

DUŠAN ROMPORTL, TOMÁŠ CHUMAN, ZDENĚK LIPSKÝ

TYPOLOGIE SOUČASNÉ KRAJINY ČESKA

ROMPORTL, D., CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. (2013): Landscape typology of Czechia. Geografie, 118, No. 1, pp. 16–39. – The main goal of this paper is to introduce new methodological approaches and outputs of semi-complex landscape typology of Czechia. Different approaches of landscape classification both in Czechia and the world are briefly presented. The main methodological output is a proposal of landscape typological classification, based on up-to-date dataset synthesis, which uses objective geographical methods and tools and follows current approaches in Europe and the world. The practical result of this study is the definition and cartographic representation of landscape types at three hierarchical levels – General types of natural landscapes, Types of natural landscapes, Types of present landscape. **KEY WORDS:** landscape typology – object based image analysis – Czechia.

Príspevok vznikl s podporou výzkumného záměru MSM 0021620831 „Geografické systémy a rizikové procesy v kontextu globálních změn a evropské integrace“ a institucionální podpoře Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

1. Úvod

Krajinná sféra vždy poutala pozornost odborníků různých zaměření, kteří její dílčí složky třídí do prostorových jednotek. Jejich kvalitativní charakter a časoprostorová trvalost odpovídají účelu vymezení a především specializaci zpracovatelů. Zatímco monotematické klasifikace geografické sféry jsou poměrně běžné, komplexní klasifikace krajiny zohledňující více jejích složek jsou zpracovávány spíše ojediněle. Do značné míry je to způsobeno základními atributy krajiny jako předmětu klasifikace – její složitostí, relativní vnitřní heterogenitou a časoprostorovou proměnlivostí. Komplexní klasifikace přitom představuje jeden z možných kroků vedoucích k usnadnění studia krajiny – umožňuje orientaci v množství konkrétních případů, poskytuje přehled o územním rozložení, četnosti, míře ohrožení a naléhavosti ochrany krajinných jednotek v zájmovém území. Definice a hodnocení krajin, analýza procesů a tlaků, které je formují, mohou napomoci ke stanovení priorit péče o zjištěné typy prostředí. Vymezení konkrétních krajinných jednotek a stanovení jejich reprezentativnosti a vzácnosti pak usnadňuje prostorové plánování a strategické rozhodování v managementu krajiny.

2. Teoretické koncepty klasifikace krajiny

Krajinnou sféru jako heterogenní systém je možné rozčleňovat do prostorových jednotek různými způsoby. Někteří autoři (např. Pinto-Correia,

Gustavsson, Pirnat 2006; Palang a kol. 2006) upozorňují na jedinečnost krajin a vymezují proto individuální jednotky. Jiní (např. Metzger a kol. 2005; Bunce a kol. 1996) poukazují na opakovatelnost jevů a procesů v relativně homogenních jednotkách, proto se kloní k typologickým přístupům jejich členění. Jediným společným pravidlem je dodržování principu komplexnosti, kdy je nutné přihlížet k celému souhrnu podmínek prostředí, které klasifikujeme, včetně zonálních a azonálních zvláštností formování areálů, historie vývoje, příčin a podmínek vzniku teritoriální diferenciacie (Kolejka 1999).

Při vymezování prostorových geografických jednotek lze podle Kolejky (1999), resp. Lipského a Romportla (2007) vycházet ze tří základních přístupů:

1. Přístup typologický: vymezovány jsou opakovatelné jednotky maximálně homogenní z hlediska použitých rozlišovacích kritérií. Příkladem typologických členění jsou např. vymezení morfogenetických typů reliéfu (např. Balatka, Czudek, Demek 1975), klasifikace klimatických oblastí (např. Quitt 1971; Mitchell a kol. 2004) nebo typy výškových vegetačních stupňů a zeměpisných floristických zón (Breckle, Walter 2002), trofických a hydrických řad vegetace či biogeografické členění území (Culek a kol. 2005; Olson a kol. 2001). Uvedená členění se zabývají klasifikací jediné, byť vnitřně heterogenní krajinné složky. Ačkoli někdy využívají ke klasifikaci i více kritérií, jde stále o monotematické členění. Vymezení komplexních typologických jednotek podle více proměnných je metodicky podstatně náročnější (Lipský, Romportl 2007).
2. Přístup regionální: výstupem individuální geografické regionalizace jsou neopakovatelné prostorové jednotky, u kterých jsou naopak zdůrazňovány znaky rozdílnosti, zvláštnosti a územní celistvosti (Kolejka 1999, Lipský 1998a, Lipský 1998b). Klíčovým faktorem vymezení regionálních jednotek je jejich jedinečnost vůči okolnímu prostředí, charakteristické je i jejich individuální názvosloví užívající místní jména. Příkladem individuálních členění krajiny jsou např. hierarchické geomorfologické členění reliéfu (např. Balatka, Czudek, Demek 1973; Balatka, Kalvoda 2006; Embleton, ed. 1983), biogeografické a vegetační regionalizace (např. EEA, 2002; Culek, Grulich, Povolný 1996).
3. Přístup funkcionální: Kolejka (1999) uvádí jako další způsob geografické klasifikace prostředí vazebně integrační přístup, kdy mohou být vymezené krajinné jednotky heterogenní podle všech hledisek, základní vlastností však zůstává jejich propojení vazbami – toky látek, energií a informací do jednotného systému. Jednotky tohoto typu jsou opakovatelné podobně jako typologické areály, ačkoli jsou zároveň vnitřně heterogenní na každé taxonomické úrovni (např. krajiny povodí).

3. Klasifikace krajiny ve světě a v Česku

Souhrnné přehledy o krajinných typech či regionech byly vypracovány na různých prostorových úrovních pro většinu kontinentů (např. Hobbs, McIntyre 2005; McMahon a kol. 2001; Metzger a kol. 2005; Múcher a kol. 2010) států či samosprávných regionů, ať už ve formě samostatných publikací (např. Bunce a kol. 1996; Lioubimtseva, Defourny 1999; Gharadjedaghi a kol. 2004 in Wascher, ed. 2005; Van Eetvelde, Antrop 2009; Wrbka a kol. 2000) nebo v rámci

národních mapových děl (např. Antrop a kol. 2002; Atlas krajiny Slovenskej republiky 2002; Magyar Tudományos Akadémia 1989; Puschmann 1998; Olmo, Herraiz, eds. 2003).

V Česku byla klasifikace krajinné sféry rozvíjena od vzniku samostatného státu, ovšem první zásadní výstupy pocházejí ze 70. let 20. století, kdy byl v Geografickém ústavu ČSAV připravován Soubor map fyzickogeografické regionalizace. Většinu map souboru představovaly dílčí klasifikace a rajonizace přírodního prostředí podle jednotlivých faktorů (Quitt 1971; Balatka a kol. 1973; Balatka, Czudek, Demek 1975), jediným příkladem komplexní fyzickogeografické typologie přírodní krajiny, byť na bázi geomorfologických jednotek, byla mapa Fyzickogeografické regiony (Demek, Quit, Raušer 1977). Ve stejném období se rozvíjí i ekologicky zaměřený výzkum krajiny díky založení specializovaného pracoviště ÚEK ČSAV. Klasifikace krajiny podle Hadače (1982) vychází především z geobotanických a fytogeografických principů, které se odráží i v názvech skupin krajinných typů. V 70. letech se rovněž objevují první klasifikace krajiny založené na hodnocení krajinného rázu, estetických, kulturních a duchovních hodnotách krajiny, ačkoli základním typizačním faktorem bylo využití krajiny. Tzv. krajinářské hodnocení, které zahrnovalo území celého Česka (Muranský a kol. 1977, Nauman a kol. 1977), bylo aktualizováno na počátku nového tisíciletí (Löw, Michal 2003). Součástí Atlasu obyvatelstva ČSSR byla typologická mapa přírodní krajiny v měřítku 1:750 000 (Ivan a kol. 1987) s unikátní grafovou legendou (Kolejka 1989a). Metodologické aspekty tvorby krajinných map a typologie v té době doznaly zásadní koncepční orientace ke komplexnímu pojetí (Kolejka 1989b, 1990). Významným mapovým dílem počátku 90. let je pak Atlas životního prostředí a zdraví obyvatelstva ČSFR, kde byla vydána obdobná mapa s názvem Přírodní krajinné typy (Kolejka 1992). Zde je v měřítku 1:1 000 000 na základě syntézy složek přírodního prostředí (reliéf, klima, geologický substrát) vymezeno 71 typů přírodních krajin. Dalším příkladem geoekologické klasifikace uveřejněné ve zmíněném atlase je mapa Využití ploch, která představuje typizaci krajiny do prostorových jednotek podle jejich funkčního využití. Metodickými i praktickými aspekty typologie současné kulturní krajiny se na konci 90. let minulého století zabývali Lipský, Kolejka (1997) a Kolejka, Lipský (1999). Autoři další klasifikace krajiny Česka Löw a Michal (2003) rozvíjeli na přelomu milénia přístup vycházející z celoevropské klasifikace krajin dle Meusse (1995). Řešitelský tým firmy Löw a spol. se klasifikací krajiny zabýval v rámci projektu VaV/640/1/03 „Typologie české krajiny“, jehož zadání vyplývalo z požadavků Evropské úmluvy o krajině. Výsledkem je ojedinělé a nejvíce využívané typologické dílo, které svědčí o značné expertní zkušenosti a erudici autorského kolektivu (Löw a kol. 2005), je však vhodné pro podstatně menší rozlišení, resp. měřítko. Nejnovější práce v Česku, zabývající se multikriteriální klasifikací krajiny, jsou založeny na objektivních metodách analýzy vstupních dat. Metoda divizní klastrové analýzy byla využita v práci Chuman, Romportl (2010). Odlišný přístup ke klasifikaci krajiny Česka založený na využití objektově orientované segmentaci vrstvy, vzniklé syntézou dílčích vstupních informací byl rozvíjen v práci Romportl, Chuman (2007, 2008) a Romportl, Chuman, Lipský (2008). Postup založený na postupném skládání (a „čištění“ – odstraňování nelogických kombinací hodnot použitých parametrů) komponentních podkladů v GIS (typologických map jednotlivých přírodních

složek krajiny) použil Kolejka (2010) k tvorbě typologické mapy přírodní krajiny v měřítku 1:500 000 pro Atlas krajiny ČR. Série typologických map přírodní a současné krajiny od topické po mikrochorickou úroveň je rovněž součástí tohoto atlasu. Typologii současné krajiny Česka na bázi statistického vyhodnocení disponibilních dat o využití krajiny v geodatabázi *CORINE Land Cover* provedli Kolejka, Romportl a Lipský (2010) v měřítku 1:500 000 nad pozadím typologických přírodních krajinných jednotek. Ucelený přehled současných postupů a výsledků klasifikace krajiny v Česku poskytuje studie Romportla a Chumana (2012).

4. Cíle

Hlavním cílem této studie bylo navržení a aplikace pokud možno univerzální metody provedení semikomplexní typologie současné krajiny, která by splňovala následující podmínky:

- typologie je založená na práci s všeobecně dostupnými daty v digitální podobě
- využívá objektivních přístupů moderních geografických a statistických metod a významně tak omezuje subjektivní hledisko
- koresponduje se současnými přístupy publikovanými v Evropě a ve světě a umožňuje tak začlenění do nadnárodních hodnotících systémů

5. Metody a data

Spektrum metod vedoucích k vymezení krajinných typů sahá od intuitivního členění na základě holistické percepce krajiny přes empirické přístupy založené na expertním posouzení reality po exaktní klasifikace založené na statistickém zpracování dat. Všechny metody však zjednodušeně pracují na principu syntézy informačních vstupů a datových podkladů, které vypovídají o charakteru krajiny. Jednotlivé přístupy se však liší výběrem určujících faktorů a stanovením jejich váhy, odlišným stupněm generalizace a rozdílnou syntézou vstupních dat. Metoda aplikovaná v předložené práci je založena na objektivních opakovatelných postupech a práci s exaktními daty. Zásadním metodickým krokem je využití objektově orientované analýzy obrazu (tzv. OBIA – *Object Based Image Analysis*), která byla vyvinuta jako technika zpracování dat dálkového průzkumu Země. Oproti jiným klasifikačním metodám umožňuje zahrnout do postupu zpracování mimo samotných vlastností jednotlivých pixelů obrazu i informace o vnitřní textuře objektu, o jeho prostorových vlastnostech a kontextuální informace. Tato metoda umožňuje vytvářet propojenou hierarchii segmentů, která je tvořena několika měřítkovými úrovněmi (Definiens AG 2007; Baatz, Schäpe 2000). Uvedené možnosti představují významné přínosy pro klasifikaci krajiny, proto byla metoda hierarchické segmentace zvolena jako velmi vhodný a přitom originální přístup k typologii krajiny (např. Múcher a kol. 2010).

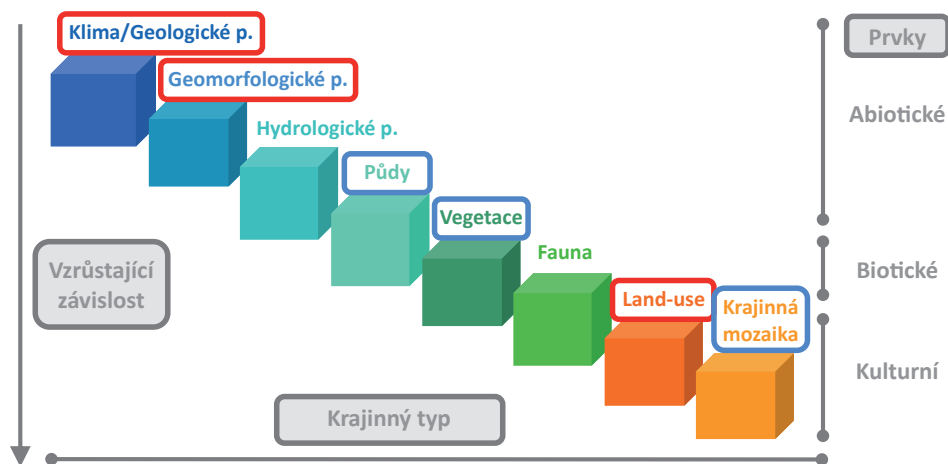
Navržený postup se skládá z pěti navazujících kroků. Na počátku jsou vybrány a předzpracovány vstupní vrstvy, jejichž data jsou standardizována na jednotkovou varianci. Za účelem snížení dimenze vstupních informací při jejich

současné dekorelaci je provedena analýza hlavních komponent (PCA). Výsledkem analýzy hlavních komponent je vytvoření nových navzájem nekorelovaných rastrů. Rastry postihující dostatečně vysoké procento variability vstupních dat jsou segmentovány do rámcových typů přírodních krajín s využitím objektově orientované analýzy obrazu a klasifikovány do zvoleného počtu tříd. Vymezení těchto jednotek je porovnáno s výsledky dvou odlišných metod pixelové klasifikace obrazu. Vzniklé objekty jsou dále překryty a rozčleněny polygony geologických jednotek. Kombinací rámcových typů přírodních krajín a geologických jednotek a jsou identifikovány semikomplexní typy přírodní krajiny. Posledním krokem je klasifikace přírodních typologických jednotek na typy současné krajiny na základě krajinného pokryvu.

5.1. Vstupní data

Úvodním krokem metodického postupu je výběr dat, která do procesu klasifikace vstupují. Výběr relevantních dat usnadňuje jejich závislost a zastupitelnost, kterou lze ilustrovat sestavením závislostní pyramidy (obr. 1). Pro potřeby vytvoření typologie krajiny Česka byly vybrány označené vstupní vrstvy. Všechna vstupní data byla převedena do shodného formátu ESRI grid o velikosti pixelu 100 × 100 m.

1. Klima: jako podklad zastupující klimatické poměry byl zvolen grid průměrných ročních teplot odvozený z datové řady 1961–1990. Grid byl vytvořen interpolací normálu hodnot ze sítě stanic ČHMÚ při zohlednění charakteru reliéfu.
2. Reliéf: jako další diferenciační vstupy byly do procesu segmentace zařazeny informace o charakteru reliéfu. Z důvodu nutnosti práce se spojitými daty bylo využito digitálního modelu reliéfu (DEM) z databáze SRTM 2000



Obr. 1 – Výběr dat podle schématu hierarchické závislosti krajinných složek (podle Múcher a kol. 2010). Červeně označené složky jsou součástí segmentačního procesu, modře označené slouží pro bližší charakteristiku krajinných typů.

Tab. 1 – Sloučené třídy kategorií hornin, které reprezentují prostorové rozmístění oblastí se specifickým souborem hornin

Kód	Skupina hornin
1	Vulkanity
2	Plutonity
3	Metamorfity
4	Sedimenty paleozoika
5	Sedimenty mesozoika a terciéru
6	Kvartérní sedimenty

(*Shuttle Radar Topography Mission*). Z digitálního modelu reliéfu byl odvozen grid sklonitosti reliéfu.

- Geologické poměry: poslední z přírodních charakteristik vstupujících do procesu typologie byla vrstva geologických poměrů, reprezentovaná Geologickou mapou České republiky 1:500 000 (Zoubek a kol. 2003). Původních 19 kategorií hornin bylo sloučeno do šesti tříd (tab. 1), které dostatečně reprezentují prostorové rozmístění oblastí se specifickým souborem hornin.
- Krajinný pokryv: jako jediný podklad vstupující do procesu typologie zastupující kulturní charakteristiky byla vybrána vrstva krajinného pokryvu. Zde bylo využito nejnovější verze databáze *CORINE Land Cover* z r. 2006 (CENIA 2009). Původních 29 kategorií krajinného pokryvu podle zavedené nomenklatury projektu CORINE bylo generalizováno do 13 hlavních tříd, které na národní úrovni dostatečně podrobně charakterizují způsob využití a intenzitu antropogenní přeměny krajiny (tab. 2, obr. 3).
- Doplňující datové sady: pro bližší charakteristikuvymezených krajinných typů byla použita data popisující půdní poměry (podle Půdní mapy ČR 1:250 000, Němeček, Kozák 2003), potenciální přirozenou vegetaci (Neuhäuslová, Moravec, eds. 2001) a strukturu krajiny (podle metody Chuman, Romportl 2006). Tato data nevstupovala do procesu vlastní typizace a klasifikace.

5.2. Analýza hlavních komponent

Cílem analýzy hlavních komponent (PCA – *principal component analysis*) bylo snížení velkého počtu popisovaných proměnných a jejich nahrazení redukovaným počtem nových navzájem nekorelovaných vrstev (komponent), které shrnují informaci o původních proměnných při minimální ztrátě informace (Lepš 1996). V případě kvantitativních geografických dat rastrové reprezentace jde o nahrazení více vstupních rastrů se standardizovanými hodnotami (Horák 2002) novým vícepásmovým rastrům, jehož kanály představují jednotlivé komponenty.

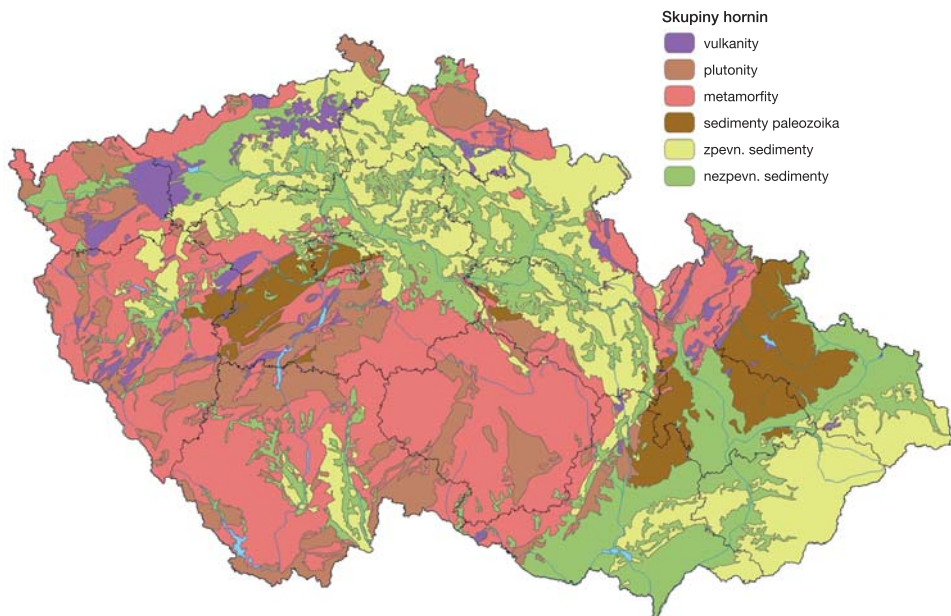
PCA analýza byla použita na vstupní rastry průměrné roční teploty, nadmořské výšky a sklonitosti reliéfu. Výsledkem byl třípásmový rastr. První kanál (první komponenta) vystihovala 73,9 % variability ve vstupních datech, druhá komponenta 24,4 % a třetí pouze 1,7 % variability ve vstupních datech. Pro objektově orientovanou analýzu a vymezení rámcových typů přírodních krajín byl využit rastr reprezentující první a druhou komponentu, které dohromady vysvětlují naprostou většinu variability v datech.

Tab. 2 – Kategorie krajinného pokryvu odvozené z databáze *CORINE Land Cover*. Zdroj: CENIA 2009.

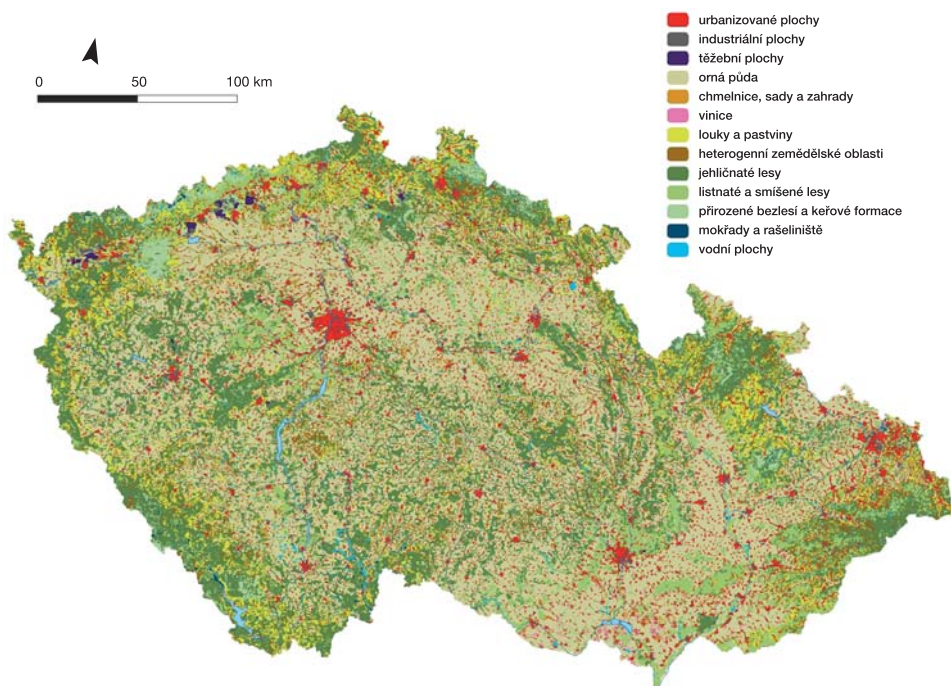
Typ	Skupina tříd krajinného pokryvu	Kategorie krajinného pokryvu (CORINE)	Kód
U	Urbanizované plochy	1.1.1. Souvislá městská zástavba 1.1.2. Nesouvislá městská zástavba 1.4.1. Městské zelené plochy 1.4.2. Sportovní a rekreační plochy	1
I	Industriální plochy	1.2.1. Průmyslové a obchodní areály 1.2.2. Silniční a železniční síť s okolím 1.2.3. Přístavy 1.2.4. Letiště 1.3.2. Haldy a skládky 1.3.3. Staveniště	2
E	Těžební plochy	1.3.1. Oblasti současné těžby surovin	3
A	Orná půda	2.1.1. Nezavlažovaná orná půda	4
G	Chmelnice, sady a zahrady	2.2.2. Sady, chmelnice a zahradní plantáže	5
V	Vinice	2.2.1. Vinice	6
P	Louky a pastviny	2.3.1. Louky a pastviny	7
H	Heterogenní zemědělské oblasti	2.4.2. Směsice polí luk a trvalých plodin 2.4.3. Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	8
C	Jehličnaté lesy	3.1.2. Jehličnaté lesy	9
D	Listnaté a smíšené lesy	3.1.1. Listnaté lesy 3.1.3. Smíšené lesy	10
S	Přirozené bezlesí a keřové formace	3.2.1. Přírodní louky 3.2.2. Stepi a křoviny 3.2.4. Nízký porost v lese 3.3.2. Skály	11
M	Mokřady a rašeliniště	4.1.1. Mokřiny a močály 4.1.2. Rašeliniště	12
W	Vodní plochy	5.1.1. Vodní toky 5.1.2. Vodní plochy	13

5.3. Objektově orientovaná analýza: vymezení rámcových typů přírodních krajín

Klíčovým krokem metodického postupu je objektově orientovaná analýza obrazu, v našem případě dvoupásmového rastru vzniklého analýzou hlavních komponent. Celý proces objektově orientované analýzy sestává ze dvou fází – segmentace obrazu do relativně homogenních objektů a jejich následné klasifikace (Definiens AG 2007). Cílem segmentace je rozdělení spojitého rastrového obrazu do oddělených objektů podle pravidel definovaných uživatelem. Klasifikace pak představuje rozdělení takto vzniklých objektů do příslušných tříd. Pro verifikaci výsledků objektově orientované analýzy bylo použito tradičních pixelových metod řízené klasifikace obrazu.



Obr. 2 – Generalizovaná geologická mapa. Zdroj: Zoubek, ed. 2003.



Obr. 3 – Generalizovaná mapa krajinného pokryvu Česka (odvozeno podle CORINE Land Cover 2006. Zdroj: CENIA, 2009).

K segmentaci obrazu do objektů bylo využito algoritmu *Multiresolution Segmentation* v softwaru *Defnians Developer 7*, který umožňuje přikládat jednotlivým vstupním pásmům obrazu v procesu segmentace různou váhu a přizpůsobit charakter výsledků požadavkům uživatele (Defnians AG 2007). Podle výsledků analýzy hlavních komponent byl v procesu segmentace zachován jejich poměr příspěvku k vysvětlení celkové variability datového prostoru, tedy 74 % u rastru 1. komponenty, resp. 24 % u rastru 2. komponenty. Hlavním uživatelsky definovaným parametrem multiměřítkové segmentace je tzv. *Scale Parameter*, jehož hodnota rozhoduje o míře celkové heterogenity vzniklých objektů a zprostředkovaně tak určuje průměrnou velikost objektů vzniklých při segmentaci. Běžnou praxí stanovení uvedeného parametru je expertní porovnání výsledků různých variant (Hájek 2006). Minimální velikost prostorových jednotek, které ještě lze považovat za svébytný krajinný celek, byla pro všechny úrovně typologie expertně stanovena na 5 km². Z porovnávání výsledků segmentace při zadaných velikostech měřítkového parametru od 10 do 250 bylo zjištěno, že *Scale Parameter* musí nabývat minimální hodnoty 50.

Pro klasifikaci segmentovaných objektů do tříd představujících rámcové typy přírodních krajín bylo využito metody nejbližšího souseda. Tento klasifikátor je založen na zjištění polohy klasifikovaného objektu ve vícerozměrném příznakovém prostoru, resp. na určení jeho vzdálenosti od vzorku některé ze tříd. Po zjištění celkové heterogenity datového souboru bylo rozhodnuto o jeho rozčlenění do šesti klasifikačních tříd, reprezentující rámcové typy přírodních krajín. Klasifikační třídy jsou definovány tzv. trénovacími množinami, které nesou zvolené charakteristiky. Segmentované objekty jsou pak do jednotlivých tříd řazeny na základě podobnosti k trénovacím množinám. Za trénovací množiny bylo vybráno celkem 30 objektů, kdy byl každý rámcový typ přírodních krajín reprezentován pěti případy, popsány pomocí vstupních přírodních charakteristik.

Výsledky objektově orientované analýzy jsou kromě objektivních charakteristik obrazu do jisté míry závislé také na uživatelsky definovaných parametrech. Proto bylo provedeno porovnání a ověření výsledků s využitím odlišných metod klasifikace. Pro porovnání byla zvolena jednak metoda řízené klasifikace (*Supervised Classification*) s využitím extenze *Leica Image Analyst* pro ArcGIS 9.2. Druhou použitou metodou byla *Maximum Likelihood Classification* algoritmem *ISODATA clustering s využitím extenze Spatial Analyst* pro ArcGIS 9.2.

Řízená klasifikace obrazu je založena na podobném principu jako metoda nejbližšího souseda v objektové analýze, zde se ovšem jako trénovací množiny definují celé skupiny pixelů. Tyto byly definovány pomocí náhodně vygenerovaných polygonů v rámci rámcových krajinných typů, představujících vždy 10 % rozlohy dané třídy. Při vlastní klasifikaci algoritmus využívá trénovací množiny k rozčlenění datového souboru do požadovaného počtu tříd. Druhá metoda pro ověření a porovnání výsledků objektově orientované klasifikace je založena na klastrové metodě *ISODATA*, která určuje charakteristiky přirozeného rozložení datového souboru do klastrů a ukládá je jako soubor *ASCII signature*. Ten je pak využit pro vlastní klasifikační funkci, v našem případě šlo o metodu *Maximum Likelihood*. Výsledkem je rozčlenění obrazu do stejného počtu tříd, jaký byl zadán počet klastrů.

5.4. Vymezení typů přírodních krajin

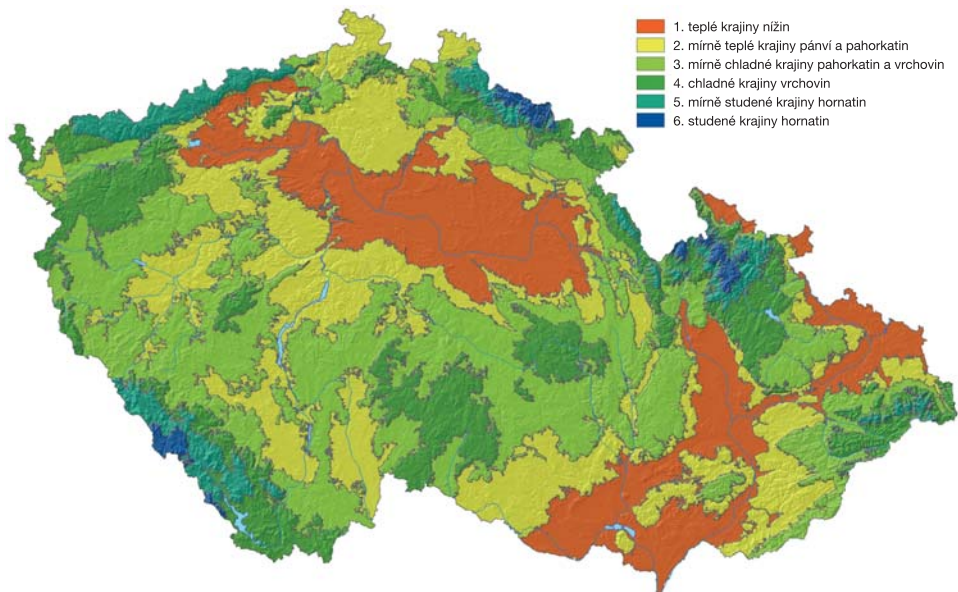
Vymezení semikomplexních typů přírodních krajin je provedeno překrytím a rozčleněním šesti rámcových typů přírodní krajiny geologickými jednotkami (obr. 2). Rámcové typy přírodní krajiny tak byly rozčleněny do typologických jednotek nižšího řádu. Současně byla provedena generalizace výsledné vrstvy, kdy byly eliminovány všechny polygony menší než 5 km². Charakteristika takto vymezených přírodních krajinných typů byla doplněna o informace o potenciální přirozené vegetaci a půdních poměrech podle výše uvedených datových vstupů.

5.5. Vymezení typů současné krajiny a funkčních typů

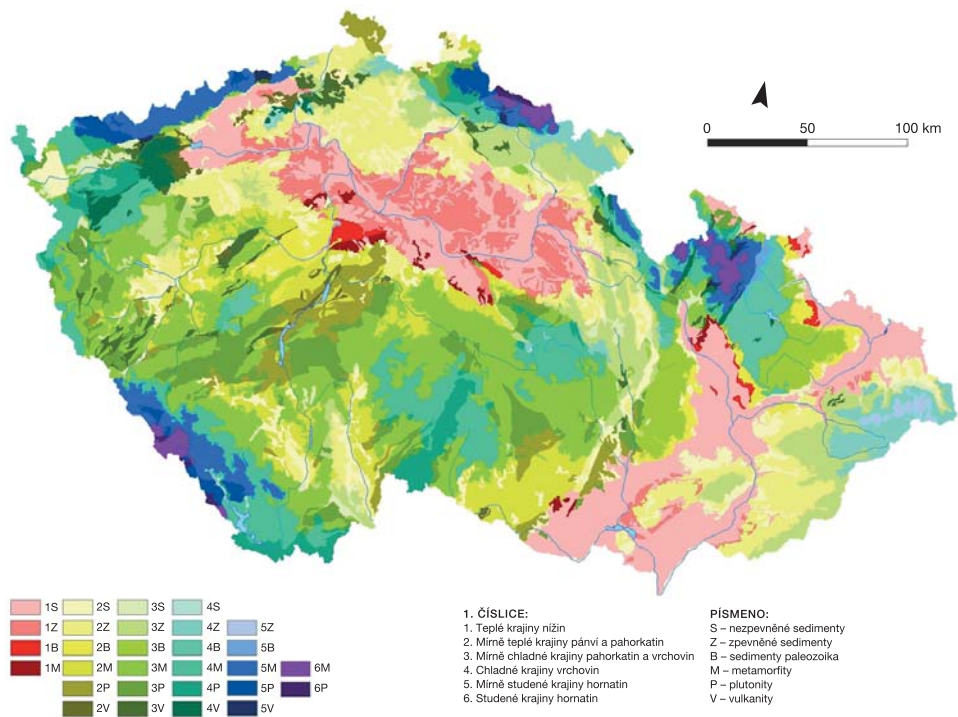
Finální částí procesu komplexní typizace krajiny je rozlišení typů současné kulturní krajiny, kde k přírodním charakteristikám přistupuje informace o krajinném pokryvu. Z procesu vymezení typů současné krajiny byly vyjmuty urbanizované plochy větší než 5 km². Tyto urbanizované plochy jsou považovány za samostatné krajinné jednotky podobně jako u komplexních typologií jiných autorů (Mücher a kol. 2003; Wascher, ed. 2005). V rámci takto upravených polygonů typů přírodních krajin pak bylo stanoveno procentuální zastoupení agregovaných kategorií krajinného pokryvu. Pro rozčlenění zjištěných kombinací zastoupení tříd krajinného pokryvu v jednotlivých polygonech do funkčních skupin byla použita shluková analýza metodou k-průměrů. Výsledné množství shluků bylo empiricky stanoveno na šest. Takto byly typy přírodní krajiny rozčleněny na základě krajinného pokryvu do funkčních skupin, které slouží jako podklad pro finální klasifikaci typů současné krajiny. Funkční skupiny mohou sloužit rovněž jako samostatný výstup znázorňující funkční typy krajin. Kód shluku (klastru) byl přiřazen jednotlivým polygonům, čímž byla doplněna kompletní informace o všech zvolených krajinných složkách. Tato metoda však umožňuje vzniknout vysokému počtu unikátních kombinací, z nichž některé mají charakter individuálních jednotek, tzn., že se reálně vyskytují pouze v jediném nebo několika málo exemplářích. Proto byla stanovena jako hranice minimální rozlohy krajinných typů plocha 100 km². Typologické jednotky, které kvůli zařazení do tříd funkční klasifikace toto kritérium nesplňovaly, proto byly přeřazeny do nejbližší příbuzného klastru.

6. Výsledky

Komplexní typologie krajiny byla zpracována na třech hierarchických úrovních. Produktem objektové segmentace rastrů prvních dvou komponent PCA jsou rámcové typy přírodní krajiny. Jejich dalším členěním podle charakteru geologických poměrů jsou vymezeny typy přírodní krajiny, a konečně dodáním informace o krajinném pokryvu jsou definovány vlastní typy současné krajiny. Vymezené typy současné krajiny nesoucí informace o vstupních datech (reliéf, klima, geologie a krajinný pokryv) byly doplněny i o informace o půdním



Obr. 4 – Rámcové typy přírodních krajín Česka (autor: D. Romportl)



Obr. 5 – Typy přírodních krajín Česka (autor: D. Romportl)

pokryvu a potenciální vegetaci. V následující kapitole jsou vymezené typy charakterizovány a jsou zde dále uvedeny výsledky verifikace objektové klasifikace.

6.1. Rámcové typy přírodní krajiny

Procesem objektově orientované segmentace výstupu PCA analýzy, respektive prvních dvou komponent, byly vymezeny rámcové typy přírodní krajiny. Výsledkem multiměřítkové segmentace je 81 objektů, tedy polygonů náležících k uvedeným rámcovým typům přírodní krajiny. Následnou klasifikací metodou nejbližšího souseda bylo provedeno jejich zařazení do některé ze šesti tříd (obr. 4). Po analýze základních ukazatelů vstupních proměnných byly rámcové typy přírodní krajiny popsány následovně:

1. Teplé krajiny nížin.
2. Mírně teplé krajiny pánví a pahorkatin.
3. Mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin.
4. Chladné krajiny vrchovin.
5. Mírně studené krajiny hornatin.
6. Studené krajiny hornatin.

Tyto třídy reprezentují rámcové typy přírodních krajin a odráží primární diferenciaci přírodních podmínek na nejvyšší hierarchické úrovni, kterou lze smysluplně v prostorovém měřítku Česka uplatnit.

Výsledky objektově orientované analýzy byly ověřeny metodou řízené klasifikace. Ačkoli se jedná o tradiční pixelovou metodu, kdy jsou hodnocena jednotlivá pole rastru a nikoli celé objekty, vytvářejí vymezené třídy poměrně kompaktní celky. Z porovnání s výsledky objektově orientované analýzy vyplývá, že většina z 81 polygonů rámcových typů krajin byla uvedenou metodou zařazena správně, s výjimkou devíti objektů.

6.2. Typy přírodní krajiny

Na další hierarchické úrovni byly vymezeny vlastní typy přírodních krajin tak, že šest výše popsaných rámcových typů přírodních krajin bylo rozčleněno podle charakteru geologických podmínek. Kombinací šesti rámcových typů a šesti geologických jednotek vzniklo 29 tříd s celkovým počtem 988 polygonů (obr. 5). Některé kombinace se nevyskytovaly. Jednotlivé krajinné typy jsou označeny kódem, kde číslo značí příslušnost k rámcovému typu přírodní krajiny, písmeno pak odkazuje na typ geologického substrátu. Název typologických jednotek se skládá obdobně (tab. 2).

6.3. Funkční typy krajiny

Shlukovou analýzou byly vymezeny funkční typy krajiny, které reprezentují reálné kombinace typů krajinného pokryvu v přírodních jednotkách (obr. 6). Z testovaných počtů shluků byla zvolena varianta šesti klastrů, která dobře vystihuje základní typy způsobu využití krajiny a zároveň nezvyšuje počet

Tab. 3 – Typy přírodních krajin. Autor: D. Romportl.

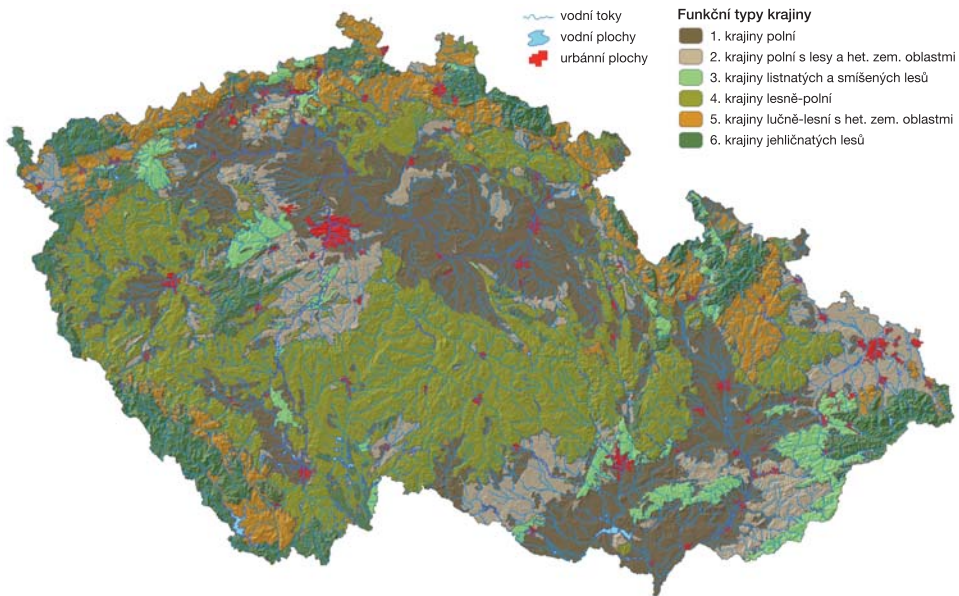
Kód	Typy přírodních krajin
1S	teplé krajiny nížin na nezpevněných sedimentech
1Z	teplé krajiny nížin na zpevněných sedimentech
1B	teplé krajiny nížin na sedimentech paleozoika
1M	teplé krajiny nížin na metamorfitech
2S	mírně teplé krajiny pánví a pahorkatin na nezpevněných sedimentech
2Z	mírně teplé krajiny pánví a pahorkatin na zpevněných sedimentech
2B	teplé krajiny rovinatých nížin na sedimentech paleozoika
2M	mírně teplé krajiny pánví a pahorkatin na metamorfitech
2P	mírně teplé krajiny pánví a pahorkatin na plutonitech
2V	mírně teplé krajiny pánví a pahorkatin na vulkanitech
3S	mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin na nezpevněných sedimentech
3Z	mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin na zpevněných sedimentech
3B	mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin na sedimentech paleozoika
3M	mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin na metamorfitech
3P	mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin na plutonitech
3V	mírně chladné krajiny pahorkatin a vrchovin na vulkanitech
4S	chladné krajiny vrchovin na nezpevněných sedimentech
4Z	chladné krajiny vrchovin na zpevněných sedimentech
4B	chladné krajiny vrchovin na sedimentech paleozoika
4M	chladné krajiny vrchovin na metamorfitech
4P	chladné krajiny vrchovin na plutonitech
4V	chladné krajiny vrchovin na vulkanitech
5Z	mírně studené krajiny hornatin na zpevněných sedimentech
5B	mírně studené krajiny hornatin na sedimentech paleozoika
5M	mírně studené krajiny hornatin na metamorfitech
5P	mírně studené krajiny hornatin na plutonitech
5V	mírně studené krajiny hornatin na vulkanitech
6M	studené krajiny hornatin na metamorfitech
6P	studené krajiny hornatin na plutonitech

možných kombinací s typologickými jednotkami přírodních krajin. Název typu je odvozen podle převažujících typů krajinného pokryvu v polygonech zařazených do daného shluku. Vymezené funkční typy krajiny byly pojmenovány následovně:

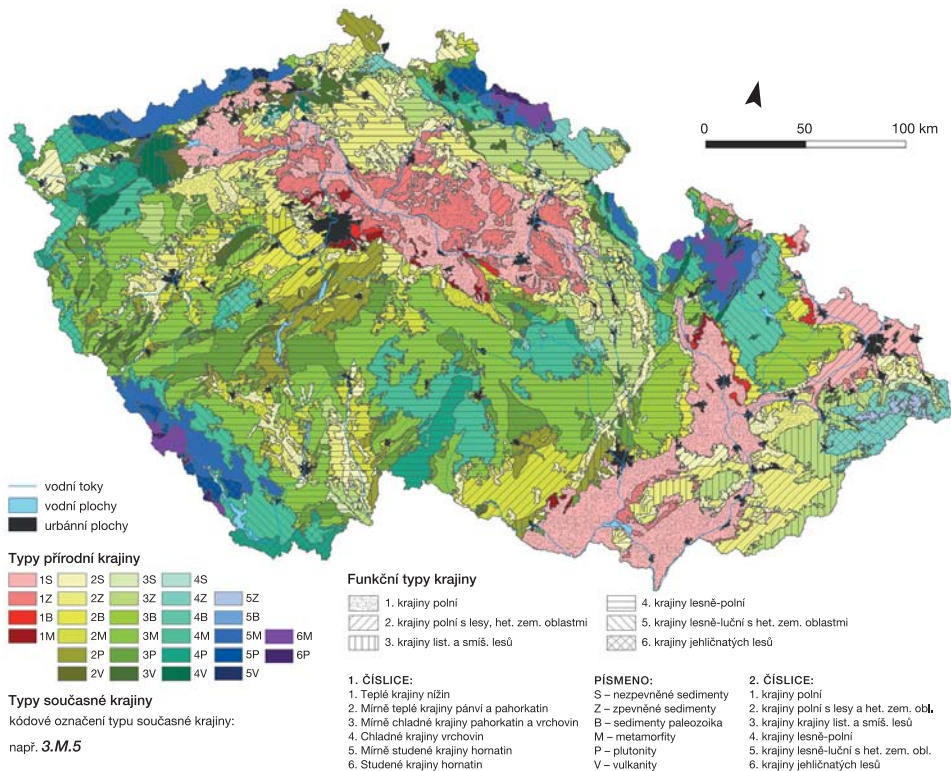
1. Krajiny polní
2. Krajiny polní s lesy a heterogenními zemědělskými oblastmi
3. Krajiny listnatých a smíšených lesů
4. Krajiny lesně-polní
5. Krajiny lučně-lesní s heterogenními zemědělskými oblastmi
6. Krajiny jehličnatých lesů

6.4. Typy současné krajiny

Finálním výstupem metodického postupu je vymezení typů současných krajin, které kromě přírodních podmínek fyzickogeografického prostředí zohledňují také způsob současného využití krajiny člověkem. Syntézou databází



Obr. 6 – Funkční typy krajiny Česka (autor: D. Romportl)



Obr. 7 – Typy současné krajiny Česka (autor: D. Romportl)

Typy přírodních krajin s Funkčními typy krajin vznikly finální Typy současné krajiny. Kombinací 29 typů přírodních krajin a 6 funkčních typů vzniklo 131 reálně existujících krajinných typů. Po generalizaci na základě minimální plošné velikosti 100 km² byl jejich počet zredukován na výsledných 79 typů současné krajiny (obr. 7).

Jednotlivé typy jsou označeny kódem, který nese informace o zařazení jednotky do rámcového typu přírodní krajiny (RTPK), o charakteru geologického podloží (GEO) a konečně o příslušnosti k funkčnímu typu krajiny (FTK). Rozloha výše popsaných krajinných typů se pohybuje od 107 km² až po 9361 km², průměrná velikost činí 979 km². Výjimečné postavení zaujímají krajinné typy 1S1 Teplé polní krajiny nížin na nezpevněných sedimentech a 3M4 Mírně chladné lesně-polní krajiny pahorkatin a vrchovin na metamorfitech, které svojí rozlohou 9361, resp. 9261 km², představují zdaleka nejrozlehlejší typologické jednotky, zahrnující dohromady téměř čtvrtinu území Česka. Prvních deset nejběžnějších typů současné krajiny zaujímá rozlohu přes 40 000 km², tedy více než 50 % státního území. Nejvzácnějším typem přírodní krajiny je 3B2 Mírně chladné polní krajiny pahorkatin a vrchovin s lesy a heterogenními zemědělskými oblastmi na metamorfitech, které se svou rozlohou 107 km² zaujímají pouze 0,14 % rozlohy území Česka. Podobně vzácných, resp. málo hojných krajinných typů existuje celá řada, celkem 54 typů současné krajiny zaujímá méně než 1 % státního území.

7. Diskuze

Komplexní typologie krajiny představuje netriviální syntézu řady vstupních informací odlišného charakteru, která vyžaduje několikastupňovou generalizaci. Už z tohoto důvodu je zřejmé, že jakýkoli metodický postup musí být zatížen určitou mírou subjektivity. Osobou zpracovatele jsou dotčeny zejména následující kroky typologie.

7.1. Výběr vstupních dat

Výběr informačních datových vrstev odpovídá účelu zpracovávané klasifikace, velmi často je však omezený dostupností a formátem požadovaných dat. Některé zásadní informace o přírodním i kulturním prostředí tak zůstávají postiženy nedostatečně, příp. nejsou zohledněny vůbec (např. srážky, vlhkostní poměry, struktura krajiny, estetické a duchovní prvky atd.). S volbou vstupních dat souvisí i jejich předzpracování a generalizace, které jsou opět zatíženy subjektivním pohledem zpracovatele při všech zmíněných přístupech.

7.2. Objektově orientovaná analýza

Metodicky zcela zásadní a přitom diskutabilní fázi typologie jsou oba kroky objektově orientované analýzy obrazu – segmentace a následná klasifikace. V obou případech je totiž nutné volit a nastavovat celou řadu faktorů, které

nelze předem jasně definovat. Naopak je běžné tyto parametry nastavovat na základě empirických zkušeností s jednotlivými variantami výsledků (Hájek 2006). V případě vymezení typologických jednotek, jež představují abstraktní objekty, vyžaduje definování vstupních parametrů odlišný postup než při klasickém využití metody u klasifikace konkrétních objektů na zemském povrchu. Prvním důvodem je využití vícepásmového obrazu (složeného ze spojitých, plynule (od počátku byly pixely, tedy diskrétní data) se měnících proměnných. Druhým důvodem odlišného přístupu k segmentaci je samotný charakter požadovaných objektů, reprezentujících typologické jednotky. Problematikou využití objektově orientované analýzy pro potřeby komplexní typologie se až na výjimky (Mücher a kol. 2003) nikdo nezabýval, metoda dál zůstává doménou zpracovatelů dat DPZ, proto nelze správnost obecného uchopení ani možnosti konkrétního nastavení parametrů diskutovat a porovnávat s výsledky jiných studií. Obdobně problematický je i druhý krok analýzy – klasifikace segmentovaných objektů do typologických tříd. Zde výsledky typologie odrážejí dva uživatelsky stanovené parametry. Především jde o definování počtu tříd, resp. rámcových typů přírodních krajin. Podobně jako u generalizací vstupních vrstev (např. geologické poměry, krajinný pokryv) i v tomto případě bylo cílem navržení minimálního možného počtu tříd, které ovšem co nejlépe ilustrují přirozenou stratifikaci přírodních podmínek. Počet tříd také může zohledňovat celkovou heterogenitu datového souboru, která se liší v rámci různých prostorových škál. Se vzrůstajícím počtem tříd se tak logicky snižuje vnitřní heterogenita jednotlivých kategorií, ovšem zároveň roste pravděpodobnost výskytu specifických tříd, které vytvářejí unikátní jednotky o jednom či několika málo exemplářích. Další fází, kdy zpracovatel ovlivňuje výsledek klasifikace, je volba trénovacích objektů. Pro každou z uvažovaných tříd bylo zvoleno vždy 5 objektů, které nejlépe postihují spektrum podmínek dílčích typů. Jejich výběr byl však rovněž zatížen osobou zpracovatele.

7.3. Teoretické otázky

Závažnou otázkou zpracování komplexních typologií současné krajiny je samotný smysl a důvod takového konání. Pedrolí et al. (2006) upozorňují na všeobecnou poptávku po přesných, vysoce podrobných a zároveň srozumitelných prostorových informacích o stavu a vývoji krajiny, jejích složek a funkcí. Groom a kol. (2006) a Jongman a kol. (2006) na konkrétních příkladech uvádějí možnosti využívání stále kvalitnějších environmentálních dat, které však vyžadují stále detailnější dílčí analýzy. Syntéza takto vysoce přesných a podrobných dat je ovšem náročnější, vyžaduje složitější postupy generalizace, ačkoli často vede k podobným výsledkům, jako v případě využití méně detailních vstupů (Jongman et al., 2006). Pedrolí, Pinto-Correia, Cornish (2006) tento stav permanentního zpracovávání nově aktualizovaných dat trefně popisují jako „*paralysis by analysis*“. Zároveň varují před neschopností transformace těchto informací ve skutečné znalosti o krajině, které by napomohly k odlišnému vnímání krajinných funkcí a změnám managementu. Tento problém se netýká pouze decizní politické či úřednické sféry, ale především odborníků jednotlivých specializací, kteří nejsou schopni klíčové výsledky výzkumu srozumitelně interpretovat

a syntetizovat. Wascher (2002) proto vyzdvihuje význam klasifikace krajiny jako postupu transformace původních analytických dat v komplexní, byť zjednodušenou informaci, která usnadňuje rozhodování v managementu krajiny. Se stejným úmyslem byla navržena i výše popsaná metoda komplexní typologie, ačkoli si autoři uvědomují, že výstupy studie zároveň přispívá k vršícímu se množství informací o charakteru krajiny.

8. Závěr

Hlavní cíl studie – navržení a aplikace metody typologie současné krajiny Česka – se podařilo splnit, ačkoli při řešení dílčích kroků vyvstala řada obecných, metodických i praktických otázek a nepodařilo se zcela vyhnout subjektivním zásahům do procedury. Metodologickým výstupem je návrh typologické klasifikace krajiny, založené na práci s aktuálními daty, která využívá moderních nástrojů současné geoinformatiky a koresponduje se současnými přístupy v Evropě a ve světě. Praktickým výsledkem je pak vymezení semikomplexních krajinných typů na třech hierarchických úrovních:

1. Rámcové typy přírodních krajin – představují hlavní typologické jednotky odrážející primární prostorovou diferenciaci krajinné sféry podle průměrné roční teploty, nadmořské výšky a sklonitosti reliéfu.
2. Typy přírodních krajin – reprezentují základní rozčlenění přírodní krajiny podle průměrné roční teploty, nadmořské výšky, sklonitosti reliéfu a charakteru geologických podmínek. Představují potenciální diferenciaci primární krajinné struktury bez zohlednění vlivu člověka.
3. Typy současné krajiny – představují výsledky „komplexní“ klasifikace krajiny podle výše uvedených přírodních podmínek a kulturním charakteru krajiny daném způsobem využití krajiny člověkem

Důležitou stanovenou podmínkou byla minimalizace subjektivního faktoru při postupu typizace. Ačkoli použité metody významně omezují vliv zpracovatele na výsledky klasifikace, nelze subjektivní hledisko z procesu typizace zcela vyloučit. Vymezení krajinných typů proto odpovídá nejen účelu typologie, dané především volbou měřítka a charakterem vstupních dat, ale do jisté míry také odráží odborné zaměření autorů. Představenou metodu proto nelze považovat za univerzální, detailní popis postupu však umožňuje její opakování či modifikaci podle potřeb zpracovatele a zdokonalení v budoucnosti. Dílčí výsledky typologie byly poskytnuty Ministerstvu životního prostředí ČR jako eventuální podklady k dokumentu *Krajinná politika ČR*, reflektujícímu závazky Evropské úmluvy o krajině. Předložená práce tak představuje nejen nové metodologické přístupy, ale zároveň přináší i praktické výsledky uplatnitelné ve strategickém krajinném plánování, monitoringu krajinných změn nebo v managementu krajiny.

Literatura:

- ANTROP, M., van EETVELDE, V., JANSSENS, J., MARTENS, I., van DAMME, S. (2002): Traditionele Landschappen van Vlaanderen (Traditional Landscapes of Flandres). Ghent University, Geography Department, <http://www.geoweb.ugent.be/services/docs/tradla.pdf>, c.2002 (12. 7. 2009).
- Atlas krajiny Slovenskej republiky (2002): 1. vyd., MŽP SR/Slovenská agentúra životného prostredia, Bratislava/Banská Bystrica, 344 s.
- BAATZ, M., SCHÄPE, A. (2000): Multiresolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, J. (ed), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*, Karlsruhe, s. 12–23.
- BALATKA, B., CZUDEK, T., DEMEK, J., SLÁDEK, J. (1973): Regionální členění reliéfu ČSR. *Sborník československé společnosti zeměpisné*, 78, č. 2, s. 81–85.
- BALATKA, B., CZUDEK, T., DEMEK, J. (1975): Typologické třídění reliéfu ČSR. *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, sv. 80, s. 177–183.
- BALATKA B., KALVODA J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. *Geomorphological regionalization of the relief of Bohemia. Kartografie Praha a. s., Praha*, 79 s., 3 mapy.
- BRECKLE, S. W., WALTER, H. (2002): *Walter's vegetation of the earth: the ecological systems of the geo-biosphere*, 4th ed., Springer, Berlin, 547 s.
- BUNCE, R. G. H., BARR, C. J., CLARKE, R. T., HOWARD, D. C., LANE, A. M. J. (1996): Land Classification for Strategic Ecological Survey, *Journal of Environmental Management*, 47, č. 1 s. 37–60.
- CULEK, M., GRULICH, V., POVOLNÝ, D. (1996): Biogeografické členění ČR. *Enigma*, Praha, 347 s.
- CULEK, M., BUČEK, A., GRULICH, V., HARTL, P., HRABICA, A., KOCIÁN, J., KYJOVSKÝ, Š., LACINA, J. (2005): Biogeografické členění ČR II. *Enigma*, Praha, 589 s.
- Definiens AG (2007): *Definiens Developer 7 – User Guide*. Definiens AG, München, Germany, 482 s.
- DEMEK, J., QUITT, E., RAUŠER, J. (1977): Fyzickogeografické regiony ČSR, *Geografie*, 82, č. 2, s. 89–99.
- EEA (2002): The biogeographical regions map of Europe. European Environment Agency, Copenhagen, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/natura-2000-sites-biogeographical-regions-1/> (12. 7. 2009).
- EMBLETON, C., ed. (1983): *Geomorphology of Europe*. Verlag Chemie, Weinheim, 465 s.
- GROOM, G., MUCHER, C. A., IHSE, M., WRBKA, T. (2006): Remote sensing in landscape ecology: experiences and perspectives in a European context. *Landscape Ecology*, 21, č. 3, s. 391–408.
- HADAČ, E. (1982): *Krajina a lidé*. Academia, Praha, 156 s.
- HÁJEK, F. (2006): Object-oriented classification of Ikonos satellite data for the identification of tree species composition. *Journal of Forest Science*, 52, č. 4, s. 181–187.
- HOBBS, R. J., MCINTYRE, S. (2005): Categorizing Australian landscapes as an aid to assessing the generality of landscape management guidelines. *Global Ecology and Biogeography*, (Global Ecol. Biogeogr.), 14, č. 1 s. 1–15.
- HORÁK, J. (2002): *Prostorová analýza dat – učební text*. Institut geoinformatiky, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TU Ostrava, 127 s.
- CHUMAN, T., ROMPORTL, D. (2010): Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic. *Landscape and Urban Planning*, 98, č. 3–4, s. 200–209.
- IVAN, A., KOLEJKA, J., KUNDRATA, M., LACINA, J., RAUŠER, J., VANĚČKOVÁ, L. (1987): Přírodní prostředí. Mapa měřítká 1:750 000. In: *Atlas obyvatelstva ČSSR. Díl V. Životní prostředí, rekreace*. GGÚ ČSAV/FSÚ, Brno/Praha.
- JONGMAN, R., BUNCE, R., METZGER, M., MÜCHER, C., HOWARD, D., MATEUS, V. (2006): Objectives and applications of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecology*, 21, č. 3, s. 409–419, doi:10.1007/s10980-005-6428-0.
- KOLEJKA, J. (1989a): Koncepce legendy krajinné mapy ČSSR měřítká 1:750 000. In: *Biogeografie a její aplikace. Sborník prací*, č. 24, s. 149–162.

- KOLEJKA, J. (1989b): Tvorba komplexní fyzikogeografické mapy Jihomoravského kraje měřítko 1:250 000. Zprávy GGÚ ČSAV, 26, č. 3, s. 15–34.
- KOLEJKA, J. (1990): Úvaha o uspořádání obsahu „Krajinné mapy jižní Moravy v měřítku 1:500 000“. Zprávy GGÚ ČSAV, 27, č. 2, s. 29–37.
- KOLEJKA, J. (1992): Přírodní krajinné typy. In: Atlas životního prostředí a zdraví obyvatel ČSFR, GgÚ ČSAV, Brno.
- KOLEJKA, J. (1999): Dynamická a aplikovaná geoekologie. Habilitační práce. Katedra chemie životního prostředí a ekotoxikologie PřF MU, Brno, 242 s.
- KOLEJKA, J. (2010): Typy přírodní krajiny. Mapa měřítko 1:500 000. In: Atlas krajiny České republiky, Ministerstvo životního prostředí České republiky/Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Praha/Průhonice, s. 154–156.
- KOLEJKA, J., ROMPORTL, D., LIPSKÝ, Z. (2010): Typy současné krajiny. Mapa měřítko 1:500 000. In: Atlas krajiny České republiky, Ministerstvo životního prostředí České republiky / Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Praha/Průhonice, s. 194–195.
- KOLEJKA, J., LIPSKÝ, Z. (1999): Mapy současné krajiny. Geografie, 104, č. 3, s. 161–175.
- LEPŠ, J. (1996): Biostatistika. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, České Budějovice. 166 s.
- LIUBIMTSEVA, E., DEFOURNY, P. (1999): GIS-based landscape classification and mapping of European Russia. Landscape and Urban Planning, 44, s. 63–75.
- LIPSKÝ Z., KOLEJKA, J. (1997): Typologie a ochrana české kulturní krajiny. Závěrečná zpráva výzkumného projektu GAČR, č. 206/95/0959. Ústav aplikované ekologie, Lesnická fakulta České zemědělské univerzity.
- LIPSKÝ, Z. (1998a): Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Karolinum, Praha, 129 s.
- LIPSKÝ, Z. (1998b): Typologie (kulturní) krajiny jako podklad pro hodnocení a ochranu krajinného rázu. In: Sklenička, P., Zasadil, P. (eds.): Krajinný ráz, způsoby jeho hodnocení a ochrany. ČZU, Praha, s. 65–71.
- LIPSKÝ, Z., ROMPORTL, D. (2007): Typologie krajiny v Česku a zahraničí: stav problematiky, metody a teoretická východiska. Geografie, 112, č. 1 s. 61–83.
- LÖW, J., MÍČHAL, I. (2003): Krajinný ráz. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 552 s.
- LÖW, J., CULEK, M., HARTL, P., NOVÁK, J. (2005): Typologie české krajiny. Závěrečná zpráva úkolu VaV 640/01/03 za rok 2003–2005. Brno, 97 s.
- Magyar Tudományos Akademia (1989): Magyarország nemzeti atlasza – National Atlas of Hungary. Budapest – Mezogazdasági és Elélmezésügyi Minisztérium megbízásából a Kartográfiai Vállalat, 395 s.
- McMAHON, G., GREGONIS, S. M., WALTMAN, S. W., OMERNIK, J. M., THORSON, T. D., FREEOUF, J. A., RORICK, A. H., KEYS, J. E. (2001): Developing a Spatial Framework of Common Ecological Regions for the Conterminous United States. Environmental Management, 28, č. 3, s. 293–316, DOI: 10.1007/s002670010225.
- METZGER, M. J., BUNCE, R. G. H., JONGMAN, R. H. G., MÜCHER, C. A., WATKINS, J. W. (2005): A climatic stratification of the environment of Europe. Global Ecology and biogeography, (Global Ecol. Biogeogr.) 14, č. 6, s. 549–563. DOI: 10.1111/j.1466-822x.2005.00190.x.
- MITCHELL, T. D., CARTER, T. R., JONES, P. D., HULME, M., NEW, M. (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). Tyndall Centre Working Paper No. 55. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK.
- MURANSKÝ, P. a kol. (1977): Hodnocení krajiny a jeho využití v plánovací a projektové technice. Architektura ČSR, 36, č. 9–10, s. 390–398.
- MÜCHER, C. A., BUNCE, R. H. G., JONGMAN, R. H. G., KLIJN, J. A., KOOMEN, A. J. M., KLIJN, J. A., WASCHER, D. M., SCHAMINÉE, J. H. J. (2010): A New European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. Ecological Indicators, 10, č. 1, s. 87–103.
- NAUMAN, P. a kol. (1977): Krajinařské hodnocení z hlediska teoretického a metodologického, Architektura ČSR, 36, č. 9–10, s. 386–390.

- NĚMEČEK, J., KOZÁK, J. (2003): Approaches to the solution of a soil map of the Czech Republic at the scale 1:250 000 using SOTER methodology. *PLANT SOIL ENVIRON.*, 49, č. 7, s. 291–297.
- NEUHÁUSLOVÁ, Z., MORAVEC, J., eds. (2001): Mapa potenciální přirozené vegetace ČR. Academia, Praha, 342 s.
- OLMO, M. R., HERRAÍZ, S. C., eds. (2003): Atlas de los Paisajes de España. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, 788 s.
- OLSON, D. M., DINERSTEIN, E., WIKRAMANAYAKE, E. D., BURGESS, N. D., POWELL, G. V. N., UNDERWOOD, E. C., D'AMICO, J. A., ITOUA, I., STRAND, H. E., MORRISON, J. C., LOUCKS, C. J., ALLNUTT, T. F., RICKETTS, T. H., KURA, Y., LAMOREUX, J. F., WETTENGEL, W. W., HEDAO, P., KASSEM, K. R. (2001): Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *BioScience*, 51, č. 11 s. 933–938.
- PALANG, H., PRINTSMANN, A., KONKOLY-GYURO, E., URBANC, M., SKOWRONEK, E., WOLOSZYN, W. (2006): The Forgotten Rural Landscapes of Central and Eastern Europe. *Landscape Ecology*, 21, č. 3, s. 347–357. DOI 10.1007/s10980-004-4313-x.
- PEDROLI, B., PINTO-CORREIA, T., CORNISH, P. (2006): Landscape – what's in it? Trends in European landscape science and priority themes for concerted research. *Landscape Ecology*, 21, s. 421–430, DOI 10.1007/s10980-005-5204-5.
- PINTO-CORREIA, T., GUSTAVSSON, R., PIRNAT, J. (2006): Bridging the Gap between Centrally Defined Policies and Local Decisions – Towards more Sensitive and Creative Rural Landscape Management. *Landscape Ecology*, 21, č. 3, s. 333–346, DOI 10.1007/s10980-005-4720-7.
- PUSCHMANN, O. (1998): The Norwegian landscape reference system. Use of different sources to describe landscape regions. *NIJOS, Ås (Norway)*, 27 s.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti ČSSR. *Studia Geographica*, č. 16, Geografický ústav ČSAV, Brno, s. 1–74.
- ROMPORTL, D., CHUMAN, T. (2007): Proposal method of landscape typology in the Czech republic. *Journal of Landscape Ecology*, 1, č. 0, s. 119–124.
- ROMPORTL, D., CHUMAN, T. (2008): Současné přístupy v typologii krajiny v České republice. In: Dreslerová, J., Packová, P. (eds.): *Krajina v kontextu globálních změn – sborník ekologie krajiny č. 5. Sborník příspěvků z konference konané 25.–26. ledna 2008 v Brně*, CD-ROM, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 19 s.
- ROMPORTL, D., CHUMAN, T. (2012): Present approaches to landscape typology in the Czech Republic. *Journal of Landscape Ecology*, 5, č. 3, s. 24–35.
- ROMPORTL, D., CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. (2008): New method of landscape typology in the Czech Republic. *Landscape Classification – Theory and Practice, The Problems of Landscape Ecology*, 20, č. 1, s. 315–320.
- WASCHER, D. M. (2002): Landscape-indicator development: steps towards an European approach. In: Jongman, R. G. H. (eds.): *The new dimensions of the European landscape. Proceedings of the Frontis workshop on the future of the European cultural landscape Wageningen, The Netherlands 9–12 June 2002*, s. 237–251.
- WASCHER, D. M., ed. (2005): *European Landscape Character Areas – Typologies, Cartography and Indicators for the Assessment of Sustainable Landscapes. Final Project Report as deliverable from the EU's Accompanying Measure project European Landscape Character Assessment Initiative (ELCAI)*, 150 s.
- WRBKA, T., SZERENCSITS, E., SCHMITZBERGER, I., PÜHRINGER, M. (2000): Karte der Kulturlandschaftstypen Österreichs im Maßstab 1:200 000 auf der Basis einer visuellen Interpretation von Satellitenbilddaten. In: Wrбка, T., Fink, M. H., Beissmann, H., Schneider, W., Reiter, K., Fussenegger, K., Suppan, F., Schmitzberger, I., Puehringer, M., Kiss, A., Thurner, B. (2002): *Endbericht des Forschungsprojektes Kulturlandschaftsgliederung Österreich, im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur. CD-ROM*.
- Van EETVELDE, V., ANTROP, M. (2009): A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. *Landscape and Urban Planning*, 91, s. 160–170.
- ZOUBEK, J., ed. (2003): *Atlas GeoČR 500. CD-ROM – soubor geovědních map. Česká geologická služba, Praha*.

Mapové a datové podklady:

CENIA (2009): CORINE Land Cover 1990, 2000 a 2006, <http://www.geoportal.cenia.cz> (10. 10. 2009).

Ministerstvo životního prostředí ČR a Český hydrometeorologický ústav (2007): Průměrná roční teplota. ESRI grid 100×100 m, datová řada 1960–1990.

SRTM 2000, Digital Elevation Model. NASA, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/1> (10. 10. 2009).

S u m m a r y

LANDSCAPE TYPOLOGY OF CZECHIA

Landscape as a complex system has always been a subject of interest to experts of different specializations, who classify its components into spatial units. Their qualitative character and spatial-temporal persistence usually reflect the purpose of their use and the author's erudition. While monothematic classifications of geographical sphere are relatively common, complex landscape classifications reflecting more of its components are conducted rather rarely. This is largely due to the fundamental attributes of the landscape as a subject of classification – its complexity, internal heterogeneity and spatial-temporal variability.

Landscape sphere as a heterogeneous system could be sorted into the spatial units in different ways. Some authors (e.g. Pinto-Correia, Gustavsson, Pirnat 2006; Palang et al. 2006) draw attention to the unique landscapes and therefore define rather the individual units. Others (e.g. Metzger et al. 2005, Bunce et al. 1996) point to the repeatability of landscape phenomena and processes in a relatively homogeneous units, therefore prefer typological approaches. Defining the geographical spatial units could be based on three basic approaches (after Kolečka 1999; Lipský, Romportl 2007):

1. Typological approach: defining the repeatable units, as homogeneous as possible in terms of the distinguishing criteria (eg. Balatka, Czudek, Demek 1975; Breckle, Walter 2002 ; Culek et al. 2005; Mitchell et al. 2004; Olson et al. 2001; Quitt 1971).
2. Regional approach: the output of individual geographical regionalization are unique spatial units which are reflect the diversity and specific characteristics and territorial integrity (eg. Balatka et al. 1973; Balatka, Kalvoda 2006; Culek, Grulich, Povolný 1996; Embleton ed. 1983).
3. Functional approach: Kolečka (1999) mentions the functionality of the environment as another way of geographical classification – integrational approach, which leads to a definition of heterogeneous landscape units in all aspects, the essential characteristic is its functional linkage – flows of material, energy and information into a single system (e.g. catchment landscape).

Spectrum of methods leading to the definition of landscape types ranges from an intuitive division based on a holistic perception of the landscape, through empirical approaches based on expert assessment, up to classifications based on statistical data processing. Individual approaches differ in choice of variables and determination of their weights, in different degree of generalization and diverse synthesis of input data.

The proposed process consists of five sequential steps. Firstly all input data sets are selected and pre-processed, some of them should be standardized. In order to reduce the number of inputs and to de-correlate them, principal components analysis (PCA) was performed. Rasters of the first components derived from PCA are segmented into generalized complex types of natural landscapes using object-oriented image analysis. Definition of these units was compared with results of two different pixel-based methods of image classification. The resulting objects are subdivided by polygons of the geological map, what leads to the delineation of conventionally complex types of natural landscapes. The last step is the classification of natural landscape units according to the land use into the types of present landscape.

The initial step consists in the selection of input data that enter into the classification process. Selection of relevant data is easier when their hierarchical dependency and substitutability is taken into account. Selected variables included annual mean air temperature, elevation, vertical heterogeneity, geological conditions and land cover. All data sets were

converted to ESRI grid format of the same pixel size 100×100 m. For more detailed characteristic of identified semi-complex landscape types, data describing the soil conditions, potential natural vegetation and landscape structure have also been used. Input rasters of average annual temperature, altitude and slope were firstly standardized and centered. The main output of principal components analysis is a multi-band raster, the components of which represent the newly transformed data. By using the so-called eigenvalues is possible to determine the contribution of individual components to the overall variability of the dataset. The first component explains 73,9% of the variability of the data space, the second component 24,4%, and the third one only 1,7%. The rasters of the first two components were used for the classification, since together they explain 98,3% of total data variability.

A key step of the methodical process is object-oriented image analysis, in our case classification of the two-band raster resulting from the principal components analysis. The aim of the segmentation consists in the division of a continuous raster image into separate objects according to the rules defined by the user. The classification represents the separation of the resulting objects into the appropriate categories. A different method of pixel-based image classification was used for the verification of the results of the object-oriented analysis.

A semi-complex landscape typology was carried out on three hierarchical levels:

1. Multiresolution segmentation resulted in 203 objects, i.e. polygons belonging to the General types of natural landscape. Furthermore, the Nearest Neighbor classification procedure led to their incorporation into one of six classes. These classes represent the general semi-complex types of natural landscapes and reflect the primary differentiation of selected and applied natural conditions at the highest hierarchical level, which could be meaningfully applied within the territorial scale of Czechia (Fig. 4).

2a. Types of natural landscapes have been defined at the next hierarchical level in the way described above. Total of 988 polygons were identified and classified into 29 classes (Fig. 5). Each landscape type was depicted by a code, where the first number indicates the affiliation to the general type of natural landscape, the letter refers to the character of the geological substrate.

2b. Functional types of landscape – defined according to the results of cluster analysis – represent real combinations of land cover categories in natural typological units (Fig. 6). Number of clusters has been set to six, which best describes the basic types of land use and also does not increase the number of possible combinations with typological units of natural landscapes. Name of the type is derived according to the dominant class of land cover within the polygons.

3. Final output of the methodological procedure is a complex typological classification of present landscapes, which takes into account not only physical geographical conditions but also the present land use. Synthesis of Types of natural landscape and Functional types of landscape resulted in definition of Types of present landscapes. Combination of 29 types of natural landscapes and 6 functional landscape types led to 131 types of actually existing landscapes. After a generalization, 79 types of the landscape were identified (Fig. 7).

The main objectives of the study – the proposal and the application of comprehensive typology to the landscape of Czechia – have been fulfilled, although the solution of particular steps brought a number of general, methodological and practical issues. The main methodological output is the proposal of landscape typological classification, based on the processing of available data, which uses modern GIT tools and which follows current approaches in Europe and the world. The practical result of this study is the definition of conventionally complex landscape types at three hierarchical levels.

Presented method cannot be regarded as universal; however, a detailed description of the procedure allows repeating or modifying it, according to the needs of any particular research and its data processing. The paper presents not only some new methodological approaches, but also brings practical results applicable in the strategic landscape planning, monitoring of landscape changes, or in landscape management.

- Fig. 1 – Data selection according to hierarchical dependency scheme (after Múcher et al. 2010). Red labeled components took part in segmentation process, blue ones were used for characterization of landscape types. X axis – landscape type, Y axis left – increasing dependency, Y axis right – landscape features: abiotic, biotic, cultural. Landscape components (from left): climatic/geological conditions, geomorphological conditions, hydrological conditions, soils, vegetation, fauna, land-use, landscape mosaic.
- Fig. 2 – Generalized geological map (after Zoubek, ed. 2003). Legend: volcanic rocks, plutonic rocks, metamorphic rocks, paleozoic sediments, unconsolidated sediments, consolidated sediments.
- Fig. 3 – Generalized land cover map (according CORINE Land Cover 2006, source: CENIA, 2009). Legend: urban areas; industrial areas; mines and dump sites; arable land; hop-gardens, orchards and gardens; vineyards; meadows and pastures; heterogeneous agricultural areas; coniferous forests; deciduous and mixed forests; natural grassland and shrubland; wetlands and peatbogs, water areas.
- Fig. 4 – General types of natural landscapes. Legend: 1 – Warm lowland landscapes, 2 – Moderately warm landscapes of hills and basins, 3 – Moderately cool landscapes of hills and highlands, 4 – Cool landscapes of highlands, 5 – Moderately cold landscapes of mountains, 6 – Cold landscape of mountains.
- Fig. 5 – Types of natural landscapes. Legend: 1S – Warm lowland landscapes on unconsolidated sediments, 1Z – Warm lowland landscapes on consolidated sediments, 1B – Warm lowland landscapes on Paleozoic sediments, 1M – Warm lowland landscapes on metamorphic rocks, 2S – Moderately warm landscapes of hills and basins on unconsolidated sediments, 2Z – Moderately warm landscapes of hills and basins on consolidated sediments, 2B – Moderately warm landscapes of hills and basins on Paleozoic sediments, 2M – Moderately warm landscapes of hills and basins on metamorphic rocks, 2P – Moderately warm landscapes of hills and basins on plutonic rocks, 2V – Moderately warm landscapes of hills and basins on volcanic rocks, 3S – Moderately cool landscapes of hills and highlands on unconsolidated sediments, 3Z – Moderately cool landscapes of hills and highlands on consolidated sediments, 3B – Moderately cool landscapes of hills and highlands on Paleozoic sediments, 3M – Moderately cool landscapes of hills and highlands on metamorphic rocks, 3P – Moderately cool landscapes of hills and highlands on plutonic rocks, 3V – Moderately cool landscapes of hills and highlands on volcanic rocks, 4S – Cool landscapes of highlands on unconsolidated sediments, 4Z – Cool landscapes of highlands on consolidated sediments, 4B – Cool landscapes of highlands on Paleozoic sediments, 4M – Cool landscapes of highlands on metamorphic rocks, 4P – Cool landscapes of highlands on plutonic rocks, 4V – Cool landscapes of highlands on volcanic rocks, 5Z – Moderately cold landscapes of mountains on consolidated sediments, 5B – Moderately cold landscapes of mountains on Paleozoic sediments, 5M – Moderately cold landscapes of mountains on metamorphic rocks, 5P – Moderately cold landscapes of mountains on plutonic rocks, 5V – Moderately cold landscapes of mountains on volcanic rocks, 6M – Cold landscape of mountains on metamorphic rocks, 6P – Cold landscape of mountains on plutonic rocks.
- Fig. 6 – Functional landscape types. Legend: 1 – Landscapes with arable land, 2 – Landscapes with arable land, forests and heterogeneous agricultural areas, 3 – Landscapes with deciduous and mixed forests, 4 – Landscapes with forests and arable land, 5 – Landscapes with meadows and forests with heterogeneous agricultural areas, 6 – Landscapes with coniferous forests, 7 – urban areas.
- Fig. 7 – Present landscape types. Legend: rivers, water, urban areas. Code legend of landscape type: First number: 1 – Warm lowland landscapes, 2 – Moderately warm landscapes of hills and basins, 3 – Moderately cool landscapes of hills and highlands, 4 – Cool landscapes of highlands, 5 – Moderately cold landscapes of mountains, 6 – Cold landscape of mountains. Letter: S – unconsolidated sediments, B – consolidated sediments, Z – paleozoic sediments, M – metamorphic rocks, P – plutonic rocks, V – volcanic rocks. Second Number: 1 – Landscapes with arable land, 2 – Landscapes

with arable land, forests and heterogeneous agricultural areas, 3 – Landscapes with deciduous and mixed forests, 4 – Landscapes with forests and arable land, 5 – Landscapes with meadows and forests with heterogeneous agricultural areas, 6 – Landscapes with coniferous forests.

Pracoviště autorů: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 128 43 Praha 2; email: romportl@natur.cuni.cz, chuman@natur.cuni.cz, lipsky@natur.cuni.cz.

Do redakce došlo 18. 11. 2011; do tisku bylo přijato 11. 1. 2013.

Citační vzor:

ROMPORTL, D., CHUMAN, T., LIPSKÝ, Z. (2013): Typologie současné krajiny Česka. *Geografie*, 118, č. 1, s. 16–39.