z hlediska uživatele a přesnost z hlediska výrobce pochopit kvalitu klasifikace každé jednotlivé třídy i . Zejména přesnost uživatele vyjadřuje přesnost klasifikace z perspektivy uživatele a lze ji definovat jako procento správně klasifikovaných pixelů, které odpovídají skutečnému povrchu. Přesnost z hlediska zpracovatele může být definována jako procento pixelů odpovídajících správnému zjištění a skutečnému povrchu na zemi. Uživatelská přesnost

a zpracovatelská přesnost může být vyjádřena dle rovnic č. 2 a č. 3. Ni a N+i představují součet okrajových sloupců a řádků.

$$\begin{aligned}
 UA_i &= \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \times 100 \\
 PA_i &= \frac{n_{ii}}{n_{+i}} \times 100
 \end{aligned}$$

Rovnice č. 2: UA – přesnost z hlediska uživatele (uživatelská přesnost)

Rovnice č. 3: PA – přesnost z hlediska zpracovatele (zpracovatelská přesnost)

Je tedy zřejmé, že hodnocení přesnosti klasifikace do značné míry závisí na tom, jak byly mapové sady vytvořeny. Komplexnějším měřítkem přesnosti klasifikace je koeficient Kappa ($K\Lambda$) (Tymków, 2009). Tento koeficient porovnává počet pixelů v každé buňce v matici chyb s možností distribuovat pixely jako náhodnou proměnnou (Rosenfield, Fitzpatrick-Lins, 1986). Kappa koeficient byl vypočten podle tohoto vzorce:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^m D_{ij} - \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_j}{N^2 - \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_j}$$

Rovnice č. 4: K – Vzorec hodnoty Kappa

$K\Lambda$ – Kappa koeficient,

N – celkový počet pixelů,

m – počet tříd,

$\sum D_{ij}$ – celkové diagonální prvky matice chyb (součet správně klasifikovaných pixelů),

R_i – celkový počet pixelů v řádku i,

C_j – celkový počet pixelů ve sloupci j.

Zaznamenaná hodnota odráží celkovou přesnost klasifikace a náhodné shody – hodnocení konzistence mezi leteckým obrazem a odkazovaným rastrem s náhodným rozložením pixelů ve třídách (Chandr, Gosh, 2008). Landis a kol. nabízí tento výklad hodnoty Kappa, viz tab. č. 8.

Hodnota koeficientu Kappa	Interpretace shody
$0,81 \leq \hat{K} \leq 1,00$	téměř dokonalá shoda
$0,61 \leq \hat{K} \leq 0,80$	značná shoda
$0,41 \leq \hat{K} \leq 0,60$	průměrná shoda
$0,21 \leq \hat{K} \leq 0,40$	uspokojivá shoda
$0,00 \leq K \leq 0,20$	mírná shoda
$\hat{K} < 0,00$	velmi slabá shoda

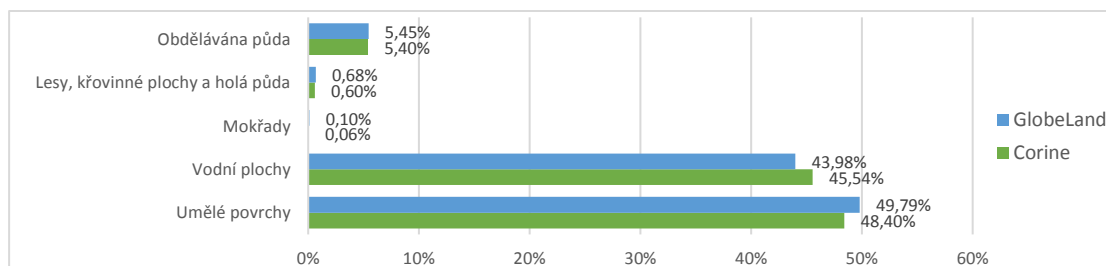
Tab. č. 8: Výklad koeficientu Kappa

Zdroj: Accuracy assessment of automatic image processing for land cover classification of St. Petersburg protected area* 1

5. Výsledky

5.1 Měření s rozlišením 30 metrů

Na následujícím grafu č. 1 je zobrazeno procentuální srovnání porovnávaných datových sad Globelandu a CORINE, a to z hlediska celkového zastoupení klasifikačních tříd. Referenční sadou je zde CORINE.



Graf. č. 1: Procentuální složení jednotlivých klasifikačních tříd ve 30 metrech v 5 třídách.

Následující tabulka č. 9 je chybovou maticí pro 5 klasifikačních tříd. Celková přesnost (OA) zde dosáhla hodnoty 93,9 % a hodnota Kappa byla 0,89, což je považováno za téměř dokonalou shodu. Nejnižší hodnotu v uživatelské přesnosti zde mají třída mokřad (19,85 %) a třída vodních ploch (76,79 %). Při bližším pohledu na tyto nízké hodnoty lze zjistit, že z hlediska přesnosti uživatele byla třída mokřad sadou GlobeLand30 nejvíce špatně klasifikována jako obdělávaná půda (12 790 pixelů). Při pohledu na přesnost z hlediska zpracovatele dosáhly nejnižší hodnoty mokřady (11,28 %) a vodní plochy (68,85 %). Zde byly mokřady chybně klasifikovány jako třída lesy, křovinné plochy a holá půda (37 336 pixelů). Nejvyšší hodnoty u přesnosti z hlediska uživatele dosahuje obdělávaná půda (95,67 %) a lesy, křovinné plochy a holá půda (93,71 %). Mokřady jsou u této přesnosti z celkového počtu 54 524 188 pixelů správně klasifikovány pouze ve 32 107 pixelech.

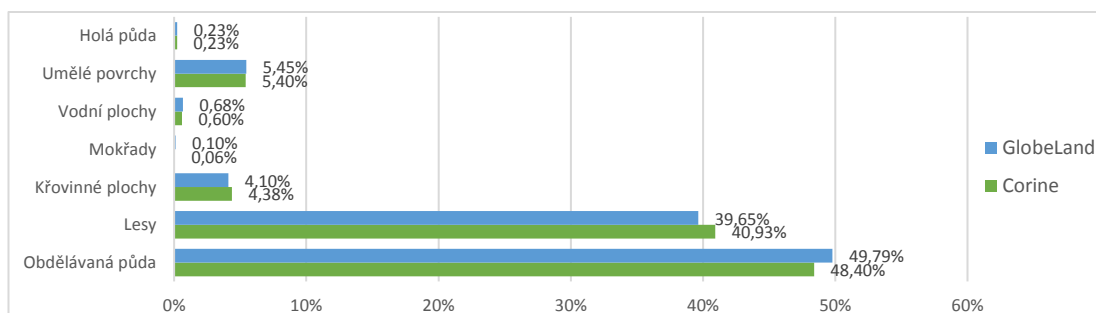
5 klasifikačních tříd		GlobeLand30						Přesnost z hlediska uživatele (UA) (%)
		Obdělávaná půda	Lesy, křovinné plochy a holá půda	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Celkově správně klasifikované	
Corine Land Cover	Obdělávaná půda	25 245 528	577 520	8 327	67 704	488 985	26 388 064	95,67
	Lesy, křovinné plochy a holá půda	1 445 537	23 266 965	37 336	24 039	54 439	24 828 316	93,71
	Mokřady	12 790	4 412	6 373	8 186	346	32 107	19,85
	Vodní plochy	43 720	24 060	3 825	252 722	4 800	329 127	76,79
	Umělé povrchy	405 486	100 737	643	14 397	2 425 311	2 946 574	82,31
	Celková správnost	27 153 061	23 973 694	56 504	367 048	2 973 881	54 524 188	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (%)	92,98	97,05	11,28	68,85	81,55			

Celková přesnost (OA): 93,9 %

Kappa: 0,89

Tab. č. 9: Chybová matice pro 5 tříd ve 30metrovém rozlišení

Další graf č. 2 a tabulka č. 10 zachycují porovnání opět ve 30 metrech, tentokrát však v rozdělení do 7 klasifikačních tříd. Tím, že byl navýšen počet těchto tříd mělo za následek mírné zhoršení celkové přesnosti, která klesla z 93,9 % na 92,3 % a také hodnoty Kappa z 0,89 na 0,87. V rámci rozmezí hodnot Kappa je však toto velmi mírné zhoršení pořád považováno za téměř dokonalou shodu. Z hlediska přesnosti uživatele nejnižší hodnotou je třída mokřad (19,85 %). Při větším detailu této nejnižší hodnoty si lze všimnout, že je opět nejvíce chybně klasifikována jako obdělávaná půda (12 790 pixelů). Nejlépe hodnocenou třídou v této přesnosti je třída obdělávané půdy (95,67 %) s celkovým počtem správně klasifikovaných 26 388 064 z 54 524 188 pixelů. Z pohledu přesnosti zpracovatele má nejnižší hodnotu třída mokřad (11,28 %). Při pohledu na detail této hodnoty lze zjistit, že z celkového počtu 56 504 pixelů GL30 správně klasifikovalo pouze 6 373 pixelů a nejvíc tuto třídu mokřad zaměnilo za třídu lesů (25 738 pixelů).



Graf. č. 2: Procentuální složení jednotlivých klasifikačních tříd ve 30 metrech v 7 třídách.

7 klasifikačních tříd		GlobeLand30							Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA) (%)
		Obdělávaná půda	Lesy	Křovinné plochy	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Holá půda		
Corine Land Cover	Obdělávaná půda	25 245 528	496 706	80 720	8 327	67 704	488 985	94	26 388 064	95,67
	Lesy	1 283 738	20 540 513	398 718	25 738	17 173	49 641	2 547	22 318 068	92,04
	Křovinné plochy	160 220	479 644	1 715 265	11 598	6 082	4 770	9 077	2 386 656	71,87
	Mokřady	12 790	3 420	992	6 373	8 186	346	0	32 107	19,85
	Vodní plochy	43 720	14 713	9 347	3 825	252 722	4 800	0	329 127	76,79
	Umělé povrchy	405 486	76 683	23 183	643	14 397	2 425 311	871	2 946 574	82,31
	Holá půda	1 579	1 295	5 019	0	784	28	114 887	123 592	92,96
	Celková správnost	27 153 061	21 612 974	2 233 244	56 504	367 048	2 973 881	127 476	54 524 188	
	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (%)	92,90	95,04	76,81	11,28	68,85	81,55	90,12		

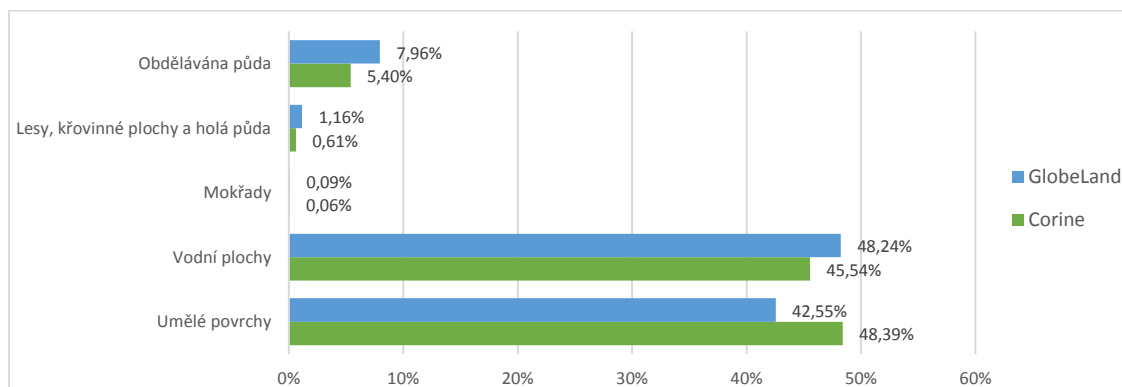
Celková přesnost (OA): 92,3 %

Kappa: 0,87

Tab. č. 10: Chybivá matice pro 7 tříd ve 30metrovém rozlišení.

5.2 Měření s rozlišením 100 metrů

Tato část se věnovala porovnávání, kdy GlobeLand byl „zhoršen“ z 30 metrů na rozlišení ve 100 metrech, zatímco CORINE zůstalo ve svém původním rozlišení a je bráno za referenční sadu. Zaznamenán byl opět pokles celkové přesnosti na 91,4 % a hodnota Kappa dosáhla 0,85 (viz tab. č. 11), což je pořád téměř dokonalá shoda. Z hlediska uživatelské přesnosti dosahuje nejnižší hodnoty třída mokřad (19,75 %) a třída obdělávané půdy (85,91 %). Při větším detailu třídy mokřad lze zpozorovat, že GL30 do této třídy nejvíce klasifikoval vodní plochy (1 020 pixelů). Z hlediska přesnosti zpracovatele tato testovací sada opět chybně klasifikovala mokřady, tentokrát ovšem jako třídu lesů, křovinných ploch a holé půdy (2 737 pixelů). Nejvyšších hodnot u této přesnosti dosáhla třída lesů, křovinných ploch a holé půdy (97,77 %) a třída obdělávané půdy (97,71 %). Třída s nejnižší hodnotou správné procentuální klasifikace u této přesnosti je třída mokřad.



Graf. č. 3: Procentuální složení jednotlivých klasifikačních tříd ve 100 metrech pro 5 tříd.

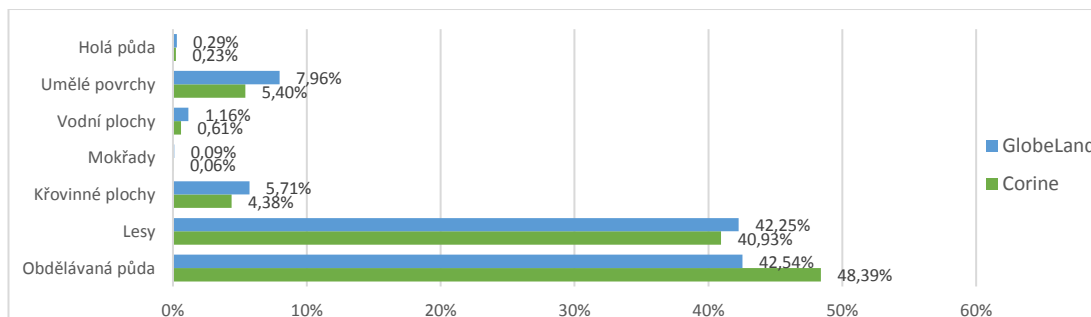
5 klasifikačních tříd		GlobeLand30						Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA) (%)
		Obdělávaná půda	Lesy, křovinné plochy a holá půda	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy			
Corine Land Cover	Obdělávaná půda	2 041 098	186 561	1 012	20 872	126 216	2 375 759	85,91	
	Lesy, křovinné plochy a holá půda	37 028	2 173 108	2 737	7 796	14 940	2 235 609	97,20	
	Mokřady	808	380	572	1 020	117	2 897	19,75	
	Vodní plochy	1 417	1 013	38	26 032	1 324	29 824	87,26	
	Umělé povrchy	8 541	6 983	21	1 436	248 261	265 242	93,60	
	Celková správnost	2 088 892	2 368 045	4 380	57 156	390 858	4 909 331		
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (%)	97,71	97,77	13,06	45,55	63,52				

Celková přesnost (OA): 91,4 %

Kappa: 0,85

Tab. č. 11: Chybová matice pro 5 tříd ve 100metrovém rozlišení.

Tab. č. 12 zobrazuje srovnání CORINE LC a GlobeLand30 v 7 klasifikačních třídách pomocí chybové matice. CORINE je zde opět jako referenční produkt. Hodnota Kappa je u tohoto měření 0,82, což znamená téměř dokonalou shodu. Celková přesnost je zde 88,9 %.



Graf. č. 4: Procentuální složení jednotlivých klasifikačních tříd ve 100 metrech pro 7 tříd.

Z hlediska uživatelské přesnosti nejnižší hodnotu má třída mokřad (19,75 %) a třída křovinných ploch (78,86 %). Detail třídy mokřad při této přesnosti odhalí, že GL30 místo správného zařazení tuto třídu nejvíce chybně klasifikuje jako třídu vodních ploch (1 020 pixelů). Třídu křovinných ploch nejvíce chybně klasifikuje jako třídu lesů (32 213). Nejvyšší hodnoty u této přesnosti shodně dosahují třídy lesů a holé půdy (97,71 %). Při přesnosti z hlediska zpracovatele nejnižší hodnoty dosahuje třída mokřad (13,06 %) a třída vodních ploch (45,67 %). Mokřady nejčastěji chybně klasifikovány jako lesy (1 855 pixelů). Nejvyšší hodnotu u této přesnosti dosahuje třída obdělávané půdy (97,71 %), kdy z celkového počtu 2 088 464 je správně klasifikováno 2 040 728 pixelů

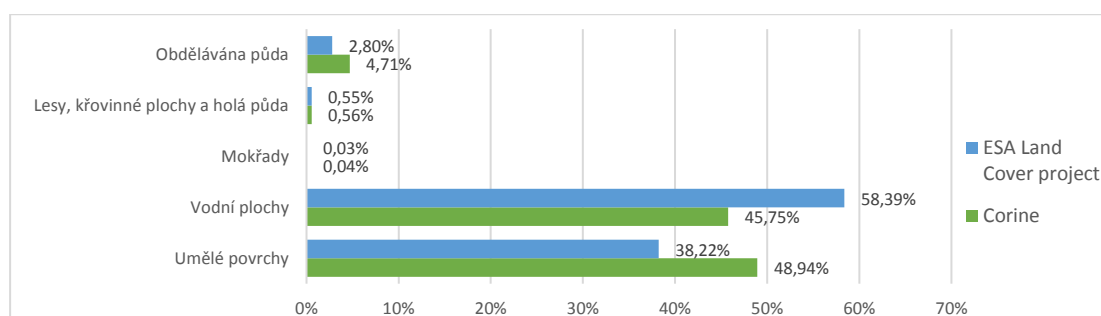
7 klasifikačních tříd		GlobeLand30							Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA) (%)
		Obdělávaná půda	Lesy	Křovinné plochy	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Holá půda		
Corine Land Cover	Obdělávaná půda	2 040 728	167 066	19 811	1 012	20 873	126 215	54	2 375 759	85,90
	Lesy	30 145	1 868 695	88 985	1 855	5 685	13 619	643	2 009 600	97,71
	Křovinné plochy	6 793	32 213	169 435	883	1 934	1 318	2 288	214 864	78,86
	Mokřady	808	296	84	572	1 020	117	0	2 897	19,75
	Vodní plochy	1 416	643	372	38	26 031	1 324	0	29 824	87,28
	Umělé povrchy	8 540	5 274	1 632	21	1 429	248 227	119	265 242	93,59
	Holá půda	1 579	1 295	5 019	0	784	28	114 887	123 592	97,71
	Celková správnost	2 088 464	2 074 195	280 476	4 381	57 000	390 821	13 994	4 909 331	
	Přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (%)	97,71	90,09	60,41	13,06	45,67	63,51	77,82		

Celková přesnost (OA): 88,9 % Kappa: 0,82

Tab. č. 12: Chybová matice pro 7 tříd ve 100metrovém rozlišení.

5.3 Měření s rozlišením 300 metrů

V této části šlo o porovnání zhoršeného CORINE do 300 metrů a ESA Land Cover project ve svém původním rozlišení. Procentuálnímu zastoupení tohoto měření se věnuje graf č. 5. Celková přesnost zde poklesla na 82,01 % a hodnota Kappa také poklesla na 0,67, což znamená značnou shodu.



Graf. č. 5: Procentuální složení jednotlivých klasifikačních tříd ve 300 metrech pro 5 tříd.

Uživatelské přesnost nabývá nejnižší hodnoty ve třídě mokřadů (5,70 %). Třídou s druhou nejnižší hodnotou je třída umělých povrchů (49,08 %). Při bližším pohledu na tyto hodnoty lze zjistit, že ESA z celkového počtu pixelů (193) pro tuto třídu správně klasifikovala jako mokřady pouze 11 pixelů. Největší hodnoty u této přesnosti nabyla třída lesů, křovinných ploch a holé půdy (96,97 %). U přesnosti z hlediska zpracovatele nejnižší hodnotu měla třída mokřad (7,01 %). Při detailnějším rozboru této hodnoty si lze všimnout, že ESA tuto třídu nejčastěji klasifikovala jako lesy, křovinné plochy a holou půdu (75 z 157 pixelů). Nejvyšší hodnotu u této přesnosti registruje třída obdělávané půdy (91,31 %).

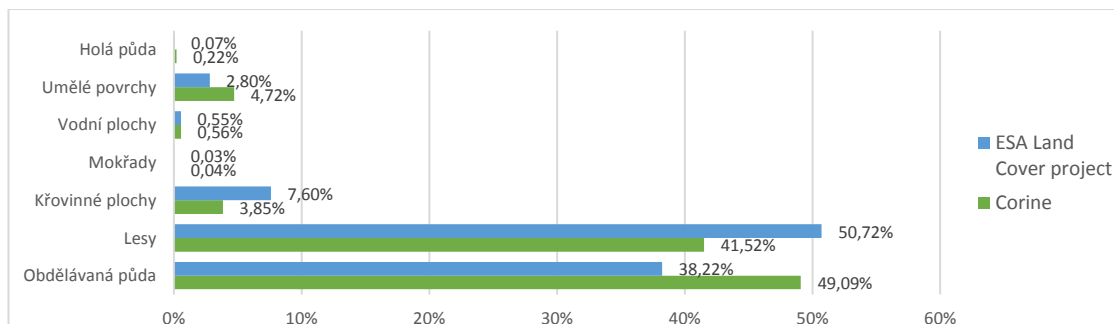
5 klasifikačních tříd		ESA Land Cover					Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA) (%)
		Obdělávaná půda	Lesy, křovinné plochy a holá půda	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy		
Corine Land Cover	Obdělávaná půda	165 559	64 014	50	320	2 197	232 140	71,32
	Lesy, křovinné plochy a holá půda	6 215	210 338	75	189	101	216 918	96,97
	Mokřady	135	38	11	7	2	193	5,70
	Vodní plochy	317	248	18	2 032	29	2 644	76,85
	Umělé povrchy	9 081	2 236	3	62	10 970	22 352	49,08
	Celková správnost	181 307	276 874	157	2 610	13 299	474 247	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (%)	91,31	75,97	7,01	77,85	82,49			

Celková přesnost (OA): 82,01 %

Kappa: 0,67

Tab. č. 13: Chybová matice pro 5 tříd ve 300metrovém rozlišení.

U tabulky č. 6 je vyobrazeno procentuální porovnání mezi uvedenými datovými produkty s tím rozdílem, že se zde jedná o 7 klasifikačních tříd. Celková přesnost zde opět měla sestupný trend a zastavila se na hodnotě 76,7 %. Hodnota Kappa zde klesla na úroveň značné shody s hodnotou 0,7, což lze stále znamená značnou shodu.



Graf. č. 6: Procentuální složení jednotlivých klasifikačních tříd ve 300 metrech pro 7 tříd.

Při pohledu na přesnost z hlediska uživatele dosahuje nejnižší hodnoty třída mokřad (5,64 %) a třída křovinných ploch (14,82 %). Při pohledu na detaily lze zjistit, že mokřady zde byly nejvíce chybně klasifikovány jako obdělávaná půda (136 pixelů) a třída křovinných ploch nejvíce chybně klasifikována jako třída lesů (14 032 pixelů). Největší hodnoty u této přesnosti nabyly třída lesů (92,55 %) s počtem 182 199 správně klasifikovaných pixelů. Z hlediska zpracovatelské přesnosti má nejvyšší hodnotu třída holé půdy (92,24 %). Nejnižší naopak třída mokřad (7,01 %) a třída křovinných ploch (7,50 %). Třída mokřad byla chybně klasifikována nejvíce jako lesy (58 pixelů) a třída křovinných ploch byla špatně klasifikována nejvíce jako obdělávaná půda (22 588 pixelů).

7 klasifikačních tříd		ESA Land Cover							Celkově správně klasifikované	Přesnost z hlediska uživatele (UA) (%)
		Obdělávaná půda	Lesy	Křovinné plochy	Mokřady	Vodní plochy	Umělé povrchy	Holá půda		
Corine Land Cover	Obdělávaná půda	165 590	42 111	22 588	51	320	2 199	0	232 859	71,11
	Lesy	4 639	182 199	9 763	58	126	79	0	196 864	92,55
	Křovinné plochy	1 400	14 032	2 703	16	50	14	23	18 238	14,82
	Mokřady	136	22	17	11	7	2	0	195	5,64
	Vodní plochy	317	218	32	18	2 037	29	0	2 651	76,84
	Umělé povrchy	9 085	1 753	511	3	62	10 975	3	22 392	49,01
	Holá půda	140	162	407	0	7	1	309	1 026	30,12
	Celková správnost	181 307	240 497	36 021	157	2 609	13 299	335	474 225	
Přesnost z hlediska zpracovatele (PA) (%)	91,33	75,76	7,50	7,01	78,08	82,53	92,24			

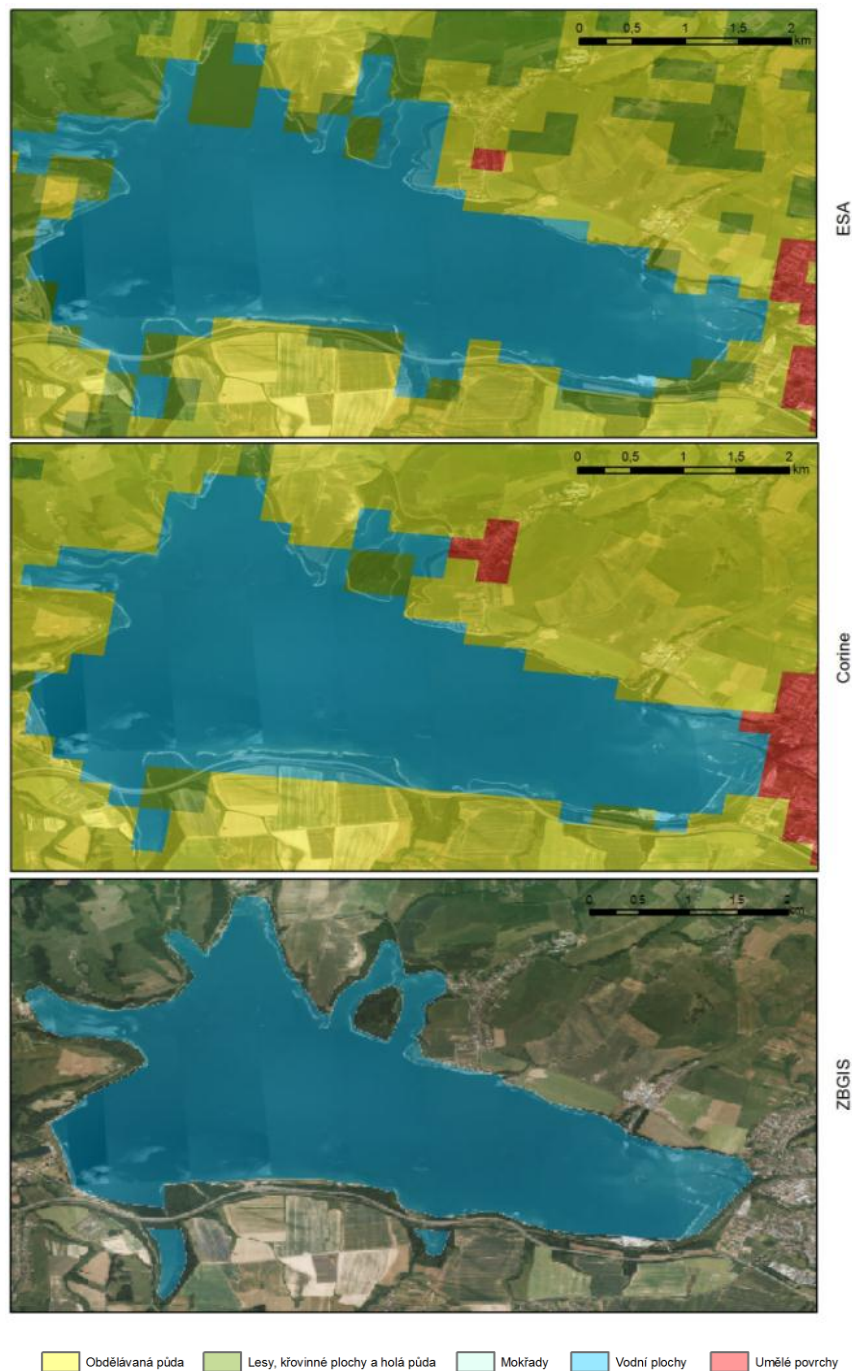
Celková přesnost (OA): 76,7 %

Kappa: 0,61

Tab. č. 14: Chybová matice pro 7 tříd ve 300metrovém rozlišení.

5.4 Srovnání výsledků experimentu se snímky ortofoto a ZBGIS

Toto srovnání slouží k lepšímu porozumění a pochopení jednotlivých rozdílů mezi porovnávanými datovými sadami. Největší rozdíly byly nalezeny u umělých povrchů, především pak u vodních ploch. Do srovnání byla zapojena slovenská Základní báze údajů pro geografický informační systém (zkráceně ZBGIS), která je považována za obdobu českého DIBAVODu.



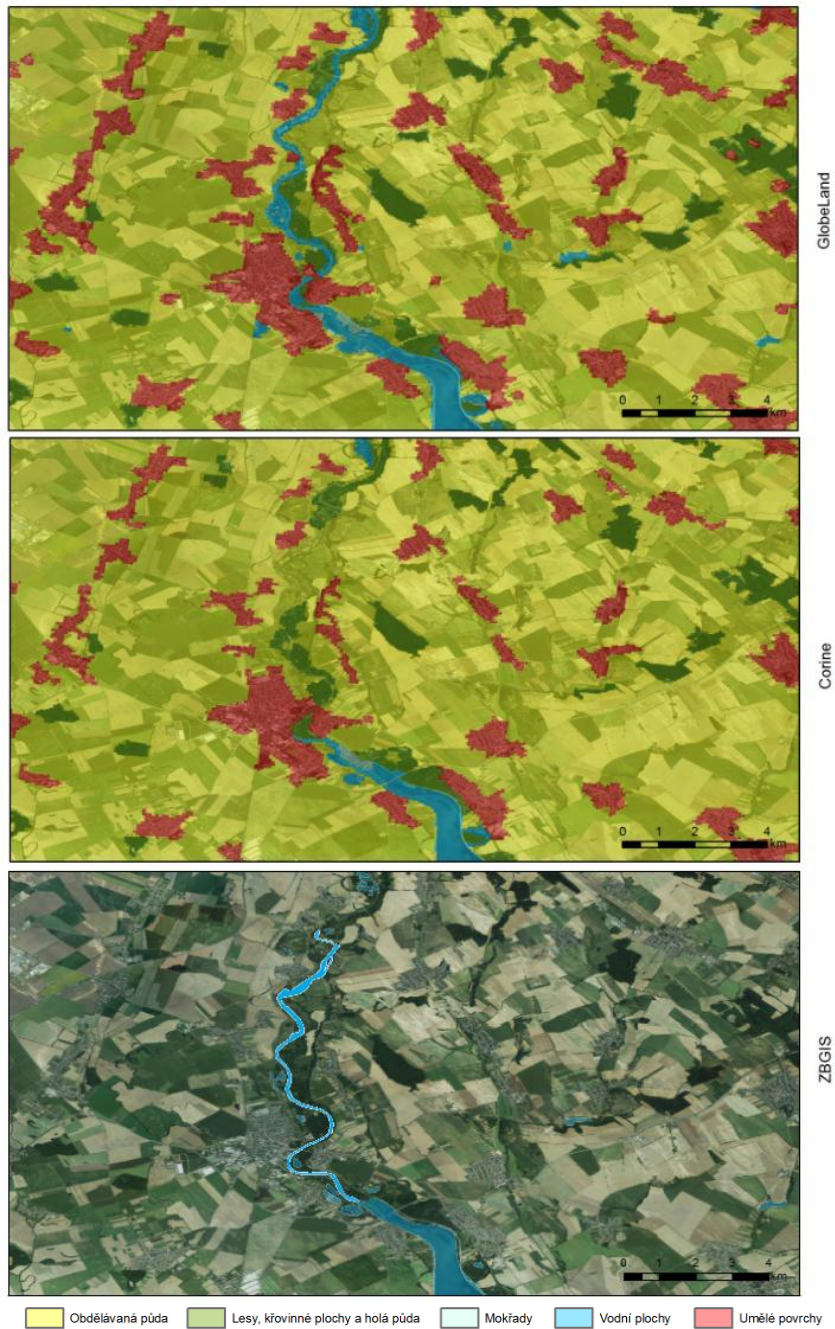
Obr. č. 11: Srovnání datových sad ESA, CORINE a ZBGIS ve 300 m a měřítku 1:75 000

Obrázek č. 11 porovnává rozdíly a odlišné vlastnosti v rozlišení 300 m u datových sad ESY, CORINE (250), doplněné o sadu ZBGIS. Rozdílnost jednotlivých datových sad je demonstrována na přehradní nádrži Liptovská Mara, ležící u města Liptovský Mikuláš. V tomto měření lze považovat za o něco lepší CORINE, a to z toho důvodu, že ESA místo vodních ploch vytvořila v horní části neexistující ostrov, který klasifikovala jako třídu lesů, křovinných ploch a holé půdy. U umělých povrchů je situace podobná. CORINE dokázalo lépe rozeznat zastavěné plochy ve městě Liptovský Mikuláš a oproti ESE neopomenout obec Liptovský Trnovec, nacházející se nad Liptovskou Marou, kterou ESA téměř ignorovala. Největší shledanou rozdílností je okolí vodního díla. Zatímco CORINE registruje především obdělávanou půdu, ESA na druhou stranu registruje lesy, křovinné plochy a holou půdu, a to hlavně v severozápadní části obrázku.



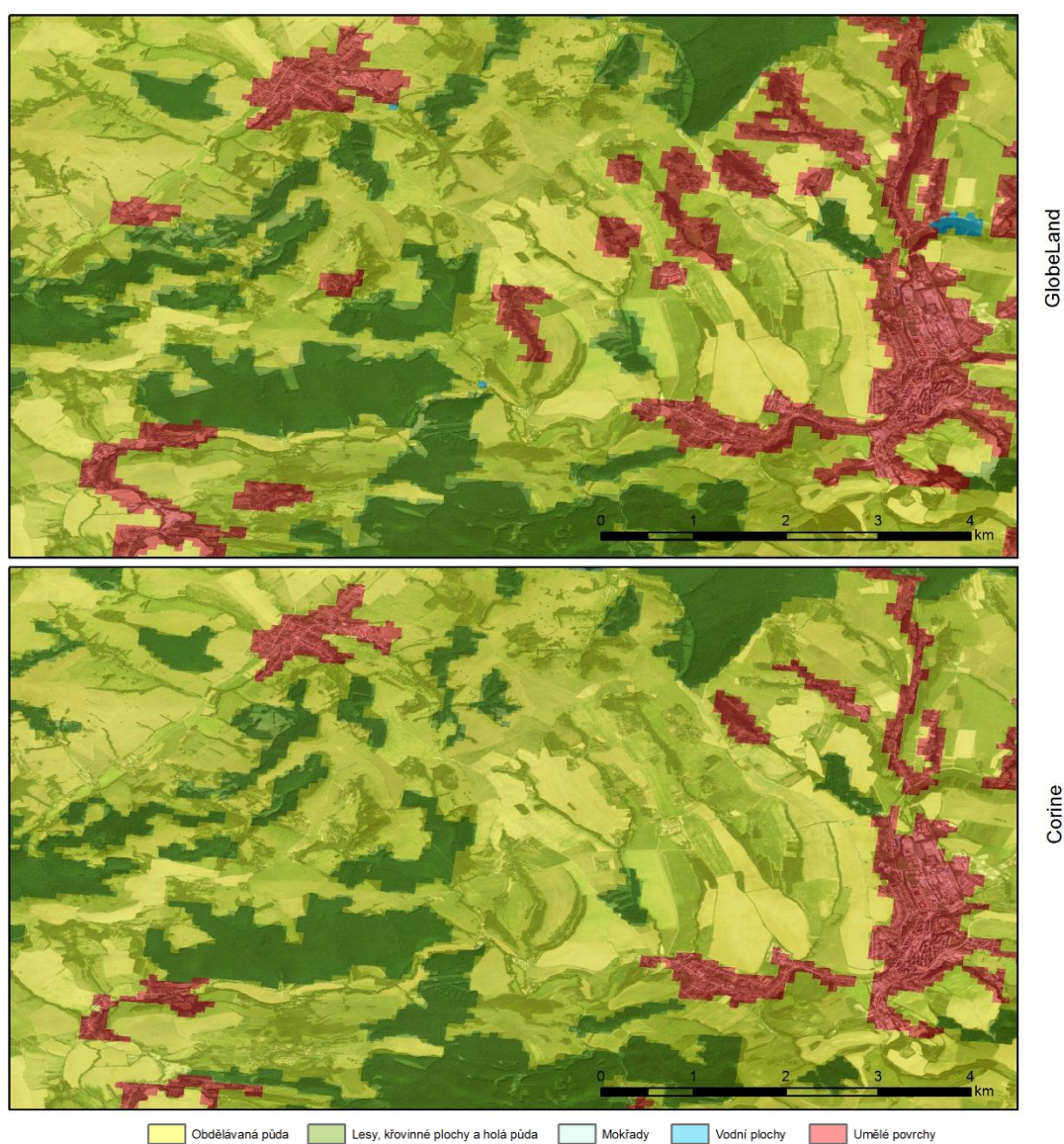
Obr. č. 12: Srovnání datových sad ESA a CORINE ve 300 m a měřítku 1:50 000.

Na obr. č. 12 je srovnání datových sad na umělém povrchu. Zde je opět jasně vidět schopnost CORINE o něco lépe registrovat umělé povrchy, konkrétně u města Trenčín. Je patrné, že CORINE sice chybně vyhodnotilo městskou část řeky Váh jako umělý povrch, ale celkově vzato dokázalo zhodnotit umělý povrch daleko přesněji než konkurenční ESA. ESA sice nevyhodnotila řeku Váh jako umělý povrch, za to však řeku označila jako obdělávanou půdu, co se týče městské části toku. Z obrázku č. 12 je také patrné, že sadě CORINE se daří daleko lépe kopírovat hranice města.



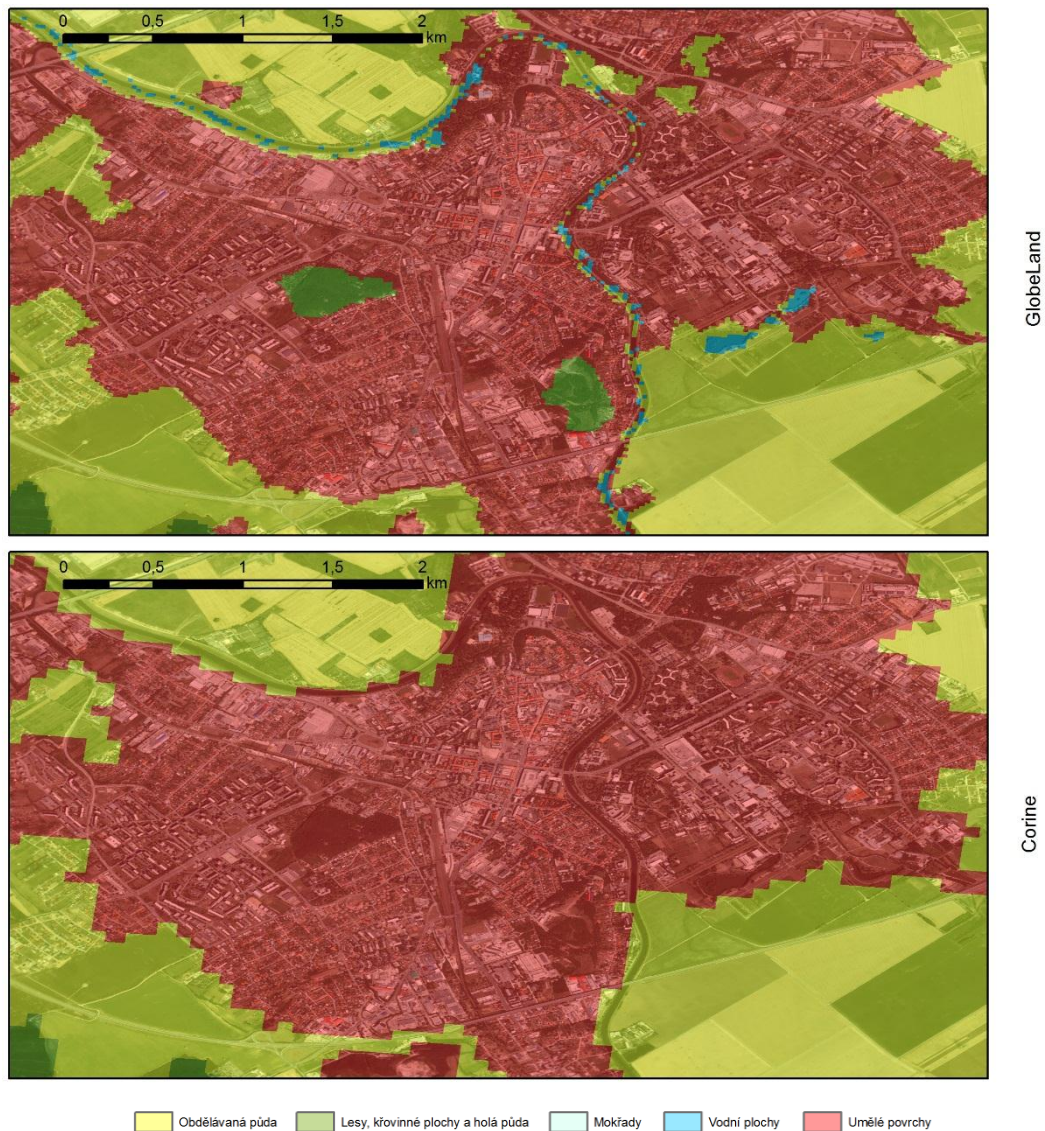
Obrázek č. 13: Srovnání datových sad GlobeLand, CORINE a ZBGIS ve 100 m a měřítku 1:200 000

Obrázek č. 13 zachycuje jednoznačně rozdílnou schopnost vyhodnocovat vodní plochy. Vodní tok na obrázku, řeka Váh, zde protéká Trnavským krajem a napájí vodní nádrž Kráľová. Jak je zřetelné, CORINE zde absolutně nedokázalo vyhodnotit správně vodní tok a místo toho jej zaměnilo za obdělávanou půdu a lesy, křovinné plochy a holou půdu. Registrace výše zmíněného toku začala až při průtoku městem Dolná Streda a ústím do vodní nádrže. Zvláštností ale je, že průtok městem Sereď, kterým řeka Váh protéká dříve, než doteče do Dolné Stredy, zůstal bez odezvy a CORINE se jej nepodařilo zachytit. GlobeLand s poměrně přesným vykreslením neměl jediný problém a je možné říct, že bez problému kopíroval vrstvu ZBGIS.



Obr. č. 14: Srovnání datových sad GlobeLand a CORINE ve 100 m a měřítku 1:100 000

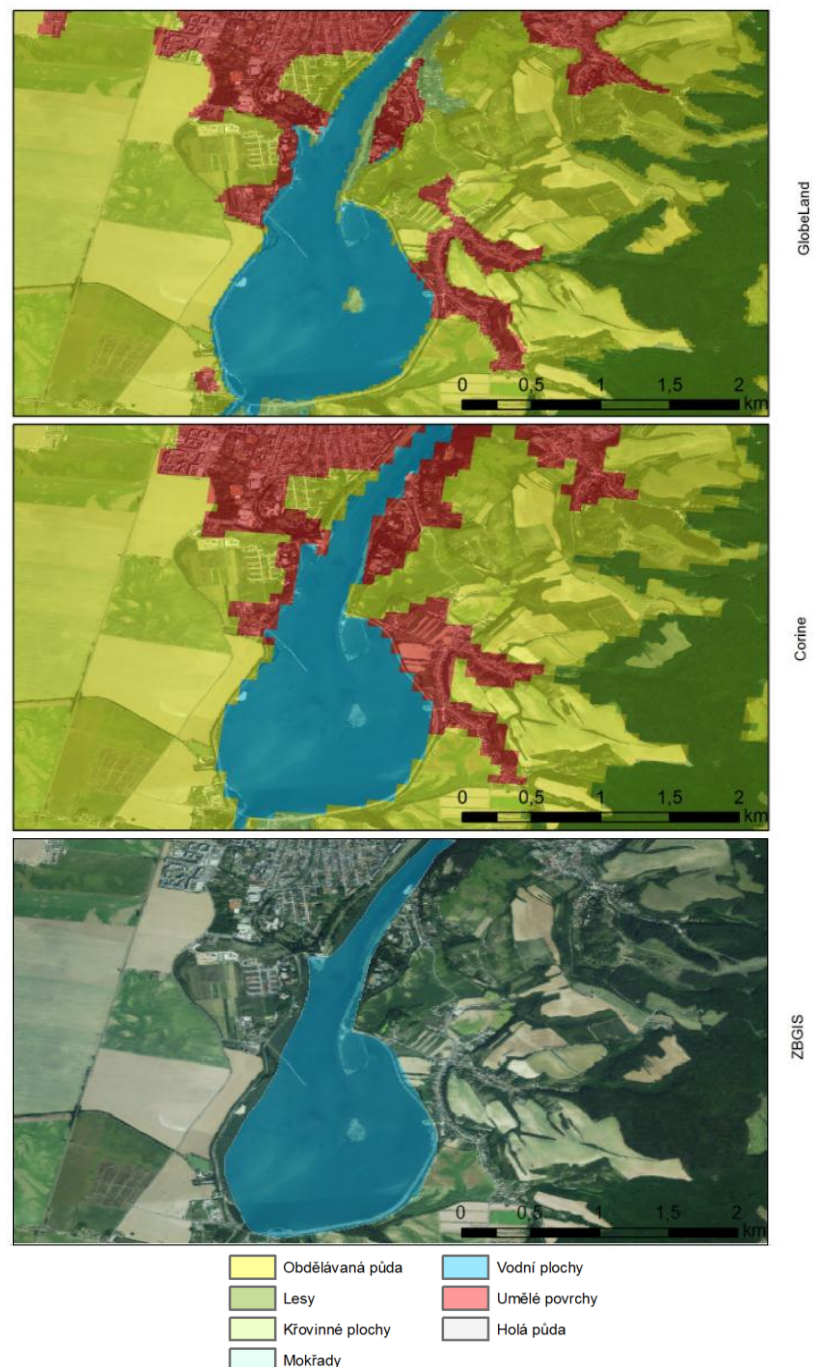
Zajímavou rozdílnost jednorázových datových sad při porovnání tříd umělých povrchů a obdělávané půdy nabízí obrázek č. 14, kde je zachycena příhraniční oblast města Myjava, které navazuje na geomorfologický celek Javorníky. Zajímavé je, že GlobeLand zde bez potíží správně lokalizoval třídu umělých povrchů mezi třídou obdělávané půdy a třídou lesy, křovinné plochy a holá půda. CORINE ty stejné místa uchopil naprosto jinak a považuje je za obdělávanou půdu, což má za následek vynechání přilehlých obcí.



Obr. č. 15: Srovnání datových sad GlobeLand a CORINE ve 30 m a měřítku 1:50 000

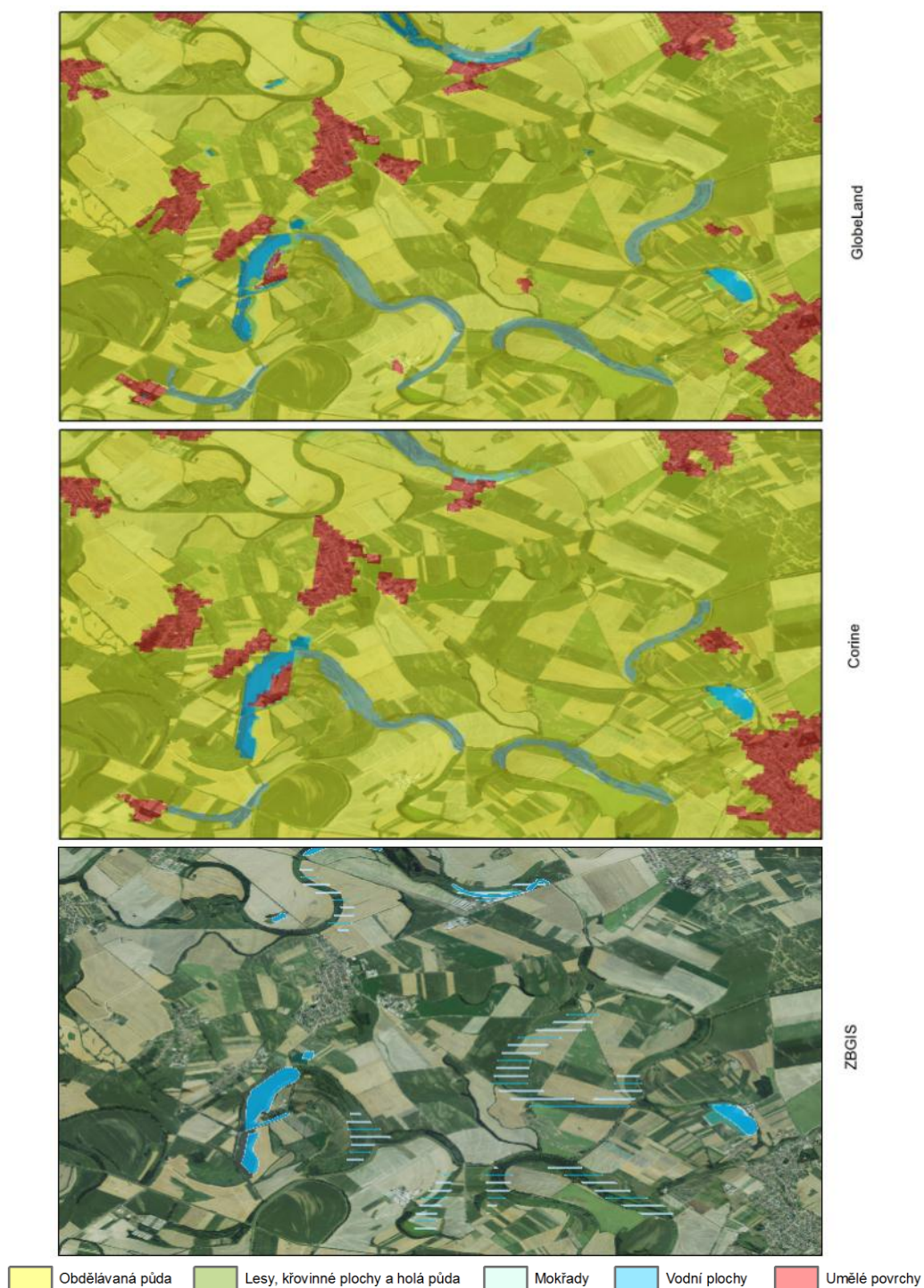
Na výše výše uvedeném obrázku je hned několik zajímavostí. V první řadě je třeba zmínit rozdílnost klasifikace tříd umělých a lesů, křovinných ploch a holé půdy u datových sad u CORINE a GlobeLandu. Na obrázku č. 15 je město Nitra, kde Globeland správně registroval dvě lesnaté oblasti uprostřed zástavby města. CORINE

tyto oblasti zaznamenal jako umělé povrchy, což není pravda, protože se jedná o lesnaté vyvýšeniny. Druhou zajímavostí je, že oba datové produkty nedokázaly správně registrovat vodní tok Nitra. GlobeLandu se to dařilo jen částečně, protože větší část nesprávně označil jako obdělávanou půdu. Podařilo se mu však zachytit 2 hospodářské nádrže u místního zemědělského komplexu, jež se nachází ve východní části pod Nitrou. CORINE tu část toku, která protékala městem, označil nesprávně jako umělý povrch a tu část toku, která se nachází mimo město, nesprávně označil jako obdělávanou půdu.



Obr. č. 16: Srovnání datových sad GlobeLand, CORINE a ZBGIS ve 30 m a měřítku 1:50 000

Obr. č. 16 se věnuje srovnání CORINE a GLobeLandu, které je pak doplněno o pohled ZBGIS. Je zde použito klasifikace do 7 tříd, abychom si ověřili prostorové měřítko. Pro toto srovnání bylo vybráno město Piešťany, jeho okolí a přilehlá vodní nádrž Slňava. Rozdílnost se projevila především u klasifikace vodních ploch, křovinných ploch a umělých povrchů. V první řadě je potřeba si všimnout, malého ostrova uprostřed vodní nádrže. Jediný, kdo jej zaregistroval a především správně klasifikoval, byl GlobeLand, který byl schopen tyto křovinné plochy registrovat. CORINE, nebo dokonce ZBGIS, tento ostrov špatně klasifikovali jako vodní plochu. Obdělávanou půdu obě sady klasifikovaly podobně, až na malou průmyslovou oblast, která se nachází na západ od Piešťan, kdy GlobeLand s registrací tohoto komplexu neměl problém, CORINE jej určil jako obdělávanou půdu. Další zajímavostí je pravý břeh ústí toku do přehrady, kdy GlobeLand eviduje křovinné plochy, zatímco Corine tuto část břehu bere střídavě jako vodní plochu a umělý povrch.



Obr. č. 17: Srovnání datových sad GlobeLand, CORINE a ZBGIS ve 30 m a měřítku 1:100 000

Třída mokřad mezi porovnávanými produkty CORINE a GlobeLand vykazovala také drobné rozdíly. K porovnání byla vybrána lokalita v okolí města Dunajská Streda, kde se mokřady nacházejí. Je nutné konstatovat, že jak CORINE, tak i GlobeLandu se podařilo věrně vykreslit jednotlivé mokřady. Jediný rozdíl nastal v severní části obr. č. 17, kdy GlobeLand věrně vykreslil mokřad společně i s lesnatým ostrovem uvnitř mokřadu. CORINE tento ostrov opomenul a zařadil jej mezi mokřady.

6. Diskuse

Tato práce se zabývala srovnáním kvality LC produktů – GlobeLand30 a CORINE Land Cover, které bylo ještě doplněno o produkt ESA Land Cover. Klasifikace založená na 5 třídách přinesla celkovou přesnost v rozmezí 88 % a necelých 94 %. U klasifikace, která obsahovala 7 tříd, se celková přesnost pohybovala v rozmezí 77 % a 92 %. Pro představu, přesnost v dalších zemích na úrovni států či regionů byla vyhodnocena na 82,4 % pro Čínu (Yang a kol., 2017), 80 % pro Itálii (Brovelli a kol., 2015), 80,1 % pro Nepál (Cao a kol., 2017), 77,9 % pro Írán (Arsanjani a kol., 2016) a 89,7 % pro Kyjevskou oblast na Ukrajině (Kussul a kol., 2015) (Yang a kol., 2017). Určit jednoznačně hranici hodnoty celkové přesnosti (OA), od které je možné datový produkt považovat za přesný a kvalitní bohužel nelze. V literatuře není možné najít jednu jedinou společnou hranici, která definuje přijatelné hodnoty celkové přesnosti při klasifikaci obrazu. Anderson navrhuje hodnotu přes 85 % (Anderson a kol., 1976), Pringle zase doporučuje hodnotu přes 70 % (Pringle a kol., 2009), zatímco Thomlinson považuje za přesnou klasifikaci hodnotu, kdy celková přesnost je nejméně rovna 85 % a žádná klasifikovaná třída není nižší než 70 % (Thomlinson a kol., 1999).

V současné době existuje několik studií a vědeckých prací, které se zabývají hodnocením aplikace GlobeLand30. Tyto práce jsou vztaženy na území několika států v Evropě, Africe, Blízkém východě a Číně. Diplomová práce nalezla inspiraci u studie italské profesorky M. A. Brovelli, která výše uvedený datový produkt porovnávala při srovnání s italskými regionálními daty krajinného pokryvu. Toto srovnání proběhlo celkem v 8 regionech. Italská data byla z vektoru převedena do rastru. Díky odlišnostem v různých úrovních detailu datových souborů vznikly 2 mapy ve 30 m a 5 m charakterizované velikostí buněk. První odpovídá rozlišení GlobeLand30. Zde došlo ke srovnání 2 metod rasterizace, a to metody prevalence, kdy je buňce přikázáno převzít hodnotu polygonu, který převládá a metody středy, kdy je buňce přikázáno převzít vlastnosti polygonu, který se nachází v jejím středu. (Biagi a kol., 2015). První srovnání bylo provedeno klasifikací, druhé srovnání prostřednictvím funkce BUFFER (Brovelli a kol., 2015). První metoda, která byla založená na 5 třídách CORINE, umožnila dosáhnout celkové přesnosti (OA) v rozmezí 81 % a 92 % (pro rok 2000 a 2010), zatímco druhý klasifikační přístup postaven na podtřídách CORINE vede k celkové přesnosti pouze v rozmezí 62 % a 81 %. Samozřejmě je zde možnost, a to uvádí i

samotní autoři studie, že výsledky mohlo ovlivnit to, že mapy nebyly tvořeny ve stejném časovém období. Za druhé pak to, že použité datové sady měly rozdílnou klasifikaci tříd a rozlišení. Brovelli a kol. (2015) shrnují problematiku rozdílnosti při porovnávání datasetů do následujících bodů: a) může být způsobeno špatným porozuměním nebo interpretací nomenklatur land coveru, b) pravděpodobně je to způsobeno časovými rozdíly mezi jednotlivými datasety, c) možnou nespolehlivostí datasetu, d) může být způsobeno rozdílem datové charakteristiky, například rozdílným MMU, rozlišením, měřítkem, a za e) by mohlo být způsobeno špatnou konverzí dat. Každá z těchto možností může hrát svou roli v možné nepřesnosti dat. Nalézt jednoznačné odpovědi k těmto možnostem není však předmětem výzkumu této práce. Mohou být ale obsahem budoucích studií.

Významnou studií zabývající se použitelností GlobeLandu30 pro tuto práci je činnost Jokara Arsanjaniho (2016), jehož výzkum směřoval k ověření aplikace tohoto datasetu na území spolkové republiky Německo, a to v konkurenci na tomto území již existujících datových produktů ATKIS, OSM, UA a CORINE. Tato studie nastínila možnosti tzv. zlepšování měřítka, kdy dataset CORINE Land Cover byl transformován ze svého původního měřítka do rozlišení v 30 metrech. Tato diplomová práce zkusila i něco jiného, a to přesně opačný postup – transformaci velkého měřítka do ještě většího. V podstatě jde o zhoršení obrazu. Celkem však srovnání GlobeLandu30 a CORINE Land Cover naznačilo, jakým způsobem transformace tematického či prostorového měřítka ovlivňuje celkový výstup. Tyto výsledky prezentují poměrně velký soulad v krajinném pokryvu. Celková přesnost GlobeLandu30 na tomto území se pohybovala v rozmezí hodnot 74 % a 92 %. Závěry této studie hodnotí GlobeLand30 jako konkurence schopný produkt, který dokáže obstát ve srovnání s jinými mapami globálního krajinného pokryvu na území spolkové republiky Německo (Fritz a kol. 2015).

V metodické části této práce jsou definovány vzorce a rovnice, které jsou později využity k výpočtu porovnání datových sad. Mimo rovnice uvedené v metodice by bylo možné použít ještě další metriky. Pontius a Millones (2011) v posledních letech navrhli dva nové parametry, které jsou speciálně určeny pro odhad hodnot neshod mezi klasifikovanými a referenčními daty.

$$AD = \frac{\sum (2 * \min(\frac{n_{+i} - n_{ii}}{n}, \frac{n_{i+} - n_{ii}}{n}))}{2} \times 100$$

$$QD = \frac{\sum |\frac{n_{+i}}{n} - \frac{n_{i+}}{n}|}{2} \times 100$$

Rovnice č. 4: AD – Lokalizační neshoda

Rovnice č. 5: QD – Množství neshod

Ověřováním vhodnosti aplikace GlobeLandu30 v dalších zemích a kontinentech se věnuje několik studií a výzkumů, kde je GL30 ověřován v přímé konkurenci „standartně používaných“ datových produktů. Existují ale i země a regiony, kde výzkum krajinného pokryvu na státní úrovni doposud nebyl proveden. Tím, že byl v roce 2014 tento dataset uvolněn pro celý svět s rozlišením 30 m, se ovšem naskytá obrovská možnost právě pro rozvojové země a země 3. světa, které nemají potřebnou infrastrukturu, nedokáží výzkum svého území financovat potřebnými prostředky nebo dokonce nemají vhodné vědecké kapacity. GlobeLand30 je proto považován za užitečný produkt pro tyto země či regiony, kde kvalitní mapy krajinného pokryvu jednoduše neexistují.

7. Závěr

Tato práce se snaží zhodnotit přínos GlobeLandu30 jako jednoho z významnějších nových přírůstků na poli datových sad. GL30 celkově vzato při srovnání s vybranou konkurencí na území Slovenské republiky obstál a potvrdil tak své kvality, které lze chápat jako konkurence schopné v oblasti monitoringu krajinného pokryvu. Velmi dobré uplatnění by mohl nalézt především u států 3. světa v případě, že tyto krajiny a regiony nemají vlastní prostředky na monitoring svého území.

Tato práce hodnotí a analyzuje aplikaci GlobeLandu30 na území Slovenské republiky pro rok 2000, kdy je v přímé konkurenci srovnáno s již tradičně používaným CORINE Land Cover. Referenční sadou v této produktové analýze vhodnosti je myšleno evropské CLC. Tato sada byla srovnána s čínským GlobeLandem30. Srovnání bylo posléze doplněno o produkt Evropské vesmírné agentury – Esa Land Cover. Průsečíkem výše zmíněných datových produktů je rok 2000, pro který byly všechny 3 datové sady vydány. Svůj vliv zde má samozřejmě i použitá klasifikace a specifikum území. Každopádně při srovnání GLC30 a CORINE LC byla hodnota shody vysoká a z produktového hlediska se jednalo o téměř dokonalou shodu. Nejmenší hodnota shody v této práci byla zaznamenána při porovnání ESY a CLC. Srovnání datových sad dalo vyniknout obvyklým problémům s klasifikací především v klasifikovaných třídách mokřadů a vodních ploch na slovenském území.

Při pohledu na chování prostorového měřítka bylo zjištěno, že žádný velký či zásadní vliv při srovnávání datových sad toto měřítko nemá neboli je možné říci, že vliv je zanedbatelný. Rozhodujícím faktorem je kvalita použitých datových sad, která v případě GlobeLandu30 je na vynikající úrovni. Tematické měřítko, v případě srovnání GL30 a CLC, nezaregistrovalo nějakou výraznější odchylku. Větší odchylku tematického měřítka lze naopak nalézt u srovnání CLC a ESY ve 300 m.

8. Zdroje

ČAPEK, R. (1988): Dálkový průzkum Země: dočasná vysokoškolská učebnice. 1. vyd. Praha: Ministerstvo školství ČSR. 1988. 244 str.

Čulíková, L. – Malina, O. 2015: Metody dálkového průzkumu Země. In: P. Křišťuf – T. Zíková et al.: Výzkum krajiny: vybrané antropologické a archeologické metody. KAR ZČU. Plzeň, 14–27.

Schejbal, C. – Homola, V. – Staněk, F. 2004: Geoinformatika. Košice. – dostupné na <http://geologie.vsb.cz/geoinformatika> (2. 3. 2016)

Elektronické zdroje

Arsanjani, J.J.; Tayyebi, A.; Vaz, E. GlobeLand30 as an alternative fine-scale global land cover map: Challenges, possibilities, and implications for developing countries. *Habitat Int.* 2016, 55, 25–31 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294889731_GlobeLand30_as_an_alternative_fine-scale_global_land_cover_map_Challenges_possibilities_and_implications_for_developing_countries

A Landsat Timeline. National Aeronautics and Space Administration: Landsat Science [online]. NASA, 2012 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/a-landsat-timeline/>
Landsat 8 Overview. NASA: Landsat Science [online]. NASA, 2013 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-overview/>

Anderson, J.R.; Hardy, E.E; Roach, J.T.; Witmer, R.E. A land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data; Geological Survey Professional Paper 964; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 1976 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://pubs.usgs.gov/pp/0964/report.pdf>

BELWARDJON, Alan S. a O. SKØIEN. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [online]. Italy, 2014, (103), 115-128 [cit. 2019-04-12]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000720#b0065>

BIAGI, L., M. NEGRETTI, 2015: New Approach to the Polygons Rasterization in GRASS. [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://geomatica.como.polimi.it/workbooks/n2/articoli/lbmn.pdf>

BONTEMPS, S., M. BOETTCHER, C. BROCKMANN, et al. MULTI-YEAR GLOBAL LAND COVER MAPPING AT 300 M AND CHARACTERIZATION FOR CLIMATE MODELLING: ACHIEVEMENTS OF THE LAND COVER COMPONENT OF THE ESA CLIMATE CHANGE INITIATIVE. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. Berlin, Germany, 2015, 2015(Volume XL-7/W3) [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-7-W3/323/2015/isprsarchives-XL-7-W3-323-2015.pdf>

BROVELLI, Maria Antonia, Monia Elisa MOLINARI, Eman HUSSEIN, Jun CHEN a Ran LI. The First Comprehensive Accuracy Assessment of GlobeLand30 at a National Level: Methodology and Results. *Remote Sensing* [online]. 2015, (7), 4191-4212 [cit. 2019-04-13]. DOI: 10.3390/rs70404191. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/275240959_The_First_Comprehensive_Accuracy_Assessment_of_GlobeLand30_at_a_National_Level_Methodology_and_Results

BÜTTNER, George, Jan FERANEC, Gabriel JAFFRAIN, László MARI, Gergely MAUCHA a Tomas SOUKUP. THE CORINE LAND COVER 2000 PROJECT. EARSeL eProceedings [online]. Open Access Remote Sensing Journal of the European Association of Remote Sensing Laboratories, 2004 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

Cao, X.; Li, A.; Lei, G.; Lei, G.; Tan, J.; Zhang, Z.; Yan, D.; Xie, H.; Zhang, S.; Yang, Y.; et al. Land covermapping and spatial pattern analysis with remote sensing in Nepal. J. Geoinform. Sci.2016,18, 1384–1398.(In Chinese with English abstract) [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/319259890_Land_Cover_Mapping_and_Its_Spatial_Pattern_Analysis_in_Nepal

CORINE Land Cover [online]. 01.01.1995. European Environmental Agency, 1995 [cit. 2019-04-11]. ISBN 92-826-2579-6. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-land-cover>

CORINE Land Cover. Land Copernicus [online]. Copernicus, 2013 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

Dálkový průzkum Země dnes a zítra. GISAT [online]. Praha: Gisat, 2011, 14.10.2011 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/novinky/gisatovske-novinky/hlavni-clanky/780-dalkovy-pruzkum-zeme-dnes-a-zitra>

Feranec, J., Gabriel Jaffrain, Tomas Soukup, and Gerard Hazeu. 2010. “Determining Changes and Flows in European Landscapes 1990–2000 using CORINE Land Cover Data.” Applied Geography 30 (1): 19–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.07.003>

Foley, J.A.; DeFries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs, H.K.; et al. Global consequences of land use. Science 2005, 309, 570–574 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/7704227_Global_Consequences_of_Land_Use

FRITZ, S., L. SEE, I. MCCALLUM a kol. 2015: Mapping global cropland and field size. Global Change Biology [online]. 21(5), 1980-1992 [cit. 2019-04-16]. ISSN 13541013. doi: 10.1111/gcb.12838. Dostupné z: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11471/1/Mapping%20global%20cropland%20and%20field%20size.pdf>

GISAT (2016): Gisat, <http://www.gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu/landsat> The Landsat Program. [online]. Last update 15.4.2011. NASA. [cit. 2018-02-11]. URL: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>>. landsat.gsfc.nasa.gov [online]. landsat.gsfc.nasa.gov [cit. 2016-05-02]

HEROLD, M., S. BONTEMPS, L. KOOISTRA, A. VAN GROENESTIJN, A. HARTLEY, O. ARINO, I. MOREAU a P. DEFOURNY. Revisiting land cover observation to address the needs of the climate modeling community. Biogeosciences [online]. 2012, (9) [cit. 2019-04-11]. DOI: doi:10.5194/bg-9-2145-2012. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/29227465.pdf>

Chandr A.M., Gosh C.K., 2008. Remote sensing and GIS. Moscow, Techno sphere, 312. Congalton R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 37, 35–46 [cit. 2019-04-13].

CHEN, Jun, Jin CHEN, Anping LIAO, et al. Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing [online]. 2014, 19.04.2014, 2014(January) [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/309725866_Global_land_cover_mapping_at_30m_resolution_A_POK-based_operational_approach

Chen, J.; Chen, J.; Liao, A.; Cao, X.; Chen, L.; Chen, X.; Peng, S.; Han, G.; Zhang, H.; He, C.; et al. Concepts and key techniques for 30 m global land cover mapping. *Acta Geodaetica Cartographica Sinica* 2014 , 43, 551–557 [cit. 2019-04-11].

CHEN, Jun, Ban YIFANG a Li SONGNIAN. Open access to Earth land-cover map. *Nature* [online]. *Nature*, 2014, (514), 434 [cit. 2019-04-11]. DOI: <https://doi.org/10.1038/514434c>. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/514434>

Chen, L., Chen, J., Liao, A., He, C., 2012. A preliminary study on the method of 30m global land cover classification. *Bulletin of Surveying and Mapping*, s1, pp. 350-353 [cit. 2019-04-15].

Jensen J.R., 2005. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (3rd ed.). Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall. [cit. 2019-04-13] Dostupné z: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2001065](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2001065)

JOKAR ARSANJANI, J., L. SEE a A. TAYYEBI, 2016: Assessing the suitability of Globe-Land30 for mapping land cover in Germany. *International Journal of Digital Earth* [online]. 9(9), 873-891 [cit. 2018-04-15]. ISSN 17538947. doi: 10.1080/17538947.2016.1151956. Dostupné z: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/12328/1/Assessing%20the%20suitability%20of%20Globe-Land30.pdf>

Kussul, N.; Shelestov, A.; Basarab, R.; Skakun, S.; Kussul, O.; Lavreniuk, M. *Geospatial Intelligence and Data Fusion Techniques for Sustainable Development Problems*. ICTERI, 2015 [cit. 2019-04-16] Dostupné z: http://ceur-ws.org/Vol-1356/paper_48.pdf

Landsaty 40 let... GISAT [online]. Praha: GISAT, 2012, 04.09.2012 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/novinky/zpravy-ze-sveta/824-landsaty-40-let-dot-dot-dot>

Landsat Imagery Release: Imagery for Everyone... [online]. Virginie, USA: USGS, 2008, 21.04.2008 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/USGS_Landsat_Imagery_Release.pdf

Liao, A., Peng, S., Wu, H., Chen, L., Zhang, W., 2015. The production system of 30m Global land cover mapping and its application. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 10, pp. 4-8. [cit. 2019-04-15].

MARKHAM, Brian L., Del JENSTROMB, Jeffrey G. MASEKA, Phil DABNEYA, Jeffrey A. PEDELTY, Julia A. BARSIC a Matthew MONTANAROD. *Landsat 9: Status and Plans*. NASA: Landsat Science [online]. NASA, 2016 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160013623.pdf>

Monitoring stavu a vývoje krajiny. GISAT [online]. Gisat, 2012 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.gisat.cz/content/cz/novinky/gisatovske-novinky/hlavni-clanky/801-monitoring-stavu-a-vyvoje-krajiny>

Neumann, K., M. Herold, A. Hartley, and C. Schmullius. 2007. "Comparative Assessment of CORINE2000 and GLC2000: Spatial Analysis of Land Cover Data for Europe." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9 (4): 425–437 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/40102973_Comparative_assessment_of_CORINE2000_and_GLC2000_Spatial_analysis_of_land_cover_data_for_Europe

NEWHALL, Christopher G., James W. HENDLEY II a Peter H. STAUFFER. *The Cataclysmic 1991 Eruption of Mount Pinatubo, Philippines*. USGS Numbered Series: Report. Geological Survey (U.S.), 1997, 113-97 [cit. 2019-04-11]. DOI: 10.3133/fs11397.

NSSDC, 2014. The NASA Master Directory Held at the NASA Space Science Data Center, <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/SpacecraftQuery.jsp>

OECD Glossary of statistical terms. 2005 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://stats.oecd.org/glossary/>

Pontius, R.G.; Millones, M. Death to Kappa: Birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *Int. J. Remote Sens.* 2011, 32, 4407–4429 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/233196329_Death_to_Kappa_Birth_of_quantity_disagreement_and_allocation_disagreement_for_accuracy_assessment

Pringle, M.J.; Schmidt, M.; Muir, J.S. Geostatistical interpolation of SLC-off Landsat ETM+ images. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2009, 64, 654–664 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/233727976_Geostatistical_interpolation_of_SLC-off_Landsat_ETM_images

RAST, M., J. L. BEZY a S. BRUZZI. The ESA Medium Resolution Imaging Spectrometer MERIS a review of the instrument and its mission. *International Journal of Remote Sensing* [online]. 1999, 1999 (Volume 20), 1681-1702 [cit. 2019-04-11]. DOI: <https://doi.org/10.1080/014311699212416>. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/014311699212416>

Rosenfield G.H., Fitzpatrick-Lins K., 1986. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(2), 223–227. [cit. 2019-04-13] Dostupné z: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1986journal/feb/1986_feb_223-227.pdf

REN, Huiqun, Guoyin CAI, Guoqing ZHAO a Zhiqiang LI. Accuracy Assessment of the Globe-Land30 dataset in Jiangxi Province. *The International Archives of the Photogrammetry: Remote Sensing and Spatial Information Sciences* [online]. Beijing, China, 2018, XLII (3) [cit. 2019-04-15]. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-1481-2018>. Dostupné z: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-3/1481/2018/isprs-archives-XLII-3-1481-2018.pdf>

SURESH, Sabra. Global challenges need global solutions. *NATURE* [online]. *NATURE*, 2012, (Nature volume 490), 337–338 [cit. 2019-04-16]. DOI: doi:10.1038/490309b. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/490337a>

Thomlinson, J.R.; Bolstad, P.V.; Cohen, W.B. Coordinating methodologies for scaling land cover classifications from site-specific to global: Steps toward validating global map products. *Remote Sens. Environ.* 1999, 70, 16–28 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425799000553>

Tymków P., 2009. Application of photogrammetric and remote sensing methods for identification of resistance coefficients of high water flow in river valleys. *Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu*, 102. [cit. 2019-04-13] Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/295812896_Application_of_photogrammetric_and_remote_sensing_methods_for_identification_of_roughness_coefficients_of_high_water_flow_in_the_river_valleys

United Nations Register of Objects Launched into Outer Space. UNITED NATIONS Office for Outer Space [online]. UNITED NATIONS, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.unoosa.org/oosa/en/spaceobjectregister/index.html>

U.S. GEOLOGICAL SURVEY NATIONAL MAPPING DIVISION. Annual Report 1991 [online]. EROS Data Center, 2011 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://eros.usgs.gov/sites/all/files/external/eros/history/1990s/1991%20Annual%20Report.pdf>

Volný přístup k družicovým datům z programu Copernicus. European Space Agency [online]. European Space Agency, 2013, 15.11.2013 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: http://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Volny_pristup_k_druzicovym_datum_z_programu_Copernicus

Yang, Y.; Xiao, P.; Feng, X.; Li, H. Accuracy assessment of seven global land cover datasets over China. ISPRSJ. Photogramm. Remote Sens. 2017,125, 156–173 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/313392633_Accuracy_assessment_of_seven_global_land_cover_datasets_over_China