

Výroční zpráva k projektu SP/2d1/93/07 CzechTerra
—
Adaptace uhlíkových deponií v krajině v kontextu globální změny

Pracovní segment 3

**Rozvoj dynamické observační sítě poskytující informace o
stavu, vývoji ekosystémů a využití krajiny**

Odpovědný řešitel:
Ing. Martin Černý, CSc.
IFER - Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o.



Listopad 2009

Řešitelský tým IFER

Ing. Martin Černý, CSc.	Hlavní řešitel projektu Metodické postupy v oblasti inventarizace lesních ekosystémů a krajiny Matematicko-statistické zpracování dat Koncepte centrální databáze Technologická podpora řešení projektu
Doc. Ing. Emil Cienciala, Ph.D.	Analýza potenciálních datových zdrojů a mezinárodní environmentální politika Metodické postupy v oblasti IPCC Příprava a zpracování výsledků projektu pro účely emisních inventur Koncepte pedologické části řešení
RNDr. Jana Beranová	Metodické postupy v oblasti hodnocení biodiverzity a krajiny Koordinace řešitelského týmu
Ing. Vladimír Zatloukal	Metodické postupy v hodnocení statistické inventarizace v oblasti lesnických informací Interpretace výstupů
Ing. Petr Vopěnka	Správa centrální databáze klasifikovaných leteckých snímků Vyhodnocování klasifikovaných leteckých snímků Příprava podpůrných GIS podkladů
Ing. Radek Russ	Dílčí metodické postupy v oblasti inventarizace lesních ekosystémů (diverzita porostu, obnova) Školení terénních pracovníků, kontrola kvality terénních prací Příprava dat inventarizačního šetření pro zpracování a vlastní zpracování
Ing. Petra Šimová, Ph.D. (Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze)	Metodika klasifikace leteckých snímků Klasifikace leteckých snímků Vyhodnocování klasifikovaných leteckých snímků
Prof. RNDr. Hana Šantrůčková, CSc. (Jihočeská univerzita)	Koncepte pedologické části projektu Analýza půdních vzorků
Ing. Zuzana Exnerová Gabriela Kotrbová Veronika Stupková	Technická spolupráce v oblasti analýzy a odběrů půdních vzorků
Ing. Jan Apltauer	Dílčí metodické postupy v oblasti inventarizace lesních ekosystémů (kvalita těžebního fondu) Školení terénních pracovníků Využití oklasifikovaných leteckých snímků pro reporting IPCC

Projekt SP/2d193/07 CzechTerra; Pracovní segment 3

Ing. Miroslav Michalec,
Pavel Málek,
Ing. Petr Litschmann

Sběr dat v terénu

Ing. Jana Kučerová
Bc. Šárka Holá
Ing. Petr Litschmann
Ing. Pavol Kapusta

Klasifikace leteckých snímků

Anotace

Cílem pracovního segmentu 3 projektu CzechTerra je vytvoření efektivního informačního systému, který by byl využitelný pro široké potřeby hodnocení a trvalé sledování vývoje terestrických ekosystémů a využívání území na celorepublikové úrovni. Systém bude představovat základní nástroj pro hodnocení a strategické plánování ochrany a udržitelného rozvoje krajiny v České republice. Je koncipován tak, aby efektivně poskytoval údaje, které dále využijí státní instituce pro vykazování informací o krajině a terestrických ekosystémech v rámci mezinárodních úmluv. Konkrétně se jedná o Ministerskou konferenci o ochraně evropských lesů (MCPFE – *Ministerial Conference of the Protection of Forest in Europe*), Rámcovou úmluvu OSN o změně klimatu (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*) a její Kjótský protokol (KP – *Kyoto Protocol*), Úmluvu o biodiverzitě (CBD – *United Nations Convention on Biodiversity*).

Doba řešení: srpen 2007 – prosinec 2011

Obsah

CÍLE ŘEŠENÍ PRACOVNÍHO SEGMENTU 3	7
ANALÝZA INFORMAČNÍ POTŘEBY	7
POŽADAVKY NA VYKAZOVÁNÍ INFORMACÍ O KRAJINĚ, JEJÍM STAVU A ZPŮSOBU VYUŽÍVÁNÍ	7
<i>Ministerská konference o udržitelném hospodaření v lesích</i>	8
<i>Emisní inventura v rámci Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu</i>	10
<i>Úmluva o biologické rozmanitosti (CBD)</i>	12
<i>Evropská úmluva o krajině (ELC)</i>	15
ZMĚNY VE VYUŽÍVÁNÍ ÚZEMÍ – KATEGORIZACE A ČASOVÉ HLEDISKO	17
NÁVAZNOST ŘEŠENÍ NA EXISTUJÍCÍ PROGRAMY	17
<i>Projekt LUCAS</i>	17
<i>Monitoring obsahu uhlíku a dusíku v půdách</i>	18
SROVNÁNÍ S OSTATNÍMI TYPY ČLENĚNÍ POZEMKŮ PODLE JEJICH VYUŽÍVÁNÍ A VEGETAČNÍHO POKRYVU.....	20
<i>Katastr</i>	20
<i>Evropské programy (CORINE CLC, LUCAS)</i>	20
<i>Nesoulad na úrovni definic (příklad definice lesa)</i>	23
METODIKA INVENTARIZACE KRAJINY CZECHTERRA	25
KONCEPCE METODIKY	25
LOGISTIKA	27
TECHNOLOGICKÁ PODPORA	28
LETECKÉ SNÍMKY	29
<i>Klasifikace leteckých snímků</i>	29
<i>Vyhodnocení klasifikovaných snímků</i>	32
<i>Základní zpracování údajů leteckých snímků na úrovni lokalit</i>	32
TERÉNNÍ ŠETŘENÍ	36
<i>Postupy terénního šetření a odběru půdních vzorků</i>	36
<i>Zpracování půdních vzorků</i>	39
<i>Základní zpracování dat inventarizačního šetření</i>	40
STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT	43
FORMULACE ÚLOH ZPRACOVÁNÍ	45
VÝSTUPY PROJEKTU	46
TERÉNNÍ ŠETŘENÍ A LABORATORNÍ ANALÝZY	46
<i>Rozsah terénních šetření k roku 2009</i>	46
<i>Rozsah půdního vzorkování a laboratorní analýzy</i>	46
KLASIFIKACE LETECKÝCH SNÍMKŮ	47
<i>Krajinné metriky</i>	47
STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ ÚDAJŮ	50
<i>Registr úloh zpracování</i>	50
<i>Příklad numerických a grafických výstupů: úlohy rozloh územních kategorií</i>	56
NÁVRH PRAVIDEL PRO VYUŽITÍ DAT INVENTARIZACE KRAJINY CZECHTERRA	61
ZÁVĚR	63
REFERENCE	64
PŘÍLOHY	66

Cíle řešení pracovního segmentu 3

Cílem pracovního segmentu 3 projektu CzechTerra je vytvoření efektivního informačního systému, který by byl využitelný pro široké potřeby hodnocení a trvalé sledování vývoje terestrických ekosystémů a využívání území na celorepublikové úrovni. Systém bude představovat základní nástroj pro hodnocení a strategické plánování ochrany a udržitelného rozvoje krajiny v České republice.

Rok 2009 je třetím rokem řešení, které je plánováno na roky 2007 až 2011.

V roce 2009 byly realizovány následující aktivity:

1. Dokončení klasifikace leteckých snímků (únor 2009)
2. Vyhodnocení klasifikovaných snímků
3. Dokončení terénního šetření na inventarizačních plochách (říjen 2009)
4. Částečná analýza půdních vzorků v laboratoři
5. Základní zpracování výsledků inventarizačního šetření

Do databáze RIV byly jako uplatněné výsledky předány tři metodické postupy:

- Metodika inventarizace krajiny CzechTerra
- Metodika klasifikace leteckých snímků v systému inventarizace krajiny CzechTerra
- Metodika terénního šetření v systému inventarizace krajiny CzechTerra

Výsledky řešení roku 2009 jsou podrobněji popsány v následujícím textu.

Analýza informační potřeby

Česká republika v současné době nemá jednotný informační systém o stavu a vývoji ekosystémů a využívání krajiny. Jedním z důvodů tohoto stavu je lokální nebo regionální zaměření cílených venkovních šetření (stav konkrétního porostu, situace v konkrétním chráněném území apod.), popř. úzce sektorový pohled (šetření smrkových porostů nad 60 let pro hodnocení zdravotního stavu, apod.) či nedostatečná spolupráce rezortů při sdílení údajů (Národní inventarizace lesa ČR). Důsledkem je nevyhovující nebo neexistující informační systém, který by poskytoval podklady v měřítku republiky a který by v sobě zahrnoval údaje o klíčových typech ekosystémů, územních kategoriích a změnách ve využívání krajiny v České republice.

Projekt CzechTerra svou koncepcí reaguje na stávající situaci v oblasti naplňování požadavků na výkaznictví České republiky vůči mezinárodnímu prostředí. Zároveň usiluje o vyřešení metodických problémů, které vznikají při používání existujících údajů o využívání krajiny a krajinném pokryvu pocházejících z různých zdrojů (katastr, lesní hospodářské plány a další).

Cílem navrženého řešení je

- i) poskytnout potřebné informace pro vykazování informací o krajině na úrovni České republiky, o jejím stavu a využívání,
- ii) systematicky sledovat změny ve využívání pozemků a jejich vegetačního pokryvu,
- iii) navázat na stávající aktivity v oblasti sledování vývoje trendů na úrovni krajiny a využít používané postupy i údaje,
- iv) sladit definice různých územních kategorií a jejich jednotek.

Požadavky na vykazování informací o krajině, jejím stavu a způsobu využívání

Stav a změny základních charakteristik krajiny je možné sledovat v trvalé síti ploch na základě kvantifikovatelných údajů (indikátorů).

Indikátory jsou chápány jako informační nástroj. Pomocí indikátorů lze jednoduše srozumitelně prezentovat složité komplexní jevy. Indikátory jsou výsledkem zpracování a určité interpretace

primárních dat. Obvykle nemají smysl samy o sobě. Mají-li být indikátory skutečně použitelné, musí splňovat řadu kritérií (Jana Brožová, Co jsou indikátory, <http://cozp.cuni.cz/COZP-14.html>): .

1. musí být významné v dané souvislosti
2. musí být správné, jak z hlediska konceptu, tak i metodiky zjišťování (měření)
3. nesmí být zatížené významnějšími chybami, které lze očekávat ve všech fázích získávání dat
4. musí být reprezentativní tzn. musí být vhodné geografické měřítko, vhodné časové rozložení měření apod.
5. musí být jedinečné, nemají dublovat již existující informace, mají být specifické a nesmí opakovat to, co je známo odjinud
6. musí být měřitelné
7. náklady na jejich pořízení musí být v rovnováze s užitky, které poskytují
8. jejich získávání nesmí mít negativní účinky na prostředí
9. musí být spolehlivé, potvrzené nezávislými analýzami
10. musí být srovnatelné, získané standardizovanými postupy
11. postup získávání dat musí být transparentní
12. musí být pochopitelné, mít výpovědní schopnost, musí být využitelné
13. musí být k dispozici v pravý čas.

Pro účely řešení projektu byly analyzovány požadavky mezinárodního výkaznictví tak, jak je vyhlásila Ministerská konference o udržitelném hospodaření v lesích (MCPFE, Vídeň, 2002), jak je pro potřeby emisní inventury skleníkových plynů stanovily Zásady dobré praxe (IPCC, 2003), a jak je doporučila členským státům vědecká komise Úmluvy o biodiverzitě. Kromě toho byly analyzovány závazky a cíle MŽP dané naplňováním Evropské úmluvy o krajině.

Ministerská konference o udržitelném hospodaření v lesích

Ministerská konference (MCPFE – *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe*) představuje jeden z nejdůležitějších procesů zaměřených na ochranu lesů a trvale udržitelné hospodaření v lesích Evropy. Základem procesu je Agenda 21 a „*Forest Principles*“, které byly formálně přijaty Summitem Země - Konferencí OSN o životním prostředí (UNCED – *United Nations Conference on Environment and Development*) v roce 1992. Činnost MCPFE zahrnuje tři hlavní cíle, tj. ochranu, zachování a udržitelné hospodaření evropských lesů, včetně relevantních závěrů vyplývajících z Konvence o druhové rozmanitosti (CBD – *Convention on Biological Diversity*). MCPFE vychází z činnosti UNECE/FAO, které začalo shromažďovat informace o lesích již v polovině minulého století, a to pomocí národních korespondentů. MCPFE navazuje na tuto informační bázi a doplňuje ji o další parametry o lesích, které obecně nejsou jednoduše kvantifikovatelné. Ve shrnutí MCPFE „*State of European Forests 2003*“ jsou zahrnuty údaje o lesích 44 zemí, které zahrnují kapitoly o kvantitativních indikátorech. Těmi jsou

1. Lesní zdroje a jejich příspěvek v rámci globálního cyklu uhlíku
2. Zdravotní stav a vitalita lesních ekosystémů
3. Produkční funkce lesů
4. Druhová rozmanitost lesních ekosystémů
5. Ochranné funkce v lesnickém managementu
6. Další socio-ekonomické ukazatele a podmínky

Výše uvedený výčet představuje soubor indikátorů potřebných pro sledování lesů z hlediska jejich ochrany, zachování a udržitelného hospodaření. Konkrétně se jedná o indikátory, které souhrnně uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1 Přehled nových indikátorů trvale udržitelného hospodaření v lesích (MCFPE, Vídeň, 2002). Definice jsou připojeny k indikátorům relevantním z hlediska zaměření projektu.

Kriterium 1. Lesní zdroje a jejich příspěvek v rámci globálního cyklu uhlíku	
Rozloha lesa	Rozloha lesa a ostatních ploch s dřevinnou vegetací, klasifikovaných podle lesního typu a přístupnosti zásob. Podíl lesní půdy a ostatních ploch s dřevinnou vegetací vzhledem k celkové rozloze státu
Zásoba	Zásoby dřevní hmoty pro les a ostatní plochy s dřevinnou vegetací, klasifikované podle lesních typů a přístupnosti
Věková struktura, tloušťkové rozložení	Věková struktura, tloušťkové rozložení pro les a ostatní plochy s dřevinnou vegetací, klasifikované podle lesních typů a přístupnosti
Zásoba uhlíku	Zásoba uhlíku v biomase dřevin a v půdě v lese a na ostatních plochách s dřevinnou vegetací
Kriterium 2. Zdravotní stav a vitalita lesních ekosystémů	
Depozice znečišťujících látek v ovzduší	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky v rámci jiných programů (IPC Forest, Forest Focus, LOS, apod.)</i>
Půdní podmínky	
Defoliace	
Poškození lesů	
Kriterium 3. Produkční funkce lesů	
Přírůst a těžby	Rovnováha mezi ročním přírůstem a ročními těžbami dřeva pro les na produkčních plochách
Kulatina	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky v rámci ekonomických statistik.</i>
Nedřevní produkty	
Služby	
Les obhospodařovaný podle LHP	
Kriterium 4. Zajištění ochrany a zvyšování biologické rozmanitosti lesních ekosystémů	
Druhovú skladba	Rozloha lesa a ostatních ploch pokrytých dřevinnou vegetací, klasifikovaných podle počtu vyskytujících se druhů dřevin a podle lesních typů
Obnova	Rozloha obnovy ve stejnověkových porostech a nestejnověkových porostech klasifikovaný podle lesního typu
Přirozenost	Rozloha lesa a ostatních ploch pokrytých dřevinnou vegetací klasifikovaných jako nedotčené člověkem, polopřirozené a plantáže vždy podle lesních typů
Introdukované druhy dřevin	Rozloha lesa a ostatních ploch pokrytých dřevinnou vegetací, kde jsou dominantně zastoupené introdukované druhy dřevin
Mrtvé dřevo	Objem stojícího a ležícího mrtvého dřeva v lese a na ostatních plochách pokrytých dřevinnou vegetací klasifikovaný podle lesního typu
Genetické zdroje	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky na základě existujících informačních zdrojů</i>
Krajinný typ	Prostorové rozložení lesního pokryvu z krajinářského hlediska
Chráněné lesní druhy	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky na základě existujících informačních zdrojů</i>
Chráněné lesy	

Kriterium 5. Zajištění a zvyšování ochranných funkcí v lesnickém managementu	
Lesy ochranné	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky na základě existujících informačních zdrojů</i>
Lesy zvláštního určení	
Kriterium 6. Zajištění socio–ekonomických ukazatelů a podmínek	
Vlastnictví	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky v rámci ekonomických statistik</i>
Podíl lesnického sektoru na HDP	
Čistý zisk	
Výdaje na trvale udržitelné služby poskytované lesem	
Pracovní síly v lesnickém sektoru	
Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	
Obchod se dřevem	
Energie z lesních zdrojů	
Přístupnost pro rekreaci	
Kulturní a duchovní cena	
Spotřeba dřeva	<i>Podklady pro vykazování jsou poskytovány v souladu s mezinárodními požadavky v rámci ekonomických statistik</i>

Nová zpráva MCPFE o stavu lesů (MCPFE, 2007), která vznikla na základě národních výkazů zúčastněných států, byla zveřejněna při poslední ministerské konferenci ve Varšavě. Zpráva zachovává výše uvedenou strukturu kritérií a indikátorů a přináší nové informace o stavu lesních zdrojů v Evropě.

Emisní inventura v rámci Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu

Každoroční inventura emisí skleníkových plynů, prováděná na základě závazků UNFCCC, zahrnuje sektor využití krajiny, změny ve využívání krajiny a lesnictví (LULUCF - *Land use, Land-use Change and Forestry*). Inventura sektoru LULUCF se řídí metodickými pokyny tzv. Zásad dobré praxe sektoru LULUCF (IPCC 2003), popř. revidovanými požadavky k sektoru *Agriculture, Forestry and Other Land Use* (AFOLU; IPCC 2006). Tyto metodické pokyny jsou připravovány experty Mezivládního panelu pro změny klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, dále jen IPCC).

Emisní inventura se každoročně aktualizuje a zahrnuje časovou řadu od roku 1990. Klíčovou informací potřebnou ke kvantifikaci emisí podle zdrojů a propadů sektoru LULUCF je určení územních kategorií a identifikace územních změn. Území se standardně dělí na kategorie *Forest land* (lesní porosty), *Grassland* (travní porosty), *Cropland* (obdělávaná půda), *Wetlands* (vodní plochy a mokřady), *Settlements* (zastavěná území) a *Other land* (ostatní plochy). Každá z těchto hlavních kategorií může obsahovat sub-kategorie. Hlavní územní kategorie představují robustní jednotky, které lze implementovat pro širokou škálu podmínek jednotlivých zemí a představují kompletní systém umožňující klasifikovat veškerá území konkrétní země bez překryvů a duplikací. Přitom je zásadní, jestli se jedná o územní kategorii, která zůstává beze změny, nebo o konverzi jednoho typu území na jiný.

Kvantifikace emisí vychází z údajů o rozlohách jednotlivých typů území (Tabulka 2) a realizovaných územních konverzí. Metody kvantifikace emisí vycházejí z těchto rozloh a specifických postupů pro skleníkové plyny CO₂, N₂O a CH₄.

Emise CO₂ vycházejí ze změn zásoby uhlíku v hlavních položkách zásoby terestrických ekosystémů, ke kterým patří nadzemní biomasa, podzemní biomasa, mrtvé dříví, opad, půda, popř. produkty z těžené dřevní hmoty (podrobněji Tabulka 3). V rámci sektoru krajiny a lesnictví se vykazují emise dalších skleníkových plynů (CH₄, N₂O). Ty vznikají např. jako efekt vápnění půd nebo pálení biomasy.

Tabulka 2 Přehled územních kategorií používaných pro výkaznictví v rámci emisní inventury (IPCC 2003) v kontextu podmínek České republiky

Kategorie území podle IPCC	Definice
Forest land (Lesní porosty)	Porostní půda ve smyslu vyhlášky č.84/1996 Sb. o lesním hospodářském plánování. Nezahrnuje bezlesí
Cropland (Obdělávaná půda)	Pozemky, na nichž se pravidelně pěstují zemědělské plodiny (obilniny, pícniny, vinice, chmelnice, sady, skleníky, pařeniště)
Grassland (Travní porosty)	Louky a pastviny, bezlesí
Wetlands (Vodní plochy a mokřady)	Rybníky, vodní toky, nádrže, močály, bažiny, mokřady a rašeliniště. Podmáčená území zapsaná do seznamu Ramsarské úmluvy se nezapočítávají
Settlements (Zastavěná území)	Budovy, nádvoří, průmyslové areály, dopravní infrastruktura
Other land (Ostatní plochy)	Neobhospodařovatelné a nevyužitelné území.

Tabulka 3 Přehled definic složek zásoby uhlíku používaných pro výkaznictví v rámci emisní inventury (IPCC 2003) v rámci požadavků Klimatické konvence (členění prvního sloupce) a Kjótského protokolu (členění druhého sloupce).

Definice složek zásoby uhlíku podle GPG LULUCF		
Živá biomasa	Nadzemní biomasa	Veškerá nadzemní živá biomasa zahrnující kmen, pařez, větvoví, kůru, semena a listoví. Pozn.: pokud přízemní vegetace v lesích představuje relativně malou frakci celkové nadzemní biomasy, je možno ji vynechat.
	Podzemní biomasa	Veškerá živá biomasa kořenového systému mimo jeho nejmenší frakce (obvykle menší než 2 mm), které již nelze rozlišit od půdní organické hmoty nebo opadu
Odumřelé dříví a organický materiál	Odumřelé dříví	Veškerá neživá dřevní hmota neobsažená v opadu, stojící nebo ležící na povrchu nebo v půdě. Zahrnuje stojící a ležící dříví, odumřelé kořeny a pařezy s tloušťkou alespoň 10 cm v průměru nebo s jiným limitem užívaným v dané zemi
	Opad	Veškerá neživá biomasa s průměrem menším než národně používaná definice pro ležící odumřelé dříví, v různém stupni rozkladu, nacházející se nad minerálním horizontem půd nebo nad povrchem organické půdy. To zahrnuje opad a humusové vrstvy, včetně hmoty jemných kořenů, které nelze empiricky rozlišit.
Půda	Organický materiál	Zahrnuje minerální horizont půd a organické půdy (rašelina) do specifické hloubky podle národních podmínek. Může zahrnovat hmotu jemných kořenů, které nelze empiricky rozlišit.
Pozn.: národní specifika mohou vynucovat částečnou modifikaci výše uvedených definicí. V takovém případě je jejich používání podmíněno i) transparentním vykazováním ii) jednotným používáním v následných obdobích iii) prokázáním, že komponenty zásob uhlíku nejsou vynechány nebo započítány dvakrát		

Nezbytné údaje potřebné ke každoroční kvantifikaci emisí tedy zahrnují údaje o rozlohách kategorií využití území a jejich změnách, a řadu údajů o činnostech na těchto územích. Systém pro emisní inventuru sektoru LULUCF proto musí efektivně propojit všechny dostupné klíčové informace a navázat je na aktualizovatelné šetření *in situ*. Vytvoření adekvátního systému dlouhodobého monitoringu území pro tyto účely je jednou z ambicí projektu CzechTerra.

Úmluva o biologické rozmanitosti (CBD)

(zpracováno na základě Třetí národní zprávy k Úmluvě o biologické rozmanitosti, kterou zpracovalo MŽP v roce 2005, dále na základě vlastního textu Úmluvy o biologické rozmanitosti a dokumentu Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky, kterou vydalo MŽP v roce 2005).

V souladu s Úmluvou o biologické rozmanitosti (CBD) je povinností státu určit složky biodiverzity důležité pro její ochranu a trvale udržitelné využívání, na kterých bude pravidelně a dlouhodobě sledovat prostřednictvím odběru vzorků a jiných metod složky biodiverzity, přičemž bude věnovat zvláštní pozornost těm, které vyžadují pro svou ochranu naléhavá opatření a těm, které poskytují největší potenciál pro trvalé udržitelné využití.

Stát, který se přihlásil k Úmluvě, sám určuje procesy a kategorie činností, které mají nebo by mohly mít významné nepříznivé vlivy na ochranu a trvale udržitelné využití biodiverzity, a musí pravidelně a dlouhodobě sledovat jejich účinky prostřednictvím odběru vzorků a jiných technik. Stát také musí udržovat a organizovat jakýmkoli způsobem údaje, získané identifikační a monitorovací činností.

Smluvní strany CBD musí:

- a) vytvářet a udržovat programy pro vědecké a technické vzdělávání a výchovu se zaměřením na ochranu a trvale udržitelné využívání biodiverzity a jejích složek; budou zajišťovat podporu takového vzdělávání a výchovy pro zvláštní potřeby rozvojových zemí,
- b) podporovat a stimulovat výzkum, který přispívá k ochraně a trvale udržitelnému využívání biodiverzity, zvláště v rozvojových zemích, mezi jiným v souladu s rozhodnutími Konference smluvních stran, přijatými na základě doporučení Pomocného poradního orgánu pro vědu, techniku a technologii, a
- c) poskytovat podporu a spolupracovat při využívání vědeckých poznatků v rámci výzkumu biodiverzity a při rozvoji metod ochrany a trvale udržitelného užívání biologických zdrojů.

V rámci monitoringu by měly být navrženy a ověřeny indikátory vhodné pro hodnocení dlouhodobých změn biodiverzity na území České republiky. Indikátory budou prioritně zahrnovat indikátory doporučené vědeckým orgánem CBD (tabulka 5) s ohledem na základní indikátory doporučené Evropskou Agenturou pro životní prostředí (EEA) a strukturální indikátory navržené Evropským společenstvím (EU) a Pan-evropskou strategií biologické a krajinné rozmanitosti (PEBBLDS), podrobně viz Tabulka 4. Základní sada 26 indikátorů biodiverzity doporučená EEA je uvedena v tabulce a odpovídá výše vypsáním indikátorům doporučeným poradním orgánem CBD.

Tabulka 4 26 indikátorů biodiverzity doporučených EEA v kontextu k hlavním ukazatelům biodiverzity definovaným v rámci CBD a EU a PEBDS (u kategorií, které se v České republice nevyskytují, není uvedena definice)

CBD – hlavní ukazatele	EU a PEBLDS - hlavní ukazatele	EEA - doporučené indikátory	Definice indikátoru
Stav a trendy složek biologické diverzity	Trendy v četnosti a rozšíření vybraných druhů	Četnost a rozšíření vybraných druhů	Ukazuje vývoj četnosti populací běžných druhů ptáků a motýlů v čase v evropském měřítku
	Změny stavu ohrožených a/nebo chráněných druhů	Červená kniha evropských druhů	Ukazuje vývoj v celkové ochraně evropských druhů. Specificky kniha uvádí ty druhy, u nichž je předpoklad, že v nejbližší budoucnosti přežijí bez ochranných opatření.
		Druhy evropského významu	Ukazuje změny ve stavu ochrany druhů evropského významu. V současné době je to založeno na datech získaných v rámci závazného monitoringu podle čl. 11 EU Habitats Directive, 92/43/EEC)
	Trendy rozlohy vybraných biotopů, ekosystémů a biotopů	Pokryvnost ekosystému	Částečná i celková změna rozlohy a konverze územních kategorií agregovaná do hlavních evropských typů v období od 1990 do 2000. 13 typů územních kategorií je určováno na podkladě satelitního snímkování a ortofotomap.

CBD – hlavní ukazatele	EU a PEBLDS - hlavní ukazatele	EEA - doporučené indikátory	Definice indikátoru
		Biotypy evropského významu	Ukazuje změny ve stavu ochrany biotopů evropského významu. V současné době je to založeno na datech získaných v rámci závazného monitoringu podle čl. 17 EU Habitats Directive, 92/43/EEC)
		Genetická diverzita hospodářského zvířectva	Ukazuje poměr mezi vyšlechtěnou a přirozenou chovnou populací především krav a ovcí v každé zemi. Jinými slovy: hodnotí genetickou diverzitu těchto druhů zvířat.
	Pokryvnost chráněných území	Státem jmenovaná chráněná území	Ilustruje nárůst počtu a plochy státem chráněných území. Indikátor může být rozdělen podle IUCN kategorizace, podle regionu a zemí.
		Místa určená EU Habitats a Birds Directive	Ukazuje současný stav implementace EU Habitats a Birds Directive členskými státy EU.
Ohrožení biodiverzity	Depozice dusíku	Kritická míra zatížení dusíkem	Překročení kritického limitu depozice dusíku indikuje ohrožení a ztrátu biodiverzity v (polo) přírodních ekosystémech
	Trendy invazivních cizích druhů	Invazivní cizokrajné druhy v Evropě	Tento indikátor se skládá ze dvou složek: i) Rostoucí počet invazivních druhů v Evropě od roku 1900 a ii) Nejhorší invazivní druhy ohrožující biodiverzitu v Evropě
	Vliv klimatické změny na biodiverzitu	Výskyt druhů citlivých na teplotu	Hodnotí změny ve výskytu druhů citlivých na teplotu.
Integrita, statky a služby ekosystému	Marine Trophic Index	Index trofnosti moří	-
	Konektivita/fragmentace ekosystémů	Rozdělení přírodních a polopřírodních území	Ukazuje změnu průměrné velikosti plošek (políček) na (polo)-přírodních plochách na základě map pokryvnosti odvozených interpretací fotografických a satelitních snímků
		Rozdělení říčních systémů	Prostorově a kvantitativně ukazuje rozdělení podle přítomnosti umělých prvků zda a) mají vliv na migraci ryb, brání jejich přesunům a rozmnožování a b) podstatně mění přirozené rozdělení biotopů v řekách a mění jejich ekologickou kapacitu.
	Kvalita vody ve vodních ekosystémech	Živiny v tekoucích, pobřežních a mořských vodách	Ilustruje vývoj koncentrace dusičnanů a fosforečnanů, stejně jako podíl N/P, v evropských mořích.
		Kvalita sladké vody	Ukazuje i) roční mediány biologické spotřeby kyslíku (BSK) a koncentrace NH4 v řekách, ii) vývoj koncentrací ortofosforečnanů a dusičnanů v řekách, celkový fosfor a dusičnany jezerech a dusičnany v podzemních vodách.
Udržitelný rozvoj	Rozloha trvale udržitelných lesních, zemědělských a vodních ekosystémů	Les: zásoba dřeva, přírůst a těžby	Zásoba dřeva v lese a ostatních porostních plochách, klasifikovaná podle LT a schopnosti produkovat dřevo, bilance mezi běžným ročním přírůstem a roční těžbou dřeva.
		Les: odumřelé dřevo	Objem stojících souší a ležícího odumřelého dřeva v lese nebo na ostatní porostní ploše, klasifikováno podle SLT (MCPFE definice). V národních inventarizacích lesa se obvykle používá klasifikace podle typu (porostu, souší, ležícího dřeva, dřeviny a stádia rozkladu)

CBD – hlavní ukazatele	EU a PEBLDS - hlavní ukazatele	EEA - doporučené indikátory	Definice indikátoru
		Zemědělství: Bilance dusíku	Hrubá bilance dusíku udává potenciální rezervu dusíku na zemědělsky obhospodařovaných plochách. Je to dáno kalkulací bilance mezi dusíkem dodávaným do systému (vstupující dusík můžeme brát jako indikátor intenzity zemědělského hospodaření) a dusíkem unikajícím ze systému na hektaru zemědělské plochy. Indikátor vysvětluje veškeré vstupy i výstupy dusíku v hospodaření, obsahuje tedy informaci o vstupním dusíku.
		Zemědělství: území obhospodařované postupy podporujícími diverzitu	Indikátor se skládá ze tří sub-indikátorů a ukazuje vývoj na ploše (jako podíl z celkové využívané plochy) ze tří (ne navzájem uzavřených) kategorií zemědělské plochy: a) plocha s vysokou přírodní hodnotou, b) plocha s využíváním organických půd a c) zemědělsky obhospodařovaná plocha s managementem podporujícím biodiverzitu.
		Rybářství: Evropské využitelné zásoby ryb	-
		Akvakultura: kvalita vody odtékající z rybních farem	-
	Ekologická stopa v evropských zemích	Ekologická stopa v evropských zemích	Ekologická stopa Evropy je měřítko, jaké množství biologicky produktivní plochy a vodní plochy v Evropě je zapotřebí pro produkci všech konzumovaných biologických zdrojů a absorpci veškerého vzniklého odpadu, při použití obvyklých technologií a postupů. Tato plocha by mohla být umístěna kdekoli na světě. Tento indikátor může být srovnán s biokapacitou planety nebo schopností konkrétního regionu. Obě veličiny (Ekologická stopa Evropy i biokapacita) se vyjadřují v hektarech.
Přístup a společné využití	Procento evropských patentů a vynálezů založených na genetických zdrojích	Patentované aplikace založené na genetických zdrojích	Ukazuje podíl aplikovaných evropských patentů, které souvisejí a jsou založeny na genetických zdrojích
Zdroje a jejich využití	Finanční podpora diverzity	Financování a podpora diverzity	Kompilace hodnoty pro specifické typy výdajů z rozpočtu EU, které jsou určeny pro podporu diverzity. Indikátor může být vyjádřen procenticky vzhledem k celkovému rozpočtu EU nebo v absolutních hodnotách
Veřejné mínění	Informovanost a spoluúčast veřejnosti	Informovanost veřejnosti	Kvantitativní dotazníkový průzkum, zajištění reprezentativních výsledků.

Vědecký orgán CBD doporučil sadu indikátorů, které by měly sloužit k získávání informací na celostátní úrovni, a jejichž cílem je zhodnocení stavu a trendů biodiverzity. Pro Českou republiku je v tuto chvíli relevantní 10 z těchto doporučených 13 indikátorů (Tabulka 5, tučně jsou vyznačeny indikátory, které jsou navrženy ke sledování v rámci projektu CzechTerra).

Tabulka 5 Přehled indikátorů biodiverzity, doporučené vědeckým orgánem CBD k hodnocení stavu a trendů změn biodiverzity

Doporučená sada indikátorů pro sledování stavu a změn biodiverzity
Trendy rozlohy vybraných biomů, ekosystémů a biotopů
Trendy početnosti a rozšíření vybraných druhů
Pokryvnost chráněných území ve vztahu k rozloze státu
Depozice dusíku
Kvalita vody ve vodních ekosystémech
Změny stavu ohrožených druhů
Trendy genetické diverzity domácích a hospodářských živočichů, kulturních plodin a jiných pěstovaných rostlin a druhů ryb
Počet invazních druhů a jimi způsobené ekonomické ztráty
Konektivita/fragmentace ekosystémů
Rozloha udržitelně obhospodařování lesních, zemědělských a vodních ekosystémů

V České republice existuje dlouhá tradice výzkumu biodiverzity, takže složky biodiverzity zasluhující ochranu a mající potenciál pro udržitelné využívání jsou identifikovány. Chybí ovšem údaje o změnách biodiverzity a jejich příčinách.

V současné době v České republice neexistuje dlouhodobě probíhající integrovaný monitorovací systém biodiverzity a neexistuje systém zajišťující stálé a dostatečné financování těchto aktivit. Nevycházejí žádné pravidelné souhrnné zprávy o stavu přírody a biodiverzity v České republice založené na standardních ukazatelích a celostátní statistiky pokrývají oblast nedostatečně.

Monitoring je potřebný z hlediska lesnické, zemědělské i vodohospodářské politiky. Zatím ovšem nejsou integrovány systémy monitoringu biodiverzity v rámci hodnocení stavu lesních ekosystémů, dopadu agroenvironmentálních opatření a monitoringu ekologického stavu vodních ekosystémů.

Cílem v oblasti monitoringu biodiverzity je systém publikování zpráv založených na indikátorech o stavu biodiverzity v České republice, zejména s ohledem na podávání zpráv pro mezinárodní úmluvy, organizace a Evropskou komisi, a začlenění vybraných indikátorů do celostátních ukazatelů a statistik.

Národní zpráva České republiky k CBD v současné době obsahuje řadu charakteristik lesních ekosystémů převzatých z dostupných zdrojů např. v kapitole "Lesy" (obecné informace) jsou převzaté údaje o zastoupení hlavních dřevin v letech 1970, 1980, 1990, 2000, 2001, 2002, 2003 (zdroj: ÚHÚL Brandýs) a o podílu umělé a přirozené obnovy při zalesňování (zdroj: Český geologický ústav-GEOFOND). Úplně chybí návaznost nebo odkaz na údaje, které Česká republika vykazuje v souladu se závěry Ministerské konference (MCPFE, Zpráva z roku 2004 a výhledově 2007) případně na výsledky programu Inventarizace lesa ČR (NIL ČR, 2007).

Informace o projektu a jeho významu pro monitoring dvou indikátorů biodiverzity doporučených SEBI 2010 (konkrétně se jedná o indikátor číslo 4 „Pokryvnost ekosystémů“ a indikátor číslo 13 „Fragmentace přírodních a přírodě blízkých území“) byla v dubnu 2009 poskytnuta odboru mezinárodní ochrany biodiverzity jako podklad pro Čtvrtou národní zprávu k Úmluvě o biologické rozmanitosti (Příloha I).

Evropská úmluva o krajině (ELC)

(zpracováno s pomocí informací dostupných na www.env.cz)

Úmluva je společným nástrojem evropských států (v tuto chvíli 26 signatářů), které si uvědomují, že rozmanitost evropských krajin představuje společný a klíčový zdroj kvality života jednotlivce a společnosti. Ochrana, správa a plánování krajiny jsou právem a povinností společnosti i jednotlivců.

Úmluva je prvním evropským dokumentem s důrazem na krajinu a její důležitost spočívá zejména v tom, že zahrnuje veškerou krajinu – přírodně a kulturně cennou, krajinu urbánní, příměstskou i devastovanou.

Článkem 5 Úmluvy se Česká republika zavázala:

- právně uznat krajinu jako základní složku prostředí, v němž obyvatelé žijí, jako výraz rozmanitosti jejich společného kulturního a přírodního dědictví a základ jejich identity
- zavést a provádět krajinné politiky zaměřené na ochranu, správu a plánování krajiny
- zavést postupy pro účast veřejnosti, místních a regionálních orgánů a jiných stran, které jsou zainteresovány na definování a provádění krajinných politik
- začlenit krajinu do svých politik územního a urbánního plánování, do své kulturní, environmentální, zemědělské, sociální a hospodářské politiky

Cílem Úmluvy je ochrana jednotlivých typů evropské krajiny, tvorba a realizace ohleduplné a z hlediska krajiny udržitelné politiky a zohledňování charakteru krajiny při formování politik územního rozvoje.

Naplněním úmluvy je v České republice pověřeno MŽP ve spolupráci s Ministerstvem pro místní rozvoj (MMR), Ministerstvem zemědělství (MZe), Ministerstvem kultury (MK) a Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). Jedním z cílů MŽP je zpracovat typologii krajiny, tj. vymezit cílové charakteristiky, které pomáhají při hodnocení, ochraně správě a plánování krajiny. Dále je cílem podporovat vznik informačních systémů o krajině. Ostatní cíle MŽP v této oblasti, tj. výuku a vzdělávání, zavedení krajinného plánování apod., dále nezmiňujeme, protože nejsou relevantní z hlediska řešení projektu.

Typologie krajiny na úrovni Evropy a České republiky byla analyzována a zpracována v rámci projektu VaV 640/01/03, který pro MŽP řešil Löw a spol., s.r.o., v letech 2003-2005.

Z hlediska evropské typologie krajiny, kterou tvoří 23 typů, se na území České republiky nacházejí dva typy:

1. Typ číslo 11 - Polootevřená zemědělská krajina

Popis: Krajinný typ má těžiště v nadmořských výškách nad 500 m nad m. - s pozemky různé velikosti. Pozemky mohou být odděleny mezovými porosty, takže pohledově je krajina uzavřena. Terén je členitý, úrodnost půd je snižena a vyskytují se polohy využitelné pouze pro extenzivní pastvu a lesní hospodaření. Krajinu člení v údolích rozmístěná a rozptýlená obydlí obvykle středověkého původu.

2. Typ číslo 17 – Krajina středoevropských, scelených, otevřených polí

Popis: Krajinný typ převládá ve východní části střední Evropy v nadmořských výškách do 200 m. Je výsledkem kolektivizace zemědělství, proto se objevuje v České republice, Polsku, Maďarsku a Rumunsku. Půdy jsou hluboké a minerálně bohaté, dobře obdělávatelné, pěstuje se obilí a cukrovka, případně chmel. Biologická rozmanitost je nízká, ekologická stabilita také. Ohrožení větrnou a vodní erozí je vysoké.

Typologie krajiny na úrovni České republiky je podrobnější. Pro vymezení charakteristik krajiny jsou rozhodující:

- Vegetační stupňovitost
- Relativní členitost reliéfu
- Relativní výjimečnost reliéfu
- Biogeografické podprovincie
- Struktura využití ploch
- Historické typy sídel a jejich plužin
- Typy lidových domů
- Vývoj a doba osídlení krajiny.

V rámci výše zmíněného projektu VaV 640/01/03 byla zpracována podrobná typologie krajiny České republiky z různých hledisek.

Možnost využít navržený systém inventarizace krajiny (v projektu CzechTerra) jako součást trvalého informačního systému o krajině, který v rámci ELC MŽP buduje, bude dále ve spolupráci s odborem ochrany krajiny MŽP zvažována a testována.

Změny ve využívání území – kategorizace a časové hledisko

Krajina České republiky patří k intenzivně obhospodařovaným územím, která podléhají výrazným územním změnám. Pro vykazování územních změn jsou zásadními informacemi zdrojová a cílová územní kategorie a jejich prostorová identifikace. Tyto údaje by měly být vykazovány každoročně, v souladu s oficiální statistikou o využití území České republiky. Údaje o změnách využívání území jsou zásadní např. pro potřeby vykazování bilance emisí ze „zeleného“ sektoru emisní inventury, tj. Využití území, změny ve využívání území a lesnictví (LULUCF – *Land use, Land-use Change and Forestry*) v rámci UNFCCC. Údaje o změnách rozloh jednotlivých územních kategorií a typu konverze (výchozí a konečná kategorie) jsou základem pro aplikaci adekvátních metod kvantifikace emisí. Podkladové údaje by rovněž měly umožnit hodnocení nejistot zjištění (např. k posouzení alternativního způsobu zjištění a celkové věrohodnosti poskytovaných informací).

Vlastní kvantifikace územních změn pro šest hlavních kategorií IPCC pozemků podle jejich využívání se v současné době provádí bilancí rozloh těchto kategorií na základě katastrálních údajů. Původně byl k identifikaci změn území využit překryv územních kategorií programu CORINE z let 1990 a 2000. Tento postup však byl revidován a nahrazen bilancí katastrálních údajů na úrovni jednotlivých katastrů, tj. ca. 13 tisíc územních jednotek. Tento postup má výhodu plošného zachycení detailu, ale je zatížen chybami ve vlastním vylíčení a přiřazení kategorií využívání těchto území. Chyby lze očekávat především pro období 90. let, kdy docházelo k velkým územním změnám, převodu vlastnictví a digitalizaci celého registru. Ač jsou novější údaje již věrohodnější, tento přístup bude nutno verifikovat a doplnit jiným šetřením, které poskytne rovněž údaje o nejistotách a další statistické charakteristiky.

Jak bylo zmíněno, změnami v rozlohách různých kategorií území se zabývá i program CORINE a návazné programy. V rámci projektu IMAGE2000 byla vytvořena databáze satelitních snímků území Evropy získaných z družice LANDSAT s prostorovým rozlišením 25 m, která tvořila výchozí materiál pro aktualizaci databáze CLC a identifikování změn (změnovou databází), jež nastaly během uplynulých let.

Minimální plošná jednotka pro inventarizaci v rámci uvedeného programu ovšem byla 25 ha, minimální šíře 100 m. Identifikovaly se pouze plošné objekty (polygony). Jako změnová plocha byla identifikována pouze souvislá plocha o minimální velikosti 5 ha. Systém je primárně zaměřen na vykazování změn ve využití území na úrovni Evropy. Pro účely vykazování změn na úrovni České republiky je toto rozlišení příliš hrubé a může sloužit pouze jako doplňující údaj.

Návaznost řešení na existující programy

Projekt LUCAS

Cílem projektu LUCAS (*Land Use/Cover Area frame statistical Survey*) je statistickými metodami mapovat krajinu a její využívání v zemích Evropské unie, podchytit změny ve využívání krajiny v čase. Projekt je zaměřen zejména na zjišťování údajů pro zemědělství. Projekt je financován Evropskou komisí EUROSTAT.

Pilotní projekt byl zahájen v roce 2001 ve spolupráci EUROSTAT s *Directorate General for Agriculture* a s podporou *Joint Research Centre* (Ispra, Itálie).

Na rozdíl od mapovacích metod, jako je např. projekt mapování CORINE CLC, je tato metoda statistická. Pomocí vizuální interpretace a klasifikace rozsáhlého vzorku bodů nad ortofotomapami jsou body rozděleny do základních kategorií typu povrchu (tabulka 2). Z tohoto vzorku je statistickými metodami vybrána podmnožina bodů, která se v terénu navštíví a zjistí se na nich typ pokryvu a

způsob jeho využívání. Do průzkumu je zahrnuto hodnocení půdních a terénních poměrů, eroze a vodní management.

První kampaň projektu LUCAS proběhla ve 13 státech EU v roce 2001. Z důvodu nemoci šílených krav byla tato kampaň ve Velké Británii a Irsku posunuta na rok 2002, kdy proběhla také v Estonsku, Maďarsku a Slovinsku. V roce 2003 proběhla kampaň ve všech státech EU (15) a v Maďarsku. Na základě zkušeností byla upravena technologie sběru dat, která byla testována v roce 2005 v Litvě, Lotyšsku a Polsku. V roce 2006 proběhlo šetření ve Španělsku, České republice, Holandsku, Francii, Německu, Maďarsku, Lucembursku, Polsku, na Slovensku, v Belgii, Itálii, Litvě, Lotyšsku a Velké Británii.

Konkrétně jsou cíle LUCAS definovány takto:

- vytvořit standardizovanou metodologii terénních měření, názvosloví a způsobu sběru dat s cílem získat srovnatelná a nezkršená data o půdním pokryvu a způsobu jeho využití (*land cover, land use*) na ploše všech států EU
- nabídnout společnou základnu pro získávání reprezentativních dat na národní nebo regionální úrovni členským státům EU
- v roce 2007 provést terénní šetření na definovaných bodech a zjistit na nich způsob využívání a typ povrchu, který bude na obdělávaných plochách konkretizovaný i druhem pěstované plodiny
- rozšířit rozsah bádání ze sféry zemědělství na oblasti související s životním prostředím, monitorováním změn krajiny a udržitelným rozvojem.

Metodou sběru dat je terénní měření na podmnožině bodů pravidelné sítě generované počítačem nad mapou České republiky. Pro operativní sběr aktuálních údajů je nejvhodnějším územním podkladem bezešvá ortofotomapa vysoké kvality. Na základě vizuální interpretace a klasifikace snímku v jednotlivých bodech sítě vznikne obsáhlá databáze reprezentativních údajů o využití krajiny. Z úplného pořízeného souboru dat o využití krajiny „pod“ jednotlivými body sítě je pak statistickými metodami vybrána podmnožina bodů, které nutno v terénu navštívit a ověřit v nich typ a způsob využívání lokality.

Výsledkem projektu LUCAS v České republice je v současné době reprezentativní soubor údajů o využití krajiny v ca. 5000 bodech. V případě zemědělsky využívaných ploch byl údaj o využívání doplněn o údaj o aktuální pěstované plodině.

V roce 2007 proběhlo na 700 vybraných bodech další pozemní šetření zaměřené na zjištění zemědělských postupů, nakládání s vodou včetně ochrany proti erozi a šetření krajinných prvků na transektech.

Od roku 2008 je firma GEODIS, Brno, technicky zodpovědnou institucí projektu LUCAS 2007 - "Land Use/Cover Area frame statistical Survey" v České republice.

V roce 2009 (duben-září) proběhlo rozsáhlé popisné terénní šetření ve 23 členských státech EU včetně České republiky v rámci tzv. skupiny 3, a to na zhruba 235 000 plochách.

Projekt CzechTerra předpokládá, že zkušenosti a výsledky získané v průběhu kampaní LUCAS bude využívat v interpretační části řešení projektu.

Monitoring obsahu uhlíku a dusíku v půdách

V České republice běží řada projektů, jejichž cílem je sledovat kvalitu zemědělských a lesních půd (Tabulka 6). Z ekologických indikátorů jsou klíčové údaje o obsahu uhlíku a dusíku v půdách a o změnách těchto charakteristik v čase. Uhlík má návaznost na potřeby emisní inventury, zatímco dusík je prvek sledovaný v širších souvislostech dopadu činnosti člověka na terestrické (a vodní) ekosystémy.

Tabulka 6 Přehled projektů, které se zabývají monitoringem kvality zemědělských a lesních půd

Název programu	Kategorie území	Periodicita	Rozbor	Údaje o obsahu C a N, resp C/N
Program ICP Forest	Les, síť 16 x 16, 100 ploch úrovně 1	1995-1996	Popis půdního profilu, chemická analýza horizontů, půdní typ FAO	Hodnota dusíku (g/kg), zásoba dusíku na 1 ha (kg/ha), poměr C/N (-)
	Les, síť 16 x 16, 146 ploch systematický monitoring (I.úroveň), 8 ploch intenzivní monitoring (II.úroveň)	2005 – 2008	Popis půdních profilů, odebrání a analýzu vzorků humusu a minerálních půd, FAO	Ctot, Corg, Ntot
Program LUCAS	Zemědělská půda, 500 bodů vybraných ze sítě 1 x 1 km	2007	Skeletovitost, přítomnost kořenů (vizuálně), textura půdy, půdní druh a bulk density (hmatové zkoušky), chem. analýza se neprovádí	Nejsou k dispozici
NIL ČR	Les, 2 x 2 km, 13 000 bodů	2001-2004, I. cyklus	Původ materiálu a mocnost humusové vrstvy, popis humusové formy, půdní typ a půdotvorný substrát, hloubka prokořnění a půdy, odběr minerálního horizontu (cca 10 cm)	Cox (v %), celkový N, Údaje nejsou dostupné
Plochy TZP/PVP	Les, podle PLO, cca 500 ploch	1960-doposud	Popis opadu, hloubka horizontů, humusová forma, půdní typ, odběr vzorků z organické a minerální vrstvy Popis org. horizontů	Cox (různé jednotky)
Monitoring půd, ÚKZÚZ	Zemědělská půda (síť 278 ploch) Les (regionálně)	Od roku 1992, podle typu sledovaných veličin jednorázově, v 6-letých periodách, ročně nebo pololetně	Fyzikálně-chemické a agrochemické vlastnosti půdy, kontaminace, mikrobiální vlastnosti, rostliny, atmosférické depozice	Cox (v %), celkový N
Mapa BPEJ	Zemědělská	Kontinuálně aktualizováno	Rozlišují se hlavní půdní jednotky, kombinace svažitosti a expozice pozemku a hloubky půdního profilu a skeletovitosti	Nejsou k dispozici
Pedologická mapa AOPK	Celé území ČR	Kontinuálně v současné době digitálně zpracováno	Rozlišují se hlavní půdní jednotky (půdní typy)	jsou k dispozici

Projekt CzechTerra naváže na existující šetření, a to specificky využitím metodických postupů (LUCAS, NIL, ICP Forest) nebo přímých údajů (BPEJ, ÚKZÚZ, AOPK). Ty budou doplněny specifickým šetřením na lesních půdách, jejichž systematický monitoring je z hlediska cílů projektu nejpotřebnější.

Srovnání s ostatními typy členění pozemků podle jejich využívání a vegetačního pokryvu

Katastr

Základními zdroji údajů o území a jeho využívání je katastr nemovitostí (zákon č. 344/1992 Sb.), který eviduje dlouhodobě údaje o využívání území na úrovni jednotlivých parcel, a to v členění daném vyhláškou č.26/2007 Sb.

Z hlediska druhu pozemku katastr rozlišuje: ornou půdu, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, trvalé travní porosty, lesní pozemky, vodní plochy, zastavěná území a ostatní plochy. O přiřazení k druhu pozemku rozhoduje způsob využití pozemku.

Konkrétní vegetační pokryv a druh pozemku nemusí vždy korespondovat s údaji o jeho využívání, jak je evidováno v katastru nemovitostí. Změna druhu pozemku se obvykle zaznamenává až v souvislosti se změnou vlastnictví pozemku nebo v souvislosti s žádostí o některý z dotačních titulů.

Z hlediska vegetačního pokryvu je problematická zejména kategorie „Ostatní plochy“ (druh pozemku č.14). Do těchto ploch jsou zahrnuty takřka všechny kategorie pozemků (zastavěné plochy, les, trvalé travní porosty atd.). Adekvátní rozklíčování této kategorie je proto nezbytné k tomu, aby celkové údaje jednotlivých kategorií odpovídaly skutečnému využití území.

Srovnání údajů katastru a vlastních údajů projektu CzechTerra je umožněno pouze nepřímo, a to při porovnání rozloh využití území podle kategorií IPCC (IPCC 2003), které se připravují pro potřeby emisní inventury.

Evropské programy (CORINE CLC, LUCAS)

Zdrojem informací o vegetačním pokryvu a jeho změnách kombinujícím informace o pokryvu (land cover) a využívání území (land use) jsou dva celoevropské programy, které využívají pro klasifikaci území metod DPZ – CORINE CLC a LUCAS.

Program CORINE (COOrdination of INformation on the Environment), který pracuje se satelitními snímky LANDSAT, byl zahájen v roce 1985. Iniciátorem byla Evropská komise a cílem byl a je sběr, koordinace a zajištění kvalitních informací o životním prostředí a přírodních zdrojích, které jsou srovnatelné v rámci Evropského společenství. Program má několik částí: Land Cover (krajinný pokryv), Biotopes (biotopy) a Air (ovzduší). V roce 1991 se Evropská komise rozhodla díky programu Phare rozšířit program CORINE i na státy střední a východní Evropy.

Cílem projektu CORINE Land Cover 90 bylo vytvořit databázi krajinného pokryvu na základě jednotné metodiky. Tehdejší Československo vstoupilo do projektu mezi prvními státy a od roku 1991 rozběhlo pilotní studii o vhodnosti nomenklatury a metodologie. V září 1993 začaly práce na vektorové databázi, které vyústily v roce 1996 ve dvě oddělené databáze pro každou republiku, zpracované firmou GISAT s.r.o. (Praha 10).

Databáze byla vytvořena interpretací snímků družice LANDSAT nasnímaných mezi roky 1986 – 1995. Výstupem byla mapa vegetačního pokryvu v měřítku 1:100 000, rozděleného do 44 tříd (pro Českou republiku je z toho použitelných 28).

Po vytvoření Evropské agentury životního prostředí (EEA) přešla odpovědnost za CORINE do jejích pravomocí. CLC představuje důležitou databázi pro ucelené zhodnocení stavu životního prostředí. Slouží pro prostorové a místní analýzy na různých úrovních. Potřeba aktualizace byla vyjádřena na evropské i národní úrovni, a proto v roce 1999 začala EEA spolupracovat s JRC (Joint Research

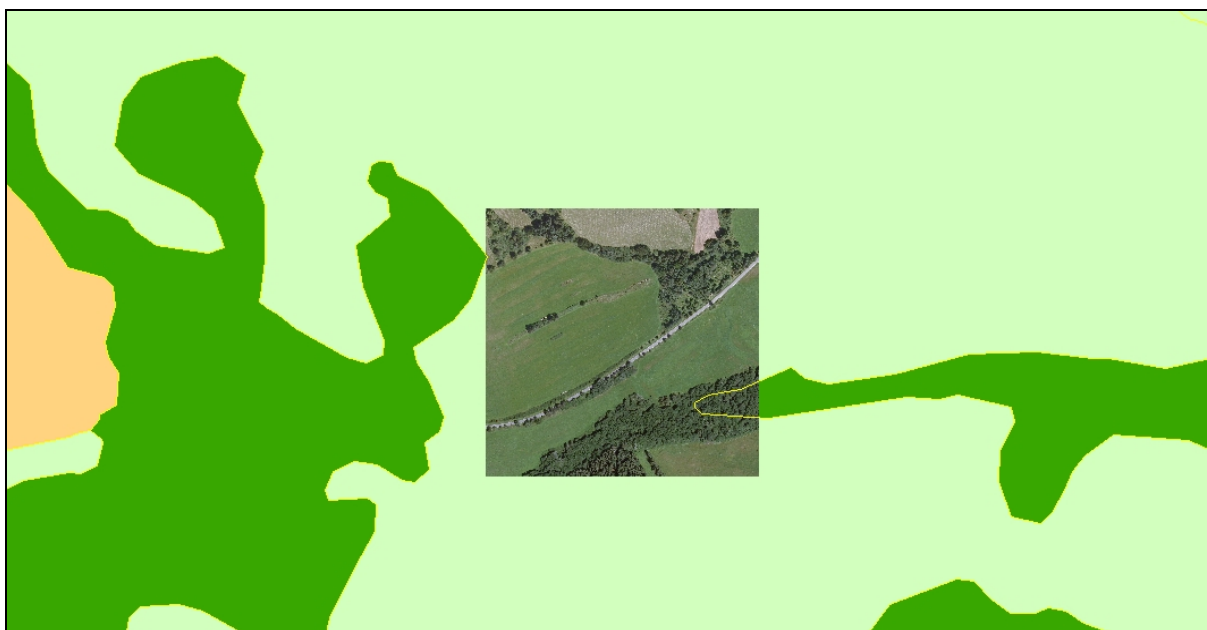
Center) Evropské komise na aktualizaci databáze CLC - projekty IMAGE2000 a CLC2000 (I&CLC2000).

V případě CLC2000 byla použita stejná nomenklatura jako u CLC90. Základní hierarchie tříd má 3 úrovně (přehled klasifikace používaný pro jednotlivé úrovně je uveden v tabulce 2):

- Úroveň 1 (pro měřítka menší než 1:1 000 000) - obsahuje 5 tříd
- Úroveň 2 (1:500 000 až 1:1 000 000) - obsahuje 15 tříd, na území ČR se vyskytuje 13
- Úroveň 3 (základní měřítko 1:100 000) - obsahuje 44 tříd, na území ČR se vyskytuje 28

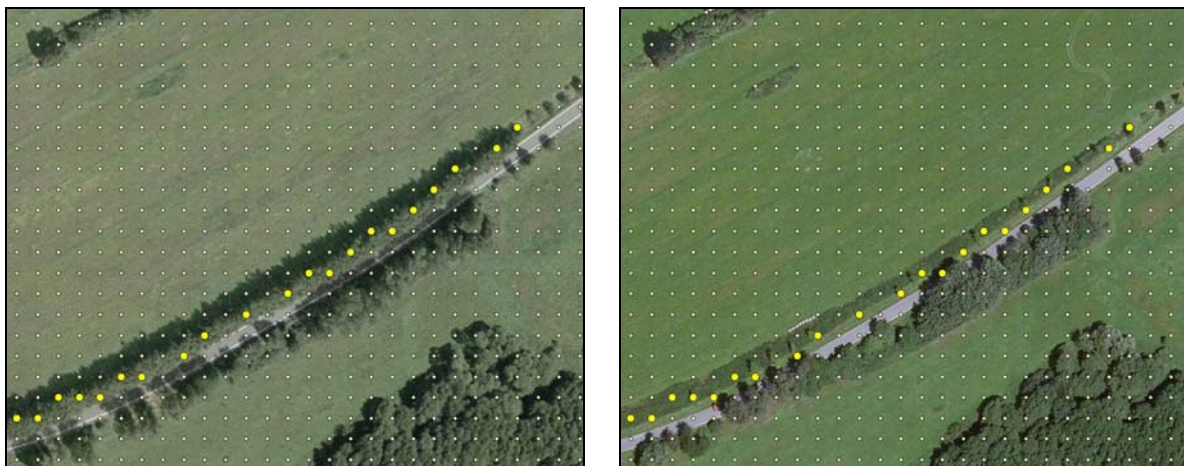
V roce 2006 se projekt CORINE Land Cover stal součástí evropského projektu GMES (Global Monitoring for Environment and Security) <http://www.gmes.info>. V rámci jedné části projektu – GMES Fast Track Service on Land Monitoring, proběhne aktualizace databáze CORINE k referenčnímu roku 2006. Výsledná databáze CLC2006 měla být k dispozici v roce 2008.

Klasifikace leteckých snímků v projektu CzechTerra přináší oproti výsledkům CORINE informaci v mnohem podrobnějším měřítku (Obr. 1). Porovnáním výsledků klasifikace leteckých snímků lze zachytit změny typu vykácení aleje (Obr. 2).



Obr. 1 Porovnání měřítek; CORINE CLC a klasifikovaný letecký snímek v projektu CzechTerra

Detailní měřítko, které používá Projekt CzechTerra umožňuje zaznamenávat drobné změny v krajinném uspořádání. Při pravidelném opakování a statistickém vyhodnocení je pak možné vyhodnotit rozsah těchto změn pro celé území republiky.



Obr. 2 Příklad změn ve výskytu liniového prvku na snímku z roku 2004 a 2007. Alej lemující silnici je vykácená.

Dalším evropským programem Evropské komise je projekt LUCAS (podrobnější popis byl uveden v předchozí kapitole), který pro klasifikaci území podle pokryvu používá letecké snímky. Informace o využití území jsou pak pořizovány šetřením in situ. Územní kategorie používané v LUCAS víceméně korespondují s kategorizací, kterou požaduje IPCC (2003), ale definice jednotlivých kategorií se liší, což významně omezuje další využití údajů (přehled územní kategorizace používané v katastru a evropských programech uvádí Tabulka 7).

Tabulka 7 Přehled územních kategorií uplatňovaných v katastru, při emisní inventuře, v programech LUCAS a CORINE CLC

Katastr	IPCC	LUCAS	CORINE 1. úroveň	CORINE 2. úroveň	CORINE 3. úroveň
Orná půda	Zemědělsky využívaná půda	Orná půda	Zemědělské plochy	Orná půda	Nezavlažovaná orná půda
Chmelnice		Trvalé zemědělské kultury		Stálé kultury	Sady, chmelnice a zahradní plantáže
Vinice				Různorodé zemědělské plochy	Vinice
Zahrady					Pole, louky trvalé plodiny
Ovocné sady					Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací
Trvalé travní porosty	Trvalé travní porosty	Trvalé travní porosty		Pastviny	Louky a pastviny
				Plochy s křovinnou a travnatou vegetací	Přírodní louky
					Stepi a křoviny
Lesní pozemky	Lesní půda	Lesy a křovinná vegetace	Lesy a polopřírodní oblasti	Lesy	Listnaté lesy
					Jehličnaté lesy

Katastr	IPCC	LUCAS	CORINE 1. úroveň	CORINE 2. úroveň	CORINE 3. úroveň
					Smíšené lesy
					Nízký porost v lese
Vodní plochy	Vodní plochy a mokřady	Vodní plochy	Vodní plochy	Vnitrozemské humidní území	Mokřiny a močály
			Humidní území	Pevninské vody	Rašeliniště
					Vodní toky
					Vodní plochy
Zastavěné plochy a nádvoří	Zastavěná plocha	Umělý povrch	Urbanizované území	Obytné plochy	Staveniště
				Průmyslové a obchodní areály, komunikace	Souvislá městská zástavba
					Nesouvislá městská zástavba
					Průmyslové a obchodní areály
					Silniční, železniční síť
Ostatní plochy	Ostatní plochy				Městské zelené plochy
		Opuštěné půdy a půdy s řídkou vegetací		Otevřené plochy s malým zastoupením vegetace nebo bez vegetace	Sportovní a rekreační plochy
					Přístavy
					Letiště
			Humidní území	Doly, skládky a staveniště	Haldy a skládky
					Oblasti současné těžby surovin
				Plochy umělé nezemědělské zeleně	Skály
					Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací

Nesoulad na úrovni definic (příklad definice lesa)

Pro identifikaci lesa, respektive lesního ekosystému, není v rámci České republiky používána jednotná definice, a tak plocha lesa určená z různých datových zdrojů není identická. Například základním kritériem pro zařazení inventarizační plochy do kategorie LES v programu NIL ČR je korunový zápoj dosahující minimálně 20 % na ploše o rozloze větší než 400 m². Při šetření pro potřeby EUROSTAT zvaném LUCAS se do položky „les“ započítávají plochy s korunovým zápojem větším než 10 %. V obou případech se v úvahu nebere druh pozemku uvedený v katastru nemovitostí.

Hospodářské plánování a praktické lesnictví České republiky však vychází z evidence pozemků uvedených v katastru nemovitostí, pro něž je vyhotovován lesní hospodářský plán (LHP) nebo osnova (LHO). Tyto údaje se sumarizují v Souhrnném lesním hospodářském plánu (SLHP). SLHP pak slouží jako podklad pro vykazování údajů o trvale udržitelném lesním hospodaření, které Česká republika poskytuje pro mezinárodní statistiku, jako např. FAO, UNECE, MCPFE a jiné.

Při porovnání rozlohy kategorie LES podle NIL (případně LUCAS) a údajů SLHP jsou zjišťovány rozdíly. Část pozemků s charakterem lesa se vyskytuje na pozemcích neevidovaných jako lesní půda v katastru (orná půda, trvalé travní porosty a ostatní plochy).

Navíc existuje nesoulad mezi druhem pozemku a jeho využitím skutečným a uvedeným v katastru. Nesoulad je odhadován přímo pracovníky katastru na 5 % evidovaných ploch (Šandová 2007, ČÚZK; ústní sdělení). Lokálně může být podle ústních sdělení uživatelů katastru mnohem vyšší.

Definice lesa používaná v projektu LUCAS je blízká definici lesa podle FAO, ale není s ní identická, a v jednom podstatném detailu – minimální rozloha - se liší. Žádná z dalších definic, které se dosud používají pro vykazování na mezinárodní úrovni, nevyhovuje doporučené definici FAO (přehled používaných definic lesa je uveden v tabulce 8).

Tabulka 8 Přehled definic „lesa“ používaných v České republice

Parametr	Minimální výška v dospělosti	Minimální rozloha	Minimální korunový zápoj	Minimální šířka pásu	Holina je/není započtena
Zdroj definice	m	m ²	%	M	
Katastrální úřad	Neřeší	Neřeší	Neřeší	< 10 m	Ano
EUROSTAT/LUCAS – les	5	5000	10	3	Není
EUROSTAT/LUCAS- - ostatní lesní plochy	5	< 5000	10	3	Není
FAO – les	5	5000	10	20	Ano, >5000 m
FAO – ostatní lesní plochy	5, <5	5000	5-10%, >10%	20	Ano, >5000 m
NIL ČR		400	20	10	Ano
UNFCCC/KP	2 - 5	500 – 10 000	10 - 30	(20)	Ano
CORINE CLC	5	250 000	30%, 500 ks/ha	100	Není

Metodika inventarizace krajiny CzechTerra

Řešení úkolu je postaveno na několika metodických postupech. Specifickým metodickým postupem, který zastřešuje celé řešení je vlastní koncepce systému inventarizace krajiny („Metodika inventarizace krajiny CzechTerra“). Na tuto koncepci pak navazují jednotlivé dílčí postupy, podle kterých se dále pracuje nad leteckými snímky, v terénu i v laboratoři při získávání vstupních údajů. Specifické postupy se pak formulují nebo budou formulovat pro zpracování vstupních dat.

Cílem řešitelského kolektivu je postupně metodické postupy předávat zadavateli k certifikaci tak, aby byly respektovány jako konkrétní uplatněné výsledky projektu. Přesná a důsledná formulace a formální uznání jednotlivých metodických postupů je zárukou zachování celkové koncepce a opakovatelnosti použitých postupů při následných šetření. K prvnímu opakování terénních šetření a klasifikace snímků by mělo dojít již v roce 2011.

V rámci řešení projektu v letech 2006-2009 byly zformulovány tyto metodické postupy:

- Metodika inventarizace krajiny CzechTerra
- Metodika klasifikace leteckých snímků v systému inventarizace krajiny CzechTerra
- Metodika terénního šetření v systému inventarizace krajiny CzechTerra

V roce 2009 byly rozpracovány další postupy, které budou předloženy k certifikaci v roce 2010:

- Metodika vyhodnocení klasifikovaných leteckých snímků
- Metodika zpracování půdních vzorků (laboratorní práce)
- Vyhodnocení výsledků terénního šetření v systému inventarizace krajiny CzechTerra

Dále v textu jsou stručně na úrovni celkové koncepce popsány postupy používané pro řešení v roce 2009. Kompletní znění metodických postupů je uloženo u zadavatele projektu.

Koncepce metodiky

Systém inventarizace krajiny je koncipován jako efektivní, flexibilní a dynamický informační systém, který vypovídá o vývoji a stavu krajiny pro potřeby vykazování České republiky na mezinárodní úrovni.

Stav a změny základních charakteristik jsou sledovány v trvalé síti ploch na základě kvantifikovatelných údajů (indikátorů). Informace odvozené, tj. informace o konektivitě a fragmentaci krajiny, údaje o produkci apod., se vypočítávají standardními matematicko-statistickými postupy.

Informační systém naplňuje tato kritéria:

1. Reprezentativnost na úrovni České republiky
2. Pokryv všech hlavních kategorií využití území
3. Efektivní, statisticky vyhodnotitelný systém sběru údajů
4. Optimalizované spektrum údajů pro široké využití
5. Schopnost kvantifikace změn v krátkém časovém intervalu
6. Transparentní a verifikovatelné metody
7. Ekonomická nenáročnost
8. Otevřenost z hlediska spektra atributů a možnosti rozšiřování
9. Otevřenost z hlediska mezinárodního srovnání
10. Otevřenost z hlediska dostupnosti dat

Systém je tvořen sítí ploch o hustotě 7x7 km s pokrytím celého území České republiky a dostatečnou statistickou průkazností hlavních šetřených veličin v tomto měřítku. Tento systém je schopen zajistit relevantní informace o rozlohách všech typů využívání území (les, orná půda, louky a pastviny, mokřady a vodní plochy, zastavěná území, ostatní) a průběžně je aktualizovat. Údaje jsou jednoznačně statisticky kvantifikovatelné.

Zvlášť významná je otevřenost systému, a to z hlediska možnosti adjustovat spektrum sledovaných atributů, z hlediska mezinárodního srovnání a dostupnosti údajů pro širokou odbornou veřejnost (viz níže). Systém poskytuje konzistentní a aktuální informaci o stavu a vývoji terestrických ekosystémů a vybrané detailní informace vyžadované pro potřeby mezinárodních dohod a umožní konzistentní a efektivní strategické plánování rozvoje krajiny.

Sada šetřených indikátorů odpovídá požadavkům mezinárodního výkaznictví tak, jak je vyhlásila Ministerská konference o udržitelném hospodaření v lesích (MCPFE, Vídeň, 2002), jak je pro potřeby emisní inventury skleníkových plynů stanovily Zásady dobré praxe (IPCC, 2003) a jak je doporučila členským státům vědecká komise Úmluvy o biodiverzitě.

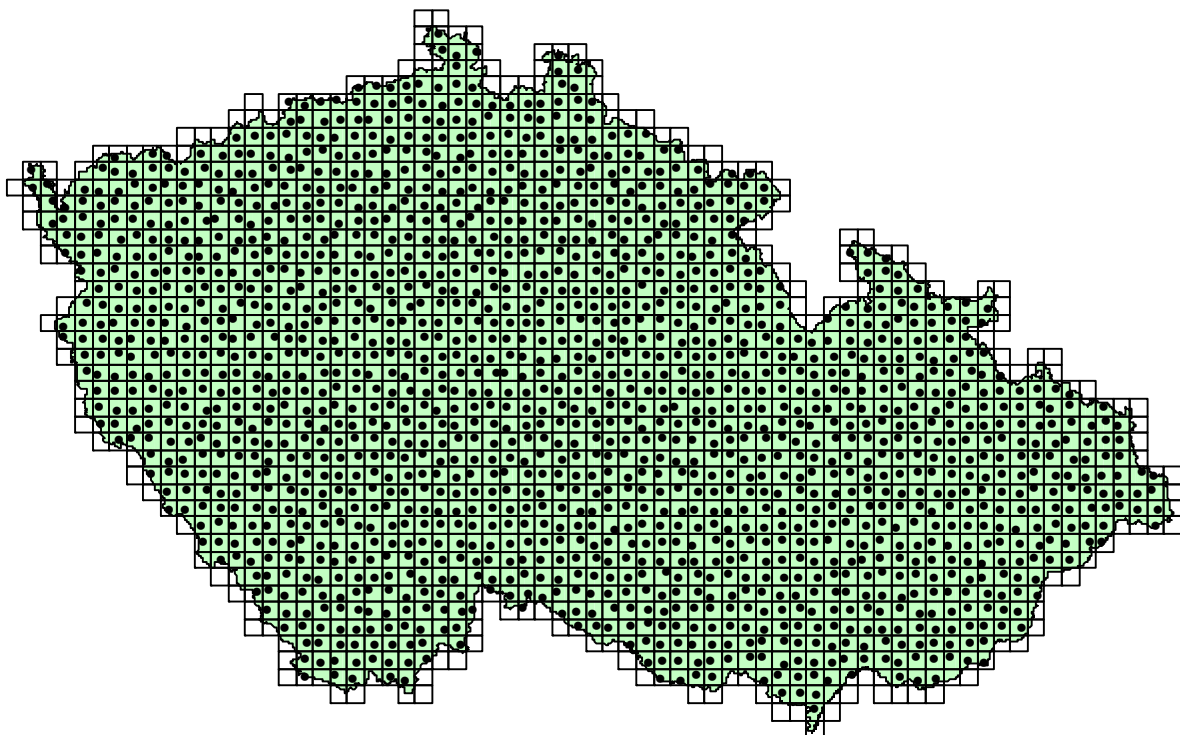
Jádrem informačního systému je vlastní systém vzorkovacích ploch. Jejichž rozmístění odpovídá síti 7x7 km. V rámci každého čtverce sítě, který je určen svým středem, je náhodně umístěn čtverec o hraně 450 m (lokality), v jehož středu bude jedna kruhová vzorkovací plocha o výměře 0.05 ha, tj. plocha o poloměru 12.62 m.

Hustota sítě byla odvozena tak, aby zajistila požadovanou intenzitu vzorkování a ve výsledku i požadovanou přesnost na úrovni republiky. K dispozici je 1599 lokalit. Podle katastrálních rozloh tří nejvýznamnějších územních kategorií je odhad umístěných ploch následující (zaokrouhleno na desítky): orná půda – 670 ploch, porostní půda – 530 ploch, louky a pastviny – 200 ploch. Nejmenší zastoupení mají kategorie zastavěného území (bez dopravní infrastruktury, která je zahrnuta v jiné územní kategorii) a vodních ploch včetně mokřadů, a to přibližně po 30-ti plochách každá z nich.

Inventarizační systém tvoří:

1. **lokality** - tj. interpretační plochy, na kterých probíhá klasifikace leteckých snímků
2. trvalé kruhové **inventarizační plochy** o poloměru 12,62 m, tj. o rozloze 500 m², na kterých probíhá venkovní šetření

Základní jednotky informačního systému jsou graficky znázorněny na Obr. 3.



Obr. 3 Schematické znázornění základního informačního systému – síť 7 x 7 km, rozmístění lokalit v rámci sítě, detail lokality a inventarizační plochy

Šetření na **lokality** má za cíl:

- zjistit rozlohu základních kategorií užití území (členění podle katastru)
- zjistit rozlohu lesa v souladu s definicí lesa podle NIL
- zjistit rozrůzněnost (horizontální a vertikální) uvnitř lesních komplexů
- zjistit základní aspekty fragmentace a konektivity krajiny
 - i) délka hranic mezi kategoriemi využití krajiny,
 - ii) rozloha a charakter prvků harmonické kulturní krajiny a přírodě blízkých prvků (stromořadí, meze, zarůstající louky, neobdělávané plochy uprostřed obdělávaných, jednotlivé stromy)

Inventarizační plochy jsou v terénu zakládány a šetřeny pouze tehdy, pokud na nich je identifikován les nebo zeleň mimo les. Pro každou z ploch představující les nebo zeleň mimo les je hodnocena půdní a vegetační složka. Vegetační a půdní složka je šetřena z hlediska požadavků na trvale udržitelné hospodaření v lesích a uhlíkový reporting a zahrnuje všechny běžné základní veličiny. Aktuální stav lesa je zjišťován klasickým způsobem známým z podrobnějších programů statistické inventarizace lesa s tím, že počet sledovaných indikátorů je optimalizován a sběr údajů zefektivněn.

Rozsah šetření na inventarizační ploše založené ve středu lokality je ovlivněn určenou kategorií pozemku. Jednotlivé vrstvy databáze jsou sledovány v závislosti na identifikované kategorii pozemku:

V kategorii „Les“ se šetří

- Zásoba, věkové nebo tloušťkové rozložení (v závislosti na lesním typu), zásoba biomasy, uhlíku, druhová skladba, druh obnovy, přirozenost porostu, výskyt introdukovaných dřevin, objem mrtvého dřeva
- Rozloha lesa podle definice FAO a NIL
- Diverzita porostu (struktura)
- Kvalita těžebního fondu
- Zásoba uhlíku v půdě, odběr půdní sondou v minerálním i organickém horizontu
- Půdní typ

V kategorii „Harmonická kulturní krajina a přírodě blízké prvky“ se šetří

- Rozloha lesa podle definice FAO
- Zásoba uhlíku v nadzemní biomase stromů
- Půdní typ

Logistika

První cyklus kompletního šetření inventarizace krajiny proběhl v letech 2008-2009. Na konci roku 2009 budou formulovány úlohy zpracování údajů. V roce 2010 budou uživatelé předány kompletní výsledky celonárodního šetření inventarizace krajiny.

Systém je připraven tak, aby mohl být v případě potřeby, zájmu a finančního zajištění zahájen druhý cyklus inventarizace již v roce 2011 s tím, že od té doby bude možné systém provozovat kontinuálně a vyhodnocovat výsledky každoročně s tím, že se každoročně udělá pětina ploch tj. 320 lokalit a cca 160 inventarizačních ploch, které reprezentují celé území republiky. Výhodou trvalých systémů je vysoká efektivita ve vztahu k personálnímu a technickému zajištění a samozřejmě možnost disponovat výsledky každoročně.

Možnost přechodu na kontinuální cyklus je zajištěna tak, že celý soubor lokalit byl rozdělen na 5 částí, které ovšem vždy reprezentují celé území republiky. Mapy znázorňující rozložení ploch pro 1. až 5. rok šetření je dokumentován graficky v Příloze 1. V prvním cyklu šetření (2008-2009) byly šetřeny plochy spadající do 1. a 2. roku a v druhém roce šetření pak byly šetřeny plochy 3.-5. roku. Pokud by v roce 2011 bylo možné zahájit druhý cyklus, pak by byly jako první opakovaně šetřeny plochy 1. roku, s tím, že mezi prvním a druhým cyklem šetření by byl minimální interval 3 roky. V roce 2012 by

byly šetřeny plochy 2. roku po čtyřech letech, v roce 2013 plochy 3. roku po čtyřech letech, v roce 2014 plochy 4. roku po pěti letech a v roce 2015 plochy 5. roku po šesti letech. Třetí cyklus by byl zahájen v roce 2016, byly by šetřeny plochy 1. roku po uplynutí čtyř let od ukončení druhého cyklu.

Je důležité, aby se šetření v terénu opakovala vždy ve stejnou roční dobu na stejných plochách. Jen tak lze zaručit, že údaje o přírůstu budou skutečně reprezentovat časový interval daný časovým intervalem řešení.

Technologická podpora

Inventarizace krajiny vyžaduje zvládnout činnosti spojené s rozsáhlým datovým aparátem. Pro sběr dat v terénu, správu dat, vyhodnocování leteckých snímků a matematicko-statistické zpracování je používána technologie Field-Map (www.fieldmap.cz).

Field-Map je flexibilní a komplexní softwarová a hardwarová technologie pro počítačem podporovaný sběr dat v terénu a jejich následné zpracování a vyhodnocení. Technologie je vyvíjena firmou IFER již od roku 1994.

Jádrum celé technologie je velice flexibilní, real-time GIS software, který je pro práci v terénu nainstalován na odolném přenosném počítači. K počítači, resp. software je možné připojit různá elektronická měřicí zařízení a okamžitě tak zpracovávat naměřená data. Uplatnění pokročilé technologie na bázi elektronických měřicích přístrojů a terénního počítače garantuje přesnost měření, produktivitu a kvalitu venkovních prací a usnadňuje nebo i podmiňuje měření i v podmínkách hustého podrostu a nepřehledného terénu, kde je použití klasických postupů velice obtížné, nebo dokonce nemožné.

Data jsou přímo v terénu ukládána do počítačové databáze ve standardních datových formátech, jsou kontrolována a mohou být vizualizována. Odpadá tak přepisování formulářů do počítače a překreslování polních náčrtů, které mohou být zdrojem chyb a také vysoké časové náročnosti projektu. Použití technologie tak výrazně urychluje následné zpracování dat.

Systém Field-Map, integrující modulární softwarovou část a různé volitelné hardwarové komponenty, je v konečné konfiguraci nastaven tak, aby optimálně vyhovoval požadavkům efektivního sběru dat navrhovaného informačního systému.

V současné době se technologie Field-Map používá ve více než 30 zemích čtyř kontinentů pro řešení různých lesnických, ekologických a krajinářských projektů. Již v osmi zemích Evropy a Afriky je technologie nasazena pro zjištění stavu lesa na celostátní úrovni, tedy pro projekt národní inventarizace lesa. Nasazení technologie Field-Map v dalších zemích se připravuje.

Technologie Field-Map, použita pro terénní šetření v rámci tohoto projektu, zahrnuje následující softwarové a hardwarové komponenty:

1. Software Field-Map pro sběr a zpracování dat (IFER-MMS, ČR)
2. Přístroj GPS SXBlue pro určení geografické polohy (Geneq, Kanada)
3. Laserový dálkoměr Impulse pro měření vzdáleností a vertikálních úhlů (LTI, USA)
4. Elektronický kompas MapStar pro měření azimutů (LTI, USA)
5. Terénní počítač Hammerhead XRT (DRS, USA)
6. Elektronická průměrka Mantax Computer (Haglof, Švédsko)
7. Doplnky a příslušenství (stativ pro upevnění hardwarových komponent, kabely, baterie, atd.)



Obr. 4: Přístrojové vybavení technologie Field-Map

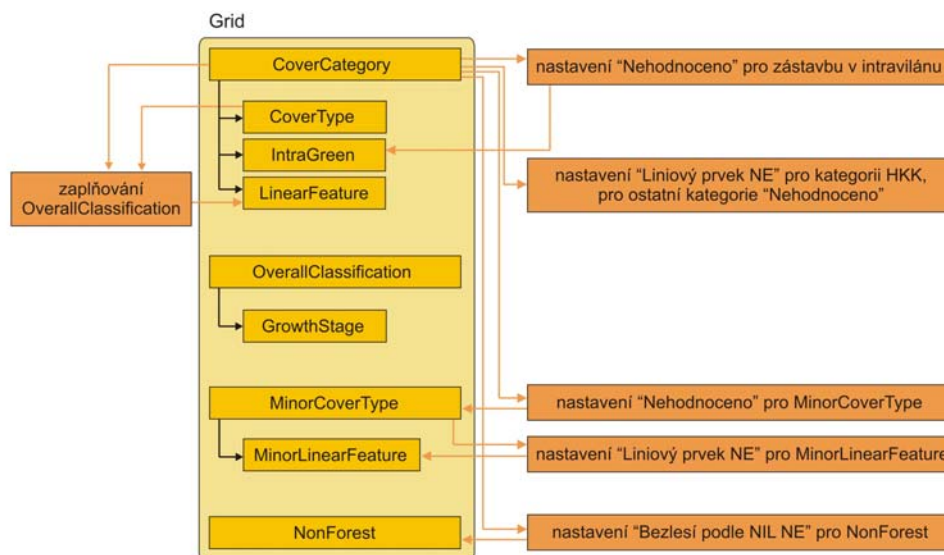
Obr. 4 zobrazuje hardwarovou konfiguraci terénní sestavy „Field-Map Antelope“, použitou v projektu CzechTerra.

Pokročilá technologie Field-Map je použita nejen v terénu, ale i při přípravě dat a jejich zpracování. Už v terénu jsou data ukládána do datové báze a jsou k dispozici v běžných datových formátech (mapy v ArcView shapefile, tabulky atributů ve formátu Paradox, dBase nebo MS Access).

Pro další zpracování dat se používají speciální nástroje „Field-Map Data Processing Tools“ pro výpočet doplňkových údajů, klasifikaci, reklasifikaci a agregaci. Data statistické inventarizace jsou v plném rozsahu vyhodnocena nástrojem Field-Map Inventory Analyst.

Také klasifikace leteckých snímků se provádí pomocí systému Field-Map, který umožňuje propojení geografických dat s hierarchickou databází a podporuje administraci dat podle lokalit. Pomocí jednoho systému je tedy zajištěna distribuce snímků ke zpracování jednotlivým operátorům a následné vytvoření úplné databáze klasifikovaných leteckých snímků (program Field-Map Project Manager) i provádění vlastní klasifikace (program Field-Map Data Collector).

Pro vlastní klasifikaci byl Field-Map Data Collector upraven tak, aby zobrazoval „focus“ (tedy čtverec, kterému je přidělován atribut a jeho osmičlenné okolí) a aby umožňoval rychlou a snadnou klasifikaci pomocí klávesových zkratk. Otevřené programovací prostředí v software Field-Map umožnilo vytvořit a zabudovat do projektu speciální kontrolní a výpočetní skripty, které prováděly okamžitou a plně automatickou kontrolu a dopočet dat v momentě jejich vstupu do software (Obr. 5).



Obr. 5 Schema skriptů pro automatické vyplňování atributů

Jelikož jsou data sebraná a zpracovaná technologií Field-Map uložena ve standardních datových formátech, nebyl problém s daty manipulovat a dále je zpracovávat pomocí jiných softwarových nástrojů. To se týká především zpracování mapových výstupů; v daném případě byl použit ArcGIS.

Letecké snímky

Klasifikace leteckých snímků

Ke klasifikaci leteckých snímků lze přistupovat v zásadě dvěma způsoby:

1. Vektorizací, tj. zakreslování polygonů jednotlivých rozlišovaných tříd a jejich klasifikace
2. Přímým vytvářením tematického rastru zvoleného rozlišení, tj. klasifikace snímku pomocí čtvercové sítě (pro účely projektu 10 x 10 m), kdy každému ze čtverců je přidělen atribut třídy.

Pro potřeby inventarizace krajiny byl zvolen druhý z výše uvedených postupů, tj. klasifikace snímku pomocí rastru. Hlavní výhodou tohoto přístupu je větší objektivita při hodnocení snímků více operátory. Při klasifikaci pomocí rastru je čtverci vždy přiřazen atribut převládající třídy (rozlišované třídy udává Tabulka 9 a Tabulka 10). Rozhodujícím pravidlem je princip „středu a většiny“, tj. atribut je přiřazen podle vlastností pokryvu, které jsou ve středu čtverce a zároveň ve čtverci plošně.

Tabulka 9 Seznam základních kategorií pokryvu a využití území použitých při klasifikaci leteckých snímků (část 1 - intravilán).

	Kategorie pokryvu	Typ pokryvu	Poznámka	
Intravilán	Zástavba		Rozlišuje se typ zástavby	
		Venkovský typ	1 -3. patrové domy, tradiční krytina, objekty a plochy pro drobné hospodaření	
		Městský typ	souvislá zástavba okolo ulic, zahrady bez hospodářských budov, vyskytjí se ploché střechy, menší výrobní areály, lokální sklady	
		Sídliště	vícepodlažní budovy, společné travnaté plochy, parkoviště	
		Průmyslové zóny, obchodní centra	rozsáhlé průmyslové zóny, sklady	
		Dopravní infrastruktura	silnice, železnice, letiště, parkoviště, manipulační plochy, mosty (není třeba přiřazovat zeleň),	
		Zeleň v zástavbě	<i>Přiřazuje se k typu zástavby jako druhé číslo, výhradně v intravilánu, pouze u velkých celků zeleně</i>	
		Nedřevní	travnaté plochy	
		Stromy, keře	parky, aleje	
		Ostatní		<i>Hodnotí se bez ohledu na typ zástavby</i>
		Vodní plochy – tekoucí voda		
		Vodní plochy stojaté		mimo bazény, koupaliště a aquaparky
		Neplošná půda antropogenní		výsypky, skládky, lomy, dobovací prostory, koupaliště, aquaparky, bazény

Tabulka 10 Seznam základních kategorií pokryvu a využití území použitých při klasifikaci leteckých snímků (část 2 - extravilán)

	Kategorie pokryvu	Typ pokryvu	Poznámka	
Extravilán	Les		Stromová vegetace, minimální velikost 400 m ² nebo šířka větší než 10 m, hodnotí se v souvislosti s 8 okolními čtverci (zápoj/růstové stádium/smíšení)	
		Listnaté	nad 90% listnatých	
		Smíšené		
		Jehličnaté	nad 90% jehličnatých	
		Holiny a porosty v Obnově	paseky a nezapojené porosty	
		Bezlesí	cesty, průseky (širší než 4 m)	
		Les, stromy a skupiny stromů přírodě blízkých prvků - růstové stádium		
		Mladé porosty	velikost korun není rozlišitelná, zapojený porost	
		Střední věk	koruna o průměru 3-4 m, tvarovaná, kompaktní zápoj	
		Dospělé porosty	koruna s průměrem nad 4 m, plně vyvinutá, rozvolněný zápoj	
		Zemědělská půda		poľní plodiny nevytrvalé, pícniny, jeteloviny, pastviny
		Orná půda		
		Skleníky		mimo intravilán - průmyslová výroba zeleniny
		Chmelnice		
		Vinice		
		Sady		pozemek s ovocnými stromy a keři, plantáže vánočních stromků na zemědělské půdě
		Trvalé travní porosty (TTP), kosené		kosené louky bez stromové a keřové vegetace, pastviny
		Přírodě blízké prvky		meze, zarůstající louky, sukcesní plochy, břehové porosty, okraje cest, porostní okraje, min. velikost prvku 3 m, min. šířka liniového prvku 3 m
			Stromy a skupiny stromů - listnaté	
			Stromy a skupiny stromů - smíšené	
			Stromy a skupiny stromů - jehličnaté	
			Keře a keřové formace	
			Travní porosty a vysokobylinná vegetace	neudržované okraje polí, porosty podél komunikací
			Travní porosty s malým výskytem dřevin	neudržované travní porosty zarůstající sukcesní vegetací

	Kategorie pokryvu	Typ pokryvu	Poznámka
		Plochy bez vegetace	skály, písečné pásy
	Ostatní		
		Vodní plochy - tekoucí voda	
		Vodní plochy - stojaté	mimo bazény, koupaliště a aquaparky
		Neplošná půda antropogenní	výsypky, skládky, lomy, dobývací prostory, koupaliště, aquaparky, bazény
	Zástavba		
		Bez rozlišení typu	obydlí a nejbližší okolí, průmyslové a skladové objekty, přehrady
		Dopravní infrastruktura	silnice, železnice, letiště, parkoviště, manipulační plochy, mosty, min. šířka 3 m

Podrobně jsou postupy používané při klasifikaci leteckých snímků zpracovány v samostatném metodickém postupu „Metodika klasifikace leteckých snímků v systému inventarizace krajiny CzechTerra“, který byl součástí zprávy projektu za rok 2008 (CzechTerra 2008). Metodika a předběžné výsledky jsou předmětem publikace (Šímová *et al.*, 2009), která je připravena do tisku (Příloha II).

Vyhodnocení klasifikovaných snímků

Cílem vyhodnocení klasifikovaných snímků je zjistit rozlohu a zastoupení jednotlivých klasifikačních jednotek (kategorie *land use, land cover*) a jejich prostorovou konfiguraci.

Klasifikaci probíhala vytvářením tématického rastru pro čtverce 10x10 m. Na každé z 1599 lokalit (fotoploch) o velikosti 450 x 450 m tak bylo klasifikováno 2 025 čtverců. Podle převládajícího pokryvu byl pro každý čtverec určen typ pokryvu. Celkem bylo rozlišováno 31 typů pokryvu.

Výsledný datový soubor slouží pro i) výpočet krajinných metrik, tj. údajů charakterizujících krajinu a ii) pro bilanci rozloh podle územních kategorií.

Údaje pro výpočet krajinných metrik jsou spočteny pro jednotlivé lokality a pro soubor všech lokalit bez další extrapolace na území mimo tyto lokality. Získá se tak informace popisující stav na vzorkovaného území.

Údaje pro kvantifikaci a bilanci rozloh jsou statisticky zpracovány s pomocí nástroje Field-Map Inventory Analyst (podrobněji níže). Výsledkem pak jsou rozlohy a zastoupení všech hodnocených kategorií pokryvu na území celé České republiky. Údaje o rozloze jsou doplněny údajem o intervalu spolehlivosti.

Výchozí soubor 7 základních územních kategorií a 31 typů pokryvu je pro účely zpracování používán také v účelových agregacích. Příkladem je kategorizace využití území podle IPPC (IPCC 2003).

Základní zpracování údajů leteckých snímků na úrovni lokalit

Zpracování na úrovni lokalit podává informace o stavu vzorkovaného území. Pro jednotlivé lokality byly zpracovány informace o podílu rozloh jednotlivých typů pokryvu a byly spočteny vybrané krajinné metriky.

Pro jednotlivé typy a kategorie pokryvu bylo vypočteno procentuální zastoupení rozlišovaných kategorií landuse/landcover, frekvence jejich výskytu (tj. počet lokalit s nenulovým zastoupením kategorie) a základní statistické parametry souboru.

Dále byl vytvořen soubor základních charakteristik (metrik) popisující heterogenitu krajiny, zastoupení liniových prvků na lokalitách a délky důležitých typů ekotonů (okraje lesa, okraje přírodě blízkých prvků).

Heterogenita krajiny je ve vědecké literatuře hodnocena pomocí celé řady indexů. Zde byly vybrány tři indexy, které jsou jednak hojně používány v krajinné ekologii, jsou dobře interpretovatelné a mají dlouholetou historii v používání v ekologických disciplínách (v ekologii společenstev). Jsou to Shannonův index, Delcourtův index a Simpsonův index. Doplnkově je použit počet rozlišovaných kategorií zastoupených na lokalitě.


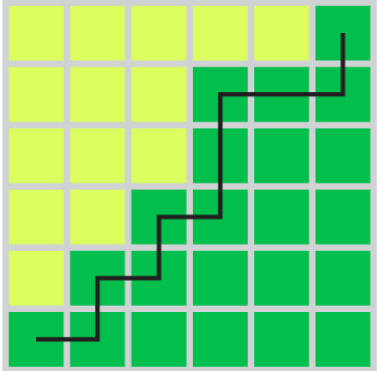
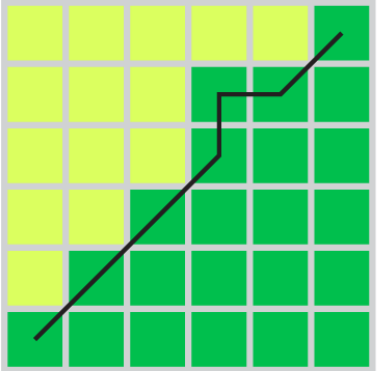
Pro výpočet pokryvností a krajinných metrik byl vytvořen speciální softwarový nástroj, který pracuje přímo s databází projektu Field-Map obsahující výsledky klasifikace snímků. Všechny údaje jsou spočteny na úrovni jednotlivých lokalit. Výsledky se ukládají v externím textovém souboru se kterým je dále možné pracovat například v tabulkovém editoru MS Excel.

V první fázi zpracování výsledků klasifikace byly spočteny metriky, které uvádí Tabulka 11.

Tabulka 11 Vybrané krajinné metriky počítané pro jednotlivé lokality

Krajinná metrika	Charakteristika metriky
Počet typů pokryvu	Počet typů pokryvu je prostým součtem typů pokryvu respektive územních kategorií, které se nacházejí na jednotlivých lokalitách. Při klasifikaci se rozlišovalo 5 základních typů pokryvu území (les, zemědělská půda, zeleň mimo les, zástavba, ostatní) a 31 územních kategorií (např. listnaté porosty, travní lada, dopravní infrastruktura, venkovská a městská zástavba atd.). Ukazatel může teoreticky nabývat hodnot od 1 do 31.
Shannonův index	Hodnota Shannonova indexu závisí na počtu typů pokryvu a jejich procentuální vyrovnanosti. Při daném počtu přítomných typů pokryvu nabývá index vyšších hodnot, pokud jsou všechny typy pokryvu zastoupeny stejnými rozlohami. Vzárostající hodnota indexu udává vyšší diverzitu. Minimem je hodnota 0 (na hodnocené lokalitě je pouze jeden typ pokryvu). Shannonův index se vypočte podle vztahu (Shannon 1948, Pielou 1966): $H = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i) \quad ; \quad p_i = \frac{A_i}{A},$ kde v případě hodnocení struktury krajiny je A _i ... rozloha pokryvu <i>i-té</i> kategorie na lokalitě A ... rozloha lokality s ... počet typů pokryvu na lokalitě p _i ... podíl, kterým daný typ pokryvu přispívá k rozloze lokality
Delcourtův index	Jde o standardizaci Shannonova indexu pomocí logaritmu počtu zastoupených typů pokryvu, kterou navrhli Delcourt a Delcourt (1966). Maximálních hodnot (blízkých 1) nabývá, pokud je zastoupení všech typů pokryvu vyrovnané. Na rozdíl od Shannonova indexu by neměl apriori růst s počtem zastoupených typů pokryvu (při hodnocení skutečných krajín je nárůst hodnot s vyšším počtem typů pokryvu patrný, ale je způsoben sekundárně tím, že při vyšším počtu typů pokryvu jsou i vyrovnanější jejich rozlohy). Za krajinu o minimální heterogenitě se i zde považuje krajina tvořená pouze jedním typem pokryvu, které je přiřazována hodnota indexu 0 (ve skutečnosti nelze vypočíst – dělení nulou). Index se vypočte podle vztahu:

Krajinná metrika	Charakteristika metriky
	$H = \frac{-\sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i)}{\ln(s)}$ <p>kde v případě hodnocení struktury krajiny je s ... počet typů pokryvu na lokalitě p_i ... podíl, kterým daný typ pokryvu přispívá k rozloze lokality</p>
Simpsonův index	<p>Simpsonův index představuje pravděpodobnost, že dva náhodně vybrané body na lokalitě budou patřit do stejného typu pokryvu. Vypočítá se podle vztahu (Simpson 1949):</p> $SIM = \sum_{i=1}^s p_i^2$ <p>Význam proměnných je totožný se Shannonovým a Delcourtovým indexem. Jelikož dle uvedené definice index nabývá nejvyšších hodnot pro nejnižší heterogenitu, používá se v ekologii a krajinné ekologii z interpretačních důvodů často jeho obrácená hodnota, daná vztahem</p> $SIM = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$ <p>Tj. hodnota udává pravděpodobnost, se kterou dva náhodně vybrané body spadnou do různých typů pokryvu. Pohybuje se v intervalu 0..1. Hodnota závisí opět na počtu zastoupených typů pokryvu a vyrovnanosti jejich rozloh.</p>
Procento zastoupení přírodě blízkých prvků	<p>Informace o zastoupení typu pokryvu harmonické kulturní krajiny a přírodě blízkých prvků je zásadním přínosem projektu, protože v tak podrobném měřítku dosud vyčísleno nebylo na rozdíl od ostatních typů pokryvu (orná půda, les, zástavba atd.).</p> <p>Zastoupení této kategorie je dáno rozlohou stromořadí podél silnice, doprovodných dřevinných porostů vodních toků a vodních ploch, nezemědělskou bylinnou vegetací, remízku apod. na jednotlivých lokalitách. V datech Corine LandCover tyto prvky vzhledem k prostorovému měřítku zanikají (celá tato lokalita je hodnocena jako třída Pastviny a louky). V katastru tyto prvky rovněž zanikají, spadají do parcel s atributem orná půda, koryto vodního toku apod.</p> <p>Podle metodiky klasifikace leteckých snímků byl tento typ pokryvu sledován i v případě, že se vyskytoval v jednotlivém čtverci rastru jako nedominantní. Tyto údaje budou předmětem výzkumné části řešení projektu v příštím roce.</p>

Krajinná metrika	Charakteristika metriky
	 <p>Obr „PS1“: Příklad lokality se zastoupením kategorie přírodě blízké prvky (stromořadí podél silnice, doprovodné dřevinné porosty vodního toku a vodní plochy, nezemědělská bylinná vegetace, remízek) v zemědělské krajině.</p>
<p>Procento zastoupení liniových přírodě blízkých prvků</p>	<p>Z údajů o zastoupení územních kategorií byl pro jednotlivé lokality spočten procentní podíl, který zaujímá územní kategorie: „zeleň mimo les, liniový prvek“. Do této územní kategorie patří stromořadí, porosty a zatravněné plochy kolem komunikací a cest, meze, břehové porosty apod.</p>
<p>Délka okrajů lesa a délka okrajů přírodě blízkých prvků</p>	<p>Délka okrajů lesa a délka okrajů přírodě blízkých prvků, jakožto délka důležitých typů ekotonů ovlivňujících mimo jiné diverzitu společenstev, byla spočítána jako délka typu Manhattan (součet rozdílů „x“ a „y“ souřadnic dvou bodů). Předpokládáme, že použitím tohoto typu výpočtu délky okrajů přibližně pokryjeme rozdíl mezi Euklidovskoy spočítanou délkou okrajů a skutečnou délkou. Při použití Euklidovské vzdálenosti dochází totiž k podhodnocení délky okrajů lesa, protože se zanedbává tvar okraje lesa uvnitř buňky (považuje se za lineární).</p> <p>Na hranicích lokality se předpokládá pokračování stejného typu pokryvu mimo plochu, tzn. tyto části se nepovažují za okraje.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="459 1512 837 1881">  <p>a)</p> </div> <div data-bbox="954 1512 1332 1881">  <p>b)</p> </div> </div> <p>a) Vzdálenost typu Manhattan vs. b).vzdálenost Euklidovská</p>

Terénní šetření

Postupy terénního šetření a odběru půdních vzorků

Postup pro zjišťování stavu lesních ekosystémů a prvků harmonické krajiny („inventarizace“) je založen na principu standardně užívané metodiky statistického inventarizačního šetření (v tuto chvíli jej používá Národní inventarizace lesa, statistická provozní inventarizace, monitoring lokalit ponechaných samovolnému vývoji atd.).

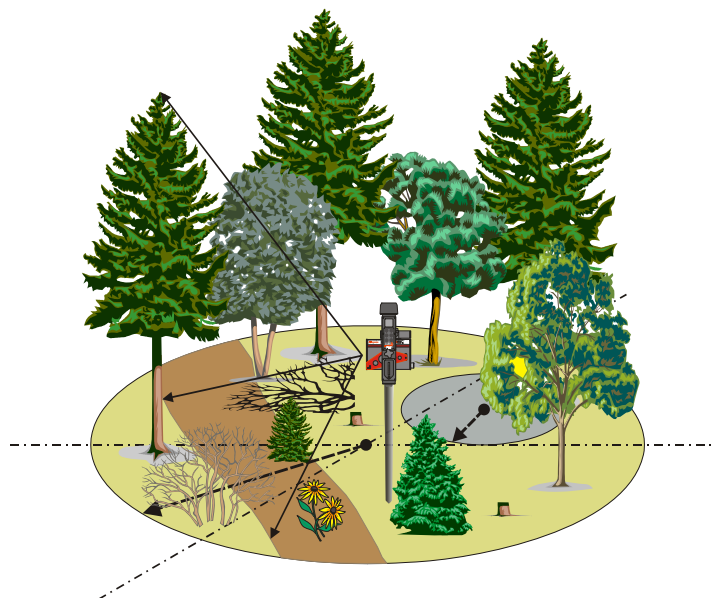
Inventarizační plochy jsou zakládány jako trvalé plochy, tzn. předpokládá se, že na stejných plochách se budou provádět opakovaná šetření inventarizace. Využití trvalých ploch dává do budoucna možnost přesného zjištění běžného přírůstu stromů a porostů.

Inventarizační plochy mohou být děleny na tzv. subplochy, tj. polygony odlišující se navzájem kategorií pozemku, typem porostu atd. Dále se rozliší kategorie les a prvky harmonické kulturní krajiny (zeleň mimo les). Uspořádání do subploch umožňuje vypořádat se i se složitějšími konfiguracemi porostů; střed plochy se nepřesouvá a ve sledování plochy bude možné v budoucnu pokračovat i v případech, kdy bude například část plochy odtěžena apod. (dojde tedy ke změně tvaru a velikosti subploch).

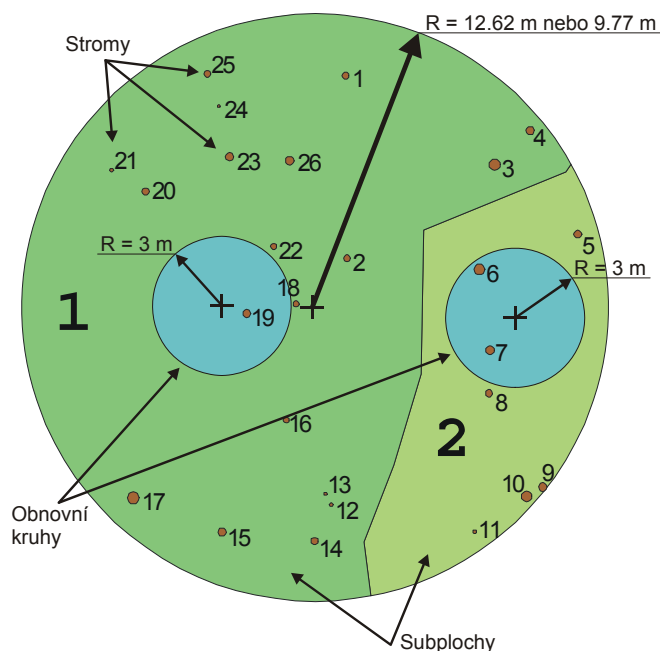
Vlastnímu inventarizačnímu šetření předchází zjištění, zda se na středu lokality nebo do vzdálenosti cca 15 m od středu nachází územní kategorie les nebo tzv. zeleň mimo les (harmonická kulturní krajina a přírodě blízké prvky) – podrobněji popsáno v kapitole „Přípravná klasifikace leteckých snímků“. Využití subploch umožňuje, aby šetřeny byly i plochy, jejichž střed leží mimo zájmovou kategorii, ale zájmová kategorie zaujímá alespoň 10 % rozlohy inventarizační plochy, tj. 50 m².

Inventarizační plochy jsou zakládány v bodech s předem zadanými souřadnicemi, středy lokalit. Plochy jsou v terénu fixovány tak, aby bylo možné provést opakované šetření. Ke středu plochy bude dohledána z pedologických map informace o půdním typu, respektive o obsahu uhlíku v půdě.

Situace na inventarizační ploše je zmapována: zaměřují se pozice stromů a hranice subploch vytyčených v rámci kruhové plochy. Pro sledování stromů v obnově se na každé subploše zakládá obnovní kruh, který je umístěn v těžišti subplochy. Schéma inventarizační plochy je znázorněno na Obr. 6 a Obr. 7.



Obr. 6 Inventarizační plocha se subplochou a obnovním kruhem



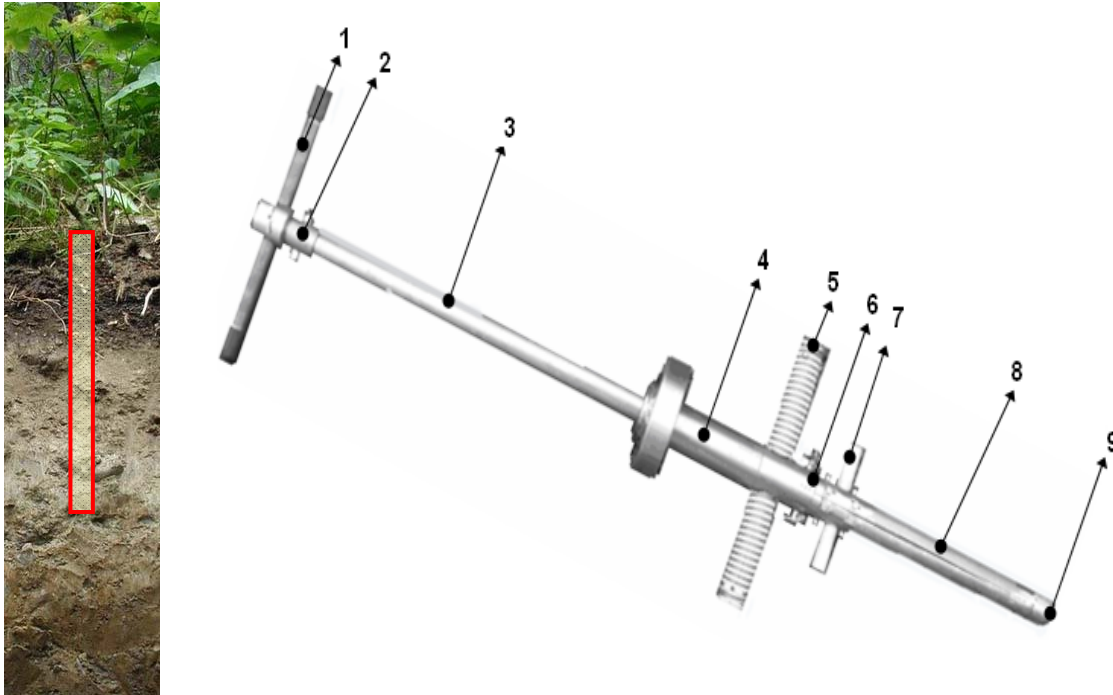
Obr. 7 Schéma uspořádání inventarizační plochy (příklad)

Venkovní šetření se zaměřuje na několik základních komponent:

- Porost, porostní vrstvy
Popisují charakteristiky porostu včetně diverzity a přirozenosti porostu.
- Stromy včetně obnovy, škody
Měří a popisují se stojící živé stromy. Stromy s výčetní tloušťkou nad 12 cm jsou popisovány na celé inventarizační ploše, zaměřuje se i jejich pozice. Stromy s výčetní tloušťkou 7-12 cm jsou popisovány na kruhu o poloměru 3 m umístěném v těžišti subplochy, pozice těchto stromů se rovněž zaměřuje. Obnova přesahující výšku 0,1 m, ale nedosahující výčetní tloušťky 7 cm se popisuje na kruhu o poloměru 3 m, její pozice se nemapuje.
- Odumřelé dřevo
Popisuje se stojící a ležící odumřelé dřevo a pařezy.
- Charakteristiky stanoviště
Na subplochách se popisuje humusová forma, hloubka svrchních půdních horizontů, materiál tvořící opad, pokryv různých kategorií přízemní vegetace apod., odebírají se vzorky půdy a humusu k laboratorním rozborům
- Kvalita těžebního fondu
Pro vybrané stromy se měří zavedenými postupy profil kmene a zjišťuje se kvalita z hlediska sortimentace dřeva.
- Popis humusových a půdních podmínek
Na řešené ploše se popíše původ opadu, stanoví se podíl složek opadu, určí se mocnost a forma humusu, hloubka půdy a půdní druh, ovlivnění půdy vodou a skeletovitost (viz metodika projektu, CzechTerra 2008).
- Půdní odběry
Půdní vzorkování se provádí půdní sondou (Obr. 8, vpravo) do hloubky 30 cm, tj. zahrnuje vrstvy humusu a minerálního horizontu (Obr. 8, vlevo). Odběry se provádějí pomocí půdní sondy v orientaci hlavních světových stran ve vzdálenostech 2, 6, 10 m od středu plochy na každou světovou stranu. To představuje celkem 12 vzorků z každé plochy, popřípadě menší počet v případě velké skeletovitosti stanoviště. Objem vzorku je determinovaný hloubkou odběru (30

cm, popř. menší) a průměrem půdní sondy. Půdní vzorky se analyzují v laboratoři Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, stanovuje se objemová hmotnost, pH, obsah oxidovatelného uhlíku a dusík.

Ze získaných referenčních hodnot bude možné vycházet při identifikaci změn zásoby uhlíku v čase (předpokládaný interval 10 let), založené na vzorkování identických ploch stejnou metodikou půdních odběrů. Analýza půdních veličin bude zohledňovat typ porostu, věk a stanoviště.



Obr. 8: Odběr vzorku půdního profilu do hloubky 30 cm a schéma půdní sondy. Legenda: 1 - grip/rukojeť, 2 - handle head with self-locking bolt/upevňovací hlava se šroubem se samojistící maticí (slouží pro sejmutí závaží), 3 - central pipe/centrální nosná trubka, 4 - sliding weight/pohyblivé závaží, 5 - foot boards/stupátka, 6 - dowel/spojovací kolík (spojení nosní části a odběráku), 7 - grips/rukojeti (pro manipulaci se zásobníkem půdy), 8 - two-piece conical soil sample container/dvoudílný kuželovitý zásobník půdních vzorků, 9 - insert bit/korunka.

Přehled hlavních indikátorů použitých pro jednotlivé sledované charakteristiky uvádí Tabulka 12. Soubor sledovaných indikátorů umožňuje vyhodnotit data z hlediska porostní struktury, zásoby, přírůstu, obnovy a stanoviště.

Tabulka 12 Přehled hlavních indikátorů používaných při inventarizačním šetření

Identifikace plochy/subplochy	Škody
Číslo plochy/subplochy	Plošný okus v obnově
Rozloha plochy/subplochy	Intenzita a stáří poškození terminálu dřevin v obnově
Důvod vydělení subplochy	Intenzita a stáří poškození vytloukáním dřevin v obnově
Les - neles (rozhodnutí)	Intenzita a stáří poškození loupáním dřevin v obnově
Kategorie pozemku	Intenzita a stáří mechanického poškození stromů
Lesní oblast	Intenzita a stáří loupání a ohryzu stromů
Zeměpisné souřadnice	Poškození tenkých stromů ($D \geq 5$ cm a $D < 12$ cm)
Struktura porostu	Hniloba kmene
Tvar lesa	Zlom
Zastoupení dřevin	Další poškození stromu - typ, intenzita a stáří

Věk dřevin Sociální postavení stromů (IUFRO) Výstavky a předrostlíci Dvojáky Souše Produkce Výčetní tloušťka Výčetní výška Horní tloušťka Výška stromu Výška nasazení živé koruny Výška nasazení suché koruny Kvalita kmene Počet tenkých stromů (D \geq 5 cm a D<12 cm) Obnova lesa Přítomnost obnovy Podpora přirozené obnovy Plošná výměra obnovy Rozmístění obnovy Dřevinná a věková skladba obnovy Výšková třída obnovy Pokryv plochy Forma smíšení Ochranná opatření	Charakteristiky ekosystému Druhy keřů a jejich zastoupení Pokrytí půdy vegetací Pokrytí půdy keří Pokrytí půdy plazivými keří Pokrytí půdy keříky Pokrytí půdy travinami Pokrytí půdy bylinami Pokrytí půdy mechy Pokrytí půdy kaprad'orosty Tloušťková třída a stupeň rozkladu pařezů Pokrytí povrchu půdy větvemi Tloušťka, délka a stupeň rozkladu nevytěžené hmoty Stanoviště cenné bioty Charakteristika stanoviště Nadmořská výška Forma reliéfu Expozice svahu Sklon Půdní typ Hloubka půdy Vlhkost půdy Humusová forma Tloušťka nadložního humusu Materiál vrstvy L Ostatní Datum měření Identifikace terénní skupiny
---	---

Podrobněji jsou postupy používané při terénním šetření zpracovány v samostatném metodickém postupu: „Metodika terénního šetření v systému inventarizace krajiny CzechTerra“.

Zpracování půdních vzorků

Podrobný postup nakládání s půdními vzorky a postup jejich zpracování je uveden v nové metodice (Příloha III zprávy). Metodika vychází a navazuje na metodiku statistického inventarizačního šetření krajiny CzechTerra (CzechTerra 2008) . Kapitola 10 této publikované metodiky obsahuje postupy popisu půdních podmínek a odběru půdních vzorků při terénním šetření na inventarizačních plochách.

Hlavním cílem metodiky zpracování půdních vzorků je popsat postup zpracování půdních vzorků od jejich odběru až po archivaci vzorků a dat. Do budoucna se předpokládá opakování na identických inventarizačních plochách. Ty jsou proto zakládány jako trvalé plochy (v terénu pevně fixovány souřadnicemi). Metodika je tak nástrojem pro opakovaná šetření, kdy bude nutno zachovat dané postupy.

Metodika nakládání s půdními vzorky a postup jejich zpracování (Příloha III) obsahuje základní informace o manipulaci s půdními vzorky, tj.:

1. Odběr půdních vzorků v rámci terénního šetření
2. Transport půdního materiálu
3. Sušení vzorků
4. Přeprava půdního materiálu do laboratoře
5. Analýza vzorků v laboratoři
 - a. Stanovení objemové hmotnosti
 - b. Příprava vzorků k analýze
 - c. Stanovení sušiny
 - d. Stanovení pH
 - e. Stanovení celkového obsahu uhlíku (C), dusíku (N) a poměru C/N

f. Stanovení prostorové heterogenity

6. Databáze výsledků s výpočtovými vztahy - obsahuje vstupní data, naměřené údaje a vypočtené hodnoty (objemová hmotnost, podíl C/N, obsah C a N v půdě, aj.)
7. Archivace vzorků a dat

Veškerá naměřená a zaznamenaná data a výsledky analýz jsou archivovány na pracovišti IFER. Metodika bude odeslána k certifikaci garantovi projektu, resp. odeslána na MŽP.

Pro účely statistického zpracování dat pomocí nástroje Field-Map inventory analyst byla následně využita data výsledků půdních rozborů na úrovni jednotlivých inventarizačních ploch.

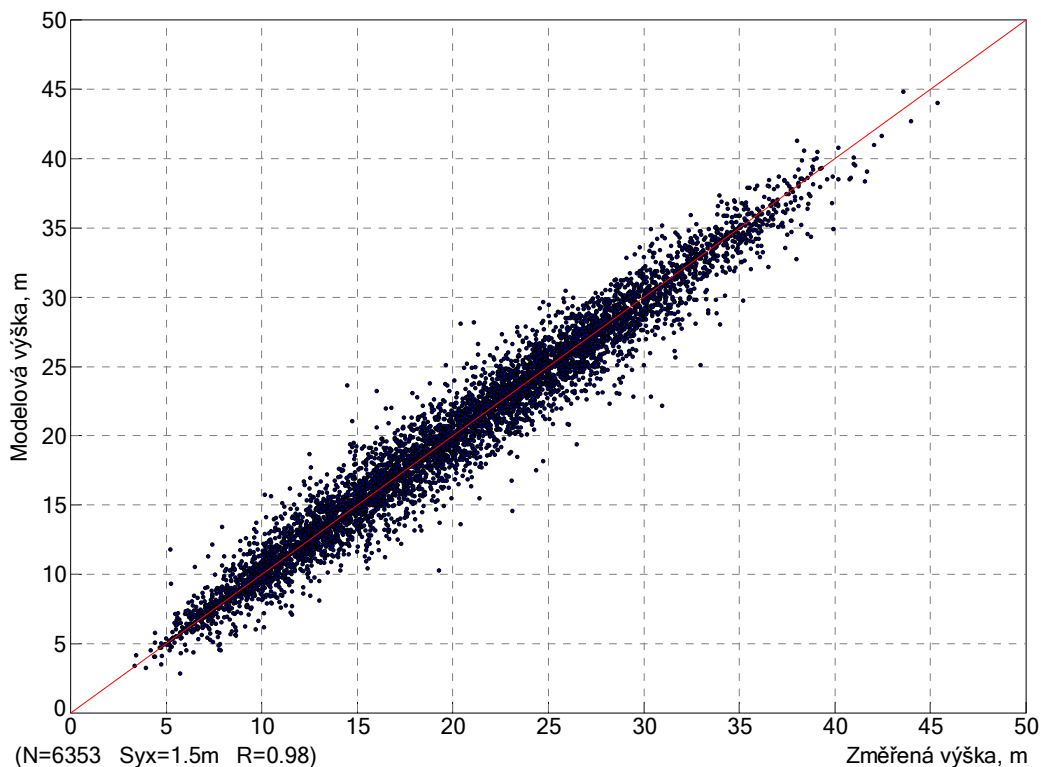
Základní zpracování dat inventarizačního šetření

Pro další zpracování dat inventarizačního šetření je nezbytné doplnit soubor měřených údajů o ty údaje a veličiny, které nebyly přímým měřením v terénu zjišťovány. Jedná se o výpočet odvozených veličin (např. objem kmene, objem hroubí, biomasa stromu, zásoba uhlíku atd.), klasifikaci spojitých veličin (např. klasifikace výčetních tloušťek do tloušťkových tříd, klasifikace věku do věkových tříd, klasifikace výšky do výškových pásem atd.) a re-klasifikaci diskrétních veličin (např. klasifikace dřevin do skupin dřevin atd.).

Výpočet odvozených veličin

1. Dopočet chybějících výšek

Pro stromy, jejichž výška nebyla přímo měřena, je údaj výšky vypočten pomocí modelu. Celkem byla při sběru dat v terénu změřena výška u 42.8 % z celkového počtu stromů na inventarizačních plochách. Tento soubor stromů byl použit pro parametrizaci modelu.



Obr. 9: Model pro výpočet výšky stromů – vztah mezi měřeními a modelem vypočtenými hodnotami.

2. Výpočet objemu kmene a objemu hroubí kmene

Objem kmene s kůrou a hroubí kmene bez kůry se pro jednotlivé stromy inventarizačních ploch vypočítá podle standardně používaných objemových rovnic různých autorů (smrk, borovice – Korsuň, jedle - Hubač, Šebík, habr, dub, modřín – Čermák, jasan, buk- Hubač, bříza – Košut).

3. Výpočet běžného přírůstu

U prvního cyklu inventarizačního šetření je běžný přírůst možné pouze odhadnou pomocí růstového modelu. Pro modelový výpočet byl využit růstový model SILVISIM a specifický postup umožňující kombinovat data inventarizačních ploch s tímto růstovým modelem (Černý 2005).

4. Výpočet zásoby nadzemní biomasy dřevin.

Nadzemní biomasa dřevin byla stanovena na úrovni jednotlivých stromů na základě publikovaných alometrických rovnic pro hlavní dřeviny smrk ztepilý (Wirth *et al.* 2004), borovici lesní (Cienciala *et al.* 2006), buk lesní (Wutzler *et al.* 2008) a dub zimní a letní (Cienciala *et al.* 2008). Tyto rovnice kvantifikují biomasu a její jednotlivé komponenty z měřených dendrometrických veličin stromů, zahrnující výčetní tloušťku a výšku stromů, v některých případech kombinující rovněž věk. Biomasa ostatních dřevin byla počítána identicky na základě jejich kategorizace k hlavním dřevinám tímto způsobem: smrk = všechny jehličnany mimo borovice, borovice – všechny druhy, buk – všechny druhy listnáčů mimo duby, dub = všechny druhy dubu. Biomasa souší byla stanovena na základě výše uvedených rovnic pro nadzemní biomasu s aplikací redukčního koeficientu 0.80 (expertní odhad IFER).

5. Výpočet zásoby uhlíku v nadzemní biomase stromů

Zásoba uhlíku v nadzemní biomase stromů byla počítána za předpokladu 50% podílu uhlíku v sušině (IPCC 2003).

Klasifikace spojitých veličin

V terénu zjišťované spojitě veličiny (výčetní tloušťka stromu, věk stromu) není možné s ohledem k jejich charakteru přímo využít pro klasifikaci výstupních tabulek. Členění na jednotlivé tloušťky s milimetrovým krokem či věk s krokem jednoho roku by bylo příliš podrobné a nepřehledné. Řešením je klasifikace těchto atributů do hrubších tříd, tzv. tloušťkových stupňů/tříd respektive věkových stupňů.

Při zpracování dat byly využity následující klasifikace:

1. Výšková pásma - začínají od nadmořské výšky 0 m a mají hranice 0 – 400 – 700+ m.
2. Tloušťkové stupně - začínají od výčetní tloušťky 7 cm a mají jednotný krok 5 cm.
3. Tloušťkové třídy - začínají od výčetní tloušťky 7 cm a mají hranice 7 – 17 – 32 – 52+ cm.
4. Rozměrové třídy - kombinují výškové kategorie malých stromů s pětacentimetrovými tloušťkovými stupni: 0.1 m – 0.5 m – 1.3 m – 7 cm – 12 cm – a dále po pěti centimetrech.
5. Věkové třídy - začínají od věku 1 rok a mají jednotný krok 20 let.
6. Bezrozměrné třídy štihlостního kvocientu - začínají hodnotou 0 a mají hranice 0 – 0.9 – 1 – 1.1 – 1.2+ .

Re-klasifikace diskrétních veličin

Základní úlohy statistického zpracování inventarizačních dat jsou zpracovány pro všechny zastoupené dřeviny samostatně. V dalších úlohách je ale vhodnější seskupit dřeviny do hrubších tříd, tzv. skupin dřevin.

Při zpracování dat byly využity re-klasifikace pro skupiny dřevin (Tabulka 13). Skupiny dřevin byly dále agregovány do tzv. kategorií dřevin (Tabulka 14).

Tabulka 13 Re-klasifikace dřevin do skupin dřevin.

Skupina dřevin	Dřevina
Smrk ztepilý	Smrk ztepilý
Borovice lesní	Borovice lesní
modřiny	modřiny
ostatní jehličnany	Smrk pichlavý
	Jedle bělokorá
	Jedle obrovská
	Douglaska tisolistá
	Borovice černá
	Borovice vejmutovka
	Borovice kosodřevina (kleč)
	Tis obecný
Buk lesní	Buk lesní
duby (původní)	Dub letní
	Dub zimní
břízy	Bříza bradavičnatá
	ostatní břízy
ostatní dlouhověké listnáče	duby (introdukované)
	Habr obecný
	Javor mléč
	Javor klen
	Javor babyka
	ostatní javory
	Jasan ztepilý
	Jasan americký
	ostatní jasan
	Jilm habrolistý
	Jilm drsný
	Jilm vaz
	Trnovník akát
	Hrušeň
	ostatní tvrdé listnáče
	Lípa srdčitá
	Lípa velkolistá
	Jírovec maďal
ostatní krátkověké listnáče	Jeřáb ptačí
	Jeřáb břek
	Jeřáb muk
	Ořešák královský
	Třešen ptačí
	střemchy
	Jabloň
	Olše lepkavá
	Olše šedá
	Topol osika
	Topol linda
	Topol černý
	ostatní nešlechtěné topoly
	ostatní šlechtěné topoly
	Vrba jíva
	ostatní vrby
	ostatní měkké listnáče

Tabulka 14 Re-klasifikace skupin dřevin do kategorií dřevin.

Kategorie dřevin	Skupina dřevin
jeřličnany	Smrk ztepilý
	Borovice lesní
	modřiny
	ostatní jeřličnany
dlohovčké listnáče	Buk lesní
	duby (původní)
	ostatní dlohovčké listnáče
krátkovčké listnáče	břizy
	ostatní krátkovčké listnáče

Statistické zpracování a vyhodnocení dat

Statistické zpracování dat má dvě základní úrovně vycházející z metodiky sběru dat. První úroveň je zpracování údajů vyhodnocených leteckých snímků, jehož základním výstupem jsou rozlohy kategorií užití území (tj. rozlohy definovaných územních kategorií). Druhou úrovní je pak vyhodnocení dat samotného inventarizačního šetření, které poskytuje podrobnější informace o charakteru vybraných územních kategorií. Těmi jsou“

1. Les – porostní půda a
2. Přírodě blízké prvky (mimo les) se stromovou vegetací.

Obě tyto úrovně jsou vzájemně úzce provázány neboť zjištěné rozlohy územních kategorií slouží jako referenční rozlohy základních vyšetřovacích jednotek (tzv. strat) při zpracování dat inventarizačního šetření.

Údaje jsou zpracovávány s využitím běžných matematicko-statistických metod pro vyhodnocení stratifikovaného výběrového šetření (Thompson, 1992).

Základními zjišťovanými statistikami jsou celkové množství (např. celková zásoba, celkový počet stromů, rozloha za celek nebo vyhodnocovací jednotku) a průměrná hodnota (např. průměrná hektarová zásoba). Jednotlivé úlohy jsou pak doplněny intervalem spolehlivosti, který je stanoven pro hladinu $\alpha=0.05$.

Při výpočtu průměrných hodnot jsou kromě standardního aritmetického průměru používány dva postupy pro výpočet průměru vázaného na jednotku rozlohy. Průměrné hektarové veličiny převádějí aritmetický průměr vyhodnocované veličiny vypočtený pro soubor inventarizačních ploch na hektar (tzn. že hodnota aritmetického průměru je vydělena rozlohou inventarizační plochy v hektarech). Dalším použitým postupem je tzv. normalizovaný průměr. Ten je vypočten tak, že hodnota vyhodnocované veličiny za inventarizační plochu je vztažena ne k rozloze celé inventarizační plochy, ale pouze k části, jejíž velikost je dána zastoupením vyhodnocované kategorie. Tímto postupem jsou zpracovány například údaje hektarových zásob jednotlivých dřevin apod.; tyto údaje korespondují s dosud používanými hektarovými zásobami na redukované ploše.

Údaje zjištěné statistickou inventarizací jsou vždy doplněny údaji o chybě ve formě konfidenčního intervalu, se kterou byl daný údaj zjištěn. V zásadě se celková chyba každé zjišťované veličiny skládá ze tří komponent: *i*) ze statistické výběrové chyby, *ii*) z chyby měření a *iii*) z chyby modelů (např. chyby objemových rovnic apod.). Hlavní pozornost se zpravidla věnuje statistické výběrové chybě, protože tato chyba úzce souvisí se způsobem výběru a jeho parametry (intenzita vzorkování, velikost inventarizačních ploch apod.). Pro chybu měření je důležitý předpoklad její náhodnosti. Chyba měření je navíc minimalizována díky použitím pokročilých měřících přístrojů. U chyb souvisejících s použitými matematickými modely je situace složitější, protože zpravidla není k dispozici dostatek údajů, které by umožnily posoudit, zda pro konkrétní empirický materiál reprezentuje použitý model nezkrácený odhad.

Většina v terénu zjišťovaných veličin je při statistickém zpracování použita jako doplňková informace pro rozčlenění výsledné tabulky do podrobnějších tříd. Slouží tedy ke klasifikaci výsledné tabulky. Klasifikátorem v tomto pojetí je tedy nespojitá diskretní hodnota pro níž jsou známy údaje

vyhodnocované veličiny. Při zpracování jednotlivých úloh vyhodnocení statistické inventarizace mohou být tyto klasifikátory vzájemně kombinovány (Obr. 10).

Pro statistické zpracování dat interpretace leteckých snímků i dat inventarizačního šetření byla využita softwarová aplikace Field-Map Inventory Analyst, která je jednou z hlavních komponent technologie Field-Map.

Třída (klasifikátor)	Vyhodnocovaná veličina (celkové množství)	Interval spolehlivosti						Podíl (procento)
		Kategorie dřevin / Počet stromů						
		jehličnany			dlohověké listnáče			
Tloušťkový stupeň (5 cm)	tis.	($\alpha=0,05$)	%	tis.	($\alpha=0,05$)	%		
7 - 11.9 cm	374 139	(291 764 - 456 514)	28.2	198 923	(145 295 - 252 551)	38.8		
12 - 16.9 cm	234 280	(197 394 - 271 167)	17.8	96 155	(78 719 - 113 591)	18.9		
17 - 21.9 cm	179 902	(155 360 - 204 445)	13.6	72 116	(59 274 - 84 958)	14.2		
22 - 26.9 cm	150 339	(133 616 - 167 061)	11.4	47 593	(39 253 - 55 932)	9.4		
27 - 31.9 cm	124 555	(111 365 - 137 746)	9.4	30 824	(25 161 - 36 487)	6.1		
32 - 36.9 cm	106 623	(95 415 - 117 832)	8.1	21 712	(17 516 - 25 908)	4.3		
37 - 41.9 cm	69 499	(61 500 - 77 498)	5.3	15 800	(12 437 - 19 163)	3.1		
42 - 46.9 cm	41 098	(35 392 - 46 805)	3.1	8 918	(6 574 - 11 261)	1.8		
47 - 51.9 cm	20 646	(17 142 - 24 150)	1.6	5 622	(3 970 - 7 274)	1.1		
52 - 56.9 cm	10 275	(8 139 - 12 410)	0.8	3 974	(2 538 - 5 410)	0.8		
57 - 61.9 cm	4 653	(3 213 - 6 092)	0.4	1 939	(1 114 - 2 763)	0.4		
62 - 66.9 cm	2 132	(1 207 - 3 058)	0.2	2 326	(1 463 - 3 190)	0.5		
67 - 71.9 cm	775	(98 - 1 453)	0.06	1 454	(756 - 2 152)	0.3		
72 cm +	969	(262 - 1 676)	0.07	1 551	(823 - 2 278)	0.3		
Celkem	1 319 887	(1 209 284 - 1 430 490)	100.0	508 906	(441 206 - 576 606)	100.0		

Tloušťkový stupeň (5 cm)	Kategorie dřevin / Počet stromů					
	krátkověké listnáče			Celkem		
	tis.	($\alpha=0,05$)	%	tis.	($\alpha=0,05$)	%
7 - 11.9 cm	123 066	(79 812 - 166 320)	47.9	696 128	(592 936 - 799 320)	33.5
12 - 16.9 cm	49 434	(37 948 - 60 921)	19.3	379 870	(340 256 - 419 483)	18.2
17 - 21.9 cm	32 084	(24 775 - 39 393)	12.5	284 102	(257 912 - 310 293)	13.6
22 - 26.9 cm	20 646	(15 748 - 25 544)	8.0	218 578	(201 465 - 235 690)	10.5
27 - 31.9 cm	14 346	(10 715 - 17 976)	5.6	169 725	(156 519 - 182 931)	8.1
32 - 36.9 cm	9 015	(6 536 - 11 493)	3.5	137 350	(125 947 - 148 754)	6.6
37 - 41.9 cm	3 780	(2 481 - 5 080)	1.5	89 079	(80 721 - 97 437)	4.3
42 - 46.9 cm	1 842	(902 - 2 782)	0.7	51 858	(45 750 - 57 965)	2.5
47 - 51.9 cm	969	(215 - 1 723)	0.4	27 237	(23 340 - 31 135)	1.3
52 - 56.9 cm	582	(181 - 982)	0.2	14 830	(12 290 - 17 371)	0.7
57 - 61.9 cm	194	(0 - 435)	0.08	6 785	(5 111 - 8 460)	0.3
62 - 66.9 cm	388	(135 - 640)	0.2	4 847	(3 580 - 6 113)	0.2
67 - 71.9 cm	-	-	-	2 229	(1 263 - 3 196)	0.1
72 cm +	194	(33 - 354)	0.08	2 714	(1 696 - 3 732)	0.1
Celkem	256 539	(206 858 - 306 219)	100.0	2 085 332	(1 962 334 - 2 208 330)	100.0

↑
Dílčí součet
↑
Celkový součet

Obr. 10: Popis struktury tabulárních výstupů aplikace Field-Map Inventory Analyst.

Formulace úloh zpracování

Rozsáhlý soubor dat získávaných v rámci projektu CzechTerra skýtá velké možnosti různých, dosud často netradičních pohledů nejen na lesní ekosystémy, ale i na zeleň mimo les a na krajinu jako celek. Formulace vhodných úloh a jejich uspořádání je proto nezbytným metodickým krokem pro efektivní zpracování těchto údajů a jejich plnohodnotné využití.

Jednotlivé úlohy zpracování byly definovány s ohledem na hierarchické řazení jednotlivých vyhodnocovaných položek. Výchozí skupinou jsou úlohy související s rozlohou. Tyto úlohy propojují údaje interpretovaných leteckých snímků s údaji pozemního šetření. Na údaje o rozlohách navazují konkrétní úlohy podle tématických okruhů. Ty zahrnují strukturu porostů, zásobu porostů, zdravotní stav porostů, odumřelé dřevo a stanoviště. Specificky pro územní kategorii „Les – porostní půda“ jsou navíc vytvořeny tématické okruhy úloh ve vztahu k přírůstu a obnově lesa.

Definice některých úloh vychází z potřeby stratifikace a klasifikace dat. Stratifikací se zjednodušeně rozumí členění údajů podle rozlohy, zatímco klasifikace je členění v obecném slova smyslu.

Výstupy projektu

Terénní šetření a laboratorní analýzy

Rozsah terénních šetření k roku 2009

V roce 2008 bylo celkem navštíveno terénními skupinami 349 ploch, z nichž na 271 plochách proběhlo šetření, 68 ploch (zařazených do kategorie "nutno ověřit v terénu") bylo navštíveno a nešetřeno a 10 ploch se nešetřilo z důvodu nepřístupnosti. Šetření na inventarizačních plochách bylo v roce 2008 věnováno celkem 268 pracovních dní.

V roce 2009 bylo celkem navštíveno terénními skupinami 509 ploch (731 podploch), z nichž na 409 plochách proběhlo šetření, 86 ploch (zařazených do kategorie "nutno ověřit v terénu") bylo navštíveno a nešetřeno a 14 ploch (18 podploch) se nešetřilo z důvodu nepřístupnosti či neschůdnosti. Šetření na inventarizačních plochách bylo v roce 2009 věnováno celkem 268 pracovních dní.

Celkový rozsah terénního šetření na inventarizačních plochách v letech 2008 a 2009 uvádí Tabulka 15.

Tabulka 15 Rozsah venkovního šetření na inventarizačních plochách v letech 2008 a 2009

Počet ploch	2008	2009	Celkem
Šetřeno les a/nebo ostatní dř.vegetace	271	409	680
Navštívené/nešetřené	68	86	154
Nepřístupné	10	14	24
Celkem navštíveno	349	509	858
Počet pracovních dní v terénu	268	268	536

Rozsah půdního vzorkování a laboratorní analýzy

V roce 2008 byly půdní a humusové podmínky popsány na 233 plochách. Celkově bylo v roce 2008 odebráno 1773 půdních vzorků na 181 hodnocených plochách.

V roce 2009 byly půdní a humusové podmínky popsány na 375 plochách (467 podplochách) z celkového počtu 509 šetřených ploch (731 podploch). Odběr půdních vzorků organického horizontu včetně opadu a minerálního horizontu se provedl pouze na ploše nebo podploše představující kategorii pozemku „les“. Celkově byly odebrány půdní vzorky na 298 plochách. Tento počet zahrnuje plochy, na kterých nebylo během terénního šetření v roce 2008 z technických důvodů (nebyla k dispozici půdní sonda) provedeno půdní vzorkování (celkem 17 ploch).

Důvodem, proč se odběr půdy neuskutečnil na všech šetřených plochách, byla klasifikace plochy v jiné kategorii pozemku než „les“, případně se z lesní plochy odběr nemohl uskutečnit z jiných důvodů (např. lokalita lesního potoku, rašeliniště, či jinak nedostupný půdní profil).

V průběhu roku 2009 byly v laboratoři JČU analyzovány první půdní vzorky. Databáze půdních rozborů, která byla k dispozici pro zpracování uvedené v této zprávě (listopad 2009) obsahuje údaje z celkem 200 ploch. Z tohoto souhrnu pochází 177 ploch z půdního vzorkování 2008 a 23 ploch z půdního vzorkování 2009.

Celkový rozsah půdního vzorkování a laboratorní analýzy v letech 2008 a 2009 uvádí Tabulka 16.

Tabulka 16 Rozsah půdního vzorkování a laboratorní analýzy v letech 2008 a 2009

Hodnocené plochy	2008	2009	Celkem
Plochy opatřené půdní charakteristikou	233	375	608
Plochy s půdním odběrem	181	298	479
Plochy s laboratorní analýzou (k 31.10. 2009)	-	200	200

Klasifikace leteckých snímků

Výsledkem klasifikace leteckých snímků je datový soubor, který tvoří více než 3,25 miliónů geograficky umístěných záznamů. Oklasifikováno bylo celkem přes 323 km² území, což představuje 0.41 % celkové rozlohy České republiky.

Tento soubor údajů byl využit pro výpočet krajinných metrik, tj. údajů charakterizujících krajinu a pro bilanci rozloh podle územních kategorií. Krajinné metriky jsou představeny následujícím textu, zatímco bilance rozloh podle územních kategorií je uvedena v sekci statistického zpracování údajů.

Krajinné metriky

Výsledky hodnocení heterogenity krajiny, zastoupení liniových prvků na lokalitách a délky důležitých typů ekotonů (okraje lesa, okraje přírodě blízkých prvků) jsou uvedené v Tabulka 17. Zároveň jsou v Příloze IV zprávy k dispozici tabelární a mapové přehledy o výsledcích výpočtů krajinné metriky pro jednotlivé ukazatele.

Tabulka 17 Heterogenita krajiny a související metriky

Metriky	Počet ploch	Minimum	Aritmetický průměr	Medián	Maximum
Počet typů pokryvu	1599	1	7.5	7	17
Obrácený Simpsonův index	1599	0	0.473	0.525	0.871
Shannonův index	1599	0	0.993	1.024	2.289
Delcourtův index	1569	0.006	0.500	0.530	0.994
Procento přírodě blízkých prvků (%)	1599	0	8.8	4.3	100
Procento zastoupení liniových prvků (%)	1045	1	4	3.9	26.9
Délka okrajů lesa (m)	909	10	1040	930	4770
Délka okrajů přírodě blízkých prvků (m)	1333	10	1199	970	5530

Z výše uvedených výstupů je zřejmé, že na každé lokalitě byl zachycen nejméně jeden typ pokryvu, maximálně pak 17 typů a v průměru 8 typů. Přírodě blízké prvky tvoří 8.8 % rozlohy, přičemž jejich zastoupení na snímků může kolísat od 0 do 100 %. Les byl nalezen na 909 snímcích tj. na 57 % snímků. Délky okrajů lesa dosahovaly v průměru 1040 m. Přírodě blízké prvky byly nalezeny na 1333 snímcích tj. na 83 % celkového počtu lokalit. Délky jejich okrajů dosahovaly v průměru 1199 m.

Srovná-li se hodnota délek okrajů lesa a délka okrajů přírodě blízkých prvků mimo les, lze konstatovat, že hodnoty jsou obdobné. To znamená, že délka ekotonů mimo lesních prvků je

srovnatelná s délkou ekotonů lesa a lze předpokládat významný vliv mimolesních přírodě blízkých prvků na diverzitu společenstev v zemědělské krajině.

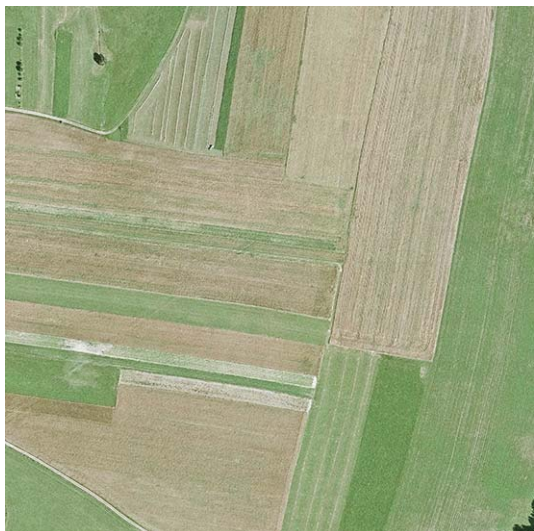
Shannonův a obrácený Simpsonův index podle své definice rostou s počtem zastoupených kategorií a s jejich plošnou vyrovnaností. Vyšší hodnoty Delcourtova indexu by měly odrážet pouze vyšší vyrovnanost. Chování indexů v tomto kontextu dokumentují extrémní hodnoty (minima a maxima), nalezené pro minimální počet zastoupených kategorií (minimum, při kterém se projeví vyrovnanost plošného zastoupení, tj. $s = 2$), přibližně střední počet ($s = 9$) a maximální počet ($s = 17$), Tabulka 18.

V případě Shannonova a obráceného Simpsonova indexu dosažená minima a maxima se stoupajícím počtem kategorií rostou. Pro Delcourtův index rostou pouze minima; hodnot blízcích se teoretickému maximu indexu lze v reálné krajině dosáhnout i při zastoupení pouhých dvou typů krajinného pokryvu. I přes rozdílnou definici jsou indexy do jisté míry zastupitelné: V případě hodnocených lokalit a popsáných nalezených extrémů popisují všechny tři indexy vždy stejné území (viz Obr. 11).

Zastupitelnost indexů pro účely hodnocení struktury krajiny a vztahu struktury krajiny ke struktuře společenstev naznačují i některé další práce (např. Šimová 2006). Zastupitelnost indexu bude předmětem výzkumného pokračování projektu.

Tabulka 18 Hodnoty indexů heterogenity pro minimální, střední a maximální počet zastoupených kategorií.

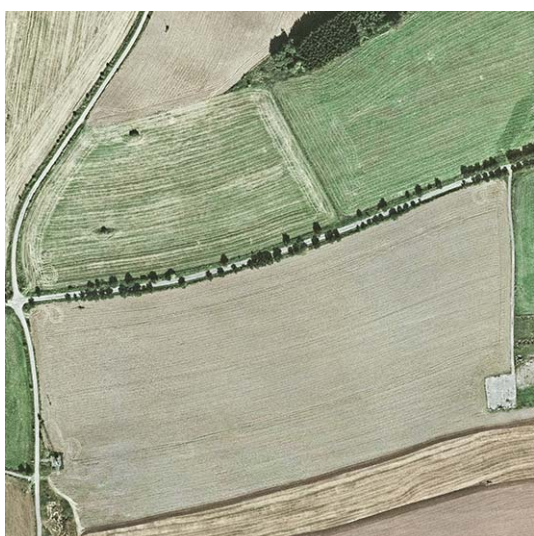
Indexy heterogenity	s = 2		s = 9		s = 17	
	Minimum (snímek 837)	Maximum (snímek 410)	Minimum (snímek 685)	Maximum (snímek 136)	Minimum (snímek 806)	Maximum (snímek 1456)
Shannon	0,0040	0,6890	0,3120	1,9020	1,8570	2,2890
Delcourt	0,0058	0,9940	0,1420	0,8656	0,6554	0,8079
1 - Simpson	0,0010	0,4957	0,1087	0,8287	0,7553	0,8653



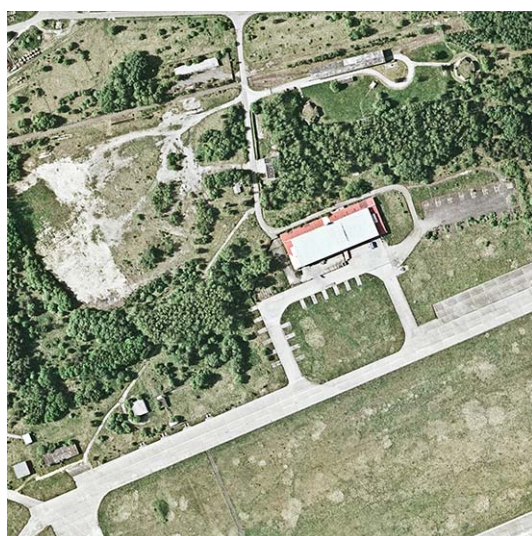
837



410



685



136



806



1456

Obr. 11 Snímky odpovídající maximálním a minimálním hodnotám indexů heterogenity. Snímky jsou uvedeny v párech pro indexy Shannon, Delcourt a 1-Simpson ve vertikálním pořadí shora dolů.

Statistické zpracování údajů

V následující části jsou uvedeny výsledky statistického zpracování údajů. Její úvodní součástí je registr zpracovaných úloh. Na ten navazuje část konkrétně naplněných úloh. Protože všechny kvantifikované údaje ještě podléhají kontrole kvality, tato zpráva projektu zatím obsahuje pouze úlohy ve vztahu k rozlohám územních kategorií. Ostatní úlohy uvedené v registru budou demonstrovány *ad-hoc* při kontrolním dni projektu CzechTerra.

K úlohám demonstrovaným *ad-hoc* patří rovněž ty úlohy, jejichž současná kvantifikace není založena na úplném souboru údajů. To se týká těch údajů stanoviště v rámci územní kategorie „Les-porostní půda“, které jsou připravovány laboratorní analýzou. Plný soubor těchto údajů bude k dispozici ke konci roku 2010.

Registr úloh zpracování

Zpracovaný registr úloh a jeho členění uvádí Tabulka 19. Jedná se o celkem 145 naplněných úloh zpracování. Je nutno předeslat, že registr úloh se bude dále rozšiřovat v souvislosti s pokračující analýzou vlastních údajů nebo nově identifikovaných informačních potřeb zadavatele.

Tabulka 19: Registr úloh zpracování - vyhodnocení roku 2009

Rozlohy územních kategorií

- Rozloha zastavěných částí obcí (intravilán) a volné krajiny (extravilán)
- Rozloha podle územních kategorií
- Rozloha podle typů pokryvu
- Rozloha přírodě blízkých plošných prvků (mimo les) podle typů pokryvu
- Rozloha přírodě blízkých liniových prvků (mimo les) podle typů pokryvu
- Rozloha podle územních kategorií IPCC
- Rozloha agregovaných typů pokryvu "Les" a "Přírodě blízké prvky mimo les se stromovou vegetací" podle definice CzechTerra
- Rozloha územních kategorií podle FRA 2005 (FAO)
- Rozloha územních kategorií podle výškových pásem

Územní kategorie "Les - porostní půda"

Struktura porostů

- Rozloha lesa podle dřevin (dřevinná skladba)
- Rozloha lesa podle skupin dřevin a výškových pásem
- Rozloha lesa podle typů smíšené porostu a výškových pásem
- Rozloha lesa podle převládající dřeviny a výškových pásem
- Rozloha lesa podle stupňů přirozenosti a výškových pásem
- Rozloha lesa podle vertikální struktury a výškových pásem
- Celkový počet stromů podle skupin dřevin a výškových pásem (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle porostních vrstev a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle tloušťkových stupňů a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Hektarový počet stromů (normalizovaný průměr) podle tloušťkových stupňů a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Hektarový počet stromů (normalizovaný průměr) podle rozměrových kategorií a skupin dřevin (stromy od 10 cm výšky)
- Hektarový počet stromů (normalizovaný průměr) podle věkových tříd a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Průměrný věk stromů (aritmetický průměr) podle skupin dřevin
- Průměrná výška stromu (aritmetický průměr) podle rozměrových tříd a skupin dřevin (stromy nad 10 cm výšky)
- Průměrná výška stromu (aritmetický průměr) podle věkových tříd a skupin dřevin (stromy nad 10 cm výšky)
- Celkový počet stromů podle štíhlostního kvocientu a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)

- Rozloha lesa podle počtu druhů dřevin na inventarizační ploše výškových pásem
- Rozloha lesa podle druhové vyrovnanosti
- Rozloha lesa podle rozmístění druhů dřevin na inventarizační ploše
- Rozloha lesa podle charakteru rozmístění stromů na inventarizační ploše
- Rozloha lesa podle stupňů tloušťkové a výškové rozrůzněnosti

Zásoba porostů

- Celková zásoba kmenová s.k. podle tloušťkových stupňů a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí b.k. podle skupin dřevin a výškových pásem
- Hektarová zásoba hroubí b.k. (normalizovaný průměr) podle skupin dřevin a výškových pásem
- Celková zásoba hroubí b.k. podle tloušťkových stupňů a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí b.k. podle věkových tříd a skupin dřevin
- Hektarová zásoba hroubí b.k. (normalizovaný průměr) podle věkových tříd a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí b.k. podle charakteru rozdvojení kmene a skupin dřevin
- Průměrný objem hroubí stromu b.k. (hmotnatost) podle tloušťkových stupňů a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí podle sortimentů a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí podle sortimentů, skupin dřevin a tloušťkových tříd
- Celková hodnota zásoby hroubí podle sortimentů a skupin dřevin
- Celková zásoba nadzemní biomasy stromů podle výškových pásem
- Hektarová zásoba nadzemní biomasy stromů (normalizovaný průměr) podle výškových pásem
- Celková zásoba nadzemní biomasy stromů podle skupin dřevin
- Hektarová zásoba nadzemní biomasy stromů (normalizovaný průměr) podle skupin dřevin
- Celková zásoba nadzemní biomasy stromů podle typů smíšené porostu
- Hektarová zásoba nadzemní biomasy stromů podle typů smíšené porostu
- Celková zásoba uhlíku v nadzemní biomase stromů podle výškových pásem
- Hektarová zásoba uhlíku v nadzemní biomase stromů (normalizovaný průměr) podle výškových pásem

Přírůst porostů

- Celkový běžný přírůst hroubí podle výškových pásem
- Hektarový běžný přírůst hroubí podle výškových pásem

Zdravotní stav porostů

- Celkový počet stromů podle charakteru zlomu kmene a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celková zásoba hroubí b.k. podle charakteru zlomu kmene a skupin dřevin
- Celkový počet stromů podle charakteru mechanického poškození kmene a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celková zásoba hroubí b.k. podle charakteru mechanického poškození kmene a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí b.k. podle charakteru a stáří mechanického poškození kmene
- Celkový počet stromů podle charakteru loupání kmene a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celková zásoba hroubí b.k. podle charakteru loupání kmene a skupin dřevin
- Celková zásoba hroubí b.k. podle charakteru a stáří loupání kmene
- Celkový počet stromů podle typu hniloby kmene a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celková zásoba hroubí b.k. podle typu hniloby kmene a skupin dřevin
- Celkový počet stromů podle charakteru ostatního poškození kmene a skupin dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)

Odumřelé dřevo

- Celkový počet odumřelých stojících stromů podle výškových pásem
- Celková zásoba hroubí b.k. odumřelých stojících stromů podle výškových pásem
- Hektarová zásoba hroubí b.k. odumřelých stojících stromů (aritmetický průměr) podle výškových pásem
- Rozloha lesa podle charakteru rozmístění ležícího odumřelého dřeva v porostu
- Celkový objem ležícího odumřelého dřeva podle stupňů rozkladu a výškových pásem
- Hektarový objem ležícího odumřelého dřeva (aritmetický průměr) podle stupňů rozkladu a výškových pásem

- Celkový objem ležícího odumřelého dřeva podle tloušťkových tříd
- Celkový počet pařezů podle rozměrových tříd a výškových pásem
- Celkový počet pařezů podle rozměrových tříd a stupňů rozkladu
- Rozloha lesa podle pokryvnosti klestem a výškových pásem
- Celková hmotnost biomasy ležícího odumřelého dřeva podle výškových pásem
- Hektarová hmotnost biomasy ležícího odumřelého dřeva (aritmetický průměr) podle výškových pásem
- Celková zásoba nadzemní biomasy odumřelých stojících stromů podle výškových pásem
- Celková zásoba uhlíku v ležícím odumřelém dřevě podle výškových pásem
- Hektarová zásoba uhlíku v ležícím odumřelém dřevě (aritmetický průměr) podle výškových pásem
- Celková zásoba uhlíku odumřelých stojících stromů podle výškových pásem

Obnova lesa

- Rozloha lesa podle přítomnosti obnovy a výškových pásem
- Rozloha lesa podle formy smíšené dřevin v obnově a výškových pásem
- Rozloha lesa podle způsobu podpory obnovy a výškových pásem
- Rozloha obnovy podle skupin dřevin a výškových pásem
- Rozloha obnovy podle skupin dřevin a rozměrových tříd obnovy
- Celkový počet jedinců obnovy podle skupin dřevin a výškových pásem
- Celkový počet jedinců obnovy podle rozměrových tříd obnovy a skupin dřevin
- Průměrný hektarový počet jedinců obnovy (aritmetický průměr) podle rozměrových tříd obnovy a skupin dřevin
- Průměrný věk obnovy (aritmetický průměr) podle rozměrových tříd obnovy a výškových pásem

Stanoviště

- Rozloha lesa podle pokryvnosti vegetací a výškových pásem
- Rozloha lesa podle pokryvnosti keří a výškových pásem
- Rozloha lesa podle kvality biotopu a výškových pásem
- Rozloha lesa podle základních humusových forem a výškových pásem
- Rozloha lesa podle základních půdních druhů a výškových pásem
- Rozloha lesa podle hloubky půdy a výškových pásem
- Rozloha lesa podle charakteru ovlivnění půdy vodou a výškových pásem
- Rozloha lesa podle charakteru skeletovitosti půd a výškových pásem
- Rozloha lesa podle původu humusové vrstvy "L" (opad) a výškových pásem
- Procentický podíl jednotlivých složek opadu v humusové vrstvě "L" podle výškových pásem
- Průměrný obsah uhlíku ve svrchních horizontech lesních půd podle výškových pásem
- Průměrný obsah dusíku ve svrchních horizontech lesních půd podle výškových pásem
- Poměr C/N pro svrchní horizonty lesních půd podle výškových pásem
- Zásoba uhlíku ve svrchních horizontech lesních půd podle výškových pásem
- Zásoba dusíku ve svrchních horizontech lesních půd podle výškových pásem
- Celková zásoba uhlíku v půdě podle výškových pásem

Územní kategorie "Přírodě blízké prvky (mimo les) se stromovou vegetací"

Struktura porostů

- Rozloha PBP-stromy podle dřevin (dřevinná skladba)
- Rozloha PBP-stromy podle kategorií dřevin
- Celkový počet stromů podle kategorií dřevin a výškových pásem (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle tloušťkových stupňů a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Hektarový počet stromů (normalizovaný průměr) podle tloušťkových stupňů a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Hektarový počet stromů (normalizovaný průměr) podle věkových tříd a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Průměrný věk stromů (aritmetický průměr) podle kategorií dřevin
- Průměrná výška stromu (aritmetický průměr) podle rozměrových tříd a kategorií dřevin (stromy nad 10 cm výšky)

Zásoba porostů

- Celková zásoba kmenová s.k. podle tloušťkových stupňů a kategorií dřevin
- Celková zásoba kmenová s.k. podle kategorií dřevin a výškových pásem
- Hektarová zásoba kmenová s.k. podle kategorií dřevin a výškových pásem
- Celková zásoba kmenová s.k. podle věkových tříd a kategorií dřevin
- Hektarová zásoba kmenová s.k. (normalizovaný průměr) podle věkových tříd a kategorií dřevin
- Celková zásoba nadzemní biomasy stromů podle výškových pásem
- Hektarová zásoba nadzemní biomasy stromů (normalizovaný průměr) podle výškových pásem (normalizovaný průměr)
- Celková zásoba nadzemní biomasy stromů podle kategorií dřevin
- Hektarová zásoba nadzemní biomasy stromů (normalizovaný průměr) podle kategorií dřevin (normalizovaný průměr)
- Celková zásoba nadzemní biomasy stromů podle typů smíšené porostu
- Hektarová zásoba nadzemní biomasy stromů (normalizovaný průměr) podle typů smíšené porostu (normalizovaný průměr)
- Celková zásoba uhlíku v nadzemní biomase stromů podle výškových pásem
- Hektarová zásoba uhlíku v nadzemní biomase stromů (normalizovaný průměr) podle výškových pásem

Zdravotní stav porostů

- Celkový počet stromů podle charakteru zlomu kmene a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle charakteru mechanického poškození kmene a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle charakteru loupání kmene a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle typu hniloby kmene a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)
- Celkový počet stromů podle charakteru ostatního poškození kmene a kategorií dřevin (stromy od 7 cm výč. tl.)

Odumřelé dřevo

- Celkový počet odumřelých stojících stromů podle výškových pásem
- Celková zásoba kmenová s.k. odumřelých stojících stromů podle výškových pásem
- Hektarová zásoba kmenová s.k. odumřelých stojících stromů (aritmetický průměr) podle výškových pásem
- Celkový objem ležícího odumřelého dřeva podle stupňů rozkladu a výškových pásem
- Hektarový objem ležícího odumřelého dřeva (aritmetický průměr) podle stupňů rozkladu a výškových pásem
- Celkový objem ležícího odumřelého dřeva podle tloušťkových tříd
- Celkový počet pařezů podle rozměrových tříd a výškových pásem
- Celkový počet pařezů podle rozměrových tříd a stupňů rozkladu
- Celková hmotnost biomasy ležícího odumřelého dřeva podle výškových pásem
- Hektarová hmotnost biomasy ležícího odumřelého dřeva (aritmetický průměr) podle výškových pásem
- Celková zásoba nadzemní biomasy odumřelých stojících stromů podle výškových pásem
- Celková zásoba uhlíku v ležícím odumřelém dřevě podle výškových pásem
- Hektarová zásoba uhlíku v ležícím odumřelém dřevě (aritmetický průměr) podle výškových pásem
- Celková zásoba uhlíku odumřelých stojících stromů podle výškových pásem

Stanoviště

- Rozloha lesa podle výškových pásem a pokryvnosti vegetací
- Rozloha lesa podle pokryvnosti keří a výškových pásem

Komentář k registru úloh

Výběr úloh, hierarchie jejich uspořádání a výběr tématických okruhů a jejich naplnění bylo voleno tak, aby pokrylo informační potřebu pro hodnocení a strategické plánování ochrany a udržitelného rozvoje krajiny jako celku. Úlohy tématicky pokrývají jak problematiku ochrany přírody a krajiny, tak i problematiku lesního hospodářství. Vybrané úlohy navíc poskytují tématicky zaměřené informace ve specializovaných okruzích.

Úvodní skupinou jsou úlohy o rozlohách územních kategorií. Tyto úlohy skýtají informaci na jednotlivých úrovních kategorizace území. Výchozí úroveň představuje úloha členící ČR na rozlohu zastavěných částí obcí (intravilánu) a volné krajiny (extravilánu). Dále logicky navazují úlohy o rozlohách jednotlivých územních kategorií a typech pokryvu území.

Zvláštní pozornost se věnuje přírodě blízkým prvkům, které zahrnují krajinnou zeleň mimo les. Ty se dále člení podle typů pokryvu.

Samostatnými úlohami, využívanými především pro mezinárodní výkaznictví, jsou rozlohy podle územních kategorií IPCC a územních kategorií podle FRA 2005 (FAO).

Základní představu o rozloze území pokrytého stromovou vegetací dává úloha o rozloze agregovaných typů pokryvu "Les" a "Přírodě blízké prvky mimo les se stromovou vegetací" podle definice CzechTerra.

Na nižší úrovni uspořádání jsou úlohy podrobně analyzující územní kategorii „Les – porostní půda“ a „Přírodě blízké prvky (mimo les) se stromovou vegetací“. Tyto úlohy jsou členěny do tématických okruhů. Členění úloh do tématických okruhů skýtá více logických možností, daných rozdílností přístupu, např. z hlediska kvantifikace zásob uhlíku je možné objem odumřelého dřeva řadit k „Zásobám porostů“, z hlediska biodiverzity se však jedná o zcela specifickou problematiku. Registr úloh v jednotlivých tématických okruzích je pro výše uvedené územní kategorie poněkud rozdílný s ohledem na jejich specifčnost. Např. pro „Přírodě blízké prvky (mimo les) se stromovou vegetací“ se neřeší úlohy kategorizující údaje podle „věkových tříd“, protože toto členění je specifické pro les. V zásadě se však dbá, aby v případech, kdy zpracování úlohy má smysl, byly úlohy v obou územních kategoriích paralelní.

V rámci tématických okruhů jsou úlohy uspořádány tak, že se zabývají nejprve celkovými údaji (rozlohami, zásobami, počty) a pak průměrovanými údaji.

Výsledná data jsou v jednotlivých úlohách stratifikována respektive klasifikována se zřetelem na zvýšení jejich vypovídací schopnosti a statistické přesnosti.

Komentář k vybraným klasifikátorům úloh

Pro zvýšení vypovídací schopnosti získaných dat a pro dosažení odpovídající statistické přesnosti se v rámci jednotlivých úloh data stratifikovala a/nebo klasifikovala.

K nejčastěji využívaným klasifikátorům patří výšková pásma. Důvodem pro jejich vymezení byla snaha umožnit klasifikaci dat s ohledem na rozdíly růstového prostředí vyplývající z rozdílu výškového klimatu. Jako rámcové kritérium se využila ekologická amplituda, resp. přirozený výskyt či dominance významných původních dřevin (dubu, buku, jedle a smrku). Klasifikace podle výškových pásem umožní např. rámcově posoudit současné zastoupení dřevin z hlediska jejich přirozeného rozšíření ve vztahu k výškovému klimatu. Vylíšila se tři výšková pásma:

1. V nejnižší ležícím výškovém pásmu (do 400 m n. m.) je dominantní přirozenou dřevinou dub, při horní hranici pásma přistupuje, zejména na chladných expozicích buk a ve vlhčích polohách jedle. Smrk se přirozeně vyskytuje pouze v chladných inverzních polohách a na vodou ovlivněných půdách.
2. Střední výškové pásmo (401 až 700 m n. m.) je přirozenou doménou buku a jedle. Přestože do tohoto pásma zasahuje jak ekologická amplituda dubu (zdola), tak smrku (shora), nejsou zde tyto dřeviny schopny konkurovat buku a jedli, proto je jejich přirozený výskyt omezený.
3. Horní výškové pásmo (nad 700 m n. m.) je území s významným až převládajícím přirozeným výskytem smrku a postupně klesajícím podílem buku a jedle.

K výškovým pásmům je nutné přistupovat s vědomím, že představují pouze orientační rámec definovaný na úrovni České republiky, neboť výškové klima se ve shodné nadmořské výšce regionálně liší (např. v Krkonoších oproti Šumavě či v Krušných horách oproti Beskydám). Klasifikace podle tří výškových pásem je dostatečně robustní, aby poskytla data s dostatečnou statistickou přesností.

K dalším často používaným klasifikátorům patří „dřevina“. Klasifikace dat podle dřevin je řešena na třech úrovních agregace. Ta se liší podle charakteru úloh následovně:

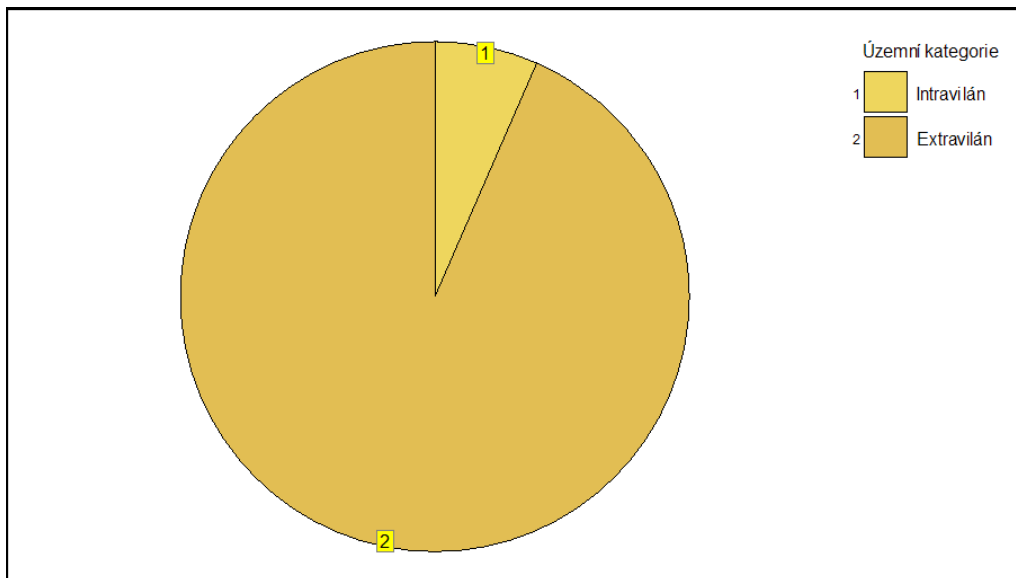
1. Nejvyšší stupeň agregace představují kategorie dřevin (jehličnany, listnáče dlouhověké, listnáče krátkověké). Tato úroveň agregace se používá v úlohách týkajících se územní kategorie „přírodě blízké prvky“, neboť podrobnější členění dat o dřevinách by v této územní kategorii mělo za následek přílišné rozmělnění dat a pokles spolehlivosti výsledků.
2. Střední úroveň agregace představují skupiny dřevin. Cílem této agregace bylo sdružit dřeviny s určitými společnými znaky tak, aby nedošlo k přílišnému rozmělnění dat a tím k nárůstu statistické chyby na straně jedné a zároveň aby byla zachována vypovídací schopnost dat z hlediska vlastností dřevin. Jako kritéria agregace se použila biologická příbuznost agregovaných druhů dřevin, jejich původnost a rámcově věk dožití dřevin. Přihlíželo se také k frekvenci výskytu druhů dřevin.
3. Nejpodrobnější je klasifikace dat podle dřevin, kdy klasifikátorem jsou jednotlivé druhy, resp. rody dřevin. Rody dřevin se používají u těch dřevin, u nichž je rozlišení druhů v terénu obtížné (např. břízy, vrby ostatní, hrušeň, ostatní šlechtěné topoly apod.).

Podrobný popis ostatních klasifikátorů, např. stupňů přirozenosti, rozměrových kategorií stromů, sortimentů hroubí, charakteru hniloby odumřelého dřeva atd., bude uveden u jednotlivých úloh v průběhu dalšího řešení.

Příklad numerických a grafických výstupů: úlohy rozloh územních kategorií

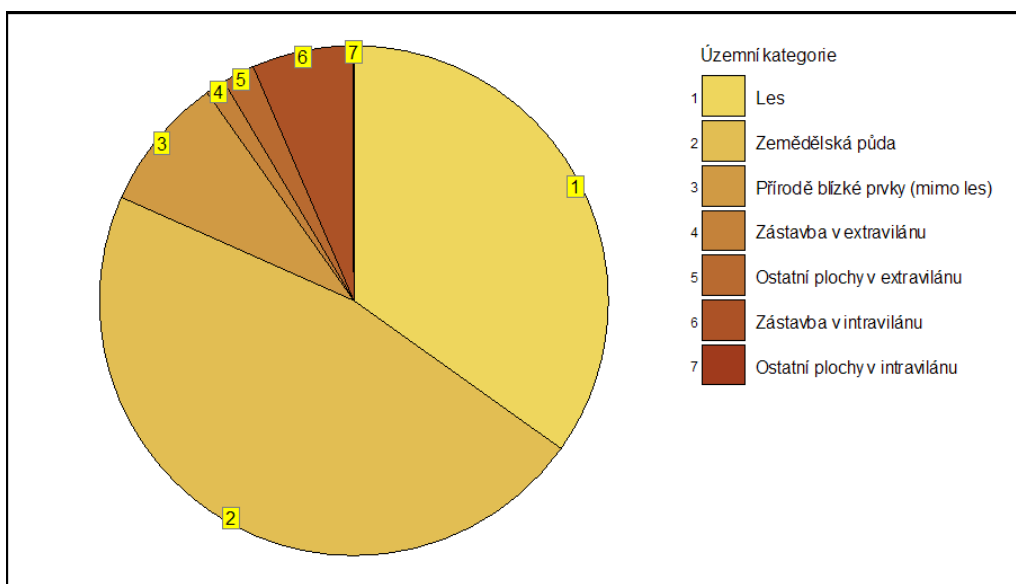
Výsledky této části jsou založeny na zpracování pomocí softwarového nástroje Field-Map Inventory Analyst. Rozlohy a zastoupení všech hodnocených jednotek (kategorií, typů) území jsou uvedeny s příslušným intervalem spolehlivosti. Kompletní seznam příkladových úloh s tabulkovou a grafickou částí je uveden jako Příloha V. Níže uvedený text poskytuje úvodní interpretaci k těmto úlohám.

1. Rozloha zastavěných částí obcí (intravilán) a volné krajiny (extravilán)



Intravilán, jako část území obce, které je z větší části zastavěno, zaujímá v České republice více než půl milionu hektarů, tj. 6.5 %. Na volnou krajinu připadá zbývajících 93.5 %. Poměr intravilánu a extravilánu vypovídá o míře urbanizace krajiny. Hodnota této informace vzroste po opakovaní šetření, ze kterého bude možno vyhodnotit trend vývoje.

2. Rozloha podle územních kategorií



Největší podíl v krajině ČR zaujímá zemědělská půda. Připadá na ni 46.7 % rozlohy. U zemědělské půdy je důležité její další členění podle typu pokryvu (viz další úloha níže).

Přírodě blízké prvky (mimo les) tvoří krajinná zeleň podílející se na rozloze 8.5 %.

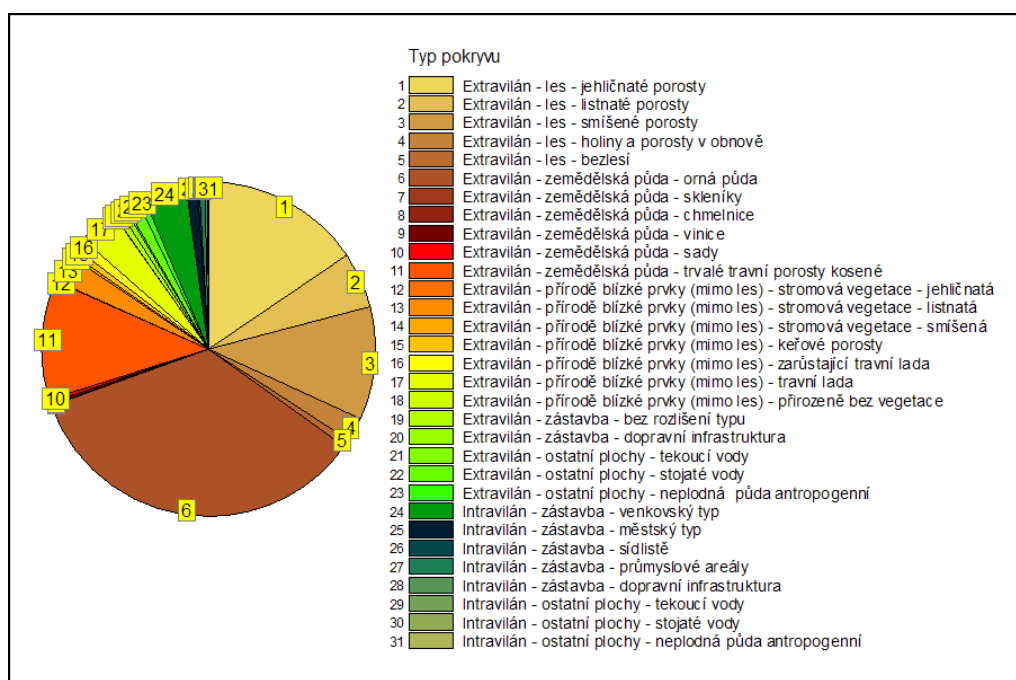
Les (včetně bezlesí, které tvoří např. lesní skládky, lesní cesty a průseky širší než 4 m a pod.) zaujímá podle šetření CzechTerra 34.9 %. Stejnou lesnatost zjistila Národní inventarizace lesů 2001 – 2004. Zpráva o stavu lesů a lesního hospodářství ČR (Zelená zpráva) 2008 udává lesnatost jen 33.6 %, což je oproti CzechTerra o 1.3 procentního bodu méně. Tento rozdíl vyplývá ze způsobu zjištění a aktuálnosti použitých dat. Zatímco „Zelená zpráva“ vychází z dat platných lesních hospodářských plánů s desetiletou platností (tzn., že použitá data jsou v průměru 5 let stará) a zjišťuje pouze les podle katastru nemovitostí, inventarizace krajiny CzechTerra pracuje s aktuálními daty a les hodnotí podle jeho skutečného stavu.

Zástavba v extravilánu zaujímá 1.3 % rozlohy území ČR. Zahrnuje dopravní infrastrukturu a bez dalšího rozlišení zejména obydlí a jejich nejbližší okolí, průmyslové a skladové objekty, přehrady apod. Na ostatní plochy v extravilánu připadá 2.1 %. Patří zde především stojaté a tekoucí vodní plochy a neplodné antropogenní půdy.

Zástavba v intravilánu zahrnuje vedle vlastních zastavěných ploch vše, vyjma stojatých a tekoucích vodních ploch a neplodné antropogenní půdy. Na rozloze ČR se podílí 6.4 %, na ostatní plochy v intravilánu pak připadá zbývajících 0.1 %.

Rozloha lesa a přírodě blízkých prvků, jako územích kategorií relativně nejméně dotčených lidskou činností, zaujímá 43.4 % území ČR. Zbývajících 57.6 % připadá na antropicky silně pozměněnou krajinu.

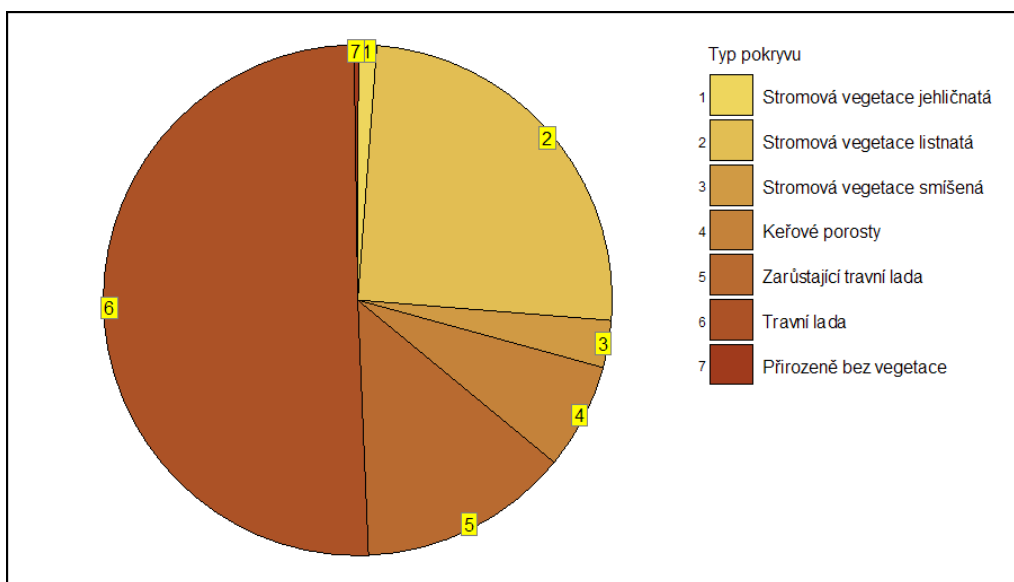
3. Rozloha podle typů pokryvu



Tato úloha člení kategorii území podle typů, případně subtypů pokryvu. Nejzastoupenějším typem pokryvu je orná půda se 34.6 %. Zaujímá srovnatelnou rozlohu s lesem (34.9 %), který se v úloze dále člení podle charakteru. Na téměř stejnorodé jehličnaté porosty připadá 15.4 %, zatímco na listnaté porosty pouze 5.5 %. Smíšené lesy, kde žádná ze složek (jehličnany, listnáče) nepřesahuje podíl 90 %, zaujímají 11.0 % rozlohy České republiky.

Kosené travní porosty představují s 11.4 % třetí největší podíl rozlohy. Oproti tomu travní lada, včetně lad zarůstajících, tvoří 4.9 % rozlohy. Stromová vegetace (bez dalšího rozlišení) na přírodě blízkých prvcích zaujímá 3.7 % rozlohy území. Ze zástavby převládá venkovský typ intravilánu se 4.3 % rozlohy.

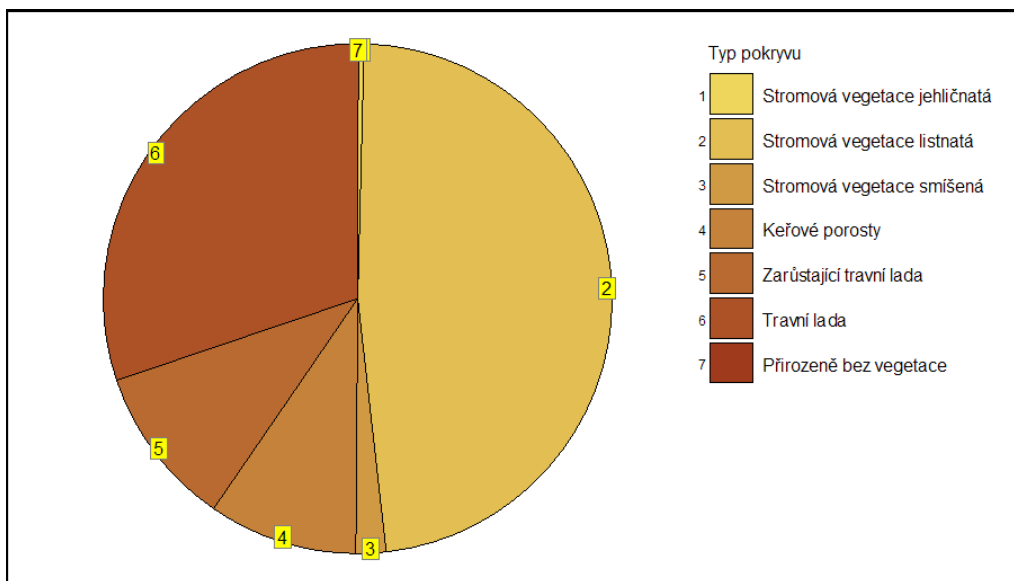
4. Rozloha přírodě blízkých plošných prvků (mimo les) podle typů pokryvu



Tato územní subkategorie zahrnuje stromy a skupiny stromů (mimo les), keřové formace, zarůstající louky (travní a keři zarůstající lada), sukcesní plochy a přirozené plochy bez vegetace.

Travní lada, podílející se na přírodě blízkých plošných prvcích 50.3 %, jsou nejhojnějším typem krajinného pokryvu. Následuje stromová vegetace „neliniového typu“, která zaujímá v této subkategorii pokryvu celkem 29.3 %, z toho naprostá většina (25.1 procentního bodu) jsou stromy listnaté. Zarůstající travní lada, na nichž se kromě neudržované travní a vysokobylinné vegetace vyskytují i jednotlivé dřeviny, zaujímají 13.4 %, zatímco na keřové formace připadá 6.7 % a na přirozené plochy bez vegetace (skály, sutě, písečné pásy) pouhých 0.3 % rozlohy této subkategorie.

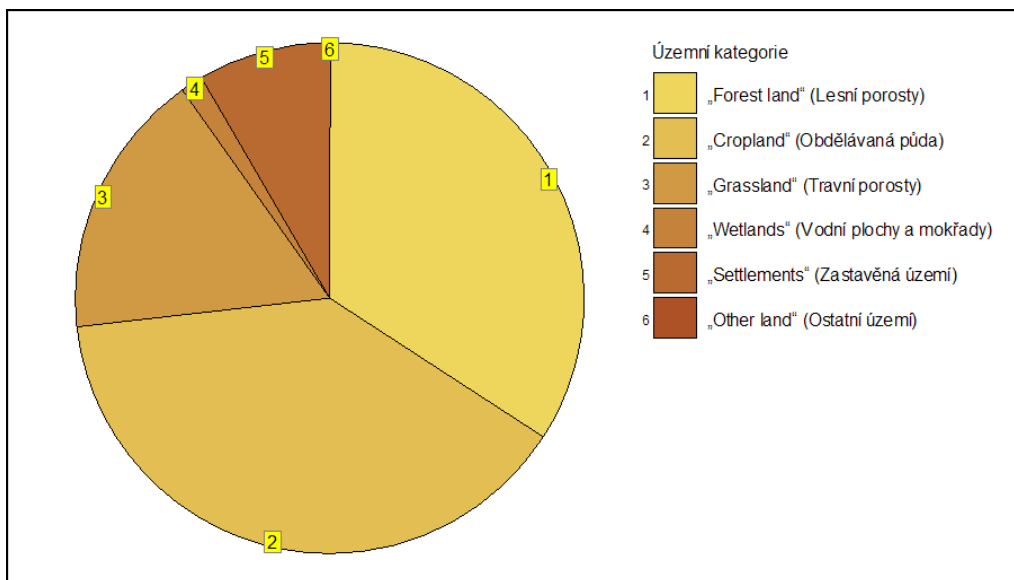
5. Rozloha přírodě blízkých liniových prvků (mimo les) podle typů pokryvu



V této subkategorii výrazně převládají listnaté stromy se 47.8 %, tvoří ji zejména aleje listnatých stromů, břehové porosty a stromové porosty mezi.

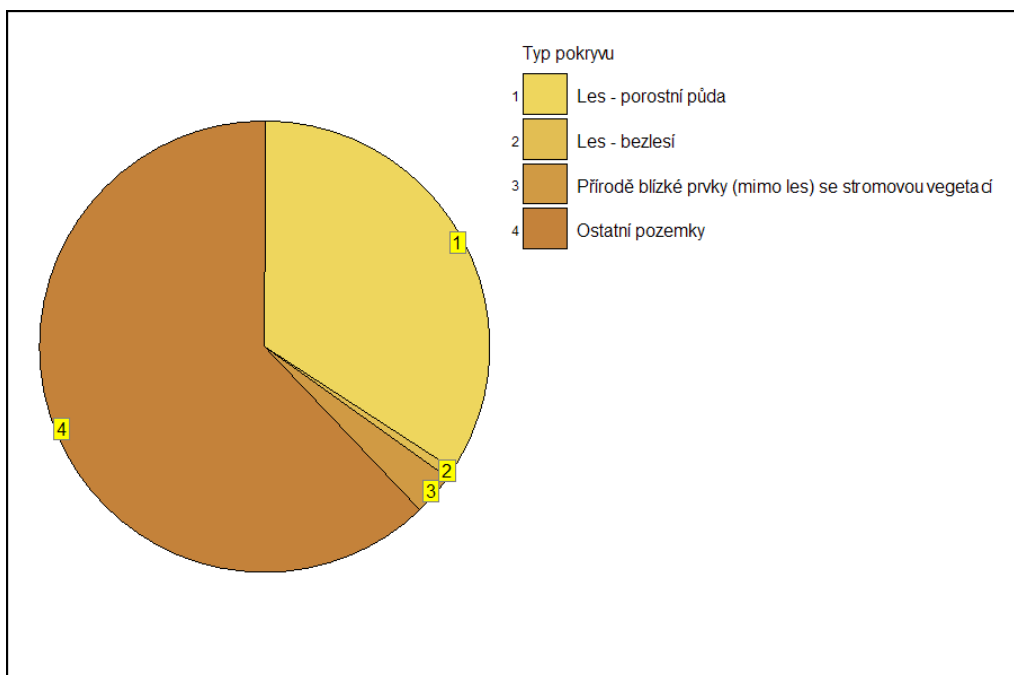
Druhou nejvýznamnější složkou jsou liniová travní lada s 30.2 % rozlohy, zarůstající travní lada s 10.2 % a keřové porosty s 9.5 % rozlohy této subkategorie. V naprosté většině případů jsou tyto typy pokryvu vázány na meze a neobdělávané okraje kulturních ploch.

6. Rozloha podle územních kategorií IPCC



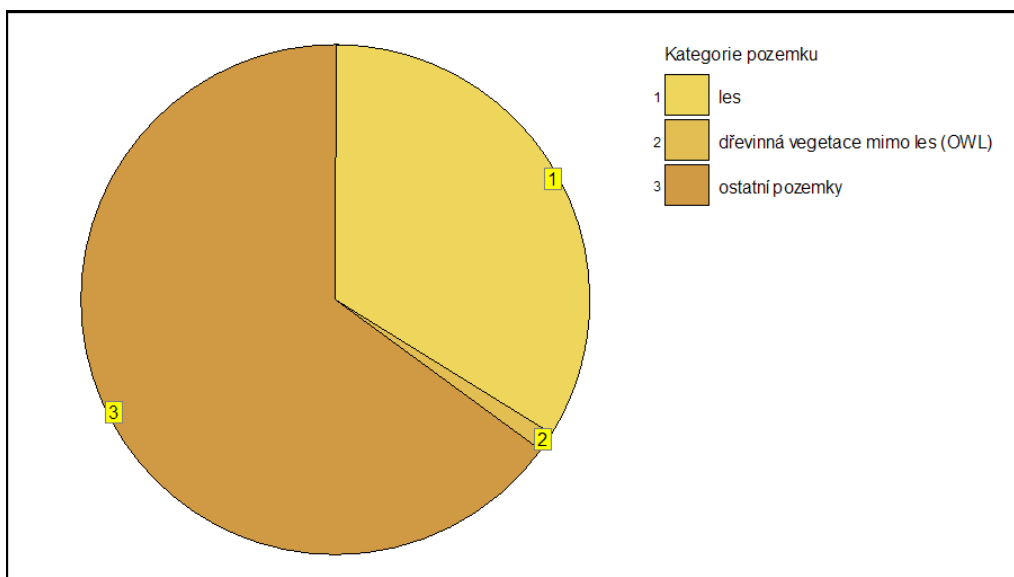
Rozloha územních kategorií IPCC poměrně dobře koresponduje s údaji podle agregací na základě katastrálních údajů. Markantnější odchylky jsou u kategorie travních porostů a obdělávané půdy, které se však z velké části v rámci zemědělské půdy kompenzují. Interpretace jednotlivých rozdílů bude vyžadovat podrobnější analýzu.

7. Rozloha agregovaných typů pokryvu "Les" a "Přírodě blízké prvky mimo les se stromovou vegetací" podle definice CzechTerra



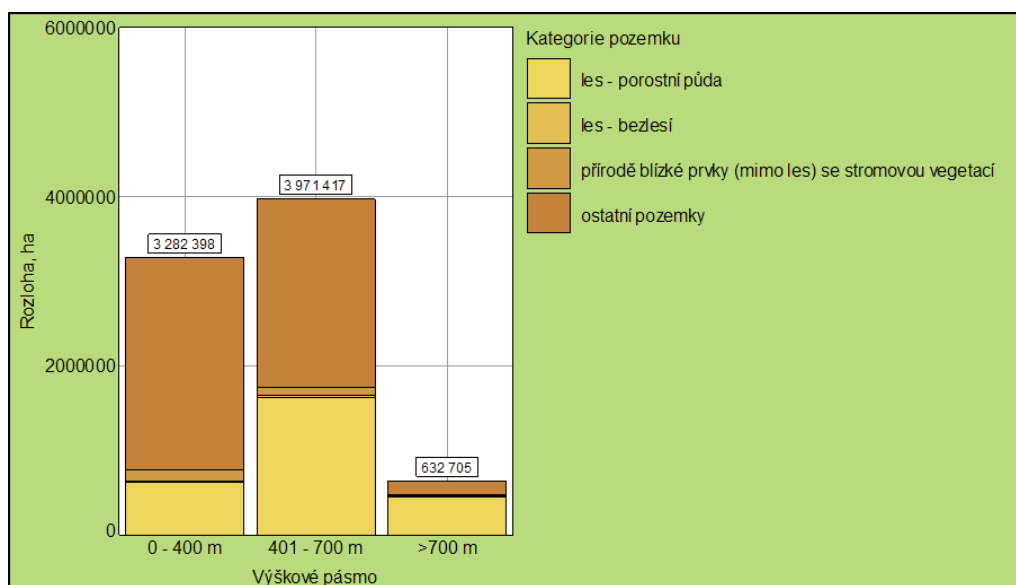
Les, včetně bezlesí a přírodě blízké prvky mimo les se stromovou vegetací zaujímají celkem 37.8 % rozlohy České republiky.

8. Rozloha územních kategorií podle FRA 2005 (FAO)



Rozloha lesa podle FRA 2005 je zákonitě nižší než podle kritérií CzechTerra, neboť jako les podle FRA se hodnotí formace stromů o větší výměře (min. 500 m²) než podle CzechTerra (min. 400 m²). Podle kritérií FRA na les připadá 33.8 %, na dřevinnou vegetaci mimo les 1.3 % a na ostatní pozemky 64.9 % rozlohy České republiky.

9. Rozloha územních kategorií podle výškových pásem



Samotný podíl rozlohy výškových pásem vypovídá o tom, že kolem 40 % rozlohy ČR je přirozenou doménou dubu, na více než 50 % území by přirozeně převládala buk s jedlí a na pouhých 8 % území by se ve vyšším zastoupení, nebo dominantně uplatňoval přirozeně smrk.

Největší rozloha lesa se nachází ve středním výškovém pásmu (401 až 700 m n. m.), které má největší rozlohu a současně poměrně vysokou lesnatost. Lesnatost se vzrůstajícím výškovým pásmem stoupá. Zatímco v nejnižším výškovém pásmu dosahuje lesnatost 18,9 %, ve středním činí již 40,9 % a v nejvyšším 70,6 %.

Návrh pravidel pro využití dat inventarizace krajiny CzechTerra

Jednou z klíčových ambicí projektu inventarizace krajiny CzechTerra je dostupnost údajů pro ostatní uživatele. Řešitelský tým proto připravil návrh pravidel pro jejich poskytování. Předpokládá se, že pravidla budou použita pro výsledky projektu VaV SP/2d1/93/07 CzechTerra – Adaptace uhlíkových deponií v krajině v kontextu globální změny, PS 3 Rozvoj dynamické observační sítě poskytující informace o stavu, vývoji ekosystémů a využití krajiny, i pro výsledky všech následných cyklů Inventarizace krajiny CzechTerra (dále projekt CzechTerra). K prvnímu opakování projektu inventarizace krajiny CzechTerra mělo dojít v roce 2011. Od roku 2012 pak budou každoročně k dispozici aktuální výsledky opakování.

Předpokládá se následující harmonogram: v případě prvního cyklu CzechTerra, který proběhne v rámci projektu VaV během let 2008 a 2009, bude v rámci kontrolního dne projektu (2.12. 2009) odsouhlasena náplň zprávy. Počátkem roku 2010 bude garantovi projektu předána výroční zpráva k připomínkování a do 20. března 2010 bude zpráva oficiálně prezentována. Příprava internetové aplikace bude předmětem řešení projektu VaV v roce 2010. Data prvního cyklu inventarizace krajiny budou umístěna na internet nejpozději ve čtvrtém čtvrtletí roku 2010. V této době by primární data zároveň mohla být poskytnuta uživatelům.

Pravidla poskytování dat projektu CZECHTERRA

Úvodní návrh, 12.10.2009

1 Data projektu CZECHTERRA

Pod pojmem data projektu CZECHTERRA jsou chápány údaje, které vznikly v rámci projektu CZECHTERRA venkovním šetřením, klasifikací snímků DPZ, půdními rozbory a zpracováním dat.

2 Očekávané způsoby využití dat projektu CZECHTERRA

Základním výstupem projektu CZECHTERRA je výroční zpráva připravená zpracovatelem projektu (IFER). Tato zpráva obsahuje soubor úloh základního statistického vyhodnocení a je k dispozici volně v režimu běžné odborné publikace.

Nad rámec základního zpracování dat mohou být i primární data projektu CZECHTERRA využita dalšími kvalifikovanými zájemci pro studijní a vědecké účely. Požadavky na zpřístupnění dat schvaluje MŽP. Souhlas bude poskytován jednotlivě pro konkrétní účely a bude časově omezen.

3 Typy poskytovaných dat projektu CZECHTERRA

Data projektu CZECHTERRA budou uživatelům poskytována ve vyhodnocené i primární podobě:

1. vyhodnocené výsledky – každoroční zpráva kontinuální inventarizace (kompletní vyhodnocení úlohy s popisem, tabulkami a grafy; PDF, HTML, Excel?)
2. interaktivní internetový nástroj pro uživatelem definované vyhodnocení dat (tabulky, grafy; HTML, Excel)
3. formátovaný přehled primárních dat pro inventarizační plochy resp. lokality (mapa plochy a údaje zjištěné v rámci plochy resp. lokality; HTML, PDF)
4. primární data agregovaná v rámci inventarizačních ploch resp. lokalit (dřeviny, půda za plochu, agregované údaje pixelů vyhodnoceného snímku, apod.) (výměnný formát XML)
5. detailní primární data inventarizačních ploch resp. lokalit (stromy, půdní sondy, pixely vyhodnoceného snímku, apod.) (výměnný formát XML)

Primární data ploch/lokalit mohou být lokalizována příslušností k administrativní jednotce (kraji ČR) nebo souřadnicemi středu plochy/lokality zaokrouhlenými na celé kilometry. Přesné souřadnice ploch/lokalit mohou být poskytnuty pouze se souhlasem vlastníků dotčených pozemků.

Při využití souřadnic je třeba mít na paměti, že podstata statistické výběrové inventarizace spočívá v tom, že jednotlivé lokality/plochy nejsou statisticky reprezentativní pro jednotlivé čtverce 7x7 km, ale soubor ploch je statisticky reprezentativní pro soubor čtverců, v případě CZECHTERRA pro území ČR.

4 Úhrada za poskytnutí dat

Data budou pro studijní a vědecké účely poskytována bezplatně.

Manipulační poplatek související s přípravou dat pro uživatele je účtován pouze v případě, kdy uživatel požaduje zvláštní formát výpisu dat.

5 Vlastnická a autorská práva

Uživatel dat musí respektovat vlastnická a autorská práva.

Uživatel dat musí mít písemný souhlas MŽP k použití dat projektu CZECHTERRA.

Uživatel nesmí data poskytnout třetím osobám.

Vlastníkem dat projektu CZECHTERRA je MŽP, autorem je IFER.

V případě jakéhokoliv přímého i nepřímého využití dat projektu CZECHTERRA musí být citován zdroj dat odkazem na metodiku projektu CZECHTERRA nebo odkazem na příslušnou výroční zprávu.

V případě využití primárních dat musí být explicitně citován projekt CZECHTERRA, vlastník i autor dat.

V případě odborné publikace využívající primární data projektu CZECHTERRA musí uživatel nabídnout spoluautorství autoru dat.

6 Každoroční časový harmonogram zpřístupnění dat

Každoroční venkovní šetření a klasifikace nových leteckých snímků budou ukončeny na přelomu října a listopadu. Nejpozději do 10. prosince téhož roku bude zadavatelem (MŽP) odsouhlasena náplň výroční zprávy. Kontrola, zpracování dat a vyhotovení výroční zprávy bude provedeno do konce ledna následujícího roku. Další měsíc bude mít zadavatel na to, aby připravenou zprávu posoudil a připomínkoval. Finální verze bude oficiálně prezentována do 20. března. K tomuto dni budou výsledky základního zpracování dat umístěny také na Internet a budou aktualizována data pro internetovou interaktivní aplikaci umožňující uživatelské zpracování dat.

Primární data budou zájemcům poskytována nejdříve půl roku po zveřejnění základních výsledků, tj. od prvního října.

Závěr

V průběhu řešení PS 3 v roce 2009 byly splněny všechny plánované cíle.

Byla ukončena klasifikace leteckých snímků a připravena databáze výsledků klasifikace pro zpracování. Vlastní zpracování údajů lokalit leteckých snímků přineslo první výstupy jak ve formě krajinných metrik, tak i ve formě statistického zpracování rozloh území.

Byl dokončen druhý rok šetření *in-situ* na inventarizačních plochách, čímž byly uzavřeny terénní práce 1. cyklu inventarizace CzechTerra. Laboratorně analyzována byla téměř polovina odebraných půdních vzorků. V souladu s harmonogramem projektu byly formulovány a předloženy k vyjádření a diskusi úlohy kompletního statistického zpracování získaného datového souboru. Byla připravena pravidla poskytování dat projektu CzechTerra.

V příštím roce řešení projektu CzechTerra budou k dispozici zadavateli finální výstupy celé sady údajů 1. cyklu národní inventarizace krajiny . Budou dokončeny laboratorní analýzy půdních vzorků a následně bude aktualizováno zpracování relevantních úloh. V závěru příštího roku budou rovněž připraveny k dispozici datové údaje projektu pro využití externími uživateli s pomocí internetové aplikace. Souběžně bude pokračovat analýza a interpretace klíčových údajů. Nemalé úsilí bude věnováno popularizaci výstupů formou odborných článků a začlenění programu a údajů CzechTerra do relevantních mezinárodních projektů.

Reference

- AFOLU (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. And Tanabe K. (eds.). Published: IGES, Japan.
- CBD (1992). Convention on Biological Diversity/Úmluva o biologické rozmanitosti. www.chm.nature.cz
- CLC (2000). Definice tříd CLC (zpracováno podle „CORINE land cover technical guide – Addendum 2000“)
- Cienciala, E., Apltauer, J., Exnerova, Z., Tatarinov, F. (2008) Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. *Journal of Forest Science* 54, 109-120.
- Cienciala, E., Cerny, M., Tatarinov, F., Apltauer, A., Exnerova, Z. (2006) Biomass functions applicable to Scots pine. *Trees-Structure and Function* 20, 483-495.
- CzechTerra 2008. Výroční zpráva k projektu SP/2d1/93/07 CzechTerra – Adaptace uhlíkových deponií v krajině v kontextu globální změny (CzechTerra) za rok 2008, 3. segment, 207 stran.
- Delcourt, H. R., Delcourt, P. A. (1996). Presettlement landscape heterogeneity: Evaluating grain of resolution using General Land Office Survey data. *Landscape Ecology* vol. 11: 363-381.
- EEA 2007. Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. Technical report.
- Field-Map technology (www.fieldmap.com)
- GMES 2006. Global Monitoring for Environment and Security. (www.gmes.info)
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. and Wagner F. (Eds.). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. ISBN 4-88788-003-0.
- Löw a Míchal (2003). Krajinný ráz. Publikace vydaná v rámci projektu MŽP (VaV 640/01/03).
- LUCAS (2006). EC/EUROSTAT. Land Use / Cover Area Frame Survey.
- LUCAS (2007). LUCAS Surveys 2006-2007. Instruction of surveyors- Technical reference document
- MCPFE (2002). Improved Pan-European indicators for sustainable forest management. MCPFE Expert Level Meeting. Vienna, Austria.
- MCPFE (2003). State of European Forests 2003.
- MCPFE, UNECE and FAO (2007). State of Europe's Forests 2007. The MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, p. 247.
- MŽP (2005). Third National Report of the Czech Republic to the Convention on Biological Diversity
- MŽP (2005). Strategie ochrany biologické rozmanitosti České republiky, zpráva MŽP
- Pielou, E.C. (1966). Shannon's formula as a measure of species diversity: its use and misuse, *Am. Nat.* 100, 463–465.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication, *Bell Syst. Techn. J.* 27, 379–423.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163, p. 688.
- Šandová H. (2007). ČÚZK. Informace o katastrálním registru pozemků (ústní sdělení).
- Šimová, P. 2006: Vliv užitých geodat na výsledky analýz vztahu struktury ptačích společenstev ke struktuře krajiny. Disertační práce. FLE ČZU v Praze.

- ÚHÚL 2003. Národní inventarizace lesů v České republice 2001-2004. Metodika venkovního sběru dat.
- ÚHÚL 2007. Národní inventarizace lesů v České republice 2001-2004. Úvod, metody, výsledky. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.
- UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000. Terms and definitions.
- UN-ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.
- Vyhláška č. 26/2007 Sb., kterou se provádí zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 84/1996 Sb., o lesním hospodářském plánování
- Wirth, C., Schumacher, J., Schulze, E.-D. (2004) Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe - a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation. *Tree Physiology* 24, 121-139.
- Wutzler, T., Wirth, C., Schumacher, J. (2008) Generic biomass functions for Common beech (*Fagus sylvatica*) in Central Europe: predictions and components of uncertainty. *Canadian Journal of Forest / Research. Journal Canadien de la Recherche Forestiere* 38, 1661-1675.
- Zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky, ve znění pozdějších předpisů

Přílohy

- I. Podklad pro Čtvrtou národní zprávu k Úmluvě o biologické rozmanitosti
- II. Manuskript „*A methodology for classifying aerial photographs within the CzechTerra landscape inventory system: a new approach to generating data for landscape analyses*“ autorů Šimová *et al.*, Journal of Landscape Studies, Praha, přijato k tisku.
- III. Metodika nakládání s půdními vzorky a jejich zpracování
- IV. Krajinné metriky kvantifikované na základě vyhodnocených leteckých snímků
- V. Statistické zpracování skupiny úloh k rozlohám územních kategorií

Příloha I

Podklad pro Čtvrtou národní zprávu k Úmluvě o biologické rozmanitosti

Monitoring Related to Biodiversity Indicators

The Czech Republic is concerned about obtaining adequate information about the state and development of its environment. Therefore it participates in international projects focused on environmental indicators such as the CORINE project. However, not all environmental indicators are detectable at the scale that CORINE is working with.

The Ministry of Environment of the Czech Republic supports a R&D project CzechTerra, which includes land cover classification at a very detailed level within the Working Segment 3 – Landscape inventory of the Czech Republic.. Segment 3 is led by the Institute of Forest Ecosystem Research (IFER).

CzechTerra is developing a system aiming at providing up to date, quantifiable and verifiable information about the status and changes of the main land cover categories as required for international reporting (MCPFE, UNFCCC, CBD) and policy decisions at national level. In addition to land cover classification, data are also analyzed for mutual relationships of the patches (length of forest border, length of semi-natural vegetation borders, etc.). As connectivity is an important factor influencing biodiversity in cultural landscape, linear features are also quantified, interpreted and classified to obtain information about state and changes of bio-corridors.

Data are collected using the statistical random sampling methods. Each of almost 1600 photo plots are randomly situated within a regular 7 x 7 km grid cell. The photo plot itself is a rectangle 450 x 450 m on which 2025 (10 x 10 m) subplots (grid cells) are manually interpreted based on aerial images. For each of the subplots there is a number of attributes to be assigned. Although the total amount of the subplots surpasses 3 millions, the interpretation is manageable due to an effective use of the adopted software tool for data collection (Field-Map) developed by IFER.

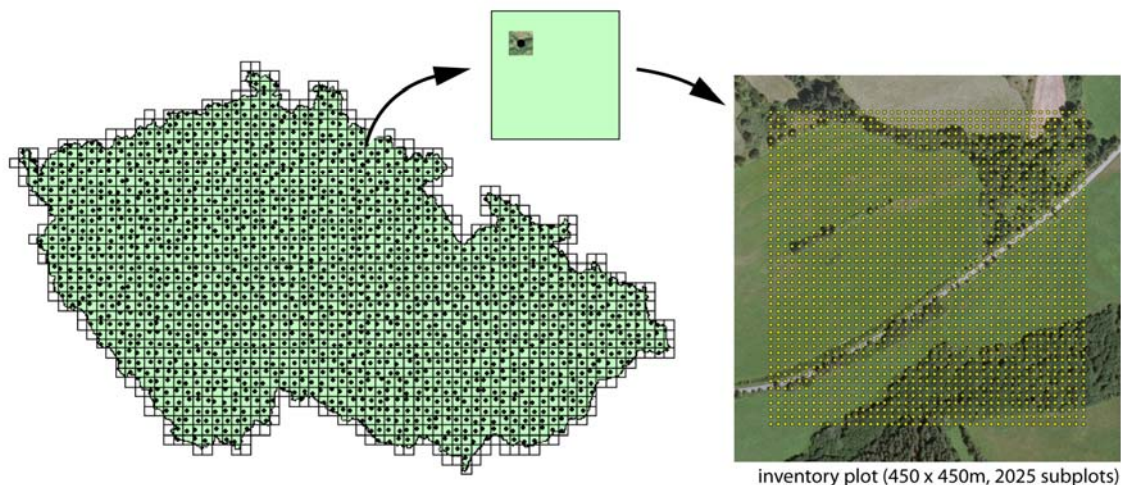


Fig. 1: CzechTerra inventory network design.

The CzechTerra results complement the information from other projects, which are focused on full land cover classification of the Czech Republic. CzechTerra uses a high level of detail in its network of statistical inventory photo plots, whereas CORINE uses generalized maps to get entire landscape coverage.



Fig. 2: Comparison of the scales; CORINE land cover polygons and the CzechTerra photo plot.

In the detailed scale used by the CzechTerra project, the small, but important, landscape features and their changes are recognizable. Therefore, they can be assessed and statistically evaluated for the entire territory of the Czech Republic. One such example may be the detection of tree alley removal. Although single alleys may not be important at the national level, the statistically evaluated results for the entire country may be an important information for accepting sound decisions on national level.

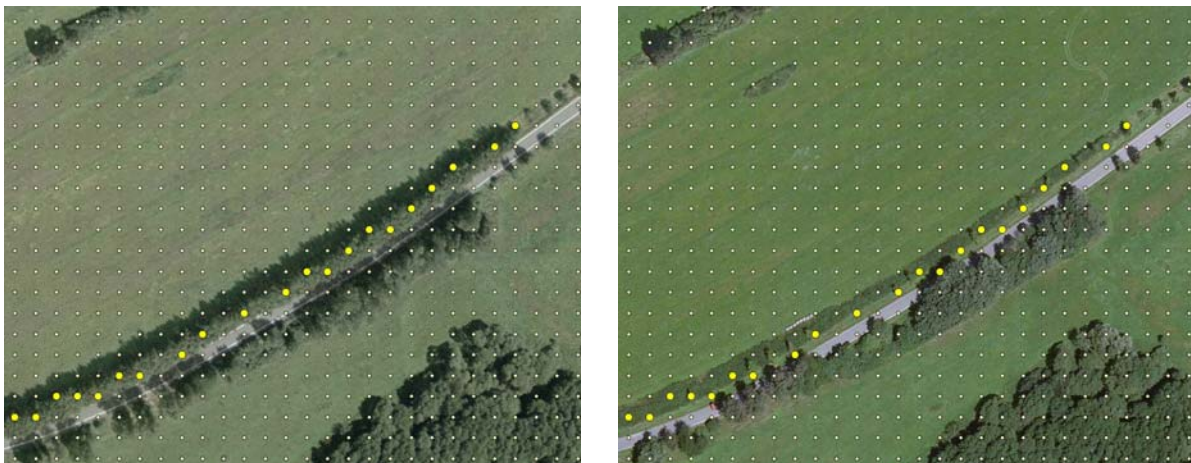


Fig. 3: Example of the land cover change detection; Alley removal.

The monitoring results allow the decision makers to follow the set of indicators and their changes updated annually. The spectrum of indicators used in the CzechTerra project covers also two biodiversity indicators recommended by SEBI 2010. These are: “Ecosystem coverage” (indicator number 4) and “Fragmentation of natural and semi-natural areas” (indicator number 13).

Tab. 1: Summary of areas classified by land cover categories (CzechTerra project results).

Landcover categories	Area		
	ha	(± = 0.05)	%
Cropland	2 790 771	(2 648 095 – 2 933 446)	35.5
Grassland	956 577	(879 928 – 1 033 226)	12.1
Forest land	2 692 827	(2 543 590 – 2 842 063)	34.1
Wetlands	112 736	(81 535 – 143 937)	1.4
Settlements	661 278	(547 541 – 775 015)	8.4
Other land	1 340	(32 – 2 648)	0.02
Seminatural vegetation	671 184	(621 459 – 720 910)	8.5
Total	7 886 713		100.0

The CzechTerra inventory scheme has been designed with the aim to provide usable results for the domestic policymakers as well as for the international reporting purposes.

Příloha II

Manuskript „*A methodology for classifying aerial photographs within the CzechTerra landscape inventory system: a new approach to generating data for landscape analyses*“ autorů Šimová *et al.*, Journal of Landscape Studies, Praha, přijato k tisku

A methodology for classifying aerial photographs within the CzechTerra landscape inventory system: a new approach to generating data for landscape analyses.

Petra Šimová¹, Martin Černý², Emil Cienciala², Jan Apltauer², Jana Kučerová², Jana Beranová²,
Eva Drahoňovská¹

¹ *Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences, Department of Applied Geoinformatics and Landscape Planning, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchbátka, Czech Republic*

² *IFER – Institute of Forest Ecosystem Research, Areál 1. Jílovské a.s., 254 01 Jílové u Prahy, Czech Republic*

Abstract

This paper presents a new methodology for visual interpretation and classification of aerial photographs for the purpose of evaluating landscape structure and development, as well as the first results of this classification within the CzechTerra landscape inventory system. The primary elements of the system are 1599 localities of 450 x 450 m, distributed throughout the area of the Czech Republic along a regular network of 7 x 7 km squares (the centre of each locality is a point randomly placed within each square). The methodology is based on assigning attributes to the centre points of a square network with 10 m resolution, covering the localities. We have developed special tools within the Field-Map system to facilitate implementation of the methodology. The goal is to evaluate the current state of the landscape in the Czech Republic from the standpoint of representing the landscape elements and their spatial structure, and to create and implement a geodata system and methods that will facilitate future evaluations of the development of these parameters. A more specific goal is to characterize the area and the structure of non-forest, near-natural elements in the open landscape of the Czech Republic, as this topic has not been addressed by previous landscape inventories.

According to the first evaluation of the images from 2004-2006, the main uses of the evaluated localities are as Agricultural land (46.87%), followed by Forest (34.47%), Near-natural elements (8.83%), Buildings and Other in built-up areas (6.50%), and Buildings and Other outside built-up areas (3.34%). The category with the highest frequency of occurrence is Near-natural elements (83.49%), followed by Agricultural land (79.42%), Forest (64.41%), Buildings and Other outside built-up areas (58.22%), and Buildings and Other in built-up areas (24.86%).

Key words: Visual interpretation, lanscape structure, lanscape development, near-natural elements, Field-Map

Introduction

The commitments arising from the Czech Republic's accession to several international conventions (Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC - and its Kyoto Protocol, Convention on Biological Diversity - CBD, European Landscape Convention - ELC), include reporting information on landscape use. One of the research projects addressing this issue is the third segment of the CzechTerra project (see www.ifer.cz), Development of a Dynamic Observation Network Providing Information on the Condition, Evolution of Forest Ecosystems, and Land Use. The goal of this segment of the work is to create an efficient information system suitable for the assessment and for monitoring of terrestrial ecosystems and of land use at the state level.

The outcomes include an assessment of the current state of landscape in the Czech Republic from the standpoints of representation of landscape elements, their spatial structure, heterogeneity, fragmentation and connectivity. Another outcome is a standardized basic system of geodata and methodologies to facilitate the repeatability of research and to ensure comparability of results. A more specific goal within landscape assessment is to characterize the size and structure of non-forest near-natural elements in the open landscape of the Czech Republic, as this information is missing in other systems and records.

Ways of describing and quantifying the landscape structure at various levels of spatial and thematic resolution (usually using landscape indices) and analyses of landscape changes have long been of considerable interest to landscape ecologists, and many current scientific works focus on them from various standpoints (e.g. Bailey et al. 2007a, Bailey et al. 2007b, Buyantuyev and Wu 2007, Saura and Pascual-Hortal 2007, Swetnam 2007, Wickham et al. 2007).

As illustrated by the papers cited above and by works on geoinformatic disciplines (e.g. Shekar and Xiong 2008), vector layers and thematic rasters can, in principle, be used as basic data in analyses of landscape structure and development which work with categorized data such as land use or land cover.

The basic data primarily used for creating such layers is usually remote sensing data - satellite images and aerial photographs. If the nature of the task allows, (e.g., in terms of requirements for spatial resolution, size and number of localities or areas of interest, practical and economical availability of data) multispectral data is used (e.g. Wickham et al. 2007 Eetvelde and Antrop 2009), with supervised or unsupervised classification (Richards and Xiuping 2006). Otherwise, panchromatic or colour aerial photographs are used. These are interpreted visually, or in combination with field surveys or with existing maps (see e.g. the LUCAS project methodology,

Jacques and Gallego 2006). Spatial layers for further evaluation are often technically created by manual vectorization (vectorization over aerial photographs is used, e.g., by Corry 2004, Corry and Laforteza 2007, Bailey et al. 2007a, Bailey et al. 2007b).

The objectives of each segment of the CzechTerra project are investigated using various disciplines, combining the need to prepare and analyse data on a very detailed spatial scale, to cover the whole area of the Czech Republic (or a sufficient number of representative localities), and to ensure relatively low cost of implementation (e.g., using one primary dataset in several segments of the work and for more than one goal). Taking into account these conditions and the availability of suitable data for the Czech Republic, colour aerial photographs were chosen as the basic input data form for the landscape inventory.

Due to the high number of evaluated localities and the requirements for periodical repeatability of the interpretation of the photographs, routinely performed vectorization cannot be considered an ideal means for acquiring basic data for analyses of landscape structure and development.

Manual vectorization is to a large extent subjective, dependent on the operator for determining the differentiated classes, and especially for the resulting geometric characteristics (location and exact shape of the borders of differentiated classes, etc., see Fig 1 for an example). No way of limiting this subjectivity has yet been found: even with a clear definition of differentiated classes, the smallest mapped unit and reference scale, absolutely identical positioning of the vertices in a vector layer by two operators, or repeatedly by a single operator, is virtually unachievable. The indeterminable measure of the spatial uncertainty of the data created in this way then causes a bias, both in comparisons of the results describing the landscape structure of the studied localities and in evaluations of the development of a single locality. Another problem of a technical nature is the occurrence of so-called sliver polygons (Shekar and Xiong 2008) in the results of overlay analyses, commonly used in the analyses of landscape changes in many countries (e.g. Geymen and Baz 2008, Kristensen et al. 2009). Removing sliver polygons by normal automated methods (e.g., joining them to a neighbour with the longest common border) inevitably leads to further distortion of the results, while maintaining them in the layer causes serious distortion of all resulting structural characteristics (such as a marked effect on the number and size of patches, lengths of edges, etc.) Another negative factor is the time required for vectorization and the need for an operator with a strong technical background.

In reaction to these problems with vectorized data, works proposing new methodologies for obtaining or organizing data describing the structure and development of landscape have begun to emerge (Swetnam 2007, and Eetvelde Antrop 2009). For the landscape inventory system, a new methodology for interpreting aerial photographs has been developed, based on assigning attributes

to central points of a square network covering the study area. This principle, with a clear definition of decision rules for allocating attributes to squares, eliminates many potential errors of vectorization, and it is also less time consuming (especially with the use of software tools specifically created for this purpose). The generated data, in terms of representation of spatial phenomena a thematic grid or lattice (or it can be converted into a vector by standard GIS tools), can enter both into software applications designed for computing indices (Fragstats, McGarigal et Marks 2002 is the most widely used) and into spatial analyses in GIS software (e.g. ArcGIS, Field-Map).

The methodology and software system designed for easy application of this method can be used for other projects and for research on describing the structure and development of a landscape. The goal of this paper is to introduce the new methodology, to interpret the first data obtained within the CzechTerra Inventory System in the context of other data sources on land use / land cover for the Czech Republic, and to present the first information on the representation of non-forest, near-natural elements in the Czech Republic gained at this scale of assessment.

Methods

The core of the information system for monitoring the state and development of the landscape is a system of localities, placed within a network of 7 x 7 km, covering the area of the Czech Republic. Within each square of the network, a square with sides 450 m in length (a locality) is randomly placed. The density of this network was calculated to facilitate the required sampling intensity and, as a result, the required accuracy at national level. There are 1599 localities (Fig. 2). For each locality, the basic input for identification of land use / land cover was a colour aerial photograph of 20 cm resolution, covering an area of 550 x 550 m (the centre point of an image corresponds to the centre point of the locality). The methodology for interpreting and classifying the images consists of a list of differentiated categories and decision rules for assigning values, which to the maximum possible extent eliminate the influence of subjective perception of the operator. The following sections briefly describe the categories and the basic principles of classification. A detailed description of the methodology, including examples of the individual categories as they appear on aerial photographs and tools for their recognition, can be found in Šimová et al. (2009).

Basic principles of classification

The classification is based on visual interpretation of aerial photographs of localities, followed by confrontations with general and specialized maps, available on map servers (Basic Map of the

Czech Republic, State Map 1: 5 000, Military Topographic Map 1: 25 000, vegetation maps, nature conservation data). A web forum, presenting decisions that serve as precedents for all team members, offers solutions to disputable cases of interpretation and unifies the approaches of the individual operators.

The assessed area is covered by a square network at a resolution of 10m, consisting of a polygon layer of squares and a point layer of their centres. Attributes representing the phenomena under study in the assessed unit have been assigned to each point. As a result, 2025 assessed points are obtained for each locality. The size of the squares has been determined in a way that meets the requirements of the goals while, at the same time, taking into account the time and cost of implementing the method.

The assessed unit (the area decisive for assigning an attribute to a point) is either the square in the centre of which the point is located, or – for phenomena that require a broader context for assessment (type and age of woody plant stands) – this square and its eight neighbouring squares. In both cases, the attribute is assigned according to the principle of "centre and majority". That is, the attribute is assigned according to the type of vegetation cover which is in the centre of the assessed unit and which is, at the same time, spatially dominant in the unit. If no type of cover meets both these conditions (e.g. the dominant category is concave in shape and does not cover the centre, or, conversely, a type of habitat is only found in the centre, and is not spatially dominant), the superior rule is the spatial dominance. If it is difficult to decide visually which element is dominant (that is, the categories represented in the square cover approximately the same area), the attribute is assigned according to the centre.

Due to the resolution (10 m), strict application of this approach would lead to a loss of information about elements around 100 m² in size which cover several assessed squares, and about line formations (omission or interruption of lines). This is particularly undesirable in the case of small near-natural elements in an otherwise uniform matrix under strong anthropogenic influence. For this reason, in the case of near-natural elements, specific attributes were included in addition to the main attribute determining land use/land cover dominant in the square. These specific attributes record the non-dominant representation of near-natural elements (hereafter non-dominant cover) and the course of visible linear formations in the landscape which are, however, too narrow for the resolution (hereafter linear elements).

The classification does not include elements which are, in terms of landscape structure, of an explicitly temporary nature, such as fields without vegetation (poor field emergence rate of a crop, wheel marks, etc.), temporary storage of agricultural materials, etc.

Classification units

The classification units (category land use / land cover) are structured hierarchically. The definition of the categories and their inclusion in the overall classification structure facilitates subsequent analyses of the landscape at various levels of thematic resolution, as well as using the categories within other systems (Land Register, National Forest Inventory), as required by other segments of the CzechTerra project.

The focus of the interpretation of the aerial photographs for landscape analyses lies in a detailed assessment of the landscape outside built-up areas. Apart from built-up areas, five major classes (categories) are distinguished: Agricultural land, Forest, Near-natural elements (non-forest), Buildings outside built-up areas and Other. Each of the main categories is subdivided or supplemented by further special attributes. In this sense, the Near-natural elements category has the most detailed sub-categorization. A brief description of the classification units for landscape outside built-up areas can be found in the following paragraphs, and the total sums of the units and their hierarchy can be found in Table 1. Unless stated otherwise, the assessed unit is a square in the network.

Agricultural land. Within the category of Agricultural land, six types of cover are distinguished, based on the land types listed in the Land Register: Arable land, Permanent grassland, Greenhouses, Hop fields, Vineyards, and Orchards. Areas of a temporary nature (temporary storage of straw, field manure-heaps, watering places on pastures, etc.) are assigned the attribute of the category within which they occur.

Forest. Several definitions of forest are used in the Czech Republic. Due to the need to determine forest area according to the National Forest Inventory (NFI), the NFI definition of forest was chosen as the initial definition: according to it, the category "Forest" includes all stands which fulfil the functions of forests and are on forest land, while their minimum area is 400 m², width above 10 m and canopy closure above 20%. The category Forest also includes clearings or areas undergoing succession, if they meet the conditions of size, width, and canopy.

A point is attributed to the class "Forest" based on the occurrence of forest in the relevant square, while complementary attributes "type of forest" “ and "growth stage" are assigned on the basis of the square and its eight neighbours.

Type of forest. The term "type of forest" differentiates Stands in regeneration (clearings), Deciduous, Coniferous and Mixed forests. The attribute Mixed forest is assigned to each point the assessed area of which (square and eight neighbouring squares) contains both deciduous and coniferous stands, while the minority forest type covers more than 10% of the area (approximately

one of the nine assessed squares or more). In the conditions prevailing in the Czech Republic, where, according to the data of the Forest Management Institute (FMI 2007), 74.8% of forest land is covered by coniferous trees (mainly Norway spruce and Pine), this methodology facilitates the localization of smaller groups of deciduous trees (from an area of 0.01 ha, they are classified as Mixed stand)

Growth stage. This attribute distinguishes the approximate age of the stand, into three categories: Young stands (up to approximately 20-30 years), Medium age (up to approximately 60 years) and Adult stands.

Within forest stands, the category *Unstocked areas* is further distinguished. An Unstocked area is defined as plots on forest land which temporarily do not serve the purposes of forest management.

Near-natural elements. These are near-natural elements in the cultural landscape, such as trees and groups of trees, shrubs and shrub formations, non-agricultural grasslands and other herbaceous associations, rocks and scree. If a category is dominant in a square, it is listed as the main attribute, if it is only represented in part of the square, it is entered as *non-dominant cover*.

Trees and groups of trees. This category includes solitary trees, alleys of trees, windbreaks, woods, hedgerows, riparian stands, generally groups of trees that are not on forest land, do not fulfil the economic functions of forests as defined by the Forest Act, and are not intuitively perceived as forest in the context of the Czech landscape. According to the quantitative limits of the NFI definition of forest, most of these elements fall into the category Forest, but in terms of landscape structure analysis, this would mean loss of information. The sub-attributes recorded under this category are *type* and *growth stage*, as in the category Forest, and the assessed area also includes the eight neighbouring squares, which, among other things, facilitates merging with the Forest category during data processing.

Shrubs and shrub formations. Individual shrubs or groups of shrubs in the agricultural landscape, xerophytic areas with spreading shrubs, wetland willow carrs, etc.

Herbaceous vegetation. Near-natural meadows and any other non-agricultural vegetation, such as herbaceous communities of forest edges, field margins and edges, ruderal vegetation, reeds etc.

Herbaceous vegetation with woody plants. The assessed square contains both herbaceous and woody elements, usual on field margins, meadows with occasional occurrence of shrubs, etc.

Areas without vegetation. Areas with no vegetation, which are of natural origin or are perceived as a component of a harmonious cultural landscape, e.g., rocks, scree, linear mounds of stones on field boundaries.

Linear near-natural elements. One of the major goals of the project is to monitor the current state

and changes in the amount and structure of linear elements within the category Near-natural elements. These include especially tree alleys, herbaceous strips between arable fields, vegetation along streams and roads, hedgerows, etc. The attribute of a linear element is assigned only to squares which include the categories of Near-natural elements, and the linearity of the element is determined from the overall context of the square. If this category is not dominant in the square, but the course (continuance) of the line is apparent, the attribute "non-dominant linear element" is attributed as non-dominant cover. This complementary attribute is assigned to only one of the squares crossed by the line, in a way that ensures sufficient preservation of information on the continuance of the linear element. (Other linear elements, such as transport infrastructure or the hydrological network, can, where needed, be complemented from existing sources, e.g. from ZABAGED). Whether the element is linear is usually apparent from the overall context of the aerial photograph, and it is usually possible to make an unequivocal and correct decision intuitively. Therefore, the expert approach is used and, with the exception of disputable cases, no artificial algorithm is needed. In unclear cases, the following rules are used to decide about the linearity of the element: width – usually one (dominant or non-dominant) square of Near-natural elements in width, in long lines up to three neighbouring squares (only full neighbours are considered). Length – prevailing width multiplied by five. Both full and diagonal neighbours are considered.

The line is only determined by the adjacency of squares with the attribute Near-natural elements (including non-dominant), the sub-categories of Near-natural elements are not decisive. For example, a grassy field margin with occasional occurrence of trees and shrubs is perceived as a line, that is, each square of the strip receives the attribute "part of a line", regardless of the fact that the neighbouring squares are characterized differently (shrubs, trees, herbaceous vegetation). In assigning the attribute, the most important consideration is to fully describe and not to interrupt the line, whether the dominant attribute can be used, or whether it is necessary to use the non-dominant attribute.

Buildings outside a built-up area. This category includes solitary houses, agricultural buildings, small industrial and storage buildings in the countryside. It also includes the close surroundings of these buildings (i.e. gardens, enclosures, manipulation areas) Additionally, this category includes the elements of the transport infrastructure (information on the courses of major roads can be automatically supplemented from existing vector maps of the Czech Republic).

Other elements outside built-up areas. The category Other includes water elements, divided into Watercourses (rivers, streams) and Water bodies (ponds, dams, lakes) which occur in the countryside. The category Barren land (anthropogenic) includes landfills, quarries, areas of surface

mining, spoil heaps. This category mirrors similarly defined categories in other projects and registers (such as the Land Register).

Built-up areas. This category includes the areas of towns and villages. The sub-categories are Urban and Rural built-up areas, Transport infrastructure, Business and industrial zones, and Other. The category Other is divided identically as in landscape outside built-up areas.

Software solutions

The solution of a landscape inventory system involves a large data apparatus - the system Field-Map (www.fieldmap.com) is used for data administration, for evaluating aerial photographs and for some of the analyses. This system facilitates the linking of geographic data with the hierarchical database and supports administration of the data according to the localities. Therefore, one system facilitates the distribution of images to the individual operators for processing and subsequent creation of a comprehensive database of classified aerial photographs (the Field-Map Project Manager) and realization of the classification itself (the Field-Map Data Collector).

Field-Map also has the necessary tools for rapid classification of images according to the methodology (many of them have been incorporated into the system as part of the development of the methodology). The standard or specially designed Field-Map tools which facilitate rapid and efficient use of the methodology include:

- Simple definition of data structures, of permitted values for individual items, etc.

(creating a project - according to the Field-Map terminology) Simple transfer of data between the data processing coordinator and the individual operators (export of an empty structure for a given set of localities, import of a completed structure back into the project).

- Entering attributes using keyboard shortcuts (hot keys). Keyboard shortcuts are used to enter the attribute directly by pressing a key or a combination of two or three keys, to control the scale of the image (detailed scale, overview), to move within the image (moving to the neighbouring points using the arrow keys, using other keys to move to the first point that has not yet been evaluated, etc.), and to control the work (quantifying the percentage of unprocessed items, listing all the attributes of a selected item). All the keyboard shortcuts and the functions that they control are defined by an *xlm* file, which is a part of the Field-Map project and is accessible to the users (i.e., advanced users can adjust the shortcuts for themselves, while there is no challenge to less advanced users, who only have to learn the pre-defined hot-keys).

- Visualization of the evaluated unit. Along with the active point, the evaluated units of the square and of its eight neighbours are always clearly demarcated.
- Visualization of entered attributes. After the attribute is assigned, the corresponding symbol appears immediately. The symbol and its colour facilitate quick visual control of the accuracy and completeness of the entered attributes.
- Multiple allocation of attributes. For uniform areas, it is not necessary to enter the attributes of each point. An attribute can be assigned to a selection of points specified by a rectangle or polygon.
- Control mechanisms and automatic data entry. Data entry is controlled by a number of special scripts, which eliminate the occurrence of several types of errors (omission of an attribute, occurrence of a non-permitted combination of attributes, etc.) At the same time, the operator does not have to enter the entire hierarchy of attributes. Items which are self-evident are filled in automatically.
- Other benefits of the solution include immediate automatic data saving, easy correction of entered values, etc.
- Data may also be processed (spatial analyses of landscape structure, creating map outputs, statistical analyses, etc.) by any other software tools, as the use of standard formats allows easy transfer of data.

Web discussion forum

Consolidation of the approaches of all operators working on interpreting the aerial photographs was facilitated by a web discussion forum, specially created for this purpose and moderated by a coordinator. The forum allows easy uploading of images (images or sections of images with which the problem is concerned), as well as questions asked by the operators. For each question, one or more answers could be entered (e.g., the operators could express their opinions on the problem, while the final decision was always in the competence of the coordinator). All entered questions (including images) and responses were kept available and were sorted comprehensively according to the time when they were entered and according to their topics (keywords). Each operator therefore had instant on-line access to solutions serving as precedents for unclear situations. If they

did not find the answer to their problem in the archive, they could easily enter a new question. Access to the forum was only allowed to authorised persons.

The first data processing

Using the methodology described here, a classification of 1599 localities (3 237 975 squares) was carried out in 2008, based on current aerial photographs (2004-2006). The classification was carried out by ten operators, supervised by a coordinator. Processing a single image took from 20 minutes to 2 hours, according to its complexity, the average time being slightly less than one hour. For the first batch of acquired data, basic quantitative characteristics were calculated - percentage of the area of differentiated categories and their frequency of occurrence (i.e., the percentage of localities in which the category occurs in non-zero amount). The values were interpreted in the context of data from other available records and data sets, i.e., Corine Land Cover (hereinafter CLC), Land Register (source: Czech Statistical Office, Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre) and data on the composition of forests in the Czech Republic (Forest Management Institute, FMI 2007). This data facilitates the interpretation of the presented partial results of CzechTerra in the context of varying spatial resolution (hence, scales of evaluation) and varying origin of the data. In the cases of the Land Register and the Forest management Institute (hereinafter FMI), the most recent published data was used, while in the case of the CLC the data was from 2000. However, on the basis of data from the Land Register and FMI, it was verified that the categories of interest did not change significantly on the national level between 2000 and 2007.

Results and discussion

According to the data that was obtained, the largest part of the evaluated areas is Agricultural land (46.87%), followed by Forest (34.47%), Near-natural elements (8.83%), Buildings and Other in built-up areas (6.50%), and Buildings and Other outside built-up areas (3.34%). The overview of the spatial pattern of the categories distinguished within the Czech Republic provides information on the number of localities in which a given category is represented in non-zero amount (frequency of occurrence). The category that occurs in the largest number of localities is Near-natural elements (83.49%), followed by Agricultural land (79.42%), Forest (64.41%), Buildings and Other outside built-up areas (58.22%), Buildings and Other in built-up areas (24.86%).

Land-use / land cover		Area (%)	Share in category (%)	Frequency of occurrence (%)	
Outside built-up areas	Forest	Deciduous	5.46	15.83	45.22
		Mixed	10.96	31.79	53.1
		Coniferous	15.41	44.7	48.8
		Clearings and stands in regeneration	2.32	6.75	42.15
		Unstocked areas	0.32	0.93	23.39
			34.47	100	64.41
	Agricultural land	Arable land	34.74	74.12	66.79
		Greenhouses	0	0	0.44
		Hop fields	0.05	0.1	0.38
		Vineyards	0.25	0.52	1.44
		Orchards	0.36	0.76	5.5
		Permanent grassland	11.48	24.48	51.78
			46.87	100	79.42
	Near-natural elements	Trees and groups of trees - deciduous	2.74	31.01	65.79
		Trees and groups of trees - mixed	0.23	2.55	13.38
		Trees and groups of trees - coniferous	0.08	0.89	6.25
		Shrubs and shrub formations	0.65	7.37	49.91
		Herbaceous vegetation	4.01	45.47	80.18
		Herbaceous vegetation with woody plants	1.11	12.52	55.53
		Areas without vegetation	0.02	0.19	1.69
			8.83	100	83.49
	Buildings	Residential and agricultural buildings	0.7	20.92	21.76
		Transport infrastructure	0.57	17.01	46.47
	Other	Watercourses	0.17	5.01	5.07
		Water bodies	1.24	37.04	11.07
		Barren land (anthropogenic)	0.67	20.02	6
		3.34	100	58.22	

Built-up areas	Buildings	Rural type	4.25	65.49	22.14
		Urban type	1.12	17.23	2.63
		Housing estates	0.14	2.12	0.44
		Industrial and business zones	0.55	8.51	2.19
		Transport infrastructure	0.33	5.08	14.07
	Other	Watercourses	0.01	0.18	0.63
		Water bodies	0.03	0.41	1.63
		Barren land (anthropogenic)	0.06	0.99	1.19
			6.5	100	24.86

Table 1: Overview of differentiated categories and their percentage share in the evaluated localities in 2004-2006.

Categories which cover large areas, such as Forest and Agricultural land, also have high frequency of occurrence. However, even spatially less significant categories, such as Near-natural elements, can, in terms of spatial pattern, be represented in most of the area. The detailed values can be found in Table 1.

Interesting results can be acquired by making a comparison between the values for Agricultural land and Forest obtained according to the methodology presented here and other available sources (Land Register, CLC, Forest Management Institute, Ministry of Agriculture). The results for these significant categories are comparable with the above sources, so the results presented here are not significantly influenced by the spatial resolution of the data (or the scale of assessment) or by the different origin of the data.

For the category Forest, the available datasets and registers show similar values (CzechTerra 34.47%, 32.64% CLC, Land Register 33.57%). The difference between CzechTerra and CLT could be caused by the fact that CLC does not include low forest stands in Forests (category 3.1) but in category 3.2, Areas with shrubs and herbaceous vegetation (2.92% of the Czech Republic). The different spatial resolution of the data used in CzechTerra and Corine is reflected in the quantification of the sub-categories of forest (CLC Deciduous forests 3.23%, Mixed 7.72%, Coniferous 21.70%, cf. Table 1). The Corine scale of evaluation shows the dominance of large

areas covered by coniferous forests in the Czech Republic, naturally omitting deciduous patches covering areas smaller than the mapping unit. In contrast, the CzechTerra methodology records any patch (its spatial resolution corresponds approximately to one grown tree). Unlike CLC and the data of the Forest Management Institute (FMI 2007), which does not distinguish the category of Mixed stands and lists the percentages of Deciduous (22.4%) and Coniferous (74.8%) woody plants on forest land (without unstocked areas), the methodology presents information on the representation of mixed stands in the Czech Republic, with the term "mixed" clearly defined. Due to the different definitions of the Agricultural land category in the different datasets, the results for this category cannot be compared directly (CzechTerra 46.87%, CLC 58.18%, Land Register 54.97%). If only sub-categories which correspond to the category of Agricultural land as defined by CzechTerra are selected from the CLC and Land Register, the results are more similar: CLC 49.01% (only categories 2.1 Arable land, 2.2. Permanent culture and 2.3. Pastures and meadows), Land Register 51.97% (without the sub-category Gardens). The differences are probably due to the fact that the two data sets omit near-natural elements which occur in linear formations or small patches in agricultural landscape. In the case of CLC, this is again due to spatial resolution. The Land Register attributes a land use category to a whole plot, while the boundaries of the plots do not correspond with the current land cover (see Fig. 4).

Significant contributions of the methodology therefore include quantification of the representation of the Near-natural elements category and of its sub-categories (see Table 1) and the acquisition of data useful in other analyses, especially those concerned with the structure and connectivity of these elements in the agricultural landscape.

In terms of frequency of occurrence, Near-natural linear elements can be found on 65.35% of the evaluated area (78.28% of squares in which there is a non-zero occurrence of the Near-natural elements category). This means that in fewer than one quarter of the areas with near-natural elements, these elements are only represented by patches, while in the rest of these areas, lines or combinations of lines and patches can be found. This evokes a hypothesis that in these three quarters of the area, the connectivity of near-natural elements should be higher than in the rest of the area.

Linear elements such as watercourses and transport infrastructure, which were not recorded as non-dominant cover, are, as a result, severely underestimated by the methodology. For example, according to the methodology, watercourses would only occur in less than 6 % of the squares. However, using the detailed vector layer of the hydrological network, we have obtained a value of 58%. This result had been expected, and demonstrates the necessity of using the complementary

attribute of non-dominant cover for describing linear elements which cannot be gained from existing sources.

Acknowledgements

This publication was created within the project VaV SP/2d1/93/07 CzechTerra - Adaptation of Landscape Carbon Reservoirs in the Context of Global Change (operational segment 3: Development of a Dynamic Observation Network Providing Information on the Condition, Evolution of Forest Ecosystems, and Land Use), funded by the Ministry of the Environment of the Czech Republic for 2007-2011.

The publication was also supported by a grant from the Czech University of Life Sciences No. 42190/1313/3106 Possibilities of Evaluating Landscape Structure and Fragmentation Using Spatially Oriented Databases.

References

- Bailey, D., Hertzog, F., Augenstein, I., Aviron, S., Billeter, R., Szerencsits, E., Baudry J. 2007a: Thematic resolution matters: Indicator of landscape pattern for European agro-ecosystems. *Ecological Indicators* 7: 692 – 709.
- Bailey, D., Billeter, R., Aviron, S., Schweiger, O., Hertzog, F. 2007b: The influence of thematic resolution on metric selection for biodiversity monitoring in agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 22: 461–473.
- Buyantuyev, A., Wu, J. 2007: Effects of thematic resolution on landscape pattern analysis. *Landscape Ecology* 22: 7-13.
- Corry, R. C. 2004: Characterizing fine-scale patterns of alternative agricultural landscapes with landscape pattern indices. *Landscape Ecology* 20: 591–608.
- Corry, R. C., Laforteza R. 2007: Sensitivity of landscape measurements to changing grain size for fine-scale design and management. *Landscape and Ecological Engineering* 3: 47 – 53.
- FMI 2007: Report on the state of forest and forestry in the Czech Republic 2007. Ministry of Agriculture of the Czech Republic. Available on-line:
<http://www.uhul.cz/zelenazprava/2007/zz2007.pdf>
- Geymen, A., Baz, I. 2008: Monitoring urban growth and detecting land-cover changes on the Istanbul metropolitan area. *Environmental Monitoring and Assessment* 136:449 – 459.

- Jacques, P., Gallego, J. 2006: The LUCAS 2006 project – A new methodology. Joint Research Centre, European Commission. Available on-line: <http://mars.jrc.it/Bulletins-Publications/The-LUCAS-2006-project-A-new-methodology>.
- Kristensen, S. B. P, Reenberg, A., Pena, J. J. D. 2009: Exploring local rural landscape changes in Denmark: A human-environmental timeline perspective. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography* 109: 47-67.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., Ene, E. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available on-line www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html.
- Richards, J. A., Xiuping, J. 2006: Remote sensing digital image analysis. Springer, Berlin.
- Saura, S., Pascual-Hortal, L. 2007: A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape Urban Planning* 83: 91 - 103.
- Shekar, S., Xiong, H. (Eds.) 2008: Encyclopedia of GIS. Springer-Verlag, New York.
- Swetnam, R. D. 2007: Rural land use in England and Wales between 1930 and 1998: Mapping trajectories of change with a high resolution spatio-temporal dataset. *Landscape Urban Planning* 81: 91 – 103.
- Šimová, P., Černý, M., Cienciala, E., Apltauer, J., Kučerová, J., Beranová, J. 2009: Methodology for the classification of aerial photographs within the Czech Terra system of landscape inventory. Ministry of Environment of the Czech Republic. 80 pp. *In Czech*.
- 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 Urban Planning*. 91: 160 – 170.
- Wickham, J. D., Riitters, K. H., Wade, T. G. Coulston, J. W. 2007: Temporal change in forest fragmentation at multiple scales. *Landscape Ecology* 22: 481 – 489.

Figures



Fig. 1: Vectorization of boundaries of the categories used in CzechTerra, carried out independently by two experienced operators (the two versions are shown in full line and in dotted line). The course of the boundaries is very different, especially in the forest. In elements which are easily identified (here, a field margin in agricultural grassland), the course of the boundaries is similar, but sliver polygons would occur in an overlay analysis.

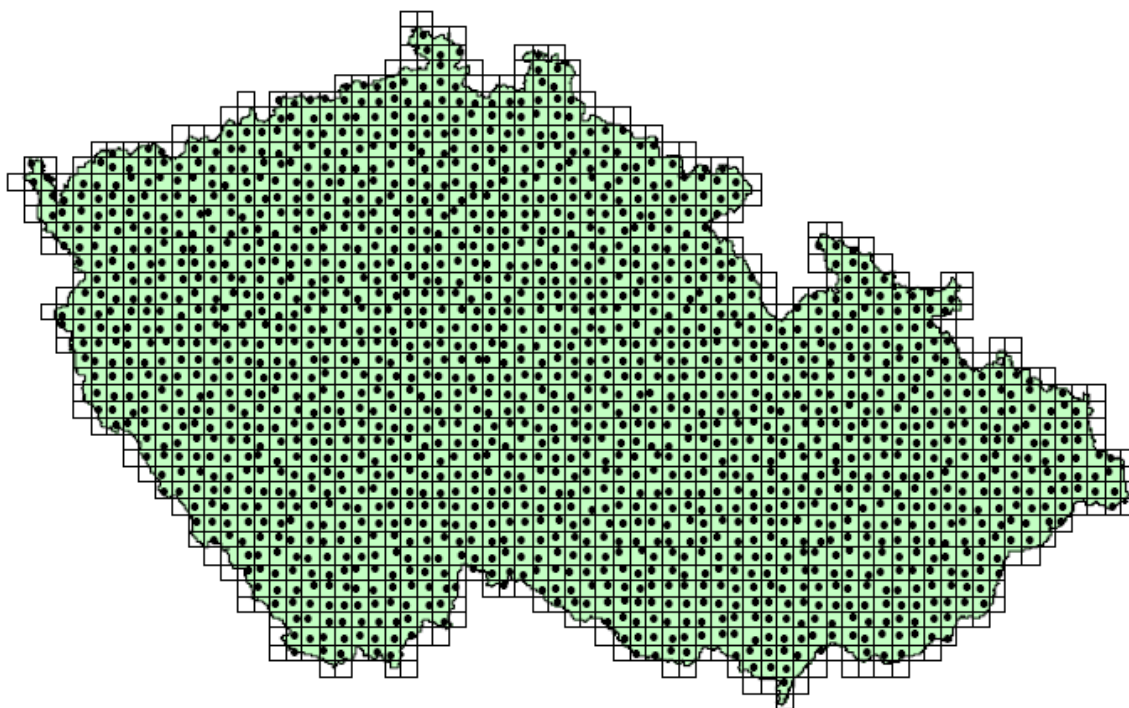


Fig. 2: The coverage of the Czech Republic by evaluated localities



Fig. 3: Basic aerial photograph and a locality with a network of evaluated points.



Fig. 4: Example of a locality with the occurrence of the category Near-natural elements (a tree alley along a road, riparian woody stands along a watercourse and a water body, non-agricultural herbaceous vegetation, a wood) in an agricultural landscape. In the data of Corine Land Cover, these elements disappear due to the assessment scale (the whole locality is assessed as the class Meadows and Pastures). In the Land Register, these elements also disappear, falling under plots in categories Arable land, Watercourse, etc. (the black lines depict plot boundaries). Data source: Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre 2009 (on-line <http://nahliznidokn.cuzk.cz>)

Příloha III

Metodika nakládání s půdními vzorky a jejich zpracování

Výroční zpráva k projektu SP/2d1/93/07 CzechTerra

—

**Adaptace uhlíkových deponií v krajině
v kontextu globální změny**

Pracovní segment 3

Metodika nakládání s půdními vzorky a jejich zpracování

Odpovědný řešitel:
Ing. Martin Černý, CSc.

Zpracovali:
Prof. Ing. Hana Šantrůčková, CSc., Doc. Ing. Emil Cienčila Ph.D.,
Ing. Zuzana Exnerová, Gabriela Kotrbová, Veronika Stupková

IFER - Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o.



Listopad 2009

OBSAH

Metodika zpracování půdních vzorků.....	3
1 Odběr půdních vzorků.....	3
2 Transport vzorků z lesa	3
3 Sušení vzorků.....	4
4 Převoz vzorků do laboratoře	4
5 Analýza vzorků v laboratoři.....	5
5.1 Stanovení objemové hmotnosti půdy (redukované).....	5
5.2 Příprava vzorků k analýzám	5
5.3 Stanovení sušiny.....	5
5.4 Stanovení pH.....	5
5.5 Stanovení celkového obsahu uhlíku (C), dusíku (N) a poměru C/N	6
5.6 Stanovení prostorové heterogenity	6
6 Databáze výsledků.....	6
6.1 Výpočty	7
7 Archivace vzorků a dat	8

Metodika zpracování půdních vzorků

Metodika zpracování půdních vzorků vychází a navazuje na metodiku inventarizace krajiny, která vznikla v rámci projektu CzechTerra. Součástí metodiky inventarizace krajiny je kapitola (kap.10) popisující popis půdních podmínek a odběr půdních vzorků při terénním šetření na inventarizačních lesních plochách a pozemcích s výskytem dřevní vegetace.

Hlavním cílem metodiky zpracování půdních vzorků je popsat postup zpracování půdních vzorků od jejich odběru až po archivaci vzorků a dat. Metodika by se měla stát nástrojem pro potřeby dalšího cyklu šetření.

1 Odběr půdních vzorků

Na všech plochách, respektive subplochách, s uvedenou kategorií pozemku „les“ se provádí půdní vzorkování. Půdní vzorkování se provádí za účelem kvantifikace zásoby uhlíku a dusíku v půdě. Pokud velikost subplochy, které jsou lesem podle obou kategorizací, neumožní alespoň 6 odběrů půdního vzorku sondou, pak se odběry neprovádí, ale popíše se půdní poměry a opad. Odběr půdních vzorků organického horizontu se provede včetně opadu (s výjimkou čerstvě napadaného letošního opadu, což se vztahuje k podzimnímu vzorkování) a minerálního horizontu. Na ploše nebo subploše, která nespadá do kategorie „les“ se odběry neprovádějí.

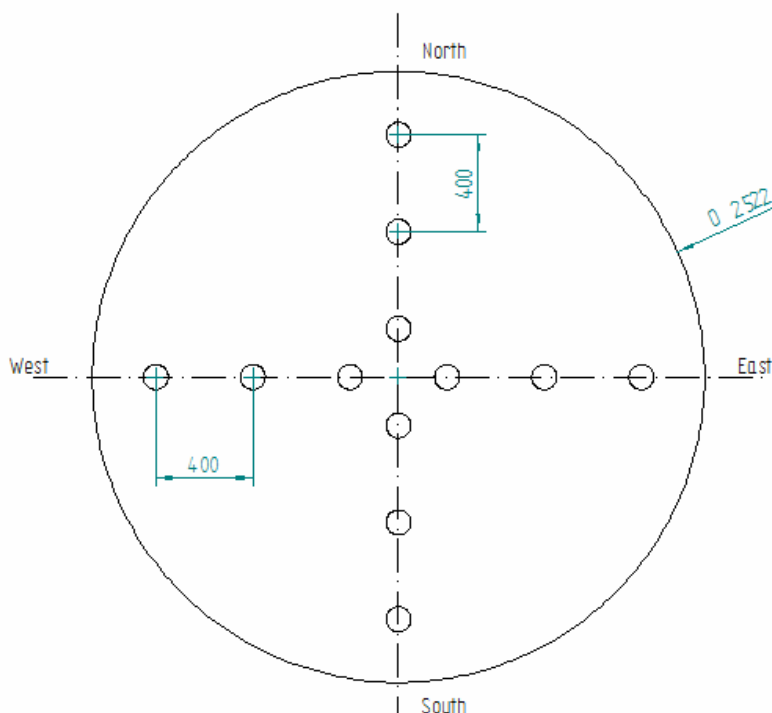
Postup odběru půdního vzorku je následující:

1. Odběry se provádějí pomocí půdní sondy v orientaci hlavních světových stran ve vzdálenostech 2, 6, 10 m od středu plochy na každou světovou stranu (Obr.1). Tzn. odebere se celkem max. 12 vzorků z každé plochy. Každý odebraný vzorek se ukládá do samostatného uzavíratelného plastového sáčku. V případě subplochy, která nespadá do kategorie „les“ se odběr neprovádí.
2. V případě, že se v místě odběru nachází vegetační pokryv (traviny, mechy aj.), je nutné jej před zahájením odběru půdního vzorku odstranit.
3. Odběr se provádí do hloubky 30 cm půdního profilu (na délku celé sondy), pokud to umožní hloubka a skeletovitost půdy. Pokud se nepodaří odebrat půdní vzorek v plné hloubce 30 cm, je nutné na sáček vyznačit skutečnou odebranou hloubku s přesností na ½ cm.

2 Transport vzorků z lesa

Vzorky odebrané v rámci každé plochy nebo subplochy se uloží do společného obalu (plastový pytel), na který se vyznačí číslo plochy (resp. subplochy) a datum odběru. V každém plastovém pytli se nachází 6 – 12 uzavíratelných sáčků s odebranými půdními vzorky. Každý ze sáčků je opatřen štítkem s číslem plochy a označením místa odběru (např. 133 - S10). Pokud se nepodařilo odebrat půdní vzorek v plné hloubce 30 cm, je na sáčku též vyznačena skutečná odebraná hloubka s přesností na 0,5 cm.

Nejpozději do 5 dnů musejí být vzorky dopraveny k dosušení na sběrné místo.



Obr. 1 Schéma rozmístění odběrných míst půdního vzorkování na inventarizační ploše

3 Sušení vzorků

Sáčky s odebranými půdními vzorky jsou dopraveny na sběrné místo (prostory v IFER), kde jsou neprodleně otevřeny a uskladněny v suché a větratelné místnosti. Na začátku sušení jsou jílovité vzorky rozmělněny tak, aby po vyschnutí netvořily tvrdé kompaktní válečky. Vždy je zaznamenáno datum a místo uskladnění vzorků.

Sušení probíhá na vzduchu při pokojové teplotě. V průběhu sušení je třeba vzorky několikrát protřepat, resp. provzdušnit. Doba sušení závisí kromě teploty a vlhkosti okolního prostředí, též na charakteru půdního vzorku, tudíž se může vzorek od vzorku dosti lišit. Vzorky zpravidla vysychají po dobu 6 – 10 týdnů.

4 Převoz vzorků do laboratoře

Vysušené vzorky (s relativní vlhkostí do 10 %) jsou uzavřeny v sáčkích, vloženy opět do příslušných označených plastových pytlů a dopraveny do akreditované laboratoře Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích k dalšímu zpracování.

Při předání vzorků do laboratoře je vždy vyhotoven a podepsán protokol o předání, resp. přijetí, vzorků.

5 Analýza vzorků v laboratoři

5.1 Stanovení objemové hmotnosti půdy (redukované)

Objemová hmotnost udává hmotnost 1 cm³ půdy v jejím přirozeném uložení. Provádí se z každého odebraného vzorku.

Každý dílčí vzorek půdy (max. 12 dílčích vzorků z 1 plochy), který je odebrán půdní sondou o známém průměru do známé hloubky (max. 30 cm), se zváží. Hmotnost se zaznamená do laboratorního protokolu.

5.2 Příprava vzorků k analýzám

Cílem je homogenizovat vzorky a získat frakci < 2 mm (jemná frakce půdy), která se standardně používá k chemickým a fyzikálním analýzám. Vzorky půdy, pokud obsahují hrudky, se rozdrtí a pinzetou se vyberou kořínky, mechy a nerozložené zbytky opadu. Tato část (organický materiál) je zvážena a uložena do samostatného sáčku. Zbylá půda se přeseje přes 2mm síto. Touto procedurou se odstraní ze vzorku kameny a šterk. Materiál, který zůstal na sítu se uloží do sáčku pro případ následné kontroly. Frakce menší než 2mm, která prošla sítím, se zváží a uloží do samostatného sáčku.

Po dokončení této procedury vznikne 12 sáčků s jemnou frakcí (menší než 2 mm) a 12 sáčků s oorganickým materiálem, ze kterých se vytvoří směsné vzorky. Postupně se sesype materiál jemné frakce do jednoho sáčku a organický materiál do druhého sáčku. Dále se pracuje se dvěma směsnými vzorky, které reprezentují jemnozem jedné inventarizační plochy a ze kterých se dělají všechny následné analýzy.

V roce 2009 se u každé 10. plochy provádělo testování heterogenity. V tomto případě se analýzy prováděly z dílčích vzorků a směsný vzorek pro archivaci se vytvořil až po provedení potřebných analýz.

5.3 Stanovení sušiny

Zpracovávaný vzorek půdy v sobě vždy obsahuje neznámé a variabilní množství vody. Pro srovnatelnost výsledků analýz jednotlivých vzorků, které jsou vztaženy na běžně upravený vzorek, je potřeba údaje přepočítat na 1 g suché půdy.

Do hliníkové váženky o známé hmotnosti se naváží 2-3 g vzorku jemné frakce půdy (< 2 mm) nebo 1 g opadového materiálu. Vzorky se suší v sušárně při 105°C po dobu 24 hodin, resp. do konstantní hmotnosti. Sušina se vypočítá z hmotnosti původního vzorku a suchého vzorku (zvážit je nutné i samotnou misku před použitím):

5.4 Stanovení pH

Z půdy se vytvoří suspenze a měří se obsah vodíkových iontů, který je úměrný půdní aciditě. Pokud se půda suspenduje ve vodě, obsah iontů vodíku reprezentuje aktuální kyselost (aciditu), t.j. množství iontů vodíku, které jsou přítomné v půdním roztoku. Pokud se půda suspenduje v roztoku chloridu draselného, dojde k vytěsnění iontů vodíku vázaných výměnnými vazbami na sorpčním půdním komplexu. Takto stanovené pH reprezentuje výměnnou aciditu. Výměnná acidita bývá obvykle o jednotku pH nižší než aktuální acidita.

Stanovení se provádí dvěma způsoby:

- a) s destilovanou vodou
- b) s 1M roztokem chloridu draselného (KCl)

Do dvou 100 ml lahvíček se naváží po 5 g na vzduchu vyschlé půdy. Do první lahvičky se přidá 25 ml destilované vody, do druhé 25 ml 1M roztoku KCl. Vzniklou suspenzi necháme v lahvičkách 2 hodiny řádně protřepat. Hodnotu pH měříme pH-metrem (WTW Multi 340i; skleněná elektroda) tak, aby elektroda byla pokud možno v kontaktu se zeminou, nikoli s roztokem nad ní. Je třeba vyčkat do ustálení měřené hodnoty (minuty).

Změřené hodnoty pH jednotlivých vzorků se zaznamenají do laboratorního protokolu.

5.5 Stanovení celkového obsahu uhlíku (C), dusíku (N) a poměru C/N

Obsah celkového C a N charakterizuje množství, a i orientačně kvalitu organické hmoty v půdě. Půdy s vysokým obsahem karbonátů se před stanovením musí ošetřit kyselinou chlorovodíkovou, protože uhlík obsažený v uhličitanech by nadhodnotil stanovení organického C. Kyselina chlorovodíková reaguje s přítomnými uhličitanými za vzniku oxidu uhličitého, který unikne do atmosféry.

C a N se stanovuje na elementárním analyzátoru (ThermoQuest Itálie). Půda se spálí za přítomnosti katalyzátoru a uvolněný oxid uhličitý a oxidy dusíku jsou odděleny na chromatografické koloně a jejich koncentrace stanovena na teplotně vodivostním detektoru.

Vzorky suché půdy a organického materiálu se zhomogenizují na kulovém mlýnu. Do cínové kapsle se naváží se 5-7 mg zhomogenizovaného vzorku, kapsle se zabalí tak, aby obsahovala co nejméně vzduchu a použije k vlastní analýze. Obsah C se vyjadřuje nejčastěji v hmotnostních %, která se zadávají do laboratorního protokolu a provádí se z nich výpočet poměru C/N.

Analýza vzorků s obsahem karbonátů: homogenizovaná půda se naváží do stříbrné kapsle a otevřená kapsle se dá do mikrotitrační destičky a půda v kapsli je ovlčena přibližně na polní vodní kapacitu. Mikrotitrační destička se poté umístí do exsikátoru, kde je kádinka s koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou (12M). Uhličitan se uvolní ve formě oxidu uhličitého během 6-8 hodin. Poté jsou vzorky vysušeny při teplotě 60°C, kapsle těsně zabaleny a použity k analýze.

5.6 Stanovení prostorové heterogenity

Prostorová heterogenita dává informaci o variabilitě sledovaného parametru v rámci studované lokality (odběrového místa). Umožní odhad přesnosti stanovení a výpovědní hodnotu dat. Dalším cílem tohoto stanovení bylo zjistit závislost mezi objemovou hmotností a obsahem C (N) v půdě.

Určení heterogenity půdních vzorků se provádělo v roce 2009 ve vzorcích z každé 10. náhodně vybrané lokality. Pokud byla testována prostorová heterogenita, vzorky z jednotlivých sond byly zpracovány samostatně a směsný vzorek byl vytvořen až pro archivaci. Naměřené hodnoty se zaznamenají do laboratorního protokolu.

6 Databáze výsledků

Databáze výsledků obsahuje vstupní data, naměřené údaje a vypočtené hodnoty (objemová hmotnost vzorku, podíl C/N, aj.)

Přehled dat	Označení dat	Jednotka
Číslo plochy	ID_plot	n
Číslo vzorku podle umístění na ploše	ID_core	n
Hloubka vzorku	Depth_cm	cm
Celková hmotnost	Total_weight_g	g
Hmotnost organické hmoty a váženky	CoarseOM_g	g

Přehled dat	Označení dat	Jednotka
Hmotnost váženky	Pot1_weight_g	g
Hmotnost organické hmoty (OH)	Weight_OM_g	g
Hmotnost jemné frakce a váženky	FineFr_pot_g	g
Hmotnost váženky	Pot2_weight_g	g
Hmotnost jemné frakce (<2 mm)	FineFr_2mm_g	g
Objemová hmotnost	BD_g_cm3	g/cm ³
Podíl jemné frakce v půdě	FineFr_rel_%	%
pH voda	pH_H2O	-
pH KCl	pH_KCl	-
Hmotnost frakce před vysušením	m frakce před vysušením	g
Hmotnost váženky	m váženky	g
Hmotnost frakce+váženka po vysušení	m frakce+váženka po vysušení	g
Hmotnost vysušené půdy	m vysušené půdy	g
Sušina	DryWeightFineFr_g_g	g/g
Hmotnost organické hmoty před vysušením	m OH před vysušením	g
Hmotnost váženky	m váženky	g
Hmotnost organické hmoty a váženky po vysušení	m OH +važ po vysušení	g
Hmotnost vysušené půdy	m vysušené půdy	g
Sušina organické hmoty	DryWeightOM_g_g	g/g
Obsah uhlíku ve vzorku v %	C (%)	%
Obsah dusíku ve vzorku v %	N (%)	%
Poměr uhlíku a dusíku (C/N)	C/N	-
Obsah uhlíku v organické hmotě	C_OM_%	%
Zásoba C v půdě	C_kg_m2	kg/m ²
Zásoba N v půdě	N_kg_m2	kg/m ²
Zásoba uhlíku v organické hmotě	C_COM_kg_m2	kg/m ²

6.1 Výpočty

Pro výpočty řady parametrů v databázi jsou využívány následující vztahy a rovnice:

$$\text{Sušina} = 1 - [(m_1 - m_2) / m_1] \quad (1)$$

kde m_1 je hmotnost vzorku před vysušením a m_2 hmotnost vzorku po vysušení. Sušina se udává v procentech (%), hmotnosti v gramech (g).

$$\text{BD} = m_{\text{suš}} * \text{sušina} / H * \pi r^2 \quad (2)$$

kde BD je objemová hmotnost vzorku půdy (g/cm³), $m_{\text{suš}}$ je hmotnost suché půdy (g), sušina z rovnice (1) v %, H je hloubka odebraného vzorku (cm) a r je poloměr hlavice sondy (r = 1,25 cm).

$$\text{FineFr} = m_{\text{frakce}} / m_{\text{suš}} \quad (3)$$

kde FineFr je podíl jemné frakce ve vzorku (%), m_{frakce} je hmotnost frakce menší než 2 mm (g) a $m_{\text{suš}}$ je hmotnost suché půdy (g).

$$\text{C/N} = C_{\text{ox}} (\%) / N (\%) \quad (4)$$

Poměr C/N se vypočte z naměřených hodnot obsahu uhlíku (C_{ox} v %) a obsahu dusíku (N_{ob} v %).

$$C = C_{\text{ox}} * BD * \text{FineFr} * H \quad (5)$$

kde C je zásoba uhlíku (kg/m^2), C_{ox} je koncentrace uhlíku ve vzorku (%), BD je objemová hmotnost vzorku půdy (g/cm^3), FineFr je podíl jemné frakce (%), H je hloubka odebraného vzorku (cm).

$$N = N_{\text{ob}} * BD * \text{FineFr} * H \quad (6)$$

kde N je zásoba uhlíku (kg/m^2), N_{ob} je koncentrace dusíku ve vzorku (%), BD je objemová hmotnost vzorku půdy (g/cm^3), FineFr je podíl jemné frakce (%), H je hloubka odebraného vzorku (cm).

7 Archivace vzorků a dat

Pro potřeby opakovaného či kontrolního měření se veškerý zpracovaný materiál archivuje po celou dobu trvání projektu. Zbylý půdní materiál je po zpracování odvezen z laboratoře do IFERu, kde je skladován na suchém místě. Část směsného vzorku (cca 100 ml) je uskladněna v označených polyetylenových (PE) uzavíratelných nádobkách v laboratoři JČU pro případné kontrolní měření.

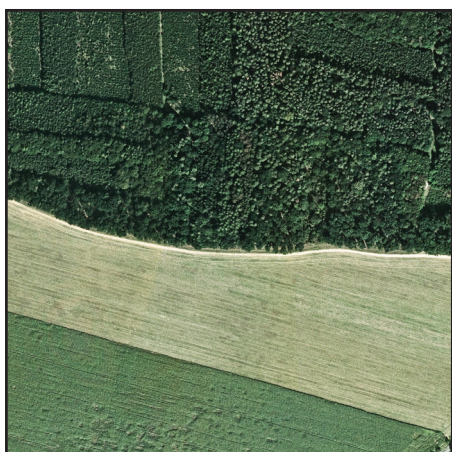
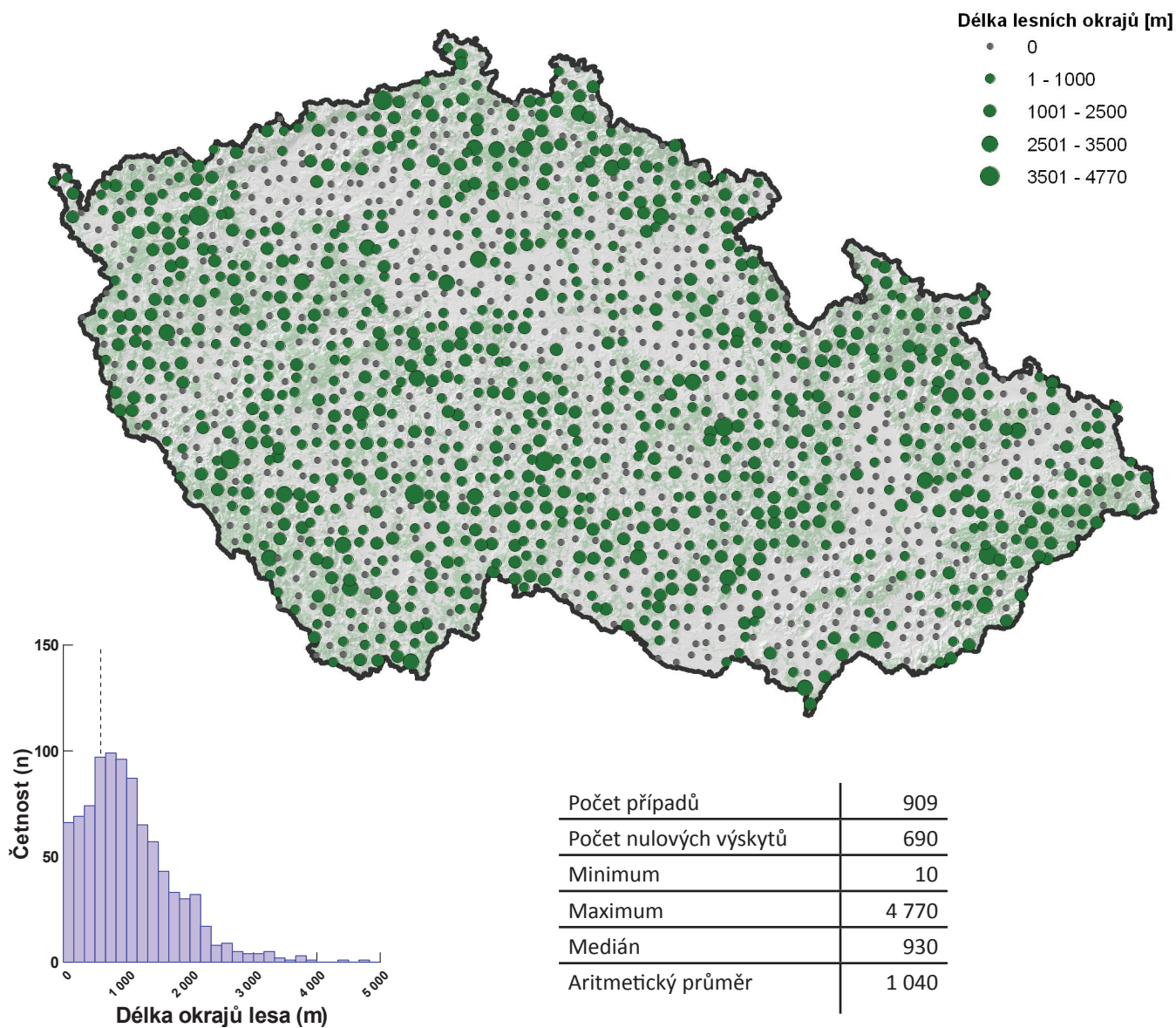
Veškerá naměřená a zaznamenaná data a výsledky analýz jsou archivovány na pracovišti IFER.

Příloha IV

Krajinné metriky kvantifikované na základě vyhodnocených leteckých snímků

Délka okrajů lesa

Délka okrajů lesa byla spočtena jako součet rozdílů souřadnic středů okrajových buněk rastru územní kategorie les. Do okrajů lesa nebyly započteny okrajové buňky, které se nachází na hranicích lokality.



Snímek č. 418 s délkou lesního okraje 550 m



Snímek č. 462 s délkou lesního okraje 1340 m



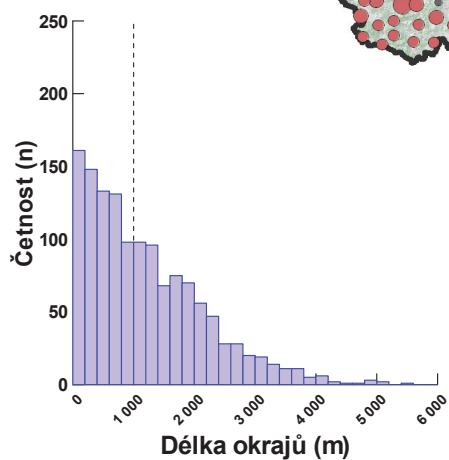
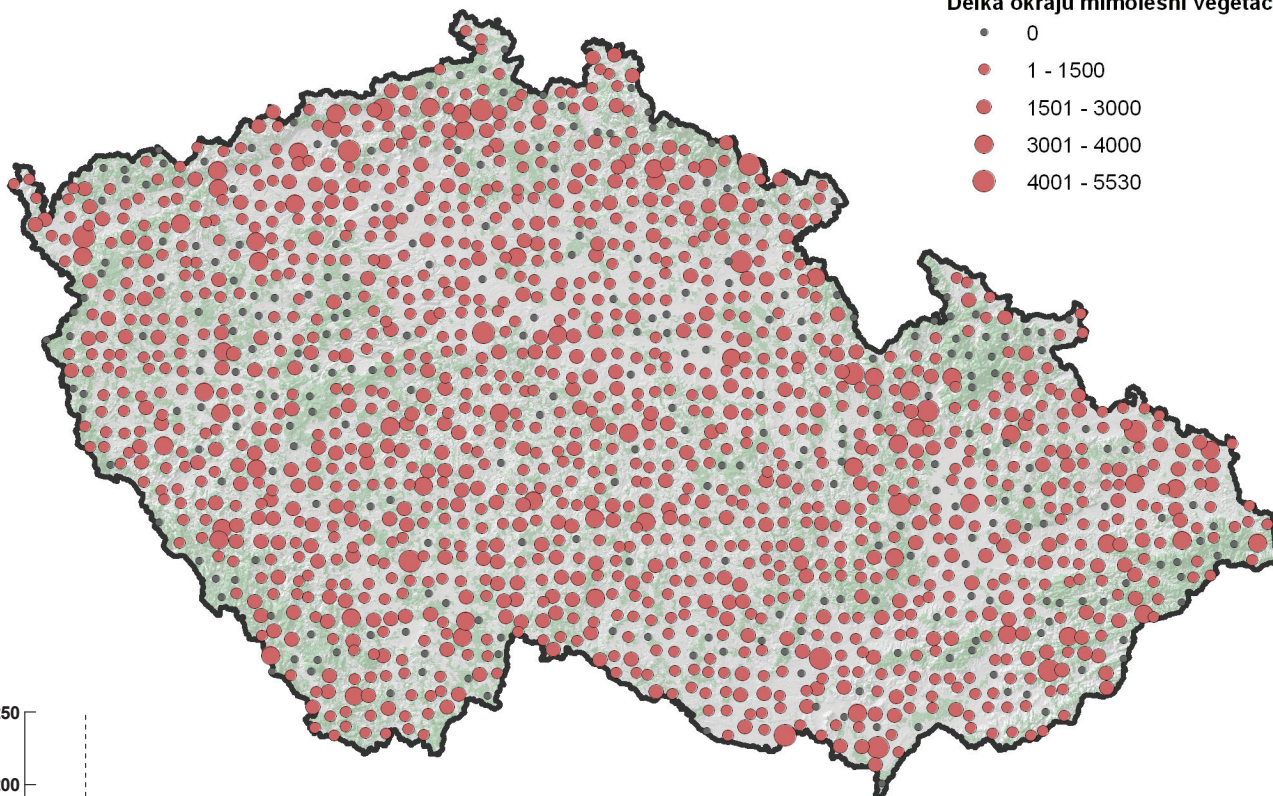
Snímek č. 79 s délkou lesního okraje 2000 m

Délka okrajů územní kategorie zeleň mimo les

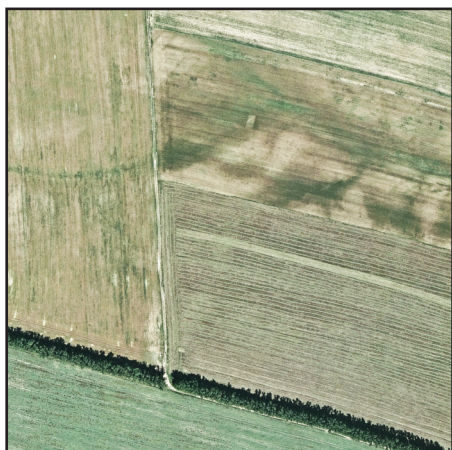
Délka okrajů územní kategorie zeleň mimo les byla spočtena jako součet rozdílů souřadnic středů okrajových buněk rastru této územní kategorie. Do okrajů nebyly započteny okrajové buňky, která se nachází na hranicích lokality.

Délka okrajů mimolesní vegetace [m]

- 0
- 1 - 1500
- 1501 - 3000
- 3001 - 4000
- 4001 - 5530



Počet případů	1 333
Počet nulových výskytů	266
Minimum	10
Maximum	5 530
Medián	970
Aritmetický průměr	1 199



Snímek č. 1182 s délkou okraje mimolesní vegetace 1 030 m



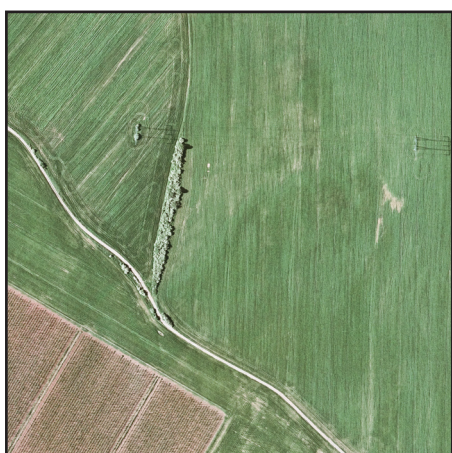
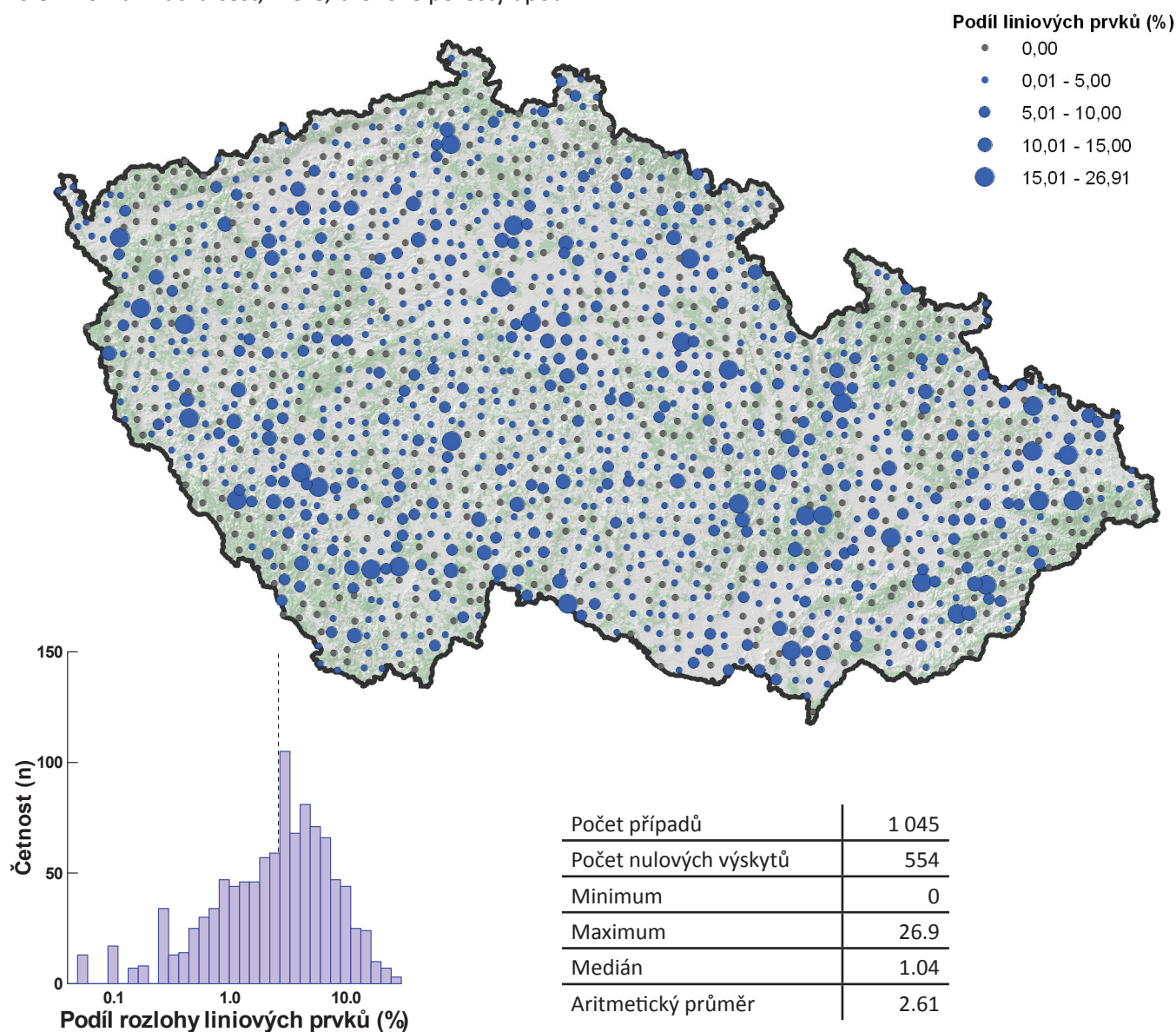
Snímek č. 27 s délkou okraje mimolesní vegetace 2 200 m



Snímek č. 173 s délkou okraje mimolesní vegetace 3 110 m

Podíl rozlohy liniových prvků přírodního charakteru

Z údajů o výskytu územních kategorií byl pro jednotlivé lokality spočten procentní podíl, který zaujímá územní kategorie: „zeleň mimo les, liniový prvek“. Do této územní kategorie patří stromořadí, porosty a zatravněné plochy kolem komunikací a cest, meze, břehové porosty apod.



Snímek č. 281 s podílem lineárních prvků 2 %



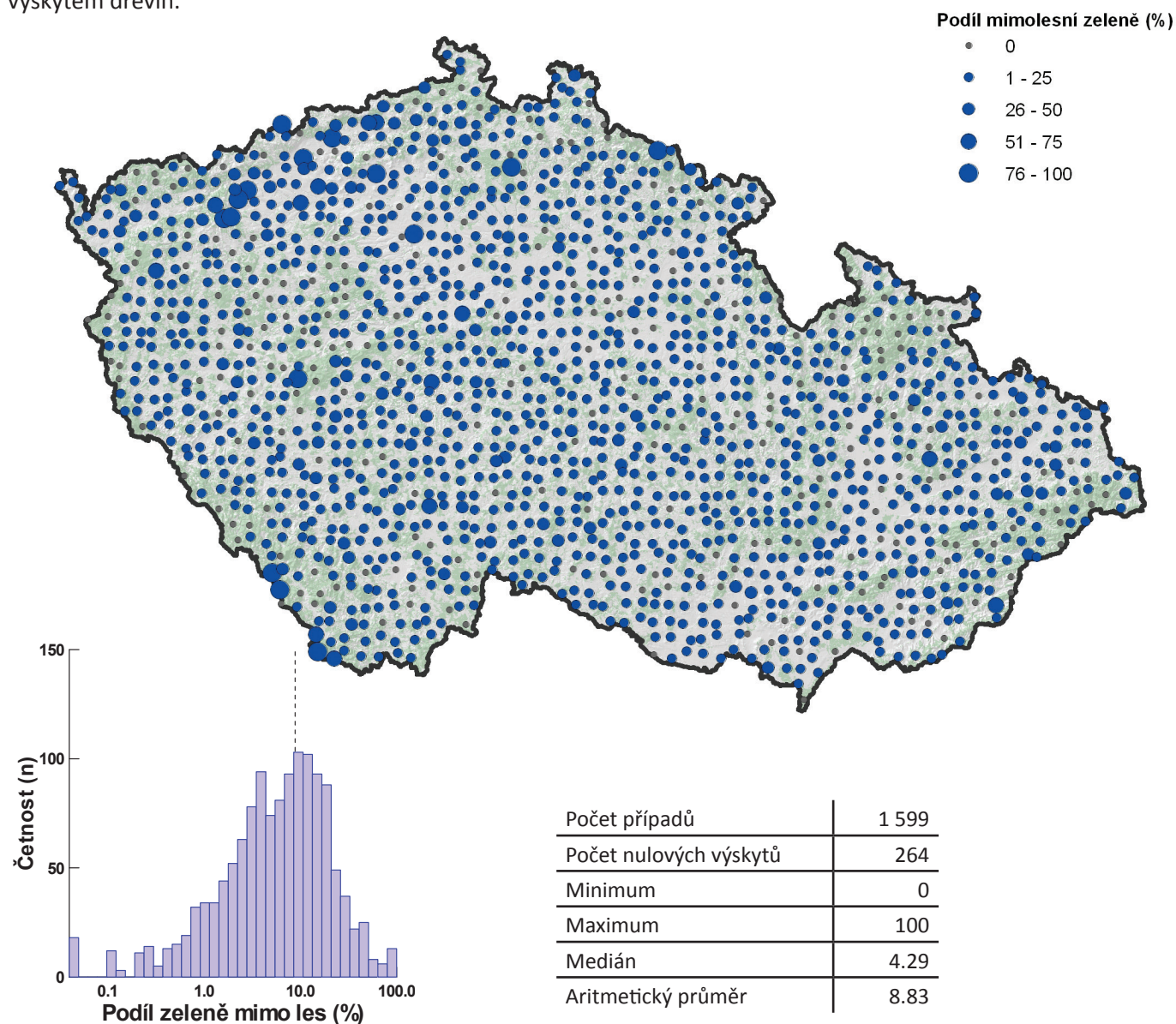
Snímek č. 385 s podílem lineárních prvků 11 %



Snímek č. 595 s podílem lineárních prvků 19 %

Podíl rozlohy zeleně rostoucí mimo les

Z údajů o výskytu územních kategorií byl pro jednotlivé lokality spočten procentní podíl územních kategorií typu: zeleň mimo les s výskytem stromů nebo s výskytem keřových porostů, travní lada a travní lada s pomístným výskytem dřevin.



Snímek č. 222 s podílem mimolesní zeleně 4 %



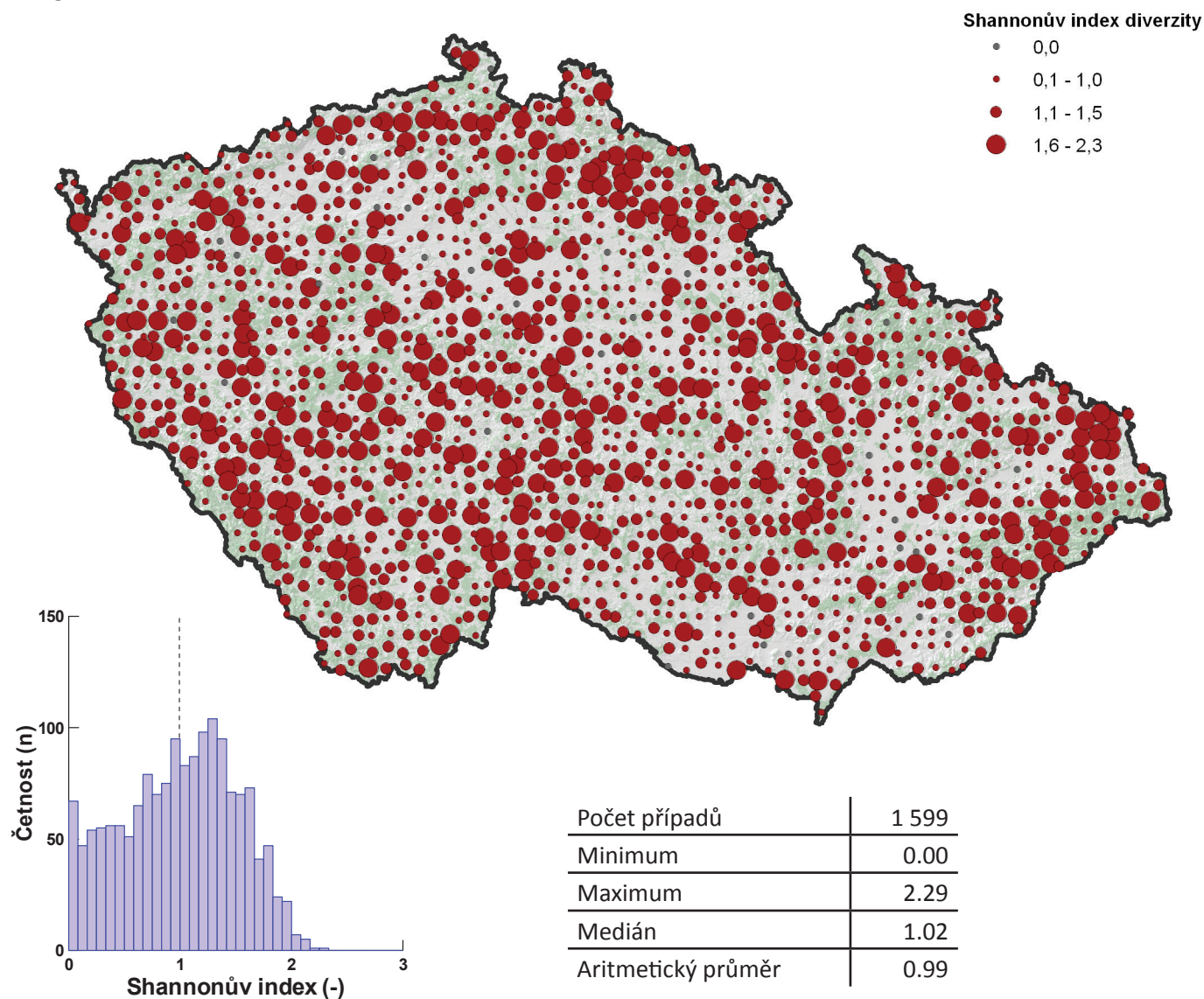
Snímek č. 1051 s podílem mimolesní zeleně 15 %



Snímek č. 170 s podílem mimolesní zeleně 80 %

Shannonův index diverzity

$H' = -\sum P_i * \ln P_i$ (kde P_i je podíl, kterým jeden typ pokryvu „i“ přispívá k celkovému pokryvu)
 Index hodnotí uspořádanost společenstva. Maximální hodnoty indexu je dosaženo v případě, že všechny typy pokryvu nacházející se na ploše mají vyrovnané rozlohy. Hodnota indexu stoupá se zvyšujícím se počtem územních kategorií na lokalitě.



Snímek č. 1528 s hodnotou indexu diverzity 0.09



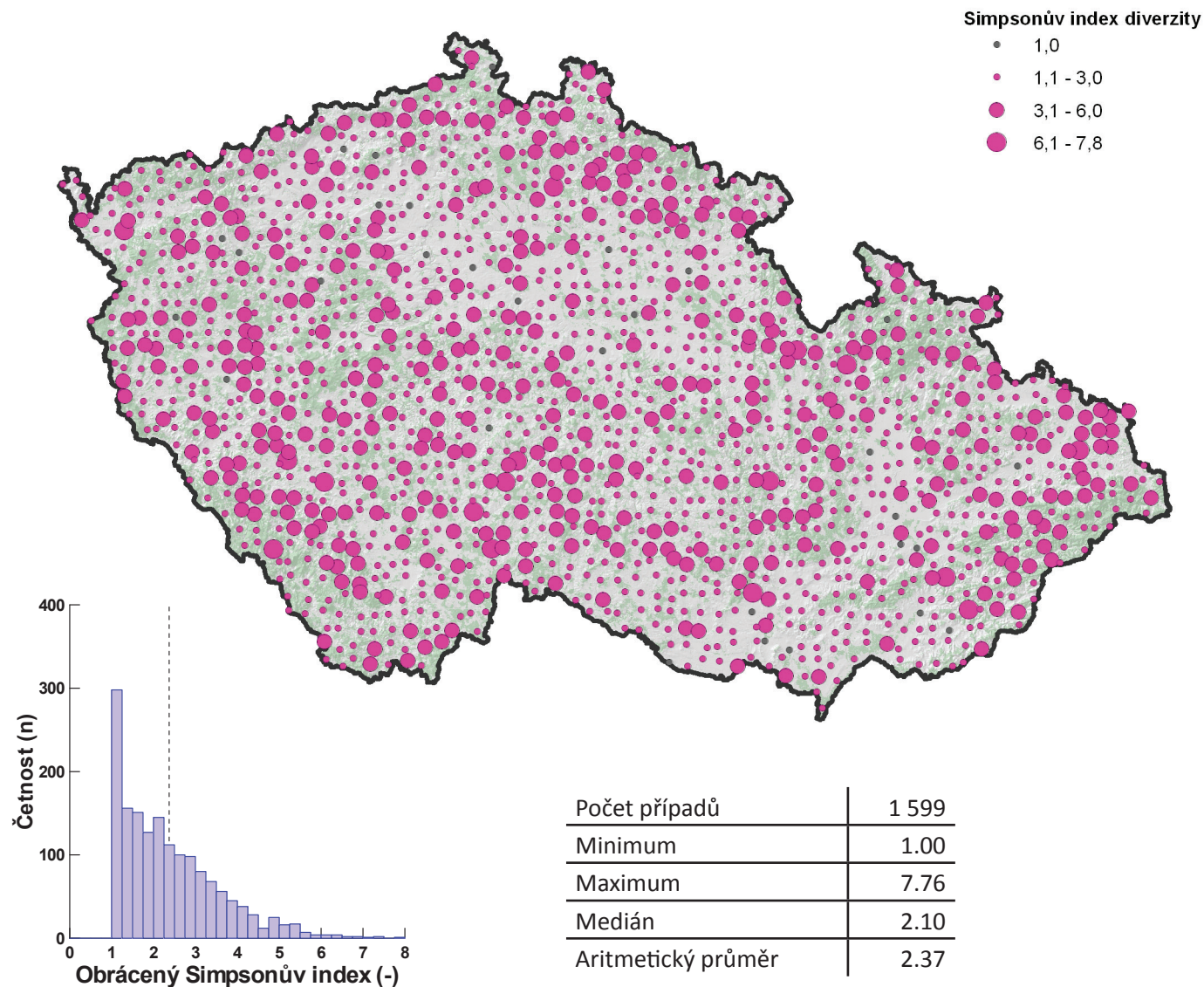
Snímek č. 1371 s hodnotou indexu diverzity 1.26



Snímek č. 1581 s hodnotou indexu diverzity 1.62

Obrácený Simsonův index diverzity

$1/S = 1/m \sum p_i^2$ (p_i je podíl plochy, kterou zaujímá územní kategorie "i" a „m“ je celkový počet kategorií na lokalitě). Index je měřítkem pravděpodobnosti nalezení dvou bodů stejné územní kategorie při náhodném výběru dvou bodů z celého souboru. Hodnota indexu se zvětšuje při zvyšujícím se počtu územních kategorií s vyrovnanou rozlohou.



Snímek č. 1528 s hodnotou indexu diverzity 1.03



Snímek č. 1371 s hodnotou indexu diverzity 2.11



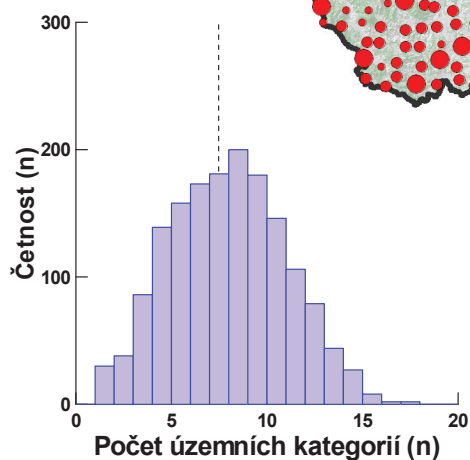
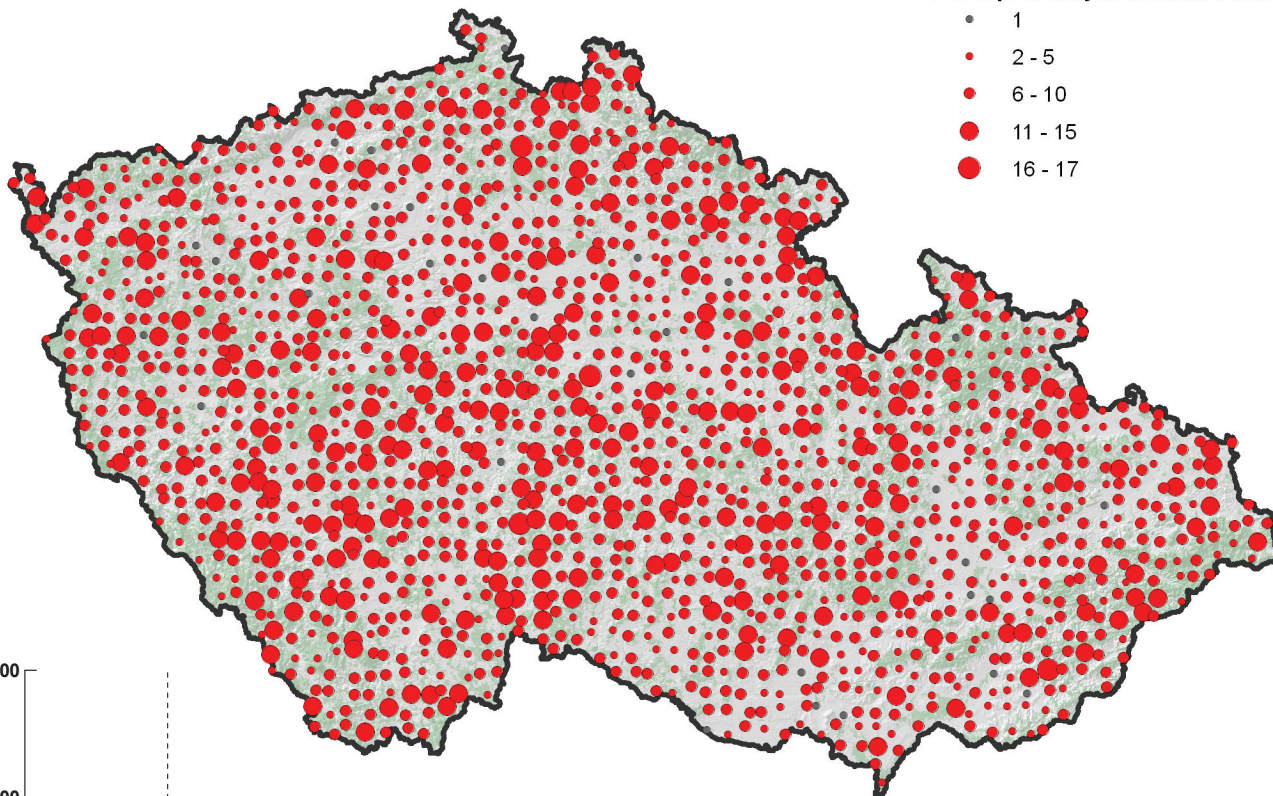
Snímek č. 1581 s hodnotou indexu diverzity 6.06

Počet územních kategorií

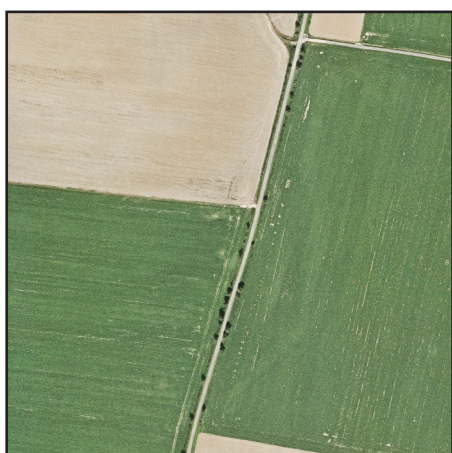
Významnou vlastností krajiny je počet typů pokryvu/územních kategorií, které se nachází na vymezeném území (lokalitě). Při klasifikaci se rozlišovalo 5 základních typů pokryvu území (les, zemědělská půda, zeleň mimo les, zástavba, ostatní) a 31 územních kategorií (např. listnaté porosty, travní lada, dopravní infrastruktura, venkovská a městská zástavba atd.).

Počet podrobných územních kategorií

- 1
- 2 - 5
- 6 - 10
- 11 - 15
- 16 - 17



Počet případů	1 599
Minimum	1
Maximum	17
Medián	7.00
Aritmetický průměr	7.47



Snímek č. 1511 se zastoupením 4 územních kategorií



Snímek č. 1118 se zastoupením 13 územních kategorií



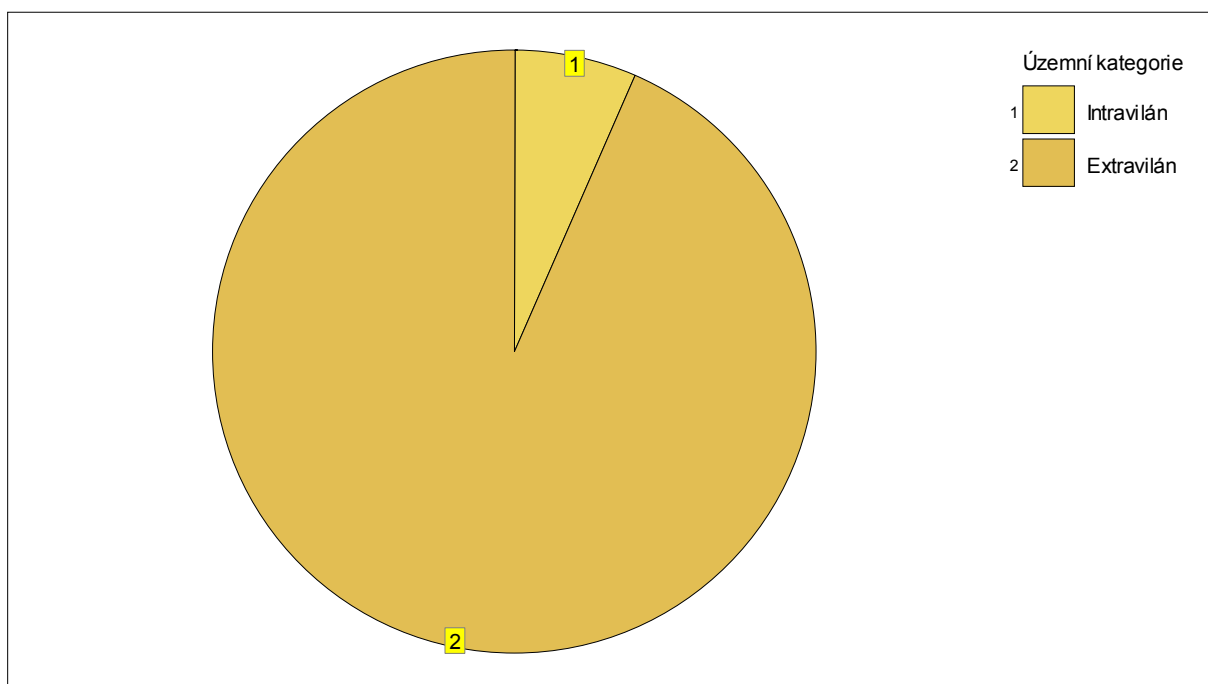
Snímek č. 806 se zastoupením 17 územních kategorií

Příloha V

Statistické zpracování skupiny úloh k rozlohám územních kategorií

Rozloha zastavěných částí obcí (intravilán) a volné krajiny (extravilán)

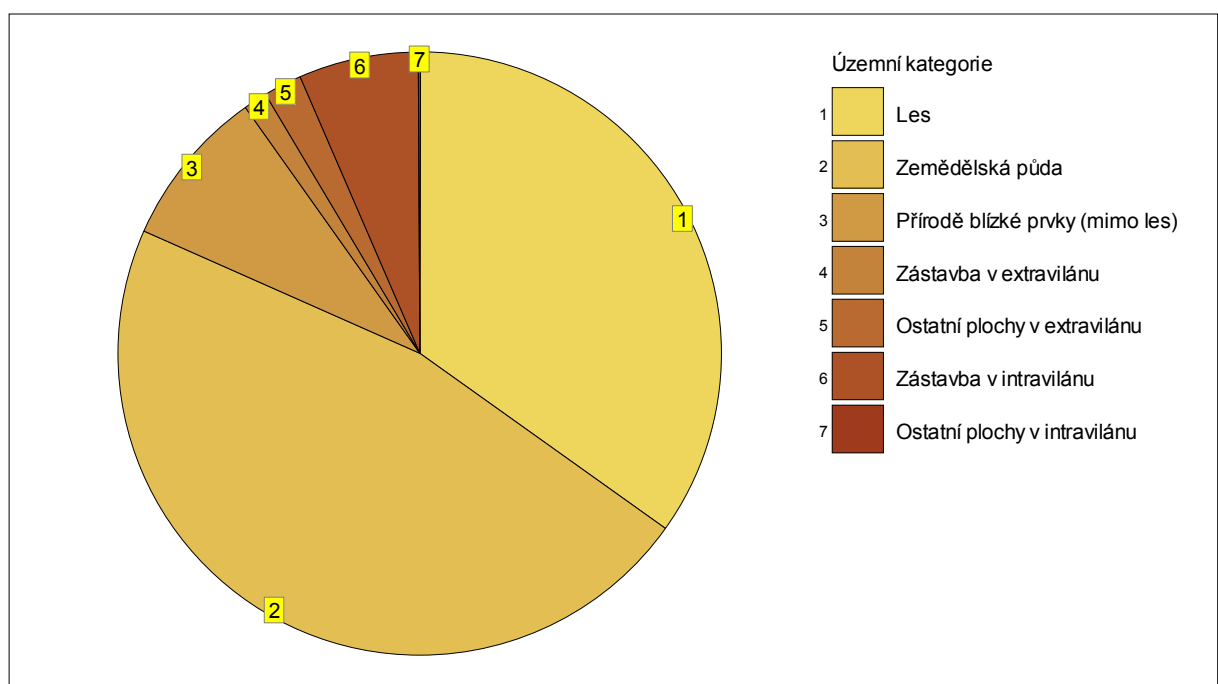
Územní kategorie	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
Intravilán	512 240	(443 880 – 580 601)	6.5
Extravilán	7 374 279	(7 305 918 – 7 442 639)	93.5
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha zastavěných částí obcí (intravilán) a volné krajiny (extravilán)

Rozloha podle územních kategorií

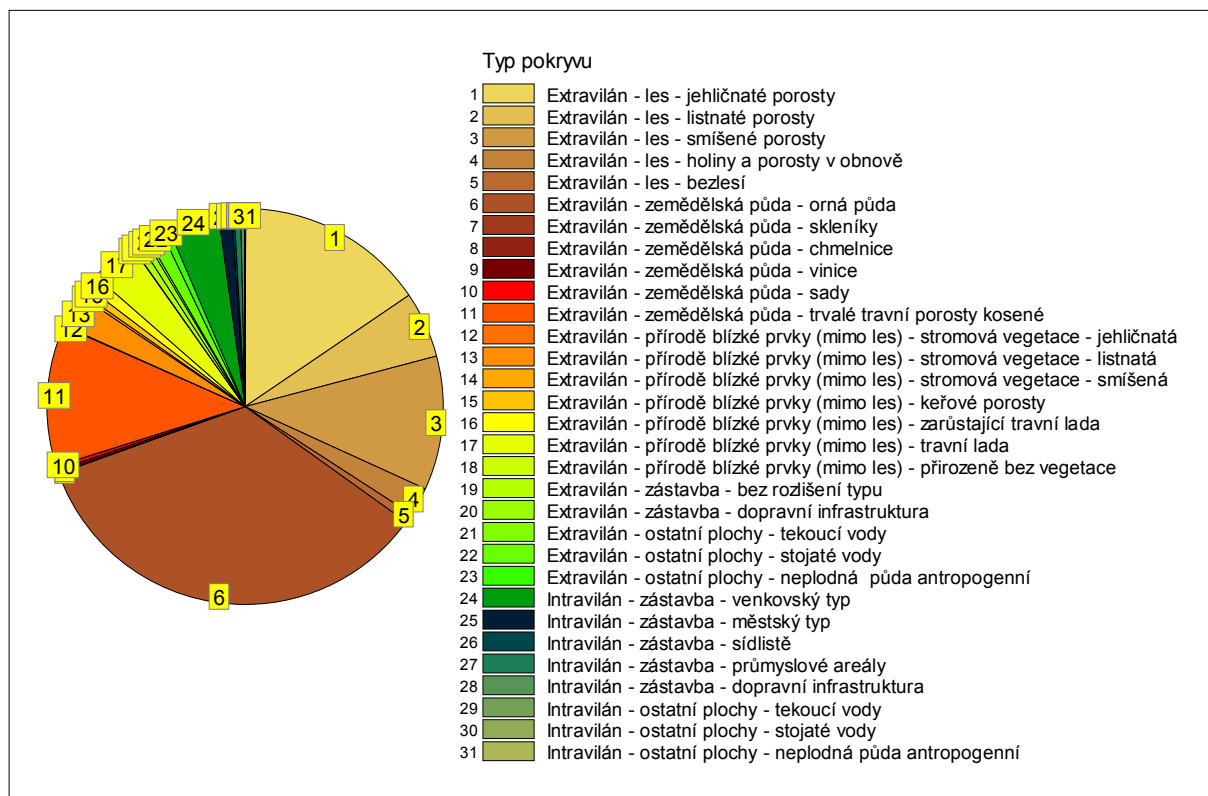
Územní kategorie	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
Les	2 748 592	(2 596 805 – 2 900 380)	34.9
Zemědělská půda	3 691 424	(3 549 764 – 3 833 083)	46.7
Přírodě blízké prvky (mimo les)	672 508	(622 761 – 722 254)	8.5
Zástavba v extravilánu	99 318	(85 906 – 112 730)	1.3
Ostatní plochy v extravilánu	162 437	(123 084 – 201 790)	2.1
Zástavba v intravilánu	504 164	(436 928 – 571 399)	6.4
Ostatní plochy v intravilánu	8 077	(3 843 – 12 310)	0.1
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha podle územních kategorií

Rozloha podle typů pokryvu

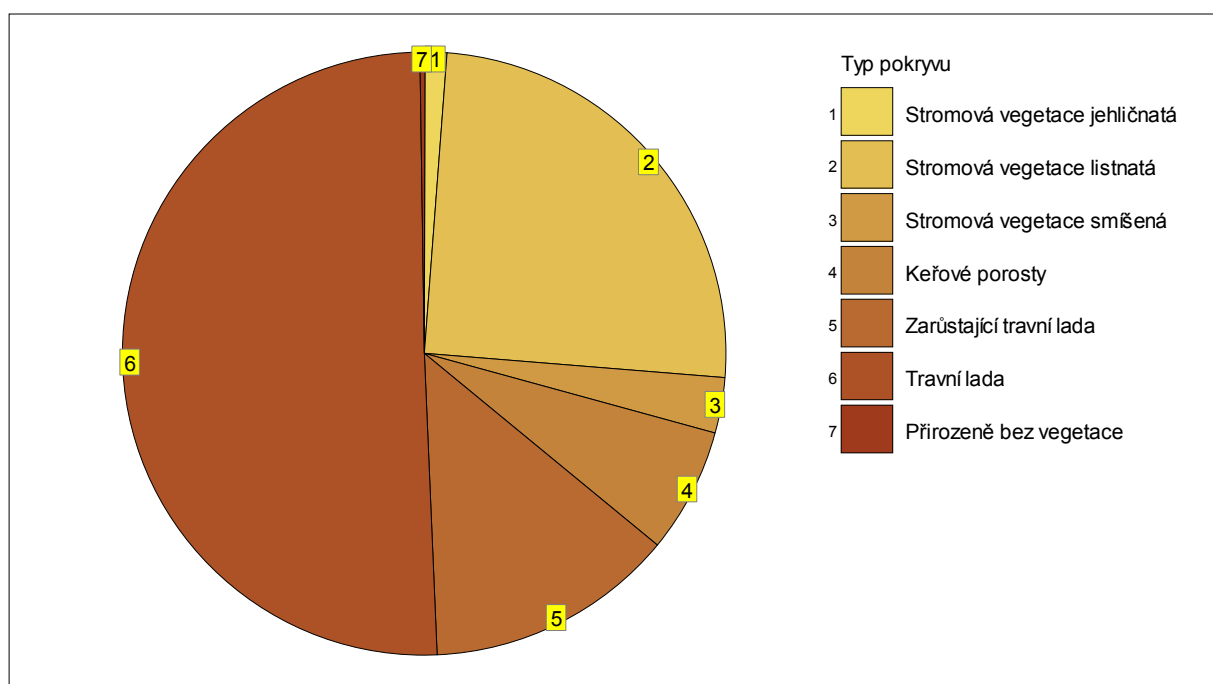
Typ pokryvu	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
Extravilán - les - jehličnaté porosty	1 215 108	(1 114 604 – 1 315 613)	15.4
Extravilán - les - listnaté porosty	430 313	(380 658 – 479 968)	5.5
Extravilán - les - smíšené porosty	863 997	(791 535 – 936 459)	11.0
Extravilán - les - holiny a porosty v obnově	183 342	(162 217 – 204 468)	2.3
Extravilán - les - bezlesí	55 832	(49 080 – 62 585)	0.7
Extravilán - zemědělská půda - orná půda	2 739 298	(2 597 467 – 2 881 130)	34.6
Extravilán - zemědělská půda - skleníky	170	(0 – 471)	0.002
Extravilán - zemědělská půda - chmelnice	3 622	(0 – 7 695)	0.05
Extravilán - zemědělská půda - vinice	19 371	(5 682 – 33 059)	0.2
Extravilán - zemědělská půda - sady	28 241	(14 593 – 41 889)	0.4
Extravilán - zemědělská půda - trvalé travní porosty kosené	900 721	(823 963 – 977 479)	11.4
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - stromová vegetace - jehličnatá	6 165	(3 102 – 9 228)	0.08
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - stromová vegetace - listnatá	215 712	(197 464 – 233 960)	2.7
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - stromová vegetace - smíšená	17 734	(13 050 – 22 418)	0.2
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - keřové porosty	50 970	(41 412 – 60 529)	0.6
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - zarůstající travní lada	83 567	(71 304 – 95 829)	1.1
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - travní lada	297 021	(268 637 – 325 404)	3.8
Extravilán - přírodě blízké prvky (mimo les) - přirozeně bez vegetace	1 340	(32 – 2 648)	0.02
Extravilán - zástavba - bez rozlišení typu	54 743	(43 109 – 66 378)	0.7
Extravilán - zástavba - dopravní infrastruktura	44 575	(39 731 – 49 418)	0.6
Extravilán - ostatní plochy - tekoucí vody	12 950	(5 998 – 19 902)	0.2
Extravilán - ostatní plochy - stojaté vody	96 765	(66 310 – 127 220)	1.2
Extravilán - ostatní plochy - neplodná půda antropogenní	52 722	(28 797 – 76 647)	0.7
Intravilán - zástavba - venkovský typ	335 479	(287 534 – 383 424)	4.3
Intravilán - zástavba - městský typ	88 250	(53 951 – 122 549)	1.1
Intravilán - zástavba - sídliště	10 858	(301 – 21 416)	0.1
Intravilán - zástavba - průmyslové areály	43 578	(22 374 – 64 782)	0.6
Intravilán - zástavba - dopravní infrastruktura	25 998	(19 931 – 32 064)	0.3
Intravilán - ostatní plochy - tekoucí vody	933	(108 – 1 757)	0.01
Intravilán - ostatní plochy - stojaté vody	2 085	(733 – 3 437)	0.03
Intravilán - ostatní plochy - neplodná půda antropogenní	5 059	(1 241 – 8 876)	0.06
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha podle typů pokryvu

Rozloha přírodě blízkých plošných prvků (mimo les) podle typů pokryvu

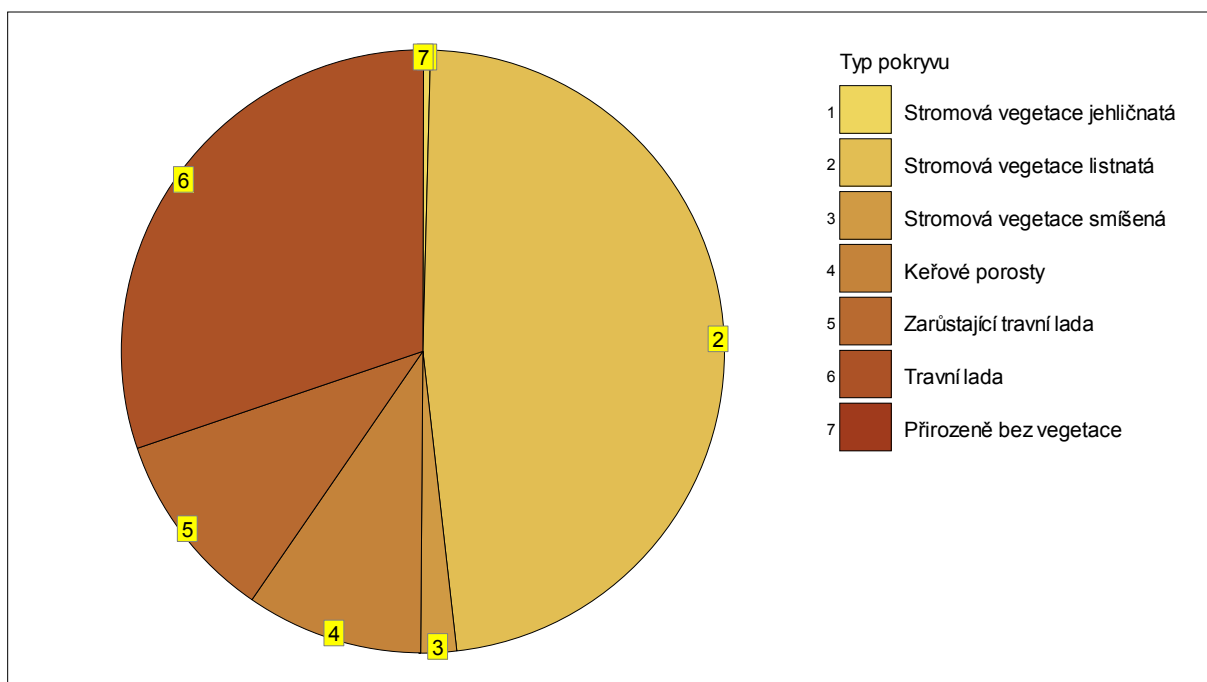
Typ pokryvu	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
Stromová vegetace jehličnatá	5 402	(2 464 – 8 341)	1.2
Stromová vegetace listnatá	117 083	(102 780 – 131 386)	25.1
Stromová vegetace smíšená	13 822	(9 473 – 18 171)	3.0
Keřové porosty	31 437	(22 493 – 40 381)	6.7
Zarůstající travní lada	62 569	(50 807 – 74 331)	13.4
Travní lada	234 910	(207 026 – 262 793)	50.3
Přirozeně bez vegetace	1 337	(29 – 2 645)	0.3
Celkem	466 560	(420 179 – 512 941)	100.0



Rozloha přírodě blízkých plošných prvků (mimo les) podle typů pokryvu

Rozloha přírodě blízkých liniových prvků (mimo les) podle typů pokryvu

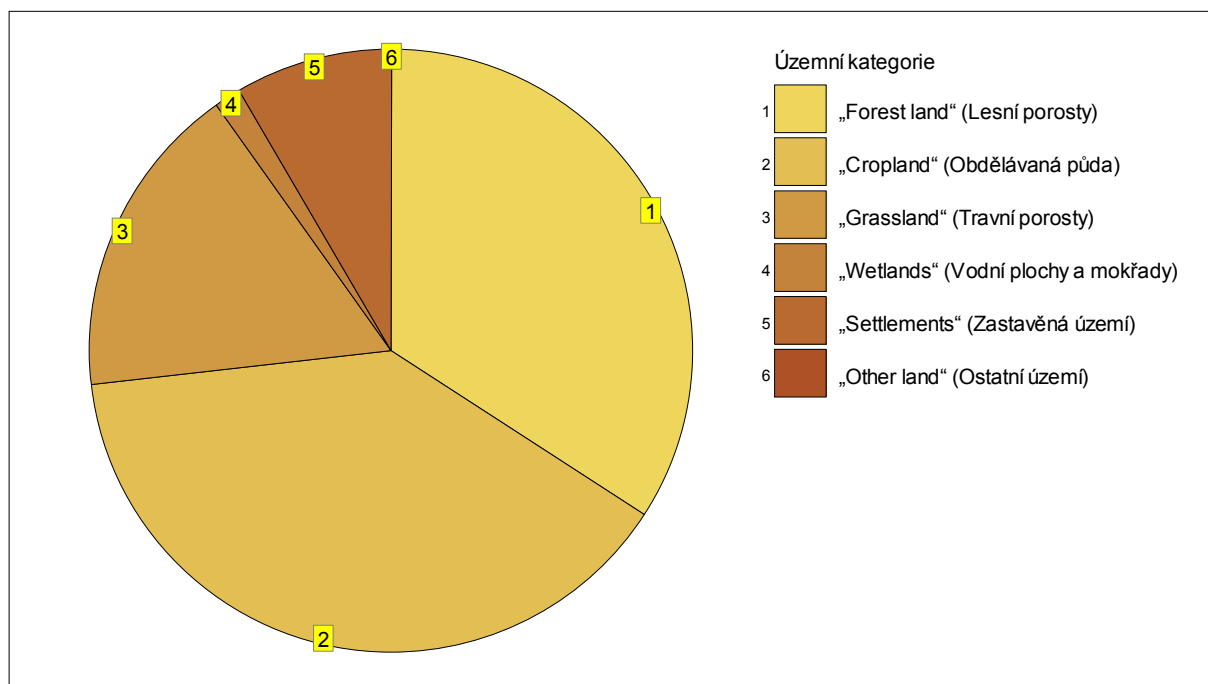
Typ pokryvu	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
Stromová vegetace jehličnatá	762	(180 – 1 345)	0.4
Stromová vegetace listnatá	98 629	(88 929 – 108 328)	47.8
Stromová vegetace smíšená	3 912	(2 627 – 5 196)	1.9
Keřové porosty	19 534	(17 206 – 21 862)	9.5
Zarůstající travní lada	20 998	(18 272 – 23 723)	10.2
Travní lada	62 111	(56 959 – 67 263)	30.2
Přirozeně bez vegetace	2	(0 – 7)	0.001
Celkem	205 947	(191 254 – 220 641)	100.0



Rozloha přírodě blízkých liniových prvků (mimo les) podle typů pokryvu

Rozloha podle územních kategorií IPCC

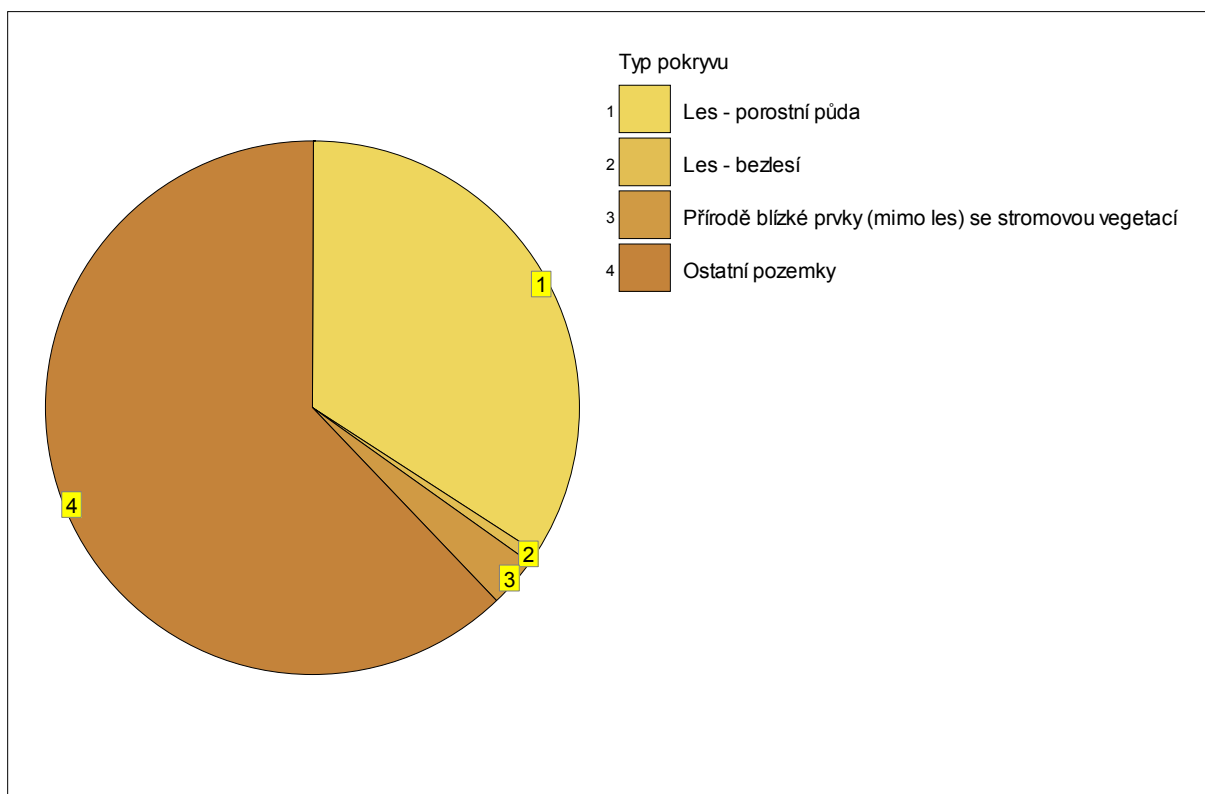
Územní kategorie	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
„Forest land“ (Lesní porosty)	2 692 760	(2 543 527 – 2 841 993)	34.1
„Cropland“ (Obdělávaná půda)	3 082 647	(2 939 844 – 3 225 449)	39.2
„Grassland“ (Travní porosty)	1 334 230	(1 248 557 – 1 419 903)	16.9
„Wetlands“ (Vodní plochy a mokřady)	113 720	(82 506 – 144 933)	1.4
„Settlements“ (Zastavěná území)	661 813	(588 884 – 734 742)	8.4
„Other land“ (Ostatní území)	1 349	(41 – 2 658)	0.02
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha podle územních kategorií IPCC

Rozloha agregovaných typů pokryvu "Les" a "Přírodě blízké prvky mimo les se stromovou vegetací" podle definice CZECHTERRA

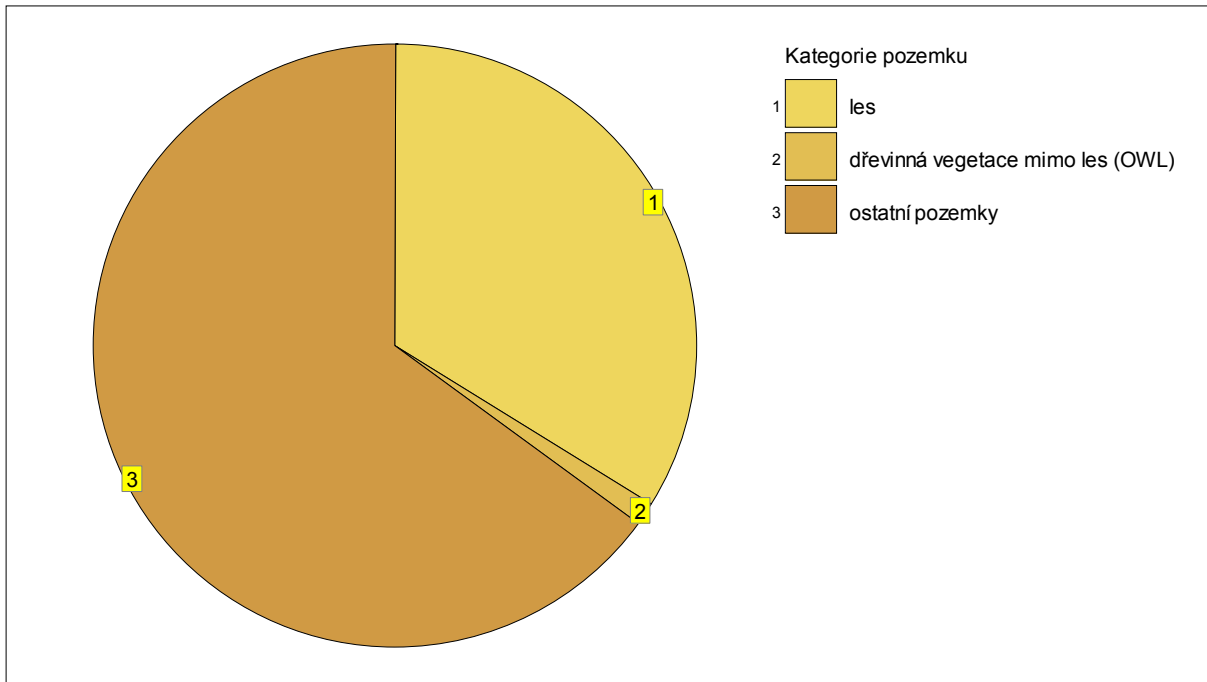
Typ pokryvu	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
Les - porostní půda	2 692 760	(2 543 527 – 2 841 993)	34.1
Les - bezlesí	55 832	(49 080 – 62 585)	0.7
Přírodě blízké prvky (mimo les) se stromovou vegetací	239 610	(219 711 – 259 509)	3.0
Ostatní pozemky	4 898 316	(4 752 130 – 5 044 503)	62.2
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha podle vybraných územních kategorií a typů pokryvu

Rozloha územních kategorií podle FRA 2005 (FAO)

Kategorie pozemku	Rozloha		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
les	2 665 539	(2 571 600 – 2 927 506)	33.8
dřevinná vegetace mimo les (OWL)	99 137	(48 780 – 123 057)	1.3
ostatní pozemky	5 121 843	(4 870 258 – 5 231 837)	64.9
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha územních kategorií podle FRA 2005 (FAO)

Rozloha územních kategorií podle výškových pásem

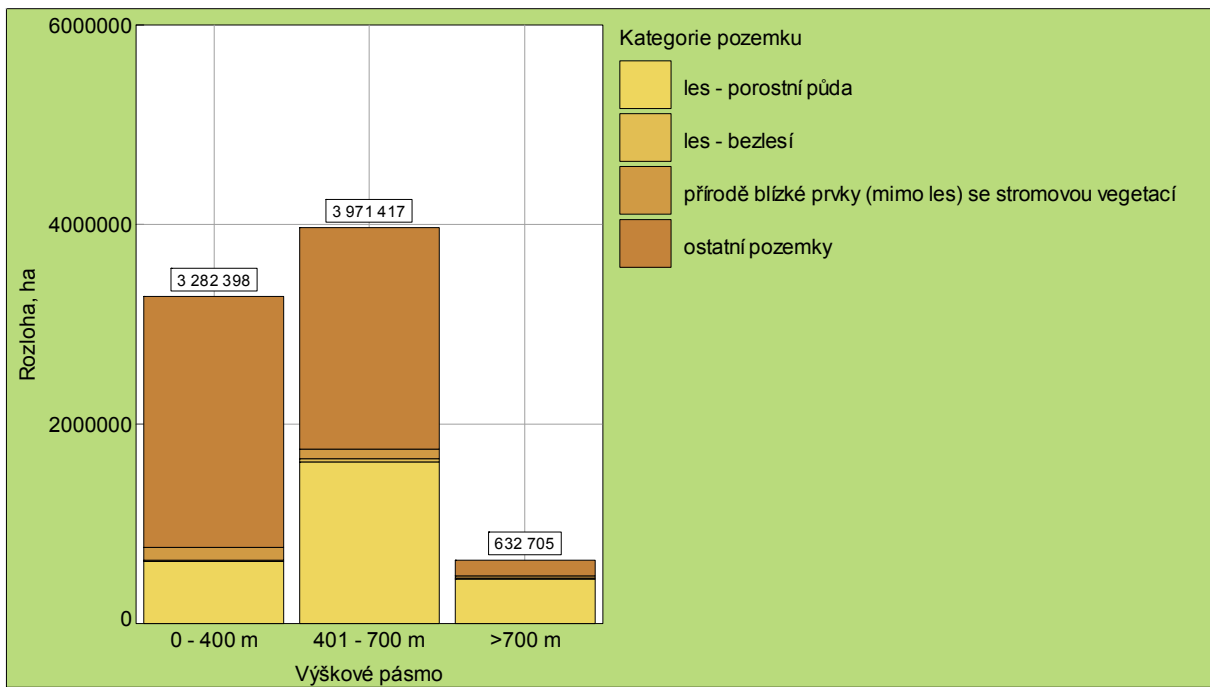
Výškové pásmo	Kategorie pozemku / Rozloha		
	les - porostní půda		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
0 - 400 m	621 488	(535 085 – 707 890)	23.1
401 - 700 m	1 624 342	(1 521 680 – 1 727 004)	60.3
>700 m	446 931	(368 188 – 525 674)	16.6
Celkem	2 692 760		100.0

Výškové pásmo	Kategorie pozemku / Rozloha		
	les - bezlesí		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
0 - 400 m	15 347	(12 661 – 18 034)	27.5
401 - 700 m	29 338	(26 314 – 32 362)	52.5
>700 m	11 146	(5 627 – 16 666)	20.0
Celkem	55 832		100.0

Výškové pásmo	Kategorie pozemku / Rozloha		
	přírodě blízké prvky (mimo les) se stromovou vegetací		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
0 - 400 m	124 671	(103 903 – 145 439)	52.0
401 - 700 m	95 618	(77 097 – 114 140)	39.9
>700 m	19 321	(7 556 – 31 085)	8.1
Celkem	239 610		100.0

Výškové pásmo	Kategorie pozemku / Rozloha		
	ostatní pozemky		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
0 - 400 m	2 520 892	(2 373 763 – 2 668 020)	51.4
401 - 700 m	2 222 118	(2 076 337 – 2 367 899)	45.4
>700 m	155 306	(105 444 – 205 169)	3.2
Celkem	4 898 316		100.0

Výškové pásmo	Kategorie pozemku / Rozloha		
	Celkem		
	ha	($\alpha = 0.05$)	%
0 - 400 m	3 282 398	(3 110 536 – 3 454 259)	41.6
401 - 700 m	3 971 417	(3 792 163 – 4 150 671)	50.4
>700 m	632 705	(538 634 – 726 775)	8.0
Celkem	7 886 519		100.0



Rozloha územních kategorií podle výškových pásem